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

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ

Материалы
Национальной с международным участием
научно-практической конференции
студентов, аспирантов, учёных и специалистов
20-22 декабря 2023 года

Тюмень
ТИУ
2023

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО» 13

Дедяев Д. Э. ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТИМ-ПЛАТФОРМ ПРИ РАСЧЕТЕ ЗДАНИЙ В СВЯЗКЕ ПРОГРАММ REVIT И ЛИРА-САПР .. 13

Еремеев И. А. ИННОВАЦИОННЫЕ СПОСОБЫ БОРЬБЫ С ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТОЙ В ПРОЦЕССЕ СТРОИТЕЛЬСТВА СООРУЖЕНИЙ 16

Зайцева М. С. «ЗЕЛЕНАЯ» АРХИТЕКТУРА. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПРИНЦИПЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО НАПРАВЛЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ 18

Морозова Е. В. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ GNSS-ПРИЕМНИКОВ МЕТОДОМ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ АЛЬТЕРНАТИВ ... 21

Сират Д. МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ СТРОИТЕЛЬНОЙ КОМПАНИИ 25

Скребков А. О. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПО ОТВОДУ ДРЕНАЖНЫХ ВОД СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА 28

Тестешев А. А., Щедрухин Д. В. ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ ПО ЗРИТЕЛЬНОМУ ОРИЕНТИРОВАНИЮ НА ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА. 32

Тимералиева Л. И. СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СТЕРЖНЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ОСЕВОМ РАСТЯЖЕНИИ-СЖАТИИ. СОПОСТАВЛЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО И РУЧНОГО МЕТОДОВ РАСЧЕТОВ..... 35

Тимералиева Л. И. СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СТЕРЖНЕВОГО ЭЛЕМЕНТА ПРИ ПРЯМОМ ПЛОСКОМ ИЗГИБЕ 38

Тишков Е. В., Демиденко О. В., Кардаев Е. М. К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ В ОБЛАСТИ ОБСЛЕДОВАНИЯ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ 41

Чаплинская В. К., Дергунова Е. С. ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА СУХИХ БИОДОБАВОК ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА 45

СЕКЦИЯ «МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО» 48

Вавилова Ю. Д. МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ КОРПУСА ПНЕВМОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ СТЕНДОВОГО ИСПЫТАНИЯ МАТЕРИАЛА..... 48

Гриднева Б. О., Шакуров И. Р. СРАВНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ С ИНОСТРАННЫМИ АНАЛОГАМИ..... 51

Ергулович И. Н. ИНТЕГРАЦИЯ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ (IOT) В ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ 54

Ергулович И. Н. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА LEAN 57

Клейдман О. В., Клейдман М. Д. АНАЛИЗ УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ОБРАЗЦА – СВИДЕТЕЛЯ ИСТОРИИ НАГРУЖЕНИЯ ДИСКА ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ В РАСЧЁТНОМ КОМПЛЕКСЕ NCODE FOR ANSYS 60

Ломейко Э. Д., Садыков Р. И. АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ КОРПУСА ОБРАТНОГО КЛАПАНА ДУ 200 МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ..... 64

Митрохин С. И., Писарев Д. Е. ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ 67

Нестеров В. Е. ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЛАСТИКА, ИЗГОТОВЛЕННОГО ПО ТЕХНОЛОГИИ FDM, В АДДИТИВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ 69

Новикова А. А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕРДА ТКАЦКОГО СТАНКА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО ПОЛОТНА..... 71

Писарев Д. Е., Новикова А. А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛИ ОТ СТЕПЕНИ ОБДУВА МАТЕРИАЛА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА 3D-ПЕЧАТИ 75

Сызранцев В. Н. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕБРА ВОЗВРАТА НА ПОВЕРХНОСТИ АРОЧНЫХ ЗУБЬЕВ КОЛЕС ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ 79

Харитоненко А. А., Тюшева Е. А. ИСПЫТАНИЯ ПО ОЦЕНКЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ЛКП ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСИКИМ МЕТОДОМ 82

СЕКЦИЯ «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА» 85

Абросов А. В., Семенова Н. В. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ КОМПЬЮТЕРА НА ОСНОВЕ ЖИДКОСТИ NOVEC 1230..... 85

Белкин А. П. ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ДЛЯ ТЭЦ 88

Белкин А. П., Утюпин П. В. СИСТЕМА ВТОРИЧНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУВОЧНОЙ ВОДЫ НА КОТЕЛЬНЫХ С ВОДОГРЕЙНЫМИ КОТЛАМИ 90

Бурлянд А. А. ПРОБЛЕМЫ АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ОТ ВИЭ 93

Дюмин Е. В. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ ГАЗА ИЗ ГАЗОГИДРАТНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ 96

Зиновьева А. С., Ледуховский Г В. МЕТОДИКА СВЕДЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНОГО И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСОВ В ВЕКТОРНОЙ ПОСТАНОВКЕ ПРИ РАСЧЕТЕ ФАКТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕПЛОВОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ГТУ 99

Конев С. С., Хаметов Р. Р., Бурнашев В. В. ОЦЕНКА КОЛИЧЕСТВА ВОЗНИКАЮЩИХ ОТЛОЖЕНИЙ ОТ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ С НАНОЧАСТИЦАМИ ПРИ ЕГО РАБОТЕ В ЖАРОТРУБНОМ КОТЛЕ 102

Мануковская Т. Г., Стерлигов В. А., Крамченков Е. М. ОТПУСК ТЕПЛОТЫ В СИСТЕМЫ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ 106

Поташкин Н. В., Белкин А. П. ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА НА ТЭЦ 109

Румянцев А. А. МОДЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СУШКЕ ПЕРЕГРЕТЫМ ПАРОМ 112

Сабукевич М. Н., Жилина Т. С. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ В ГОРОДЕ ТЮМЕНИ 115

Федосеев Э. В., Ческидова Н. А., Лебедев С. Ю. ВНЕДРЕНИЕ ИОНИЗАТОРА «ИОН-22» В ГАЗОТУРБИННУЮ УСТАНОВКУ 118

Чепелева К. В. СВОЙСТВА ВОДЫ 120

Чу В. Ч., Рассохин В. А., Барсков В. В. ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТУРБИНЫ НА ПОТЕРИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В КОГЕНЕРАЦИОННОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ 123

Шанулина А. О., Рыжникова Е. А., Мусинов А. Н., Деев П. А. МОДЕРНИЗАЦИЯ УЗЛА ПАРА РАЗБАВЛЕНИЯ УСТАНОВКИ ПЕРВИЧНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ПИРОГАЗА 126

Яковлев П. В., Седельникова Е. С. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛОМАССОБМЕНА В КОНТАКТНОМ УТИЛИЗАТОРЕ ТЕПЛА С АКТИВНОЙ НАСАДКОЙ 129

СЕКЦИЯ «ХИМИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО» 133

Варина А. Ф., Денисова Е. Д., Курманбакиева К. Г., Питус В. А. ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ SPHERIPOL ПО ПРОИЗВОДСТВУ ПОЛИПРОПИЛЕНА 133

Верзун А. Д. АНАЛИЗ ДАННЫХ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ 136

Гильмутдинова Р. И. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРИ ДАВЛЕНИЯ В НОВОМ СЕПАРАЦИОННОМ УСТРОЙСТВЕ 139

Дерюгина О. П., БелоВ Д. А. ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ОЛЕФИНЫ: СУЩЕСТВУЮЩИЙ ПОТЕНЦИАЛ И ВЫЗОВЫ 142

Дерюгина О. П., Губайдуллин Р. Р. ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПЛАСТОВЫХ ФЛЮИДОВ И ЕГО РОЛЬ В РАЗВЕДКЕ И ДОБЫЧЕ УГЛЕВОДОРОДОВ 145

Еремеев И. А. ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОКРЕКИНГА 148

Конева С. А., Гриневич А. С., Зиннатуллина С. Р., Верзун А. Д. УДАЛЕНИЕ ХЛОРОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ НЕФТИ 150

Куатбаев Э. Д., Морданов С. В., Хомяков А. П. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПРОВАЛЬНЫХ ТАРЕЛОК КОЛОННЫХ КОНТАКТНЫХ АППАРАТОВ 153

Малюгин Е. И., Бутко В. В. ИЗОМЕРИЗАЦИЯ ГАЗОВЫХ КОНДЕНСАТОВ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА 156

Мустафаева Ф. А., Кахраманов Н. Т. ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОВМЕСТИМОСТИ КОМПОЗИТОВ ПОЛИПРОПИЛЕН/ГИДРОКСИД АЛЮМИНИЯ 158

Назирова Л. А., Миниахметова Т. М., Землянский Е. О. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА 161

Паширов Е. Г., Клейдман М. Д., Соловьева Е. Д. СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА И ИХ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ 165

Печерских М. Ю., Глазунов А. М. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ВИДОВ ОРГАНИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ 167

Печерских М. Ю., Умеренкова Е. М. СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНГИБИТОР ДЛЯ БОРЬБЫ С ГИДРАТООБРАЗОВАНИЕМ ПРИ ТРАНСПОРТЕ ПРИРОДНОГО ГАЗА 169

Попкова О. С., Гильмутдинова З. А. УЛАВЛИВАНИЕ ЧАСТИЦ КАТАЛИЗАТОРА СЕПАРАТОРОМ В РЕАКТОРЕ С ПСЕВДООЖИЖЕННЫМ СЛОЕМ 172

Савченков А. Л., Рысицкая О. Г. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ ПРОЦЕССА ФИШЕРА-ТРОПША 175

Толоков В. А. ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОКСИГЕНАТНЫХ ДОБАВОК ДЛЯ БЕНЗИНОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ 178

Уразова К. В., Решетова А. А. ПОЛУЧЕНИЕ ЦЕОЛИТОВ ДЛЯ ПРОЦЕССА ОСУШКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ИЗ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭС 181

Хамитова Н. П. МНОГОСТУПЕНЧАТОЕ ХИМИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО 183

Чебанова Е. С., Ефанова А. О., Киргина М. В. УЛУЧШЕНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ АТМОСФЕРНОЙ ФРАКЦИИ НЕФТИ ПУТЕМ ПЕРЕРАБОТКИ НА ЦЕОЛИТНОМ КАТАЛИЗАТОРЕ 185

Черепанов А. П. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАНОЛА 188

СЕКЦИЯ «ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ» 191

Агейкина О. В. КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫЕ СМОЛЫ В ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЯХ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ 191

Аков А. Р., Ситников Я. И. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ УГРОЗАМ НАРУШЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БАЗ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОЛОГИИ SADT 193

Анжигур С. Г. ДИСТАНЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПОДЪЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ 197

Бескороваева Е. А. АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА НА ПРИМЕРЕ ЭЛЕКТРОМОНТЕРА ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ 200

Валиуллина Д. М., Галиева А. Р. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ ЛЭП 202

Гудкова Е. А. АНАЛИЗ ОШИБОК ИЗМЕРЕНИЯ, ВЫЗВАННЫХ ОПАРАФИНИВАНИЕМ РАСХОДОМЕРНОЙ ТРУБКИ КОРИОЛИСОВА РАСХОДОМЕРА 204

Гузеева С. А., Семенов С. О. ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ НАСЕКОМЫХ В ГОРОДСКОЙ ЭКОСИСТЕМЕ..... 208

Гусев Н. В. АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРОВ В АДМИНИСТРАТИВНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ 212

Гусев Н. В. СТАТИСТИКА ПОЖАРОВ В УРАЛЬСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ В 2023 ГОДУ 216

Деньгин В. В. ОБЗОРНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД..... 218

Долгополов А. С. АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ СВОБОДНОГООХЛАЖДЕНИЯ КАК МЕТОДА ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ХОЛОДИЛЬНОЙ СИСТЕМЫ 221

Ищенко П. А. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ДОСТУПА НА ПРЕДПРИЯТИИ 225

Косарев А. В., Рогачева С. М., Жутов А. С., Симонова З. А. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЫЛЕВЫХ ФРАКЦИЙ PM 2.5 И PM10 В АТМОСФЕРЕ Г. САРАТОВА..... 228

Криштопёнок В. А. СОКРАЩЕНИЕ ВЫБРОСОВ CO2 ЗА СЧЕТ ЗАПУСКА НУЛЕВОГО СЖИГАНИЯ НА ФАКЕЛАХ..... 231

Лучкина Е. Е., Слобожанинова М. В., Сидоркина О. А. БИОУГОЛЬ ИЗ ЛУЗГИ ГРЕЧИХИ..... 233

Малюгин П. Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЖАРООПАСНОСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕ- И ГАЗОПРОВОДОВ..... 235

Малюгин П. Н. ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГАЗОПРОВОДА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОТКАЗОВ..... 238

Михалкин В. Н. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДИФФУЗИОННОГО ГОРЕНИЯ АЦЕТОНА 240

Сидоркина О. А., Слобожанинова М. В., Лучкина Е. Е. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ В ЭПОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛАХ, КАК ЭКОЛОГИЧНАЯ АЛЬТЕРНАТИВА НЕФТЕХИМИЧЕСКИМ ПРОДУКТАМ 243

Томус И. Ю., Рубанченко М. А. ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЕЧЕЙ ДЛЯ СПЕКАНИЯ В ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ..... 246

Фролов Р. Е. ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПОНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ В РЕКЕ ТУРА НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ ЮГА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ..... 249

Чеклова А. А. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОНТРОЛЬ КАК ОДИН ИЗ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ СОУТ 253

Чикунова В. В., Стуженко Н. И. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ 254

Шубенков Е. Р. БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУБОПРОВОДОВ. МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ 257

Щевелева А. Д., Усова Е. Л. ПРОБЛЕМЫ ХРАНЕНИЯ ОТХОДОВ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ПРИМЕРЫ ПЕРЕРАБОТКИ ВО ВТОРИЧНОЕ СЫРЬЕ 260

СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА» 264

Антипанова И. С., Дюндина В. П. ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА В СОСТАВЕ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ 264

Антонов Д. П. ОБЗОР НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ УСТОЙЧИВОЙ РАБОТЫ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ 266

Артамонов И. В., Зацепина В. И., Егоров А. В. ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ОСМОТРА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПОДСТАНЦИЙ С ПОМОЩЬЮ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ 270

Ахремчик О. Л., Лукасевич Д. В., Кротов Д. А. ПРИМЕНЕНИЕ РЕШЕНИЙ «ЭНЕРГОКРУГ» ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ СУШКИ МОЛОКА 273

Бакланов А. В. РАЗРАБОТКА БАЗЫ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫМИ ОБЪЕКТАМИ . 276

Баторшин Т. Р., Борисова О. В. РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ: ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В АВТОМАТИЗАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ 278

Богданова А. Н. ИНТЕГРАЦИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ЭЛЕКТРОСЕТИ: АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗРАБОТКИ 281

Бузлуков А. П., Чиянов С. О. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РАЙОННОЙ ПОДСТАНЦИИ 35/6 КВ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ 284

Воробьев Д. С., Артамонова Е. В. ОСОБЕННОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ МАСЕЛ С УЧЕТОМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 287

Гаврилов И. С., Бузлуков А. П., Чиянов С. О. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЦИФРОВИЗАЦИИ В СИСТЕМЕ

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РАЙОННОЙ ПОДСТАНЦИИ 110/10 КВ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕЕ РАБОТЫ 289

Горячев К. И. КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ: ВЛИЯНИЕ ОТКЛОНЕНИЯ ЧАСТОТЫ НА ЭНЕРГОСИСТЕМУ И МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ 292

Деревнина В. С. НЕОБХОДИМОСТЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ . 295

Жуков Л. В., Дерышев В. Е. РАБОТА РАСЧЕТНОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ НА РАЗВЕРТЫВАНИЕ КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ 298

Зиновьев Д. С. ОБЗОР СХЕМ ЗАМЕЩЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ 300

Игнатьев М. А. ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЕМ В СЕТЯХ 6(10), 35 КВ НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ 306

Кожевников В. Е., Зацепина В. И. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЙ НА ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ 6-35 КВ ПРИ ПОМОЩИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА 309

Колесов В. И., Хмара Г. А. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ 312

Коновалов С. С. РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ КОНТРОЛЯ МАЛОГО СПЕКТРА МЕХАНИЧЕСКИХ ДЕФЕКТОВ МАГНИТОПРОВОДА ТРАНСФОРМАТОРА..... 314

Копырин В. А., Попов Е. И. КОНЦЕПЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ..... 317

Кудрявцев А. Е., Зацепина В. И. РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ ДЛЯ ПОДКЛЮЧЕННОГО ДОМА 320

Кузяков О. Н. МОНИТОРИНГ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫВОДА НА ОСНОВЕ ПРЕЦЕДЕНТОВ..... 323

Кустов Р. Ю. СПОСОБЫ БОРЬБЫ С ГАРМОНИКАМИ В СЕТЯХ ВЫСШЕГО НАПРЯЖЕНИЯ..... 327

Леонов Е. Н. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕРНЕТА ЭНЕРГИИ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИЕЙ 329

Малаева Е. Д. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ С РАЗЛИЧНЫМИ ДЛИНАМИ ВОЛН НА БИОПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ 332

Малаева Е. Д., Любишев А. А. РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ КОМПЛЕКСНОГО ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ 335

Махмутов А. Д. ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ОПОР ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ МЕТОДОМ ВИБРОДИАГНОСТИКИ..... 337

Михейко М. С. КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ИСКАЖЕНИЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СЕТИ 110КВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ..... 340

Николаев Л. А. РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА НЕФТЯНЫХ ПРОМЫСЛАХ 345

Павлов В. Д. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ С МЕХАНИЧЕСКИМ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕМ 348

Павлов В. Д. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЕМКОСТЬ С МЕХАНИЧЕСКИМ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕМ..... 351

Пермяков М. О., Чамин Д. Е. ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ НАГРУЗКИ..... 354

Покидов О. А., Зацепина В. И. РАЗРАБОТКА ФИЛЬТРА СИММЕТРИЧНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ДЛЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ РЗА 357

Пронин К. М., Зацепина В. И. ВАРИАНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ, ВЛИЯНИЕ И ВЫГОДЫ ОТ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ..... 359

Руднева Л. Н., Иванов Г. Г. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАК ОСНОВА УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ 363

Семенов А. Ю, Кузяков О. Н. АВТОМАТИЗАЦИЯ СБОРА И ВЕРИФИКАЦИИ СКВАЖИННЫХ ДАННЫХ, ИНТЕРАКТИВНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДИНАМИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ PYTHON..... 366

Синюков А. В., Синюкова Т. В. ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИНХРОНИЗАЦИИ ПРИ ДВИЖЕНИИ МНОГОПРИВОДНОЙ СИСТЕМЫ ИСПОЛЬЗУЕМОЙ НА МЕХАНИЗМАХ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗОВ.. 368

Снежинская Е. С., Абдуллина А. Р. ОБСЛУЖИВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИЯ И КОНТАКТНОЙ СЕТИ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ 373

Сороченко П. А., Зацепина В. И. АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ SIMULINK ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ УСТРОЙСТВ РЗА СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА 376

Сухачев И. С. РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ И СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ 380

Сычев И. А. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ОСВЕЩЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЦЕХА ОРГАНИЗАЦИИ ООО «ГАЗПРОМНЕФТЬ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ» 382

Терентьев П. В., Евстифеева Е. В., Мартюхин Д. А. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ «ФАБРИКА ДАННЫХ» В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ 385

Угрюмов М. А. ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ 387

Филина О. А., Дюндина В. П. РАЗМЕЩЕНИЕ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ В МЕГАПОЛИСЕ 390

Хамитова Н. П. УМНАЯ ЖИДКОСТЬ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ 393

Чеботарев Д. А. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ 396

Шабанов В. А., Кульсарина А. И., Степанова В. Д. УЧЕТ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ХАРАКТЕРА ТОКА НУЛЕВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ МЕСТА ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ 398

Шабанов В. А., Степанова В. Д., Кульсарина А. И. ВЛИЯНИЕ ПЕРЕХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ НА АРГУМЕНТ НАПРЯЖЕНИЯ ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ФАЗЫ ПРИ ОДНОФАЗНОМ ЗАМЫКАНИИ НА ЗЕМЛЮ 401

Юсупов Р. З., Резник Е. С. ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ В ПРАВИЛАХ ПОДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ РФ В 2022-2023 ГОДАХ 404

Юсупов Р. З., Резник Е. С. ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ В ПРАВИЛАХ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В 2023 ГОДУ 408

УДК 624.04

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТИМ-ПЛАТФОРМ ПРИ РАСЧЕТЕ ЗДАНИЙ В СВЯЗКЕ ПРОГРАММ REVIT И ЛИРА-САПР

Дедяев Д. Э., магистрант, dediaev.dmitry@yandex.ru
г. Липецк, Липецкий государственный технический университет

Аннотация. Внедрение и использование в проектировании зданий и сооружений технологий информационного моделирования и систем автоматизированного проектирования является перспективным направлением развития строительной отрасли, позволяющим повысить эффективность и качество процесса проектирования, а также снизить сроки и трудозатраты. В настоящей работе освещен вопрос совместного применения архитектурно-строительных и расчетных комплексов для информационного моделирования и проектирования строительных конструкций на примере связки наиболее популярных в России программ – Revit и ЛИРА-САПР.

Ключевые слова: аналитическая модель, трехмерное моделирование, программный комплекс, проектирование.

На сегодняшний день все более широкое распространение получают технологии информационного моделирования (ТИМ). Одним из основных преимуществ такого подхода в строительстве является возможность работы различных подразделений проектной организации с одной информационной моделью сооружения.

Ранее, для инженеров-конструкторов, выполняющих проекты в архитектурно-строительных программных комплексах, таких как Tekla, Revit, Archicad, а также в расчетных программах – SCAD, Ansys, ЛИРА и т.п., выполнить взаимодействие данных комплексов не представлялось возможным. В первом случае, программы используют понятие конструктивный элемент, такие как балки, стойки, стены и т.п., во втором, конечные элементы, узлы, граничные условия, сходимость и точность решения. Однако с развитием трехмерного моделирования конструкций, разработчики данных программных комплексов создали подпрограммы (макросы) для выполнения их совместной работы.

В процессе развития функционального подхода к усовершенствованию технологии информационного моделирования зданий и сооружений проделана работа для выполнения двусторонней интеграции Autodesk Revit – ЛИРА-САПР – Autodesk Revit, которая содержит библиотеку семейств и набор инструментов для проектирования в Revit трехмерной модели, дальнейшую передачу аналитической модели из ПК Revit в многофункциональный вычислительный комплекс ЛИРА-САПР для проведе-

ния расчета конструкций на прочность и устойчивость (Рис. 1), обратную передачу подобранных сечений и армирования для дальнейшей графической визуализации и контроля выполнения проектных работ.

При передаче аналитической модели из программы Revit в ЛИРА-САПР переносятся координаты (положение конструкций согласно заданным осям), поперечные сечения элементов конструкций, опорные закрепления и действующие нагрузки. Нагрузки, передающиеся из одной программы в другую, могут быть сосредоточенными, равномерными и неравномерными линейными или распределенными по площади. Их ориентация в пространстве возможна в местной или глобальной системе координат согласно элементу-основе, на который была приложена нагрузка.

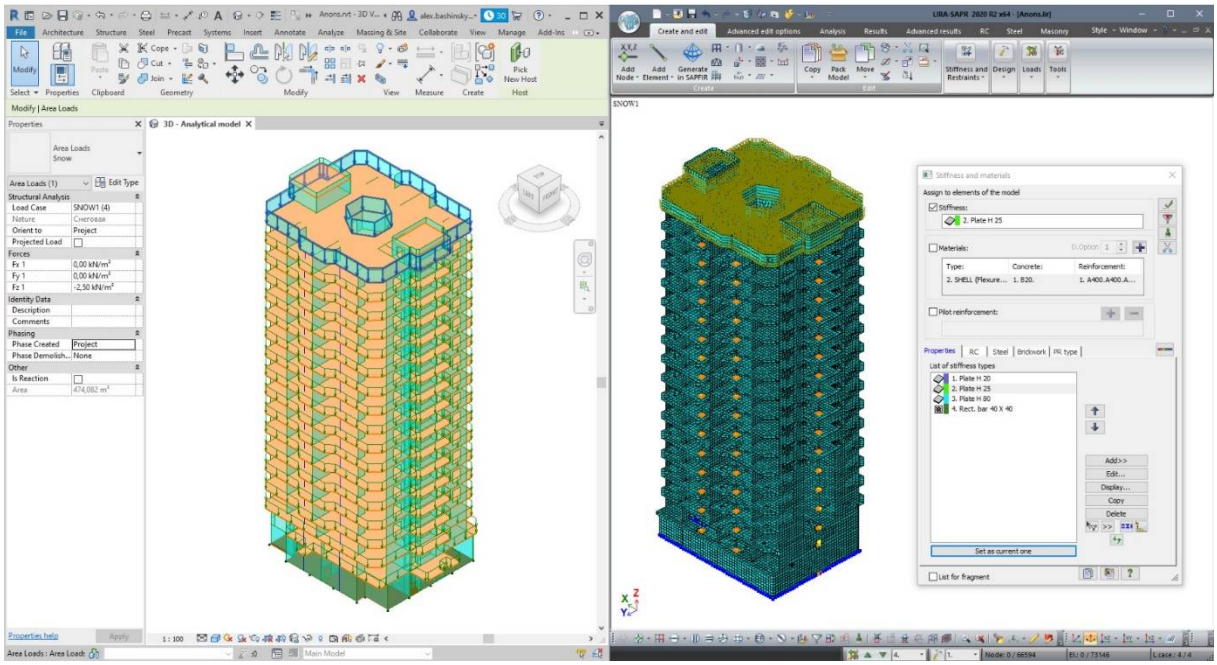


Рис.1. Передача аналитической модели из Autodesk Revit в ЛИРА-САПР

В процессе передачи аналитической модели производится автоматический поиск совпадений между элементами трехмерной модели и конструирование расчетной модели из конечных элементов. Точное взаимодействие элементов семейства Revit и сечений ЛИРА-САПР осуществляется благодаря использованию уже подготовленной таблицы сопоставления, которую также возможно дополнить пользователем при применении нестандартных сечений. В настоящее время появляются новые, специально созданные семейства по наиболее встречающимся при проектировании поперечным сечениям ЛИРА-САПР. В их числе металлические прокатные профили соответствующие сортаментам ГОСТ и ТУ, поперечные сечения железобетонных конструкций, составные и сталежелезобетонные сечения.

Еще одним удобным инструментом при взаимном использовании данных программ является передача армирования из ЛИРА-САПР в Revit

и ее дальнейший анализ и контроль. В процессе интеграции возможна передача теоретически подобранных арматурных стрежней, позволяющий использовать инженерам-конструкторам комфортную для работы подложку для расстановки элементов армирования. Контроль за расстановкой армирования в пластинчатых элементах осуществляется благодаря использованию специального инструмента, позволяющего автоматически определять зоны с недостаточным армированием.

Подводя итоги, можно сделать вывод, что внедрение ТИМ-технологий в процесс проектирования хоть и является непростой задачей и требует от инженеров немалых усилий для изучения программных комплексов, в результате дает возможность для экономии времени и ресурсов при проведении проектных работ, позволяя развиваться строительной отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Березенцева А. А. Интеграция Autodesk Revit 2022 с ПК ЛИРА 10.12 / А. А. Березенцева, И. А. Митрошин, Т. А. Низина. – Текст: электронный // Огарёв-Online. – 2023. - № 7 (192). – URL : https://cyberleninka.ru/article/n/integratsiya-autodesk-revit-2022-c-pk-lira-10-12/viewer (дата обращения: 06.11.2023).

2. Грузков А. А. Расчет и проектирование металлических конструкций с использованием Tekla Sructures и Лира-САПР / А. А. Грузков, П. Е. Солянник, Н. А. Вернин. – Текст: электронный // Инновации и инвестиции. – 2020. - № 3. – URL : https://cyberleninka.ru/article/n/raschet-i-proektirovanie-metallicheskih-konstruktsiy-s-ispolzovaniem-tekla-sructures-i-lira-sapr (дата обращения: 06.11.2023).

3. Применение САПР-системы Revit Structure при проектировании систем зданий и экспорт данных в решатель Лира САПР / А. Г. Мазина, Р. Е. Бойчин, А. С. Васильев, В. Л. Земляк. – Текст: электронный // Вестник Приамурского государственного университета им. Шомол-Алейхема. – 2017. - № 4 (29). – URL : https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-sapr-sistemy-revit-structure-pri-proektirovanii-sistem-zdaniy-i-eksport-dannyh-v-reshatel-lira-sapr (дата обращения: 06.11.2023).

УДК 624.139

ИННОВАЦИОННЫЕ СПОСОБЫ БОРЬБЫ С ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТОЙ В ПРОЦЕССЕ СТРОИТЕЛЬСТВА СООРУЖЕНИЙ

Еремеев И. А., обучающийся, eremeevvanya2003@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В данной статье рассматриваются инновационные способы борьбы с вечной мерзлотой в процессе строительства сооружений. Проблема вечной мерзлоты представляет серьезное препятствие для строительства и эксплуатации объектов в зонах с таким климатическим условием. Однако, с использованием инновационных технологий и материалов, возможно минимизировать воздействие вечной мерзлоты и обеспечить стабильность и надежность сооружений.
Ключевые слова: строительство, вечная мерзлота, инновационное решение, сооружение.

Строительство сооружений на участках с вечной мерзлотой представляет собой сложную задачу, требующую специальных подходов и инновационных решений. В данной статье будет рассмотрено несколько инновационных способов борьбы с вечной мерзлотой в процессе строительства.

Вечная мерзлота представляет серьезную проблему для строительства сооружений, так как она может вызывать значительные деформации и повреждения объектов. При этом, с увеличением климатических изменений и активности строительства в регионах с вечной мерзлотой, актуальность поиска инновационных способов борьбы с этой проблемой становится все более важной.

Основной проблемой строительства на участках с вечной мерзлотой является нестабильность и деформация грунта. При замерзании и оттаивании грунт усаживается и меняет свои физические характеристики, что может приводить к деформациям сооружений и повреждению инфраструктуры.

Одним из инновационных решений для борьбы с вечной мерзлотой является использование глубоких замораживающих скважин. Эта технология заключается в создании замороженных зон вокруг строимого объекта. Принцип работы заключается в том, что скважины пробивают до глубоких слоев грунта и затем в них вводят хладагент (обычно хладагентом служит жидкий азот или смесь солей), который замораживает окружающий грунт, образуя прочную ледяную пробку. Также в Японии была разработана технология под названием Super Frozen Ground Method, которая применяется для укрепления грунта и предотвращения опасного оседания. Этот метод также использует замораживающую жидкость для создания замороженных столбов, которые устойчиво держат грунт. [1].

Другим инновационным решением является использование геотермальных насосов. Работа геотермального насоса основана на принципе экстракции тепла из более низкой температуры и его переносе в более высокую температурную зону. В зимнее время года, когда окружающая температура ниже, геотермальный насос поглощает тепло из земли через земле-водяные коллекторы или глубокие скважины. Это тепло затем используется для отопления зданий или подземных структур. В конце процесса охлажденный хладагент возвращается обратно в землю, и цикл повторяется. Использование геотермальных насосов имеет несколько преимуществ. Во-первых, он позволяет сохранять тепло и предотвращать таяние мерзлоты в грунте. Во-вторых, это экологически чистый и энергоэффективный способ получения тепла. И наконец, геотермальные насосы могут быть использованы в различных климатических условиях, что делает их универсальным решением для борьбы с вечной мерзлотой. Например, в Швеции компания "NIBE" разработала геотермальный насос с использованием инверторной технологии, которая обеспечивает более эффективное использование энергии и более точный контроль температуры [2].

Дополнительным инновационным решением может быть использование специальных геосинтетических материалов, которые способны улучшить свойства грунта и предотвратить его усадку при замерзании и оттаивании. Это включает в себя использование геосеток, армированных грунтов и геотекстиля, которые укрепляют структуру грунта и обеспечивают его стабильность. Стоит отметить Канадскую компанию "Geosynthetic Systems", которая предлагает специальные геосинтетические материалы для управления тепловой кондуктивностью и предотвращения таяния вечной мерзлоты в трассах газопроводов и нефтехранилищах [3].

Борьба с вечной мерзлотой в процессе строительства сооружений требует инновационных подходов. Использование глубоких замораживающих скважин, геотермальных насосов и геосинтетических материалов являются основными инновационными способами борьбы с этой проблемой. Эти технологии позволяют создавать стабильные и надежные основы для сооружений, сохраняя их стабильность и предотвращая деформации. Однако, необходимо проводить дальнейшие исследования и разработки в данной области для поиска новых инновационных решений и повышения эффективности борьбы с вечной мерзлотой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николаев П. В. Обоснование выбора промежуточного хладоносителя для искусственного замораживания грунтов / П. В. Николаев, М. Н. Шуплик. – Текст : электронный // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2022. - № 7. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-vybora-promezhutochnogo-

hladonositelya-dlya-iskusstvennogo-zamorazhivaniya-gruntov/viewer (дата обращения: 09.09.2023)

2. Штым А. С. Восстановление энергетического потенциала системы теплосбора геотермальных тепловых насосов / А. С. Штым, И. А. Журмилова, Т. Г. Савина. – Текст : электронный // Вологдинские чтения. – 2012. - № 80. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vosstanovlenie-energeticheskogo-potentsiala-sistemy-teplosbora-geotermalnyh-teplovyh-nasosov/viewer (дата обращения 01.09.2023)

3. Чернышева И. А. К вопросу использования различных методов защиты от морозного пучения / И. А. Чернышева, А. В. Мащенко. – Текст : электронный // Construction and Geotechnics. – 2022. - № 4. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-ispolzovaniya-razlichnyh-metodov-zaschity-ot-moroznogo-pucheniya/viewer (дата обращения 04.09.2023).

УДК 721.021

«ЗЕЛЕНАЯ» АРХИТЕКТУРА. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПРИНЦИПЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО НАПРАВЛЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Зайцева М. С., магистрант, zaitsevamargo@mail.ru
г. Липецк, Липецкий государственный технический университет

Аннотация. В настоящее время перед проектировщиками, архитекторами, градостроителями ставится множество задач для формирования комфортной и эффективной городской среды. Необходимо учитывать единовременно художественный замысел и функциональность, уникальность и гармония новых строений в условиях сложившейся городской застройки, экономичность и энергоэффективность проектов, использование традиционных проверенных материалов и конструкций и нововведение в строительстве. Вот лишь некоторые аспекты, которые требуют внимательного рассмотрения в процессе проектирования. Одним из самым актуальным направлением в строительстве по мнению общественности в России и за рубежом, становится «зеленая» архитектура.

Ключевые слова: «Зеленая» архитектура, энергоэффективность, экологичность, озеленение.

Мировой опыт давно доказал, что озеленение — это необходимое условие для строительства объектов любого масштаба. Зеленые насаждения, которые относят к одной из составляющей благоустройства территорий города, оказывают значительное влияние на человека, поэтому площади территорий озеленения нормируются и увязываются с существующим зеленым каркасом. Расчет площади таких территорий находят согласно

таблице СП 42.13330.2016. «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений.» [1]

В условиях активно развивающихся городов необходимо рассматривать озеленение не только в рамках стандартной ландшафтной организации, но и находить новые формы интеграции растительных компонентов в строительство.

«Зеленая» архитектура - направление в строительстве, которое подразумевает включение природных элементов в систему зданий, в первую очередь озеленение, использование которых минимизирует негативное влияние на окружающую среду и создает дополнительные озелененные пространства, с которыми может взаимодействовать человек в процессе эксплуатации. Согласно других точек зрения, данное понятие включает в себя еще и использование натуральных строительных материалов, а также энергоэффективные системы. Человечество уже давно ищет способы дополнительной интеграции природы в условиях городского строительства.

«Зеленая» архитектура – перспективное, но малоизученное направление в строительстве, развитие которого все больше набирает популярность, поэтому существует множество терминов и определений, которые, пока, не до конца стандартизированы в нашей стране. Ввиду этого данная область именуется также зеленым или экологически ориентированным строительством, органической или устойчивой архитектурой. [2]

Становление архитектуры как вида искусства и науки происходило в Древнем Египте. Именно там начали строить здания из обтесанного камня, и кирпича из глины и соломы или других волокнистых материалов. Отличительной особенность данных архитектурных произведений является наличие садов, плоских озлённых крыш и террас, которые защищали от знойной жары. Похожие идеи также можно проследить в истории государств Месопотамии (современные территории Ирака и Турции), и Древнего Египта. Одним из семи чудес античного мира признано инженерное сооружение «Висячие сады Семирамиды», которые представляли собой многоуровневые каскадные сады из разнообразных деревьев, кустарников и вьющихся растений (согласно рис. 1). Данное озеленение, датируемое около 4 тыс. – 8 сот лет до нашей эры, напоминает ту самую «зеленую» архитектуру, которую развивают современники.

Таким образом «зеленое» строительство — это своего рода возвращение к прошлому, к истокам архитектуры.

С течением многих веков, и с появлением проблем загрязнения окружающей среды, возникла необходимость вновь внедрить природные материалы, элементы озеленения в систему архитектуры. Но в условиях современных объемов строительства, актуальных требований, предъявляемых к объемно-планировочным решениям зданий, принятой экономической системой в большинстве государств, а также принятых в обществе представлений о том, как выглядят и что из себя представляют современ-

ные здания и сооружения, весьма проблематично вернутся к природным материалам и озелененным строениям. [3]

Основные принципы формирования «зеленой» архитектуры:

1. Экологическая устойчивость - проектирование с учетом влияние на экологическую среду, минимизация потребление энергии, за счет использования альтернативных источников;
2. Энергоэффективность – минимизация потребления энергии, за счет грамотно спроектированной системы теплоизоляции, водо- и теплоснабжения, а также повторное использование ресурсов;
3. Комфорт и здоровье человека – одна из главных причин внедрения «зеленого» строительства, уменьшение негативного влияния на психологическое и физическое здоровье человека и общества, а также создание условий для эффективных коммуникаций. [4]



Рис.1. «Висячие сады Семирамиды», Месопотамия (Реконструкция)

Основные принципы озеленения:

- 1. Единение с природой;
- 2. Природоподобие (сохранение естественного ландшафта);
- 3. Компенсация используемых под застройку территорий;
- 4. Принцип создания «буферной» зоны;
- 5. Принцип переноса функционального назначения;
- 6. Принцип «обволакивания» строений.

Таким образом внедрение основ экологического строительства положительно влияет на экологию и здоровье людей, а также на экономическую составляющую. В процессе эксплуатации затраченные средства на проектирование дорогостоящих энергосберегающих систем, а также применяемых материалов могут быть компенсированы за счет экономии затрат в процессе эксплуатации. Соблюдений зеленых стандартов, однозначно, большой вклад в будущее устойчивого развития городов в условиях ухудшающейся экологической ситуации в мире. [2]

«Зеленая» архитектура – это новаторская область в сфере строительства, которая включает в себя множество аспектов, связанных с устойчивым развитием городов, энергоэффективностью и улучшением экологии, а

значит повышения уровня жизни людей и их здоровья. В России применения данного стиля архитектуры, зачастую, применяется для того, чтобы получить известность, согласно моде, а не с целью приближения к зеленым стандартам. Освоение и внедрение данного направления, вероятно, неизбежно. [5]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*: СП 42.13330.2016 : утв. Приказом Минстроя России 30.12.16 : ввод. в действие с 01.07.17. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 85 с. – Текст : непосредственный.

2. Янковская Ю. С. «Зеленая архитектура» и устойчивое развитие жилой среды современного города / Ю. С. Янковская, А. В. Меренков. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2020. – 156 с. – Текст : непосредственный.

3. Ильясова Н. И. Современный ландшафтный дизайн : учебное пособие / Н. И. Ильясова, Э. А. Довлетярова. – Москва : РУДН, 2008. – 113 с. - Текст : непосредственный.

4. Межерицкий С. И. Традиционные и инновационные методы озеленения в создании объектов устойчивой архитектуры / С. И. Межерицкий, Т. И. Лукьянова, А. М. Ивасишина. – Текст : непосредственный // Озеленение. - 2021. - № 4 (150). - С. 15-19.

5. Афонина М. И. Основы городского озеленения : учебное пособие / М. И. Афонина. - Москва : Московский государственный строительный университет, 2010. - 207 с. - Текст : непосредственный.

УДК 621.396.9

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ GNSS-ПРИЕМНИКОВ МЕТОДОМ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ АЛЬТЕРНАТИВ

Морозова Е. В., магистрант, morozova.evangelina@yandex.ru
г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Аннотация. При применении большинства методов возникают различные проблемы в сферах оценки и определения критериев параметризации выбранных технических решений. В данной статье рассматривается способ проведения оптимизации выбора GNSS-приёмника для проведения измерений в полевых условиях в определенной местности. Цель работы состоит в представлении и выборе в результате сравнения GNSS-приемников, наиболее подходящего для работ в районе г. Санкт-Петербурга. В задачи исследования входит описание и сравнение GNSS-приемников от различных производи-

телей, представленных на российском рынке. В результате был применен метод с использованием оценки критериев разной размерности, направленности и абсолютных величин.

Ключевые слова: ГНСС, GNSS-приемник, многокритериальная оценка, оптимизация.

Глобальные навигационные спутниковые системы (далее – ГНСС) - ГЛОНАСС и GPS - широко используются для решения различных задач координатно-временного и навигационного обеспечения. Геодезические приемники GNSS активно применяются в различных областях, особенно в строительстве и инженерных изысканиях. Эти приборы определяют координаты объектов на основе данных, полученных от ГНСС [1, 2].

Существует множество разновидностей GNSS-приемников – они различаются видом принимаемых и обрабатываемых сигналов, классом точности, количеством используемых устройств и каналов.

С 2022 года ситуация на рынке геодезических приборов усложнилась в связи с прекращением продажи оборудования некоторых производителей (американский производитель GNSS-приемников Trimble и швейцарская Leica) на территории России. Однако, часть зарубежных GNSS-приемников продолжает реализовываться.

Для рассмотрения выбраны следующие марки GNSS-приемников по общим характеристикам из одного ценового диапазона:

1. CHC Nav (PrinCe), Китай;
2. South, Китай;
3. Comnav, Китай;
4. Topcon, Япония.

Для их многокритериальной оценки альтернатив характеристики приёмников назначаются критериями выбора с целью определения их сравнительной важности. Данные характеристики представлены в табл. 1

Таблица 1

Направление оптимизации сравнительных характеристик GNSS-приемников

			Критерии выбора			
			К1	К2	К3	К4
			Цена, тыс. руб.	Защита корпуса	Замена батареи	Встроенный веб-интерфейс
Направление оптимизации			min	max	max	max
Марка приемника	П1	PrinCe i50	250	IP68	+	+
	П2	SOUTH Galaxy G2	320	IP67	+	+
	П3	SINOGNSS T300 Plus	280	IP67	+	-
	П4	Topcon Hiper SR	630	IP68	-	+

Для рассмотрения альтернатив необходимо привести показатели к единому виду [3].

Критерий 1 – цена прибора вычисляется на основе введённых заведомо «худшего» и заведомо «лучшего» значения по формуле 1 в выбранном диапазоне от 0 до 1.

$$\alpha_i = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}; \alpha_i \in [0;1], \quad (1)$$

где: α_i – приведенный критерий *i*-го параметра; i – номер параметра; x_i – не приведенное значение критерия *i*-го параметра; $x_{\max}$ – максимальное значение не приведенного критерия; $x_{\min}$ – минимальное значение не приведенного критерия.

Критерий 2 – защита корпуса определяется:

- если имеет значение IP68, но есть наиболее предпочтительное – нормированное значение равно 1;
- если имеет значение IP67, что ниже наиболее предпочтительного, но все еще входящего в диапазон допустимых показателей – нормированное значение равно 0.

Критерий 3 – замена батареи определяется в зависимости наличия функции:

- функция есть – значение 1;
- функция отсутствует – значение 0.

Критерий 4 – наличие встроенного веб-интерфейса определяется аналогично критерию 3:

- функция есть – значение 1;
- функция отсутствует – значение 0.

Для корректной оптимизации альтернатив необходимо «свести» критерии к единому направлению оптимизации [4] по формуле 2. Критерий 1

– стремится к *min*, остальные критерии максимизируются, поэтому принято общее направление – максимум.

$$\alpha_i = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \to \min; \alpha_i \in [0;1],$$
$$\alpha_i^{'} = 1 - \alpha_i \to \max; \alpha_i^{'} \in [0;1], \quad (2)$$

где: α_i – приведенный критерий *i*-го параметра; i – номер параметра; x_i – не приведенное значение критерия *i*-го параметра; $x_{\max}$ – максимальное значение не приведенного критерия; $x_{\min}$ – минимальное значение не приведенного критерия;

Далее производится суммирование показателей критериев и выбирается вариант с наибольшим значением, в табл. 2 приведены расчёт критериев и выбор лучшего.

Таблица 2

Приведенные критерии для оценки альтернатив

		Критерии выбора				Сумма критериев
		К1	К2	К3	К4	
		Цена, тыс. руб.	Защита корпуса	Замена батареи	Встроен. веб-интерфейс	
Направление оптимизации		max	max	max	max	
Марка приемника	PrinCe i50	0,90	1	1	1	3,90
	SOUTH Galaxy G2	0,75	0,9	1	1	3,65
	SINOGNSS T300 Plus	0,83	0,9	1	0	2,73
	Topcon Hiper SR	0,10	0,9	0	1	2,00

В работе были выделены основные критерии и на их основе произведен анализ методом многокритериальной оценки альтернатив.

По результатам сравнительного анализа характеристик GNSS-приемников был выбран приемник CHC Nav PrinCe i50, так как он сочетает в себе наиболее важные критерии и, в следствии проведения многокритериальной оценки альтернатив, имеет наибольшую сумму критериев.

При применении большинства методов возникают две основные проблемы: как получить оценки по отдельным критериям и как объединить, агрегировать эти оценки в общую оценку полезности альтернативы. Такой метод выбора удобно использовать, когда для оценки имеются критерии разной размерности, направленности и абсолютных величин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галигузова Е. В. Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) / Е. В. Галигузова, Ю. Е. Илларионова. – Текст: непосредственный // Символ науки. – 2023. – №1-1. – С. 45-50.

2. Жодзишский М. И. Чувствительность приемников ГНСС / М. И. Жодзишский, Р. В. Курынин, Ф. Б. Серкин. – Текст: непосредственный // Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли. – 2022. – № 3. – С. 99-106.

3. Воробьева М. В. Анализ методов многокритериального принятия решений / М. В. Воробьева. – Текст: непосредственный // Региональная и отраслевая экономика. – 2022. – № 1. – С. 88-95.

4. Подоплелова Е. С. Анализ методов многокритериального принятия решений на примере задачи ранжирования / Е. С. Подоплелова. – Текст: непосредственный // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2023. – № 3. – С. 233-240.

УДК 006.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ СТРОИТЕЛЬНОЙ КОМПАНИИ

Сират Д., аспирант, jawed.serat@yandex.ru
г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Аннотация: Статья рассматривает методы моделирования организационных структур управления строительными компаниями с целью оптимизации их формирования в свете новых производственных изменений. Для достижения этой цели ставятся задачи: четкое определение структуры строительных компаний, выявление факторов, влияющих на формирование структуры, и ее оптимизация. Математический метод использован для обоснования процессов оптимизации. Анализ результатов подтверждает экономическую обоснованность оптимизации управленческой структуры строительных компаний через определение оптимального числа сотрудников и распределение задач между исполнителями производственных процессов.

Ключевые слова: организационная структура управления, управление строительной компанией, организационная структура

Управленческие структуры в строительных компаниях тесно связаны с основными теориями организации, представляя важные компоненты общей структуры [6]. Организационная и производственная структуры регу-

лируют взаимоотношения и подчинение для достижения миссии и целей компаний [5].

Организационные схемы, известные как органиграммы, используются для определения ответственности на различных этапах разработки и управленческих решений, представляя графическое распределение функций и принятия решений [3].

В области моделирования управленческих структур в строительстве исследованы различные аспекты, но создание общей теории остается актуальной задачей. Текущие исследования фокусируются на четырех основных направлениях [1]:

1. Синтез системы управления:
   - Определение элементов управления и их группировка по подразделениям.
   - Детальное описание функций, задач и процедур для достижения целей строительной компаний.
2. Процессно-технологические характеристики:
   - Объединение методов, ориентированных на управленческую структуру строительной компаний.
   - Внедрение концепции "организационного проектирования" для улучшения технологии управления.
3. Изменения в организации:
   - Методология изменений в организации строительства.
   - Усовершенствование построения и функционирования операционной системы.
4. Стандартный выбор организационной структуры:
   - Двухэтапный процесс выбора основной структуры управления и тестирование производительности системы.
   - Выявление взаимосвязей между системой управления и формой ее организации, что представляет собой сложную задачу.

Типичный подход к выбору организационной структуры управления, а именно определение оптимального количества функций и задач управления с учетом их взаимосвязи [4]. Каждый из подходов (кроме четвертого) имеет свои особенности и ограничения. Первый направлен на формирование структуры управления в закрытой производственной системе, второй — на технологии управления, третий — на социально-психологические аспекты организационных систем, а четвертый рассматривает организационную структуру как открытую систему. Второй и третий подходы направлены на улучшение существующих компаний, в то время как первый и четвертый актуальны для новых строительных компаний. Большинство исследований уделяет внимание первому подходу, а именно моделированию организационной структуры управления [2]. Эффективность управляемого объекта проявляется в эффективности управления этим объ-

ектом, включая принятие решений, обмен информацией и распределение задач и полномочий между подразделениями и исполнителями. Изменения в управляемом объекте могут влиять на параметры системы строительных компаний, облегчая или затрудняя достижение целей. Оптимизация организационных структур строительных компаний, включает определение оптимального числа управленческого соотрудника и распределение задач между исполнителями.

Определение оптимальной численности управленческого соотрудника включает количество сотрудников, работающих на постоянной основе, и временных сотрудников из специализированных структур.

Привлечение временного соотрудника может быть обусловлено высокой производительностью внешних организаций и незначительной долей соответствующих управленческих задач. Предположим, что для организационной структуры установлен набор задач G, включающий подмножество задач G_0, выполняемых только штатным персоналом, и подмножество задач G_1, которые могут выполняться как штатным, так и временным персоналом ($G = G_0 \cup G_1$). Каждая задача имеет свою характеристику, включая время выполнения и затраты на оплату труда.

Обозначим следующие параметры:

g - индекс группы управленческих решений; Z - годовые затраты на персонал; C_g - годовой оклад исполнителя задачи в группе g; C - среднегодовая заработная плата соотрудника компании; y_g - необходимое количество соотрудника для группы g; X_g - численность штатного соотрудника; N_g - минимальная численность управленческого соотрудника; V_{g0} - объем задач, порученных штатному персоналу; V_{g1} - объем задач, порученных персоналу; V_g - общий объем задач в группе g за год; f - годовое рабочее время работника; λ_{g1}, λ_{g0} - коэффициенты производительности и штатного соотрудника.

Модель определения количество рабочих строительной компании включает в себя несколько ключевых компонентов:

$$Z \rightarrow min\,, \tag{1}$$

$$\sum_{g \in G} C_g \cdot Y_g + \sum_{g \in G},\ C \cdot X_g = Z \tag{2}$$

$$N_g \leq X_g\,,\ g \in G \tag{3}$$

$$V_g^0 + v_g^1 = V_g\,,\ g \in G \tag{4}$$

$$V_g^0 = f \cdot \lambda_g^0 \cdot x_g\,,\ g \in G \tag{5}$$

$$V_g^1 = f \cdot \lambda_g^1 \cdot x_g\,,\ g \in G \tag{6}$$

$$X_g\,,\ y_g\,,\ v_g^0,\ vg^1 \quad Z \geq 0 \tag{7}$$

Формулировка модели управления численностью соотрудников строительной компании может выглядеть следующим образом:

Целевая функция (1): Отражает необходимость минимизации общих расходов на оплату труда соотрудника.

Ограничения на общие расходы на персонал (2): Устанавливают верхний предел расходов на труд.

Ограничение на минимальную численность штатного соотрудника (3): Гарантирует наличие определенного числа постоянных сотрудников.

Ограничения на общий объем задач в группе (4): Определяют максимально допустимый объем работ для каждой группы задач.

Ограничение на объем задач, выполняемых штатным персоналом (5): Ограничивает объем задач, поручаемых постоянному персоналу.

Ограничение на объем задач, выполняемых персоналом (6): Задает ограничения для задач, переданных персоналу.

Условие отрицательности переменных (7): Гарантирует, что значения переменных неотрицательны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лагоша Б. А. Методы и модели совершенствования организационных структур / Б. А. Лагоша, В. Г. Шаркович, Т. Д. Дегтярева. – Москва : Наука, 1988. – 189 с. – Текст : непосредственный.

2. Трояновский В. М. Математическое моделирование в менеджменте : учебное пособие / В. М. Трояновский. – Москва : Русская деловая литература, 1999. - 234 с. – Текст : непосредственный.

3. Уткин Э. А. Управление персоналом в малом и среднем бизнесе / Э. А. Уткин, А. И. Кочетков. – Москва : АКАЛИС, 1996. – 205 с. – Текст : непосредственный.

4. Бовыкин В. И. Новый менеджмент : Управление предприятиями на уровне высших стандартов : Теория и практика эффективного управления : Рациональная модель управления предприятиями. Рациональная модель трудовых отношений. Эффективная система оплаты труда / В. И. Бовыкин. – Москва : Экономика, 1997. – 366 с. – Текст : непосредственный.

5. Фатхутдинов Р. А. Организация производства : учебник / Р. А. Фатхутдинов. – Москва : ИНФРА-М, 2014. – 544 с. – Текст : непосредственный.

6. Кузьмин А. Н. Современный менеджмент / А. Н. Кузьмин. – Львов : Центр Европы, 2014. – 176 с. – Текст : непосредственный.

УДК 696.12

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПО ОТВОДУ ДРЕНАЖНЫХ ВОД СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Скребков А. О., магистрант, lexa2105@yandex.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет
г. Тюмень, Страна Девелопмент

Аннотация. Рассмотрены условия образования дренажных вод в системах кондиционирования воздуха зданий. Дана оценка количественных и качественных показателей дренажных вод кондиционеров. Приведено описание и сравнение способов отвода дренажной воды. Представлены конструктивные решения систем отвода дренажной воды систем кондиционирования воздуха. Сформирован вывод о необходимости организации отвода дренажной воды с дальнейшей ее утилизацией.

Ключевые слова: кондиционирование воздуха, сезонное кондиционирование, дренажные воды, система водоотведения, повторное использование.

Потепление климата глобально и повсеместно, поэтому для создания комфортных условий применяют кондиционирование воздуха в помещениях. Чаще всего используют кондиционеры сплит-системы. Они позволяют поддерживать комфортные условия в помещении, регулируя температуру и влажность воздуха.

В процессе работы кондиционер образует дренажную воду, которая в дальнейшем отводится разными способами. Образование дренажной воды от кондиционера может происходить в следующих случаях:

1. Конденсация внутри эвапоратора: во время работы кондиционера в режиме охлаждения, воздух из помещения проходит через эвапоратор, который охлаждает его. В результате этого процесса влага из воздуха конденсируется на поверхности эвапоратора и стекает вниз в виде капель, собираемых в поддоне, который обычно расположен под эвапоратором.

2. Конденсация на внешнем блоке: во время работы кондиционера в режиме охлаждения, горячий хладагент проходит через конденсатор, где он отдает тепло окружающей среде. В результате этого процесса на поверхности конденсатора может образовываться конденсат, отводимый в поддон или сливной лоток, предусмотренный для сбора дренажной воды.

3. Кондиционер обладает функцией осушения воздуха – снижает влажность воздуха, что в дальнейшем предотвратит появление плесени и развитие грибков и микроорганизмов. В данной функции кондиционер охлаждает помещение на 1-2 градуса. Суть заключается в том, что воздух, соприкоснувшийся с холодным радиатором (воздух всасывается на низких оборотах вентилятором), образует конденсат, который стекает в нижний лоток и отводиться по дренажной системе.

Таким образом, дренажной воды от кондиционера являются выходным результатом процесса охлаждения и конденсации влаги из воздуха [1].

Количество дренажной воды, которое образуется от кондиционера, зависит от нескольких факторов, включая влажность воздуха, температуру помещения и режим работы кондиционера. В среднем кондиционер сплит-системы может производить около 1-2 литров воды в час работы. Однако это значение может изменяться в зависимости от условий эксплуатации [2]. Качество дренажной воды от кондиционера обычно соответствует качеству воды из окружающей среды, а именно влажности воздуха и содер-

жанию пыли или других загрязнений. Дренажная вода обычно является пресной и не содержит химических добавок или загрязнений, связанных с работой кондиционера [3].

В настоящее время используются следующие способы отводы конденсата. Свободный сброс в окружающую среду предполагает отсутствие затрат на создание системы отвода, но создает неудобства для жителей помещений, расположенных на нижних этажах; приводит к намоканию конструктивных элементов зданий (Рис. 1). Внешний трубопровод со сбросом в систему водоотведения дает полную свободу выбора жильцом планировки, размещения кондиционера и прокладки сетей для его обслуживания, но сложен в проектировании и эксплуатации (Рис. 2).

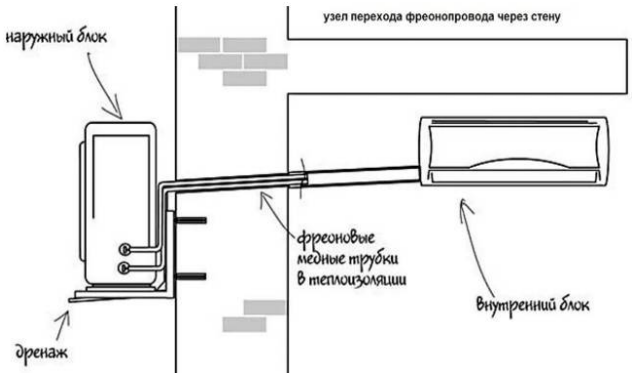


Рис. 1. Свободный сброс дренажных вод

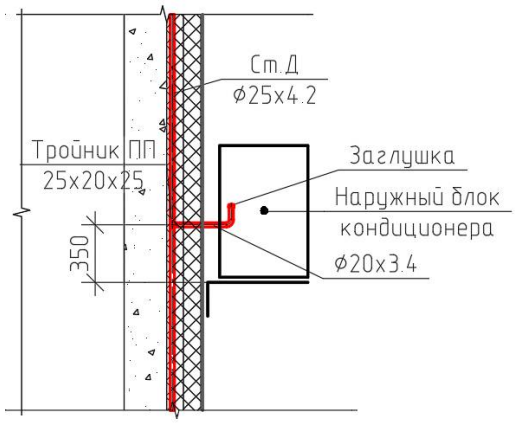


Рис. 2. Отвод дренажных вод во внешний трубопровод

Внутренний трубопровод со сбросом в систему водоотведения уменьшает затраты на трубопроводную часть системы отвода дренажных вод, но существуют ограничения на размещение блоков сплит-системы. Проектные решения, реализуемые в «Страна Девелопмент», представлены на рисунках 2 и 3 [4].

При отводе, накоплении и дальнейшем использовании конденсата экономятся водные ресурсы. Но система будет работать только в теплое

время года, что необходимо учитывать при выборе направления утилизации конденсата. Перспективным является его использование в локальных системах полива зеленых насаждений, при эксплуатации зеленых крыш и в сити-фермерстве [2]. Указанные направления утилизации потребуют включения в систему насосного оборудования.



Рис. 3. Отвод дренажных вод во внутренний трубопровод

Обеспечение населения комфортными условиями проживания требует комплексного подхода при проектировании зданий. Образующаяся в результате процесса охлаждения и конденсации в системах кондиционирования воздуха вода требует создания систем ее организованного отвода в зданиях и поиска направлений ее применения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Функция Dry в кондиционере: что это и зачем нужна, особенности и принцип работы. – Текст : электронный // UteplimVse.ru : [сайт]. – 2021. – URL : https://uteplimvse.ru/interesnye-stati/funkciya-dry-v-kondicionere-chto-eto-i-zachem-nuzhna-osobennosti-i-princip-raboty.html (дата обращения : 08.11.2023).

2. Feasibility of condensate water recycle of split air handling unit in Chinese University buildings / X. Deng, Y. Shen, S. Yang [et al]. – Text: electronic // Energy and Built Environment. – 2024. – Vol. 5, Is. 2. – URL: https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2022.10.006 (date of the application: 11.11.2023).

3. Algarni S. Air-conditioning condensate recovery and applications – current developments and challenges ahead / S. Algarni, C. A. Saleel, V. A. Mujeebu. – Direct text // Sustainable Cities and Society. – Vol. 37. – 2018. – P. 263-274.

4. Кондиционирование квартир. Правила проектирования : ZD-ALLk_PP-ALL_5-552_v1.0.0 : ввод. в действие с 01.03.23. – Тюмень : Страна Девелопмент, 2023. – 8 с. – Текст : непосредственный.

УДК 625.7/.8+625.8

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ ПО ЗРИТЕЛЬНОМУ ОРИЕНТИРОВАНИЮ НА ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Тестешев А. А.[1], канд. техн. наук, доцент, testeshevaa@tyuiu.ru
Щедрухин Д. В.[2], инженер-лаборант, shedruhin.dania@yandex.ru
[1]г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет
[2]г. Тюмень, СевернаяСтроительнаяКомпания

Аннотация: Для снижения непроизводительных затрат на сезонный демонтаж направляющих устройств, обеспечивающих зрительное ориентирование на промышленных дорогах, разработана конструкция телескопического сигнального столбика. Возможность складываться секциям в нижний тубус-бункер на время проведения снегоочистительных работ позволяет обеспечить круглогодичную видимость дорожных столбиков и снизить риски дорожной аварийности.

Ключевые слова: зрительное ориентирование, сигнальный столбик

В современных реалиях достижение экономической эффективности хозяйствующих субъектов топливно-энергетического комплекса невозможно без рационального расходования материальных и энергетических ресурсов на всех стадиях жизненного цикла инженерных объектов нефтегазодобывающей, транспортной и других инфраструктур.

Инженерные объекты и транспортные сооружения на сервисно-эксплуатационной стадии требуют проведения циклично повторяющихся работ по поддержанию работоспособности и нормативного состояния, что приводит к росту текущих затрат.

Для сооружений расположенных на севере нашей страны такие мероприятия зачастую являются необходимым реагированием на неблагоприятные метеорологические явления (снегопад, метель и др.), однако отдельные работы отличаются нерациональным расходованием ресурсов из-за несовершенства применяемых конструктивных и организационных решений [1].

Так, субъекты дорожного хозяйства для сохранности элементов инженерного оборудования и возможности проведения снегоочистительных работ на промысловых дорогах вынуждены немеханизированным способом демонтировать сигнальные дорожные столбики типа С3 [2], что за-

трудняет зрительное ориентирование водителя транспортного средства в сложных дорожных условиях и повышает риски и издержки дорожной аварийности на 16 % и 9 % соответственно.

Для оценки технического уровня существующих конструктивных решений в рассматриваемой сфере были выполнены патентные исследования баз ФИПС (Российская Федерация), *USPTO* (США) и *EPO* (Европейский Союз).

Анализ патентов *RU* 38276 *U*1 «Складной стакан» (Хасангаев Г. Ф.), *RU* 192178 *U*1 «Многофункциональный дорожный столбик» (Рыков С. В., Мамина Д. Х.), *US* 2013/0022396 *A*1 «Самозатягивающийся пружинный узел для разграничителя дорожного движения» (*Gregory L. Hannah, Darryl Meek, Richard Elizondo*) и *US* 9,238,922 *B*2 «Наземный анкер для гибкого разграничителя» (*John Intagliata, Kent Kekeis*) показал, что с учетом ранее рассмотренных требований будет перспективна разработка сигнального столбика телескопической конструкции (Рис. 1).

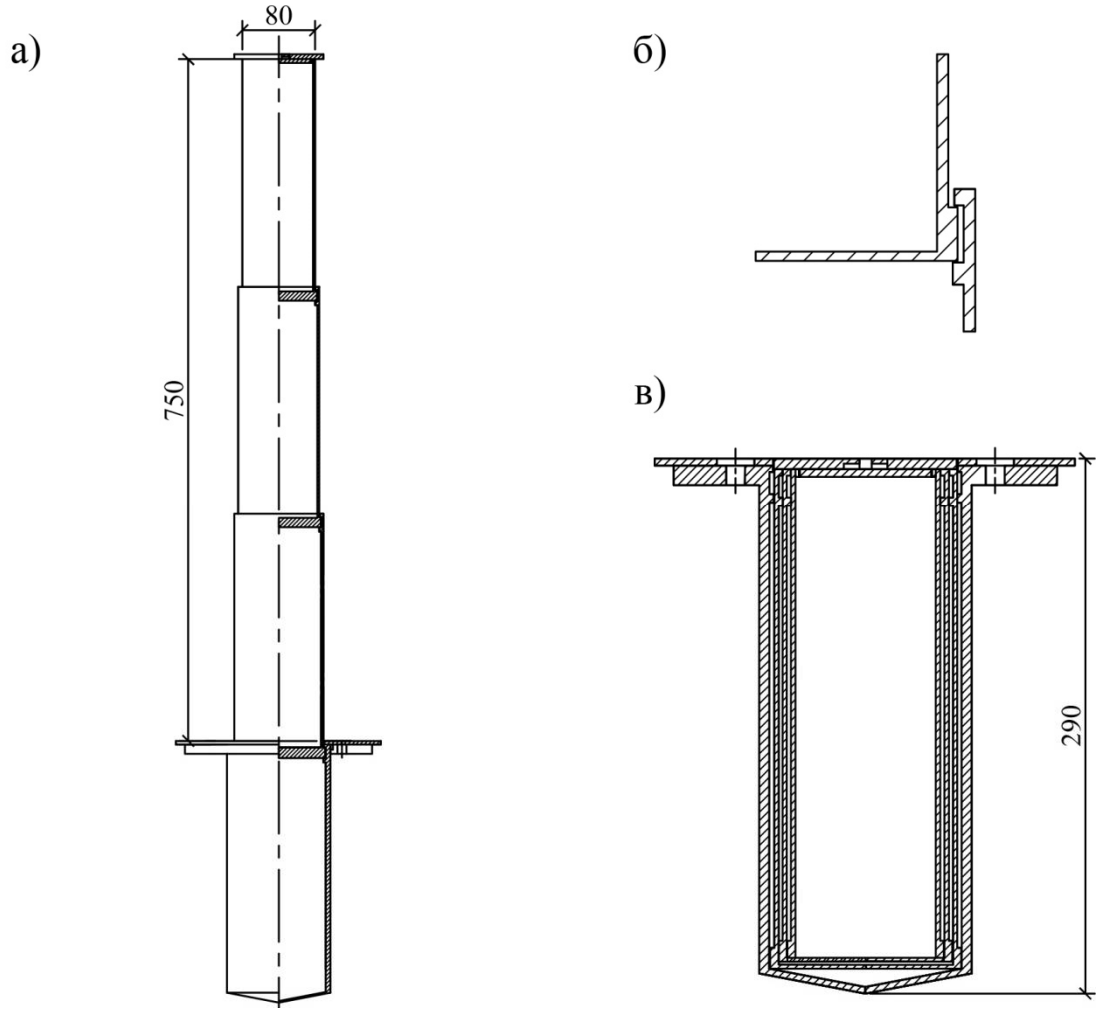


Рис. 1. Предлагаемая конструкция телескопического сигнального дорожного столбика: а) общий вид; б) тубус-бункер с убранными секциями; в) разрез крепления секций

Разработанная телескопическая конструкция, состоит из ступенчато вставляемых друг в друга цилиндрических колец, у которых внутренний диаметр предыдущего равен внешнему диаметру последующего. Фиксация в рабочем положении смежных секций обеспечивается внутренним выступом в нижней части кольца меньшего диаметра и внутреннего углубления в верхней части кольца большего диаметра (Рис. 1, б), закрепляемых вращением секций по часовой стрелке. На время проведения снегоочистительных работ секции опускаются в закладной тубус-бункер, верх которого расположен на уровне поверхности обочины (Рис. 1, в). В убранном положении верхняя секция фиксируется специальным ключом.

Технические характеристики разработанной конструкции соответствует всем требованиям ГОСТ Р 50970-2011 [2].

Макетирование опытного образца включало создание моделей в программе «*Fusion* 360» и печать на 3*D* принтере *Kingroon KP5L* (КНР) из проволочного *PETG* пластика «Некрасовский полимер» (РФ).

Апробация конструкции проводилась на промышленной дороге III-п категории, расположенной на нефтяном месторождении Ханты-Мансийского автономного округа (район очень трудной снегоборьбы).

Выполненное проектирование расчетно-исследовательским методом технически обоснованной нормы времени рабочего процесса по установке одного телескопического столбика составило 0,2 ч [3].

Применение телескопического столбика согласно сметным расчётам позволяет снизить трудозатраты на их содержание в 1,8 раза, а согласно выполненной технико-экономической оценке - увеличить интегральный эффект на 55 % по сравнению с демонтируемыми конструкциями типа С3.

Таким образом, применение телескопических направляющих устройств позволит снизить ресурсные затраты, обеспечить возможность зрительного ориентирования на опасных участках и в конечном итоге повысить безопасность движения на промышленных дорогах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Залуга, В. П. Знаки и указатели на автомобильных дорогах / В. П. Залуга, С. К. Кашкин. – Москва : Транспорт, 1974. – 128 с. – Текст : непосредственный.

2. ГОСТ Р 50970-2011. Технические средства организации дорожного движения. Столбики сигнальные дорожные. Общие технические требования. Правила применения : издание официальное : национальный стандарт Российской Федерации : утв. и введ. в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 апреля 2011 № 54-ст : введ. взамен ГОСТ Р 50970-1996 : дата введ. 2011-09-01 /

разработан ФГУП «РОСДОРНИИ». – Москва : Стандартинформ, 2011. – 15 с. – Текст : непосредственный.

3. Методические рекомендации по проектированию и проверке технически обоснованных норм времени расчетно-исследовательским методом в дорожном хозяйстве : издание официальное : дата введ. 2003-04-14 / разработаны ГП «ЦЕНТРОРГТРУД». – Москва : ГП «Информавтодор», 2003. – 74 с. – Текст : непосредственный.

УДК 624.04

СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СТЕРЖНЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ОСЕВОМ РАСТЯЖЕНИИ-СЖАТИИ. СОПОСТАВЛЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО И РУЧНОГО МЕТОДОВ РАСЧЕТОВ

Тимералиева Л. И., бакалавр, timeraliyeva@list.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. На сегодняшний день большинство расчетов строительных конструкций выполняется автоматизированным способом, а ручные расчеты уходят или на второй план, или их нет совсем. Проблема любого программного комплекса является в том, что независимо от корректности и правильности задания исходных данных, программный комплекс не видит ошибки, а выдает результаты согласно заданным исходным данным. Целью статьи является демонстрация необходимости выполнения ручных проверочных расчетов или частично или полностью. В данной статье выполнены ручной и автоматизированные статические расчеты стержневых элементов, испытывающих осевое растяжение-сжатие, сопоставлены результаты внутренних усилий, проанализированы отличия при задании расчетных схем как в ручном виде, так и с использованием КЭ-модели.

Ключевые слова: статический расчет, осевое растяжение – сжатие, расчетная схема, внутренние усилия, КЭ-модель.

Статический расчет конструкций является основным расчетом, без которого невозможно выполнить правильный подбор геометрических характеристик рассматриваемых элементов.

Опишем два метода решения задач, а за основу возьмем осевое растяжение - сжатие. Осевое растяжение-сжатие вид деформации, при котором возникает только внутреннее усилие растяжение [1].

Для расчета примем вертикальный стержень, закрепленный сверху жесткой заделкой, стержень разделим на три части длинами 2, 2 и 4 метра от свободного конца.

На первой части будет действовать нагрузка по всей длине равная 20 кН/м в сторону жесткой заделки. На втором участке будет действовать нагрузка 10 кН/м в сторону свободного конца. Третий участок не нагружен (Рис.1).

Метод ручного расчета заключается в делении стержня на сечения, в которых начиная от свободного конца выполняется расчет внутренних усилий [1]. Все внутренние усилия показываются на эпюре продольных сил (Рис.2).

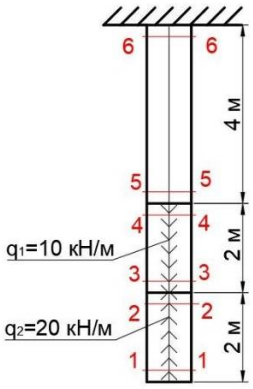


Рис.1. Расчетная схема рассматриваемого стержневого элемента для ручного расчета

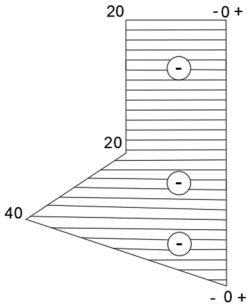


Рис.2. Эпюра внутренних усилий рассматриваемого стержня

Расчет в программном комплексе сводится к построению расчетной схемы, представленной в виде конечно-элементной модели, на которой задается геометрия элементов, нагрузки и закрепления (Рис.3).

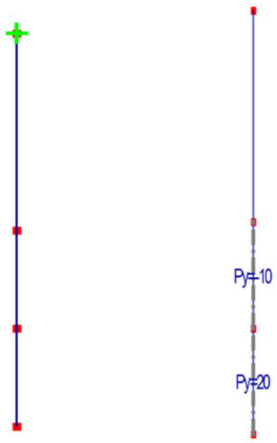


Рис.3. Расчетная схема в программном комплексе

Рассматриваемый стержень задается в виде стержневого элемента. Нагрузки задаются равномерно распределенными элементами с учетом действия (при действии в сторону жесткой заделки – положительное значение, при действии в сторону свободного конца - отрицательное значение). Задача поставлена в двухмерной постановке так как силы действуют в одной плоскости. Исходя из плоской задачи выполнена установка узловых соединений по осям X, Y и момента Rz. Помимо геометрии необходимо задать значения комбинации нагрузок иначе результаты примут нулевой вид, и программа не корректно посчитает внутренние усилиях [3]. Статический расчет выполняется программой автоматически. В результате автоматизированного расчета получаем значения внутренних усилий и реакций в жесткой заделке (Рис.4).

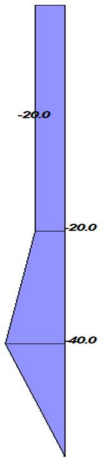


Рис.4. Внутренние усилия, полученные автоматизированным расчетом в программном комплексе (значения -20, -20, -40 кН)

Как видно исходя из полученных значений эпюр и внутренних реакций в стержневом элементе при корректности и правильности задания исходных данных данные в ручном расчете совпадают с автоматизированным. Таким образом при выполнении расчетов используя автоматизированные средства всегда стоит проверять полученные результаты ручным расчетном, а не зная особенностей той или иной программы и во все выполнять расчеты используя только нормативные документы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куриленко Е. Ю. Сопротивление материалов: учебное пособие для вузов / Е. Ю. Куриленко, Ю. В. Огороднова, И. В. Шаптала. – Тюмень : РИО ТюмГАСУ, 2014. – 163 с. – Текст : непосредственный.

2. Белова О. Ю. Расчёты на прочность и жёсткость простейших элементов строительных конструкций : учебное пособие для вузов / О. Ю. Белова, З. С. Кутрунова. – Тюмень : РИО ФГБОУ ВПО ТюмГАСУ, 2013. -181 с. – Текст : непосредственный.

3. Кондратьева Л. Е. Численные методы решения инженерно-технических задач в строительстве : учебное пособие / Л. Е. Кондратьева. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2018. – 159 с. – Текст : непосредственный

УДК 624.04

СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СТЕРЖНЕВОГО ЭЛЕМЕНТА ПРИ ПРЯМОМ ПЛОСКОМ ИЗГИБЕ

Тимералиева Л. И., бакалавр, timeraliyeva@list.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Автоматизированные расчеты значительно ускоряют процесс проектирования рассчитываемых конструкций, но процесс расчета в программном комплексе несколько отличается от привычного ручного расчета и для не знающего пользователя автоматизация ручного расчета зачастую вызывает значительный ряд вопросов начиная от процесса построения модели заканчивая правильностью анализа полученных результатов. В данной статье был сопоставлен расчет однопролетной балки на один из видов деформации. В результате чего были выявлены возможные ошибки при задании расчетных схем в автоматизированном комплексе и описан план для получения результатов который пройдут проверку ручным рачатам.

Ключевые слова: статический расчет, прямой-плоский изгиб, расчетная схема, внутренние усилия, конечно-элементная модель.

Статический расчет – основной вид расчета, при котором определяются внутренние усилия в рассматриваемом элементе, от правильности расчета которого будет завесить дальнейший подбор сечения и конструктивные расчеты в целом. Зачастую расчётные комплексы заточены на быстрое решение той или иной задачи и не снабжены дополнительными модулями для проверки полученных результатов [1].

Рассмотрим наиболее часто возникающий вид деформации прямой плоский изгиб на примере однопролетного стержня шарнирно закрепленного и имеющего консольный свес с правой стороны от шарнирной опоры. На стержень действуют равномерно распределенная сила и изгибающий момент. (Рис.1).

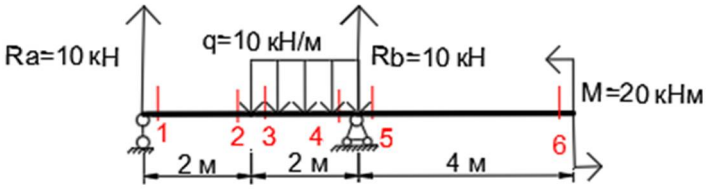


Рис.1. Расчетная схема при прямом плоском изгибе

Согласно теории сопротивления материалов при ручном способе необходимо определить значения реакций опор с помощью уравнений моментов. Выполнить проверку и определить эпюры внутренних усилий, возникающих в стержне [2]. Так как в расчетной схеме присутствует равномерно распределенная нагрузка, необходимо определить.

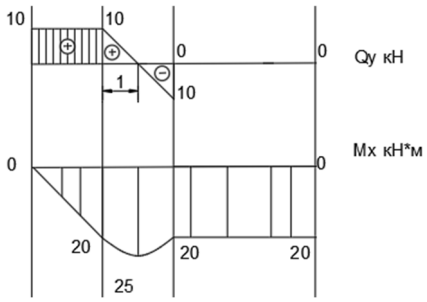


Рис.2. Эпюры момента Mx и поперечной силы Qy

Небольшая особенность при расчете заключается именно в правильном определении эпюр на участке с равномерно распределенной нагрузкой.

Рассмотрим построение аналогичной задачи в пространстве программного комплекса по расчету строительных элементов (Рис.3).

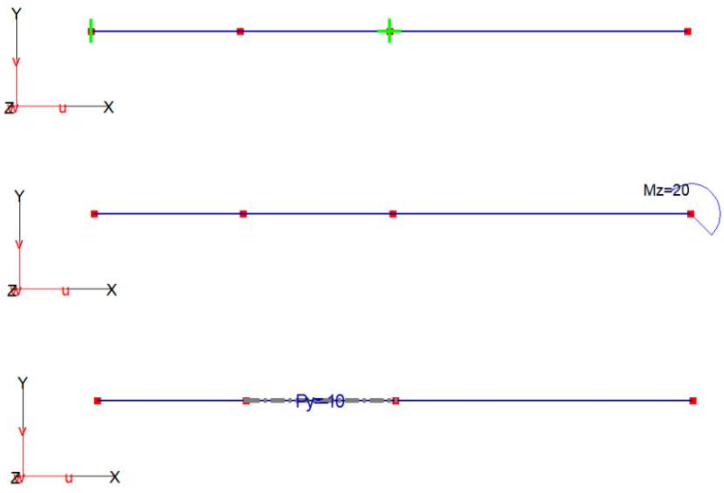


Рис.3. КЭ-модель (рисунки сверху вниз: опоры, действие момента, действие сосредоточенной силы

Для корректного определения внутренних усилий и правильного получения их направления выполняем построение в пространстве плоскости XY. С условием что силы, направленные вдоль оси Y, принимаем положительными, а против оси отрицательными, таким образом распределенная нагрузка принимает отрицательное значения. Аналогично задаем и значения моментов, при повороте против часовой момент положительный при повороте против часовой отрицательный. Шарниры выставляем как узловые опоры с ограничением перемещений для одной опоры вдоль Y другой по Y, так и по X. Плотность материала обнуляем так как выполняем только статический расчет без сечения [3]. В результате расчета получаем внутренние предварительные внутренние усилия отличные от ранее определенных внутренних усилий. (Рис. 4).

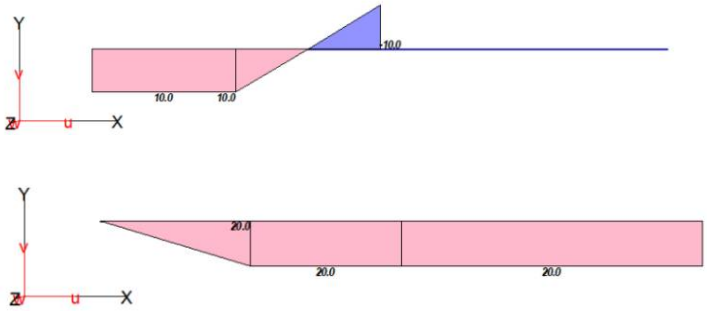


Рис.4. Предварительный расчет эпюр внутренних усилий (Qy, Mx)

Как видим внутренние усилия Mx в области действия распределенной нагрузки рассчитаны не корректно и программа этого не замечает. Используя линейку, определяем положение точки при Qy равном нулю и задаем дополнительный узел в этом месте. Пересчитывая, получаем результат сопоставимый с ручным расчетом (Рис.5).

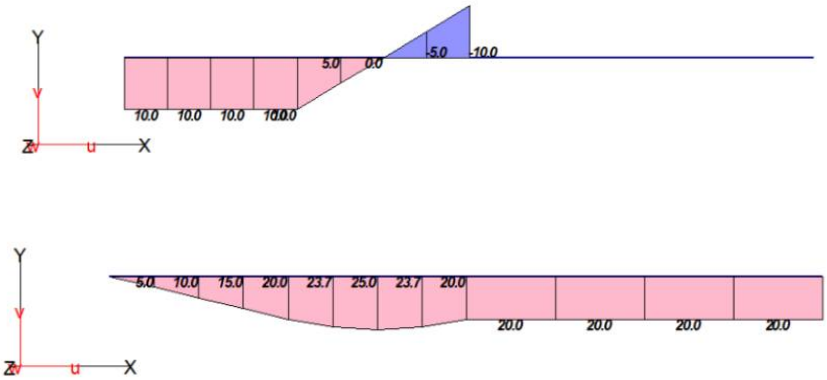


Рис.5. Корректный вывод результатов расчета эпюр внутренних усилий (Qy, Mx)

Таким образом несмотря на умение выполнять автоматизированный расчет нельзя забывать про ручную проверку, так как программный комплекс всего лишь калькулятор, а анализировать результаты всегда необходимо самостоятельно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куриленко Е. Ю. Сопротивление материалов: учебное пособие для вузов / Е. Ю. Куриленко, Ю. В. Огороднова, И. В. Шаптала. – Тюмень : РИО ТюмГАСУ, 2014. – 163 с. – Текст : непосредственный.

2. Белова О. Ю. Расчёты на прочность и жёсткость простейших элементов строительных конструкций: : учебное пособие для вузов / О. Ю. Белова, З. С. Кутрунова. – Тюмень : РИО ФГБОУ ВПО ТюмГАСУ, 2013. - 181 с. – Текст : непосредственный.

3. Кондратьева Л. Е. Численные методы решения инженерно-технических задач в строительстве : учебное пособие / Л. Е. Кондратьева. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2018. – 159 с. – Текст : непосредственный.

УДК 69.07

К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ В ОБЛАСТИ ОБСЛЕДОВАНИЯ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

Тишков Е. В., канд. техн. наук, доцент, evgen2713@mail.ru
Демиденко О. В., канд. техн. наук, доцент, dovanddms@yandex.ru
Кардаев Е. М., канд. техн. наук, доцент, kardaevem@yandex.ru
г. Омск, Омский государственный технический университет

Аннотация. В статье выполнен обзор нормативных источников, регламентирующих проведение обследований свайных фундаментов зданий. Проанализированы некоторые характерные дефекты свайных фундаментов и причины их возникновения, не отраженные в нормативных документах, на примере реальных объектов. Предложены пути совершенствования отечественной нормативной базы по обследованию свайных фундаментов и выявлению в них дефектов и повреждений.

Ключевые слова: обследование, свая, дефект, усиление.

В практике строительства промышленно-гражданских объектов свайные фундаменты находят весьма активное применение. Однако, свайные фундаменты могут быть возведены с нарушениями от требований норм, либо накапливать дефекты и повреждения по мере их эксплуатации.

Соответственно, нормативная база должна отражать способы и объемы обследования свайных фундаментов, характерные дефекты и причины их возникновения, способы устранения. Основным нормативным документом, регламентирующим правила проведения обследования строительных конструкций, является ГОСТ 31937-2011 [1]. В данном стандарте указано, что обследование состояния искусственных свайных оснований и фундаментов входит в состав работ по обследованию грунтов оснований и фундаментов зданий (сооружений). Однако, не указано: каким образом должны выполняться шурфы для обследования свайных фундаментов; что и в каком количестве требуется измерять в каждом шурфе; сколько свай в шурфе и в целом на объекте требуется диагностировать на предмет наличия дефектов (трещин, разрывов) и определения фактической длины; какое количество вскрытых свай достаточно для идентификации шага свай в составе свайное ленты или количества свай в кусте и др.

Не дает ответа на поставленные вопросы и свод правил СП 13-102-2003 [2], ограничиваясь общей формулировкой, что при обследовании зданий объектами рассмотрения являются фундаменты, ростверки и фундаментные балки. В более раннем нормативном документе ВСН 57-88 [3] информация по обследованию свайных фундаментов представлена в большем объеме, в том числе: в случае свайного основания шурфы должны отрываться около свай; указано число мест для обследования свай в зависимости от размера здания (числа секций).Тем не менее, указанной в [3] информации недостаточно, тем более, что его действие распространяется только на жилые здания и применение законодательством не регулируется. Таким образом, нормативные документы федерального уровня содержат крайне мало необходимой информации для качественного обследования свайных фундаментов. Как следствие, инженеры-изыскатели не застрахованы от собственных ошибок при проведении обследований свайных фундаментов, не имеют возможности обосновать выводы, опираясь на нормативные документы, при прохождении государственной или негосударственной экспертизы и др.

Отдельно необходимо акцентировать внимание на отсутствии в [1] и [2] характерных дефектов свайных фундаментов и анализа причин их возникновения. Если для применяемых в крупных городах технологий устройства буронабивных и иных свай методы контроля качества и выявления дефектов их стволов известны и активно используются [4, 5], то для старой застройки на забивных сваях наличие такого раздела в нормативных документах по обследованию просто необходимо. Рассмотрим несколько случаев из практики обследования свайных фундаментов.

Одним из встречающихся дефектов является разрушение узла сопряжения свай и ростверка. Причины возникновения данного дефекта: воздействие сил морозного пучения грунтов, повышенные деформации свай, неравномерное нагружение свайного фундамента. В качестве разно-

видности данного дефекта можно выделить разрушение бетона в узле сопряжения свай и ростверков, а также отслоение защитного слоя бетона ростверка. Причинами дефектов подобного рода может являться бетонирование ростверков по промороженному основанию, некачественное выполнение бетонных работ при строительстве, агрессивность подземной среды.

В массовом порядке при устройстве свайных фундаментов встречаются дефекты забивки, в том числе: сверхнормативные отклонения от проектного положения свай в плане, отклонение от проектного положения свай по высоте (преждевременный отказ) и др. Случай непроектного погружения свай зафиксирован при возведении жилого дома в г. Омске, где 10-метровые сваи были забиты только до глубины 5м. В данном случае в геологическом разрезе не был отражен слой крупного песка, который не позволил произвести забивку свай до проектной отметки, что в сочетании с неправильными действиями строителей привело к необходимости устройства фундаментов на буровых сваях и смещению сроков сдачи дома на один год.

Отдельно необходимо отметить дефект перегрузки свайных фундаментов. Для реконструируемых зданий, сваи которых длительное время работали под нагрузкой, достаточно сложно определить фактическую несущую способность сваи и допускаемую нагрузку на нее. Применение расчетов по таблицам свода правил [6] в зависимости от характеристик грунтов, также, как и статическое зондирование грунтов, в данном случае может дать неточный результат. Статические испытания натурных свай вне объекта (погруженных рядом) не дают гарантии нужного результата, поскольку длительно загруженные сваи в составе фундамента могут иметь большую несущую способность в сравнении с испытанными вне свайного поля [7, 8]. Таким образом, достоверно определить несущую способность существующих свай можно только проведением их испытаний в составе фундамента, но нормативные документы не дают методики проведения таких испытаний. Кроме того, возникает вопрос о влиянии соседних свай на результаты испытаний, даже при условии предварительной вырубки ростверка над испытываемой сваей. Как правило, расстояние между сваями меньше, чем того требует стандарт [9], следовательно, влияние соседних свай неизбежно.

Таким образом, в настоящее время требуется совершенствование нормативных документов в области обследования свайных фундаментов, направленное на классифицирование дефектов свай и ростверков, детальные указания по методам их выявления и оценки параметров, определению наиболее вероятных причин возникновения дефектов. Внесение в нормативные документы положений по обследованию свайных фундаментов позволит повысить качество выполняемых изысканий и надежность принимаемых решений по безопасному возведению и эксплуатации свайных фундаментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2012 г. №1984-ст : введен впервые : дата введения 2014-01-01 / разработан АО НИЦ «Строительство». – Москва : Стандартинформ, 2014. – 55с. – Текст : непосредственный.

2. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений : утвержден Постановлением Госстроя России от 21.08.03 : ввод. в действие с 21.08.03. – Москва : Госстрой России, 2004. – 26 с. – Текст : непосредственный.

3. ВСН 57-88 (р). Положение по техническому обследованию жилых зданий. – Москва : Госстрой России, 2006. – 94 с. – Текст : непосредственный.

4. Обследование здания в рамках строительно-технической экспертизы / С. М. Кузнецов, Н. С. Воловник, О. В. Демиденко, А. И. Белова. – Текст : непосредственный // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 3 (58). – С. 87-95.

5. Самарин Д. Г. Исследования по определению изменений геометрических параметров буронабивных свай акустическим методом, основанным на схеме двух каналов измерения / Д. Г. Самарин, В. Л. Устюжанин, А. А. Лобанов. – Текст : непосредственный // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2020. – №22 (5). – С. 173-186.

6. СП 24.13330.2021 Свайные фундаменты : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 14 декабря 2021 г. № 926/пр: ввод. в действие с 15.01.22. – Москва : Минстрой России, 2022. – 82 с. – Текст : непосредственный.

7. Парамонов В. Н. Изменение несущей способности забивных свай во времени на открытых площадках и нагруженных конструкциями / В. Н. Парамонов, Т. А. Дунаевская. – Текст : непосредственный // Реконструкция городов и геотехническое строительство. – 2004. – № 8. – С. 102 – 106.

8. Научно-техническое сопровождение при строительстве и эксплуатации культурно-спортивного сооружения / Н. С. Воловник, О. В. Демиденко, В. А. Казаков, П. В. Гашков. – Текст : непосредственный // Вестник гражданских инженеров. – 2020. – № 2 (79). – С. 100-109.

9. ГОСТ 5686-2020. Грунты. Методы полевых испытаний сваями : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 июня 2020 г. №281-ст : введен впервые : дата введения 2022-01-01 / разра-

ботан АО НИЦ «Строительство». – Москва : Стандартинформ, 2020. – 65с. – Текст : непосредственный.

УДК 691.3

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА СУХИХ БИОДОБАВОК ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

Чаплинская В. К., обучающийся, vikkichaplinskya@gmail.com
Дергунова Е. С., канд. хим. наук, доцент, dergunova14@yandex.ru
г. Липецк, Липецкий государственный технический университет

Аннотация: в работе представлены результаты оценки активности сухих строительных биодобавок на основе бактерий в процессе хранения. Введение бактерий в бетоносмесительную установку может значительно улучшить свойства бетона, такие как прочность, устойчивость к воздействию воды и долговечность. Приведена методика проведения испытаний, описаны экспериментальные образцы и испытательное оборудование.

Ключевые слова: строительные сухие смеси, биодобавки, скорость твердения бетона, прочность бетона.

Сухие строительные материалы являются уникальными и универсальными смесями, состоящими из множества компонентов. Эта комбинация обеспечивает широкий спектр возможностей для выполнения разнообразных строительных и отделочных задач. Эти смеси обычно представляют собой порошки, которые могут быть смешаны с водой для создания вязкой пасты [1].

Эти пасты обладают превосходными адгезионными свойствами, что позволяет им надежно прилипать к различным поверхностям. Их также можно использовать для заполнения трещин и отверстий, обеспечивая гладкую и ровную поверхность.

В состав смесей входят вяжущие вещества, которые служат основой и определяют основные свойства материала, такие как его прочность, устойчивость к воде и время высыхания. Заполнитель добавляет смеси дополнительные структурные характеристики и улучшает механические свойства материала.

Модифицирующие агенты способствуют улучшению адгезии между компонентами смеси и предотвращают появление трещин в готовом покрытии. Благодаря их использованию, готовые покрытия обладают высокой прочностью и устойчивостью к различным внешним воздействиям, а также имеют увеличенный срок службы [2].

Одним из модифицирующих агентов для цементных сухих смесей могут служить биодобавки, которые способны восстанавливать цементную

матрицу, путем осаждения карбоната кальция в порах и микротрещинах цементного материала [3].

Цель данной работы является изучение особенностей производства сухих биодобавок для повышения прочности бетона и оценка факторов, влияющих на стабильность сухих строительных биодобавок, содержащих уреазные бактерии.

Производство сухих строительных смесей – это процесс, который включает в себя несколько этапов и требует строгого соблюдения технологии [1, 2].

Первый этап – это подготовка сырья. Для производства смесей используются различные материалы, такие как цемент, песок, известь, гипс, наполнители и добавки. Все эти материалы должны быть тщательно просеяны и очищены от посторонних примесей. Бактериальные культуры должны быть предварительно иммобилизованы с помощью подходящих носителей. Для исследования процесса инкапсулирования были использованы различные носители для сохранения стабильности уреазных бактерий. Были использованы каппа-карригинат, альгинат кальция и карбоксиметицеллюлозный гель.

Второй этап – это смешивание компонентов. Все материалы подаются в смеситель, где они перемешиваются до получения однородной массы. Важно следить за тем, чтобы все компоненты были равномерно распределены в смеси.

Третий этап – это добавление модифицирующих добавок. В качестве бактериальных культур были использованы штаммы *Sp. Pasteurii* и *B. Spherica*. Иммобилизованные микроорганизмы более устойчивой к различным воздействиям и улучшают свойства смеси.

Четвертый этап – это сушка смеси. После того, как смесь готова, ее необходимо высушить. Это делается для того, чтобы удалить лишнюю влагу и получить порошок, который можно легко хранить и транспортировать.

Пятый этап – это упаковка смеси. Сухая смесь упаковывается в мешки или бочки, которые затем отправляются на склад. Здесь они хранятся до тех пор, пока не будут использованы в производстве.

В ходе работы были проведены испытания на прочность бетонных смесей полученных с применением сухих строительных смесей, содержащих биодобавки указанных штаммов микроорганизмов на сжатие, водоустойчивость, степень гидратации, а также была проведена оценка влияния органических кислот на потерю массы образцов бетона и оценка стабильности уреазной активности биодобавок в смеси во время хранения [4].

Прочность на сжатие цементного камня определяли на образцах, изготовленных из цементного теста «нормальной» густоты. Твердение образцов происходило в нормальных условиях при температуре в помещении 18°- 20°С и влажности воздуха 78%. Увеличение прочности при сжатии

после 28-дневной выдержки может быть связано с повышение pH пористого материала. Это способствует росту микробных клеток, что в свою очередь может привести к образованию осадка кальцита и повышению прочности бетона. Кроме того, высокая щелочность порового раствора также может приводить к увеличению прочности.

Результаты показали, что уреазная активность биодобавок оставалась практически неизменной после экструзионной обработки во время первого этапа подготовки сухих строительных смесей. Это свидетельствует о том, что использование биодобавок с иммобилизованными клетками бактерий может быть эффективным способом сохранения активности уреазы во время хранения и использования в строительстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Perevozchikova S. V. Dry mix mortar for restoration of buildings / S. V. Perevozchikova, V. V. Belov. – Direct Text // Smart Composite in Construction. – 2021. – Vol. 2, No. 1. – P. 14-19.

2. Чемеричко Г. И. Анализ современного рынка оборудования для производства сухих строительных смесей / Г. И. Чемеричко, С. И. Анциферов, Е. Г. Пахотин. - Текст: непосредственный // Образование, наука, производство: материалы VII Междунар. Мол. форума. – Белгород, 2015. – С. 1585-1588.

3. Применение микробной карбонатной биоминерализации в биотехнологиях создания и восстановления строительных материалов: анализ состояния и перспективы развития / В. В. Строкова, Д. Ю. Власов, О. В. Франк-Каменецкая [и др.]. – Текст: непосредственный // Строительные материалы. – 2019. – № 9. – С. 83.

4. Чаплинская В. К. Оценка активности сухих строительных биодобавок на основе уреазных бактерий в процессе хранения / В. К. Чаплинская, Е. С. Дергунова. – Текст: непосредственный // Современные проблемы материаловедения: сборник научных трудов IV Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. – Липецк, 2023. – С. 194-198.

УДК 622.276.05 – 192 : 519.6

МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ КОРПУСА ПНЕВМОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ СТЕНДОВОГО ИСПЫТАНИЯ МАТЕРИАЛА

Вавилова Ю. Д., магистрант, yulya.vavilova.2019@bk.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье проведен расчет напряженно-деформированного состояния детали из пластического материала, с построением диаграммы деформирования по методу О.С. Банкиной, А.С. Дзюба, А.М. Хватан. Расчет произведен в программном комплексе ANSYS APDL.
Ключевые слова. Напряженно-деформированное состояние, корпус пневматического распределителя, Д16Т, Solidworks, ANSYS APDL, диаграмма деформирования пластического материала, метод О.С. Банкиной, А.С. Дзюба, А.М. Хватан.

Для проведения расчета прочностных характеристик элементов конструкций из пластических материалов необходимо иметь описание диаграммы деформирования данного материала, так как стандартного интервала справочных данных для корректного расчета будет недостаточно. Для расчета пластических материалов на сегодняшний день существует два основных метода: метод Ромберг-Осгуда и метод отечественных инженеров О.С. Банкиной, А.С. Дзюба, А.М. Хватан.

Построение по методу отечественных инженеров базируется на стандартных механических характеристиках, которые являются справочными: модуль упругости, предел пропорциональности, предел текучести, предел прочности, остаточное удлинение. Несмотря на то, что данные для расчета описаны в ГОСТ, мы провели натурные испытания материала, так как они могут отличаться в зависимости от поставщика.

Разрыв образца производился на разрывной машине модели 1Р20.

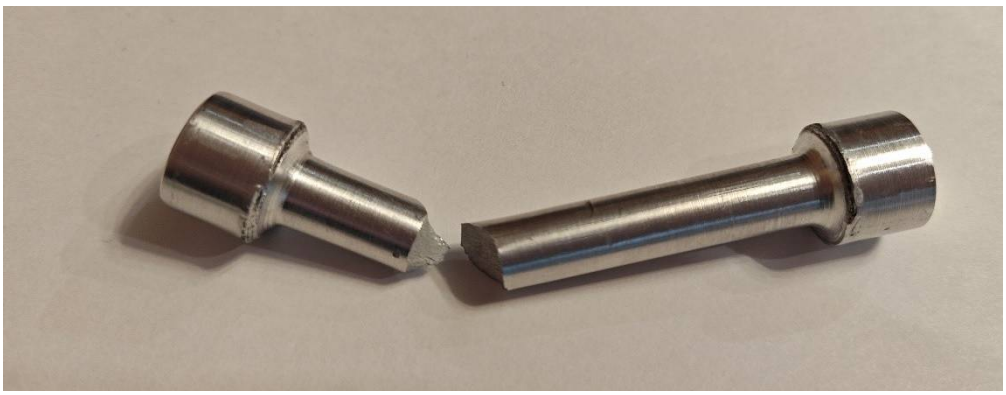


Рис. 1. Образец для испытаний материала Д16Т

Основной вид формулы, аналитического метода О.С. Банкиной, А.С. Дзюба, А.М. Хватан имеет следующий вид:

$$\varepsilon = \begin{cases} \dfrac{\sigma}{E}, 0 < \sigma < \sigma_{ППЦ} \\ \dfrac{\sigma}{E} + 0,002 \cdot \left(\dfrac{\sigma - \sigma_{ППЦ}}{\sigma_{02} - \sigma_{ППЦ}} \right)^{N}, \sigma_{ППЦ} < 0 < \sigma_{В} \\ N = \dfrac{\ln\left(\dfrac{\delta}{0.002} \right)}{\ln\left(\dfrac{\sigma_{В} - \sigma_{ППЦ}}{\sigma_{02} - \sigma_{ППЦ}} \right)} \end{cases} \quad (1)$$

Для расчета будут использованы значения, которые были получены из протока испытания:

δ– остаточное удлинение после разрыва, 12, 596 %;

σ_{02}– условный предел текучести, 448,06 МПа;

$\sigma_{в}$– временное сопротивление, 578,58 МПа;

$\sigma_{пц}$– предел пропорциональности, 313,6 МПа.

После проведения расчетов в системе Mathcad, была получена диаграмма деформирования, точки которой будут импортироваться с ANSYS APDL и по ним будет проводится расчет.

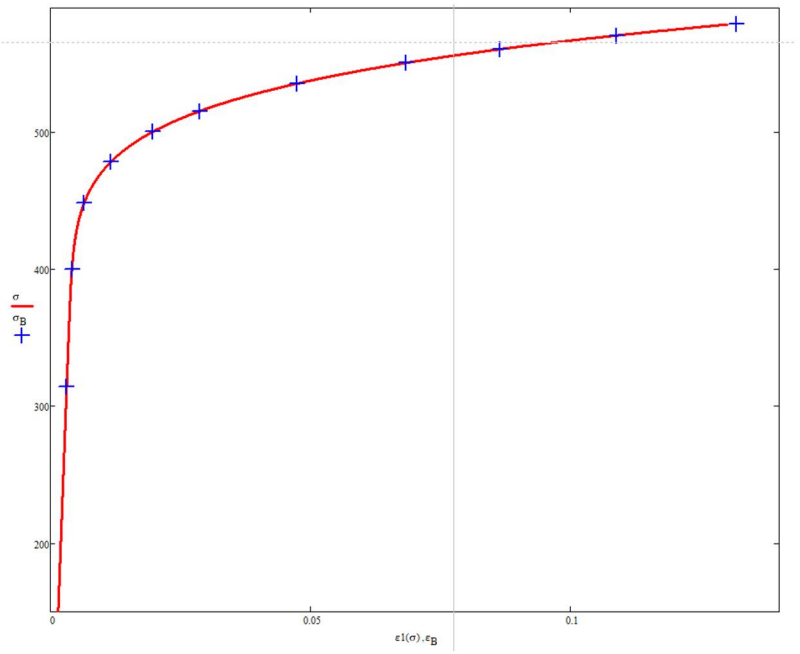


Рис. 2. Расчетная диаграмма деформирования

По результатам расчета получены результаты суммарных перемещений и эквивалентных напряжений по Мизесу. Несмотря на то, что расчет корпуса пневмораспределителя проводился на пусковом давлении в 20 МПа, коэффициент запаса прочности удовлетворяет требованиям данной конструкции и равен 2,4.

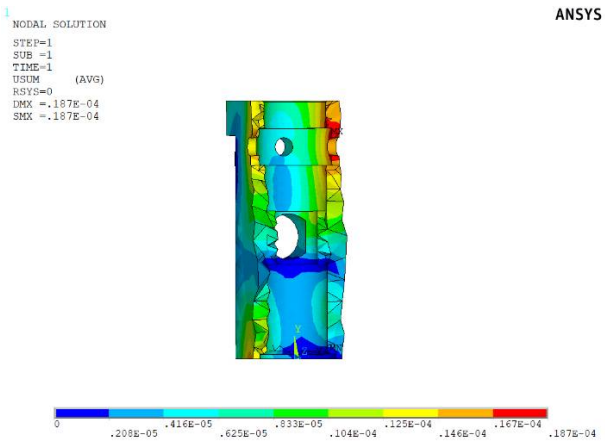


Рис. 3. Суммарные перемещения, мм

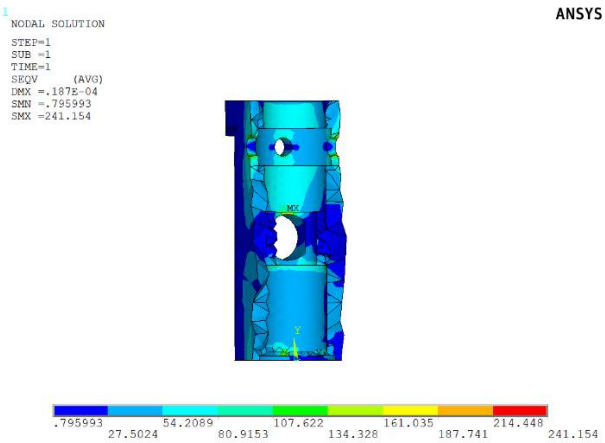


Рис. 4. Эквивалентные напряжения по Мизесу, МПа

Метод построения диаграммы деформирования, описываемой в данной статье, позволяет построить диаграмму деформирования для любого пластического материала, располагая лишь справочными механическими характеристиками материала или данными протокола испытаний. В то время как метод Ромберг-Осгуда позволяет аппроксимировать результаты конкретной диаграммы деформирования, полученной только экспериментально.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Банкина О. С. Метод построения диаграмм деформирования «σ–ε» по справочным механическим характеристикам материала / О. С. Банкина, А. С. Дзюба, А. М. Хватан. – Текст : непосредственный // Труды ЦАГИ. – 2000. – № 2639. – С. 36 - 38.

2. Вавилова Ю. Д. Компьютерный прочностной анализ корпуса пневматического распределителя в программном комплексе ANSYS / Ю. Д. Вавилова. – Текст : непосредственный // Новые информационные технологии в нефтегазовой отрасли и образовании : материалы X Международной научно-практической конференции-конкурса. – Тюмень, 2023. – С. 13-17.

3. Сызранцева К. В. Совершенствование методологии оценки нагруженности и надежности деталей машин на основе учета особенностей их эксплуатационного деформирования : автореф. дис. ... д-р техн. наук : 05.02.02 / К. В. Сызранцева. - Челябинск: Юж.-Ур. гос. ун-т, 2018. - 36 с. – Текст : непосредственный.

4. Построение расчётных кривых деформирования в обеспечении наполнения банка данных по конструкционной прочности материалов авиационных двигателей / Б. Е. Васильев, М. Е. Волков, Е. Н. Бредихина, И. И. Плещеев. – Текст : непосредственный // Materials Physics and Mechanics. - 2019. - № 5 (42). - С. 656–670.

Научный руководитель: Сызранцева К.В., д-р техн. наук, профессор

УДК 681.5.07

СРАВНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ С ИНОСТРАННЫМИ АНАЛОГАМИ

Гриднева Б. О., ст. преподаватель, gridnevabo@tyuiu.ru
Шакуров И. Р., магистрант, shakuroff.ildar2016@yandex.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье представлена сравнительная характеристика основных типов датчиков давления, применяемых в различных областях техники и технологий. Приведены основные принципы и характеристики их работы, диапазон и спектр применения.

Ключевые слова: измерение давления, принцип работы датчиков, датчики давления.

В современном мире датчики давления играют ключевую роль во многих сферах промышленности. Они не только обеспечивают точное из-

мерение давления, но и являются неотъемлемой частью автоматических систем контроля и регулирования.

На российском рынке есть несколько основных производителей отечественных датчиков давления, таких как «Физика-НА», «Приборостроение» и «АвтоСенсор». Несмотря на то, что они активно конкурируют с иностранными брендами, отечественные датчики давления уступают им в некоторых аспектах.

С точки зрения точности измерений и стабильности работы, иностранные аналоги обычно превосходят отечественные датчики. Это обусловлено более совершенными технологиями и высоким качеством комплектующих, используемых в процессе производства. Такие мировые бренды, как «Bosch», «Siemens» и «Honeywell», известны своей надежностью и точностью измерений в самых требовательных сферах применения.

Однако у отечественных датчиков давления имеются свои конкурентные преимущества – доступность и стоимость. В отличие от иностранных аналогов, российские производители предлагают продукцию по более низким ценам, что делает их более привлекательными для некоторых отраслей промышленности с ограниченным бюджетом или высокими потребностями в датчиках давления.

Примеры использования отечественных и иностранных датчиков давления могут проиллюстрировать различия между ними. Рассмотрим ситуацию, когда в автомобильной промышленности требуется высокоточный датчик давления для системы впрыска топлива. Иностранные аналоги, например производимые компанией «Bosch», широко известны своей точностью измерений и надежностью в подобных задачах. Они способны обеспечить стабильное и точное измерение давления топлива, что в конечном итоге позволяет контролировать расход топлива и снизить выбросы вредных веществ. Однако, при более локальных задачах, таких как контроль давления внутри различных трубопроводных систем, отечественные датчики, производимые компанией «Физика-НА», могут быть более эффективными. Они могут предоставить надежную информацию о давлении и оперативно реагировать на изменения в таких системах.

Датчики с кварцевыми ПЧЭ применяются в качестве эталонов в калибраторах таких фирм, как Drue GE (Великобритания), Ruska (США), Artvik (США), Fluke (США) используются в прецизионных барометрах. Также их применяют для измерения гидростатических давлений и давлений в нефтяных и газовых скважинах фирмы Epson Toyocom (Япония), Aanderaa (Норвегия), Quartzdyne (США), Schlumberger (Франция) и др.

Отдельно надо отметить ЧЭ с кремниевыми резонаторами и датчики давления на их основе компании Yokogawa (Япония), которые тоже являются частотными. По своим характеристикам они приближены к кварцу, но имеют ограничения по радиационной стойкости без специальной подготовки.

Российские предприятия также разрабатывают и производят кварцевые манометрические и термочувствительные ПЧЭ, на основе которых изготавливаются датчики давления и температуры, обладающие техническими характеристиками, близкими к зарубежным аналогам.

Основным разработчиком и производителем кварцевых ПЧЭ в России является ООО «СКТБ ЭлПА», которое выпускает два типа кварцевых манометрических ПЧЭ абсолютного давления:

1) мембранного типа на ряд давлений от 0,0007 до 25 МПа;

2) объемного сжатия на ряд давлений от 0,02 до 150 Мпа [1].

В мировой практике авиаприборостроения наиболее широкое применение находят следующие группы датчиков давления: потенциометрические, индуктивные, емкостные, вибрационно-частотные, тензометрические. Разработкой авиационных датчиков давлений занимаются фирмы: АО «УКБП», АП-Восход (Россия), Honeywell Corp. (США), Solatron Transducer, Ltd., Marconi Avionics (Англия) и др. Эти фирмы разрабатывают и поставляют высокоточные датчики и системы воздушных сигналов для установки их на гражданских, военных самолетах, вертолетах и других летательных аппаратах.

Интенсивное развитие в мире в настоящее время получают микроэлектромеханические системы (МЭМС). Применительно к датчикам переменного давления МЭМС реализованы для пьезорезистивной и емкостной схем. Разработкой МЭМС-датчиков давления в России занимаются ФГУП «Научно-исследовательский институт физических измерений (НИИФИ)» (г. Пенза), ОАО «ТЕМП-АВИА» (г. Арзамас) и ряд технологических центров, например Московский государственный институт электронной техники (МИЭТ). Применение МЭМС-датчиков давления стремительно расширяется, например в автомобилестроении, и будет расти ещё интенсивнее в других отраслях – робототехнике, автоматизации технологических процессов и т.д. [2]

Технология производства датчиков предполагает последовательное проектирование и изготовление пьезорезистивных чипов, сборку на их основе чувствительных элементов по МЭМС-технологии и, наконец, корпусирование до конечной конструкции.

Наиболее известны следующие зарубежные производители пьезорезистивных датчиков давления: Ku lite Semiconductor Products, Inc. (США), BCM Sensor (Бельгия), PCB (США), Endevco (США), Kistler (Швейцария). В России пьезорезистивные датчики давления разрабатывают и производят МИЭТ (г. Зеленоград), НИИФИ (г. Пенза).

Отдельного внимания заслуживает метрологическое обеспечение датчиков переменного давления. К сожалению, в стране отсутствует система метрологического обеспечения средств измерений динамического давления. В 1980-е годы Ленинградское НПО «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» разработало и оснастило ряд отечественных предприятий метроло-

гическим оборудованием, но сейчас это оборудование в лучшем случае находится в складских помещениях [3].

Таким образом, сравнение отечественных датчиков давления с зарубежными аналогами подтверждает, что каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Иностранные аналоги обладают большей точностью и надежностью, но высокой стоимостью, тогда как отечественные датчики более доступны с точки зрения цены. Выбор между ними зависит от конкретных требований, бюджета и сферы применения. Когда каждая копейка имеет значение, отечественные датчики могут оказаться оптимальным решением. Однако, для более требовательных задач, когда точность измерений является основополагающим фактором, иностранные аналоги обычно оправдывают свою цену.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поляков А. Перспективные кварцевые пьезорезонансные чувствительные элементы и датчики давления на их основе / А. Поляков, В. Поляков, М. Одинцов. – Текст : электронный // Компоненты и Технологии. – 2011. – № 1. – URL : https://sktbelpa.ru/produktsiya-ru/preobrazovateli-absolyutnogo-davleniya/soputstvuyushchie-stati-po-pdtk/perspektivnye-kvartsevye-pezorezonansnye-chuvstvitelnye-elementy-i-datchiki-davleniya-na-ikh-osnove.html (дата обращения: 04.11.2023).

2. Лукьянов Г. Н. Сенсоры и датчики физических величин / Г. Н. Лукьянов. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2020. – 57 с. – Текст : непосредственный.

3. Чернышенко А. А. Развитие системы метрологического обеспечения в области вакуумных измерений / А. А. Чернышенко. – Текст : непосредственный // Эталоны. Стандартные образцы. – 2022. – Т. 18, № 2. – С. 73–88.

УДК 621

ИНТЕГРАЦИЯ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ (IOT) В ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Ергулович И. Н., бакалавр, ergulovich@gmail.com
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье анализируется стратегическое значение процесса интеграции Интернета вещей и его потенциальное влияние на эффективность производства и конкурентоспособность отрасли машиностроения. Рассматриваются инновационные подходы, технологии и перспективы интеграции IoT в современные производственные процессы, а также выявляются преимущества, прогнозируемые тенденции и вызовы, с которыми сталкивается машиностроение в контексте данного инновационного тренда. Работа наце-

лена на комплексный обзор актуальных аспектов исследуемой проблематики с акцентом на важность и перспективы интеграции IoT в машиностроении.

Ключевые слова: интернет вещей, интеграция, интернета вещей, цифровой двойник.

Интернет вещей (IoT) представляет собой технологическую концепцию, основанную на взаимосвязи физических объектов (устройств, аппаратов, транспортных средств и пр.) с сетью Интернет. Эти объекты оснащены сенсорами, актуаторами и встроенной техникой для сбора и обмена информацией. Совокупность этих устройств, коммуникаций и данных между ними составляют основу IoT [1-2].

Роль IoT в современном мире невозможно переоценить. Интернет вещей является ключевым элементом цифровой трансформации, обеспечивая ввод, обработку, анализ и использование огромного объема информации для принятия управленческих решений в режиме реального времени.

Сбор данных в контексте IoT в машиностроении начинается с установки датчиков и устройств на оборудование, станки, транспортные средства и другие элементы производственного процесса. Эти устройства собирают специализированные сведения, в частности параметры работы технологических объектов (температура, давление, вибрация), производственные метрики (скорость, производительность). Далее, собранная информация передаётся через сети связи (чаще всего через интернет) на централизованный сервер или облачное хранилище данных. Там данные агрегируются, обрабатываются и готовятся для дальнейшего анализа [3].

В процессе анализа с помощью методов аналитики данных и машинного обучения, выявляются закономерности, тренды и отклонения производственных показателей. Применение алгоритмов машинного обучения позволяет строить прогностические модели, способные предсказывать отказы оборудования или оптимизировать производственные процессы.

Кроме того, IoT создает возможность для автоматизации управления технологическими цепочками, например, моделирование параметров работы оборудования, логистика производственных потоков в зависимости от загрузки, адаптация производства к мероприятиям по энергоэффективности, предупреждение о неисправностях и аварийных ситуациях для минимизации времени простоя и улучшения общей производительности.

Основными преимуществами интеграции интернета вещей в производственные процессы являются:

1) Оптимизация ресурсопотребления. Системы IoT позволяют осуществлять непрерывный мониторинг производственных параметров и расхода ресурсов, таких как энергия, вода, сырье и другие материалы. Это предотвращает избыточные расходы и способствует рациональному использованию всех видов ресурсов, что в конечном итоге приводит к снижению затрат и повышению производительности.

2) Повышение качества продукции и уменьшение количества брака. Мониторинг производственных процессов в реальном времени и анализ данных обеспечивают выявление возможных дефектов или несоответствий стандартам качества. Оперативная корректировка бизнес-процессов минимизирует производственные потери, улучшая общее качество продукции.

3) Сокращение времени простоя оборудования и реагирование на нештатные ситуации. Анализ данных с датчиков и использование алгоритмов машинного обучения помогают предсказывать возможные отказы, нештатные и аварийные ситуации. Это позволяет своевременно провести профилактическое техническое обслуживание, выполнить замену элементов или ремонт до того, как возникнет серьезная проблема.

Убеждения специалистов на перспективу интеграции IoT в современные производственные процессы едины: Интернет вещей будет играть все более важную роль во всех отраслях промышленности, в том числе в машиностроении, изменяя производственные парадигмы, бизнес-модели и стандарты:

- прогнозируется глубокая интеграция IoT во все процессы, начиная от концепции продукта до его производства и последующего обслуживания;

- IoT позволит перейти от реактивного обслуживания оборудования к предиктивному;

- IoT изменит бизнес-модели в машиностроении: предприятия будут предлагать услуги на основе комплексной информации (результаты мониторинга за режимом эксплуатации оборудования, аналитические обзоры показателей по оптимизации производства);

- прогнозируется распространенное использование цифровых двойников (цифровых моделей) оборудования, созданных на основе данных IoT. Это задействует новые формы моделирования и тестирования производственных процессов, доведя их до физической реализации;

- с увеличением распространения IoT в секторе машиностроения предполагается активное стремление к установлению общих стандартов и нормативов с целью улучшения совместимости между устройствами и системами.

Среди инновационных подходов и технологий, усиливающих воздействие IoT на производственные процессы, их надежность и уровень автоматизации, отмечаются следующие:

1. Блокчейн-технологии. Блокчейн сохраняет безопасность и целостность данных, а также повышает прозрачность и надежность цепочек поставок. Он может использоваться для подтверждения подлинности компонентов, мониторинга качества продукции и обеспечения безопасности транзакций между участниками производства.

2. Развитие технологий микросхем. Прогресс в области технологий микросхем, таких как системы на кристалле (SoC) и трехмерные чипы,

увеличивает производительность устройств IoT и снижает их энергопотребление.

3. Edge Computing. Предоставляется возможность анализировать информацию непосредственно на устройствах IoT (на «краю» сети) без необходимости передачи всех данных на центральные серверы. Это сокращает промедления при принятии решений.

Таким образом, интеграция Интернета вещей (IoT) в производственные процессы машиностроения представляет собой существенную стратегическую ценность. Вовлечение цифровых технологий в сферу производственной деятельности, внедрение инновационных подходов и поддержание повышенного уровня автоматизации может радикально улучшить конкурентоспособность и эффективность бизнес-процессов машиностроительных компаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лочкарева Т. Г. Интернет вещей / Т. Г. Лочкарева. – Текст : непосредственный // Инновационная наука. - 2016. - № 12. - С. 83-84.

2. Щербинина М. Ю. Концепция интернет вещей / М. Ю. Щербинина, Н. А. Стефанова. – Текст : непосредственный // Креативная экономика. - 2016. - № 11. - С. 1323-1336.

3. Суриков К. А. Архитектура системы интернета вещей / К. А. Суриков. – Текст : непосредственный // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. - 2022. - № 3. - С. 152-155.

УДК 621

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА LEAN

Ергулович И. Н., бакалавр, ergulovich@gmail.com
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье представлен метод Lean, используемый для сокращения избыточных затрат и повышения эффективности производственных процессов; рассмотрены основные принципы и инструменты метода, выявлены его преимущества. Приведены положительные результаты внедрения метода Lean на предприятиях машиностроительного сектора; отмечена перспективность интеграции данного метода с современными цифровыми технологиями. Статья подтверждает необходимость комплексного обучения сотрудников и формирования у них активного отношения к внедрению метода Lean в машиностроительных организациях.

Ключевые слова: бережливое производство, метод Lean, оптимизация, производственные процессы.

Оптимизация производственных процессов в машиностроении имеет важное значение для обеспечения эффективной деятельности и конкурентоспособности предприятий в данной отрасли. Она направлена на достижение рационального баланса между качеством продукции, производительностью труда, снижением издержек, сокращением времени цикла производства и подтверждением удовлетворенности клиентов [1].

Оптимизация производственных процессов — это системный подход к улучшению операций и функций в производстве с целью достижения наилучшего сочетания эффективности, качества, стоимости и времени.

Одной из практик оптимизации машиностроительных предприятий является метод Lean, также известный как «бережливое производство». Lean включает в себя ряд следующих ключевых принципов:

- Устранение потерь (Muda). Нацелен на сокращение ожидания, ликвидацию запасов, устранение лишних движений, всех избыточных операций, процессов и ресурсов;

- Just-in-Time (JIT). Принцип JIT направлен на производство только того количества продукции, которое требуется в данный момент, чтобы избежать накопления запасов и связанных с ними издержек;

- Выравнивание процессов (Takt Time). Lean стремится к выравниванию производственных операций с частотой спроса на продукцию, что обеспечивает более плавное осуществление производственного процесса и сокращает перегрузки;

- Системный подход (Whole System Thinking). Составные элементы производства рассматриваются как часть единой системы, учитывается влияние изменений в одной части на другие;

- Участие сотрудников. Персонал всех уровней должен активно участвовать в поиске и внедрении улучшений, что создает культуру непрерывного совершенствования.

Ключевыми инструментами метода Lean являются:

- Kanban: Система управления запасами, которая использует визуальные сигналы (обычно карточки) для контроля производства и поставок. Обеспечивается реализация принципа JIT, и предотвращаются избыточные запасы.

- 5S: Методология, включающая Sort (сортировка), Set in Order (порядок), Shine (чистота), Standardize (стандартизация) и Sustain (поддержание). 5S способствует созданию чистого и организованного производственного окружения.

- Kaizen: Процесс непрерывного улучшения, где сотрудники постоянно ищут способы совершенствования процессов и устранения проблем.

- Value Stream Mapping (VSM): Графический метод для анализа текущих и будущих производственных процессов с целью выявления потенциала для улучшений.

- PDCA (Plan-Do-Check-Act): Цикл планирования, выполнения, проверки и действия, используемый для непрерывного улучшения процессов.

Выявим значимые преимущества применения метода Lean в производственных процессах машиностроения:

1) Принцип устранения избыточных операций (Muda) позволяет оптимизировать производственные процессы, исключая неэффективные шаги, что приводит к существенному повышению эффективности производства.

2) Применение методов Kaizen и Just-in-Time (JIT) способствует сокращению времени производственных циклов, обеспечивая быструю реакцию на изменения спроса и более оперативное введение продукции на рынок.

3) Lean помогает управлять запасами с минимизацией избытка, что снижает операционные издержки и оптимизирует использование ресурсов, включая трудовые и материальные.

4) Устранение избыточности и внедрение контроля качества на ранних этапах производства повышают качество продукции, что ведет к удовлетворению потребностей клиентов и уменьшению числа дефектов.

Toyota, известная своим уникальным Toyota Production System (TPS), является классическим примером успешного применения Lean. Придерживаясь JIT (Just-in-Time), как одного из основных принципов TPS, Toyota сократила издержки, связанные с избыточными запасами, и разработала более эффективные формы управления производственными процессами. Успешная оптимизация позволила Toyota стать лидером в автомобильной индустрии с высоким уровнем производительности труда, качества продукции и удовлетворенности клиентов.

В будущем применение метода Lean в машиностроении не потеряет актуальности и будет иметь следующие перспективы:

1) С развитием новых технологий и автоматизации Lean могут быть интегрированы в более широкий спектр производственных операций, включая цифровую трансформацию и управление цепями поставок.

2) При акцентировании внимания к устойчивости и социальной ответственности бизнеса, метод Lean позволит компаниям улучшить показатели производства, снизить негативное воздействие на окружающую среду и обеспечить более безопасные условия труда.

3) Lean-подход может быть реализован не только на производстве, но и в области обслуживания и ремонта машин, что повышает уровень сервиса и увеличивает срок службы оборудования.

Важно подчеркнуть, что успешное внедрение Lean требует не только технических изменений, но и культурных. Воспитание активной позиции персонала, вовлечение его в процесс совершенствования, обучение и поддержка улучшающих предложений приведут к положительным результатам [2-3].

Таким образом, метод Lean является действенным инструментом для оптимизации производственных процессов в машиностроении. Он позволяет устранить потери ресурсов, повысить эффективность производства и достичь более высокого уровня качества продукции. Интеграция Lean с технологиями будущего, такими как блокчейн, роботизация и автоматизация, усилит влияние метода на бизнес-процессы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степченко Т. С. Lean-технологии в управлении предприятием / Т. С. Степченко. – Текст : непосредственный // Современные технологии управления. - 2015. - № 7. - С. 38-41.

2. Павлович М. И. От расточительности к рачительности: применение концепции Lean в дистрибуции / М. И. Павлович. – Текст : непосредственный // Вестник магистратуры. - 2017. - № 6. - С. 29-32.

3. Ядранский Д. Н. К вопросу о региональных особенностях Lean-менеджмента на российских предприятиях / Д. Н. Ядранский. – Текст : непосредственный // Россия: тенденции и перспективы развития. - 2020. - № 15. - С. 312-314.

УДК 539.422.24

АНАЛИЗ УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ОБРАЗЦА – СВИДЕТЕЛЯ ИСТОРИИ НАГРУЖЕНИЯ ДИСКА ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ В РАСЧЁТНОМ КОМПЛЕКСЕ NCODE FOR ANSYS

Клейдман О. В., канд. физ.-мат. наук, доцент, olgakdpm@mail.ru
Клейдман М. Д., бакалавр, maxkleydman@gmail.com
г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В работе строится численный алгоритм определения усталостной долговечности роторов паровых турбин на образцах – свидетелях с использованием программ ANSYS и nCode Design Life с учетом истории нагружения. Определено число циклов до разрушения образца в зависимости от типа обработки его поверхности. Актуальность связана с тем, что экспериментальные испытания на усталость довольно дорогостоящие, и существует большой недостаток информации об усталостных свойствах материалов. Практика показывает, что материалы, длительное время находящиеся под действием переменных нагрузок, накапливают критические повреждения при напряжениях меньше даже предела текучести.

Ключевые слова: усталостная долговечность, циклы, НДС, МКЭ

Требования к маневренности и надежности паровых турбин связаны с условиями работы энергосистем и включают в себя такие факторы, как

нагружение и разгружение турбоагрегата, а также пуск из различных тепловых состояний (горячего, неостывшего и холодного). В целом, все эти факторы влияют на работу турбины в различных режимах и должны быть учтены при проектировании и эксплуатации [1].

Для определения долговечности роторов паровых турбин на образцах-свидетелях, которые вырезаются из использованных в эксплуатации роторов в критических зонах накопления повреждений, проводятся экспериментальные испытания на специальных машинах. В этих испытаниях оцениваются различные характеристики, связанные с сопротивлением материала деформации и разрушению при статических и циклических нагрузках. Направление и зона вырезки образцов выбирается таким образом, чтобы максимальные действующие напряжения располагались по нормали к поперечному сечению образцов.

Ограничение числа решаемых задач связано с тем, что проведение испытаний на усталость довольно дорогостоящее мероприятие, а также существует недостаток информации об усталостных свойствах материалов, которые подвергаются апериодическому, случайному нагружению. Это создает препятствия для исследований и ограничивает наше понимание процессов, происходящих при таких типах нагрузок. Недостаточное развитие теории усталостного разрушения материалов создает сложности в достоверной оценке и предсказании их прочности при циклических нагрузках. Для сравнения с экспериментом с целью подтверждения достоверности результатов для вырезанных малогабаритных образцов необходимо иметь быстрый и точный численный алгоритм, который в данной работе строится на основе программ ANSYS и nCode Design Life с учетом истории нагружения. Сначала производится анализ НДС образца в нелинейной постановке (с учётом упруго - пластического деформирования) с использованием МКЭ [2,3] в программном комплексе ANSYS с физико-механическими характеристиками для стали 34ХН3МА. К одному концу образца приложена растягивающая нагрузка 100,51 МПа, а противоположный закреплен по осям OY и OZ. Геометрическую модель иногда удобно строить в Компас-3D [4] и экспортировать в ANSYS.

Полученные результаты расчета НДС образца из ПП ANSYS считываются в ПП nCode DesignLife, и моделируется испытание при гармоническом синусоидальном отнулевом цикле нагружения с Ra=0 «Рис.1». Применяется специальный объект-*SNAnalysis* для анализа усталостной долговечности.

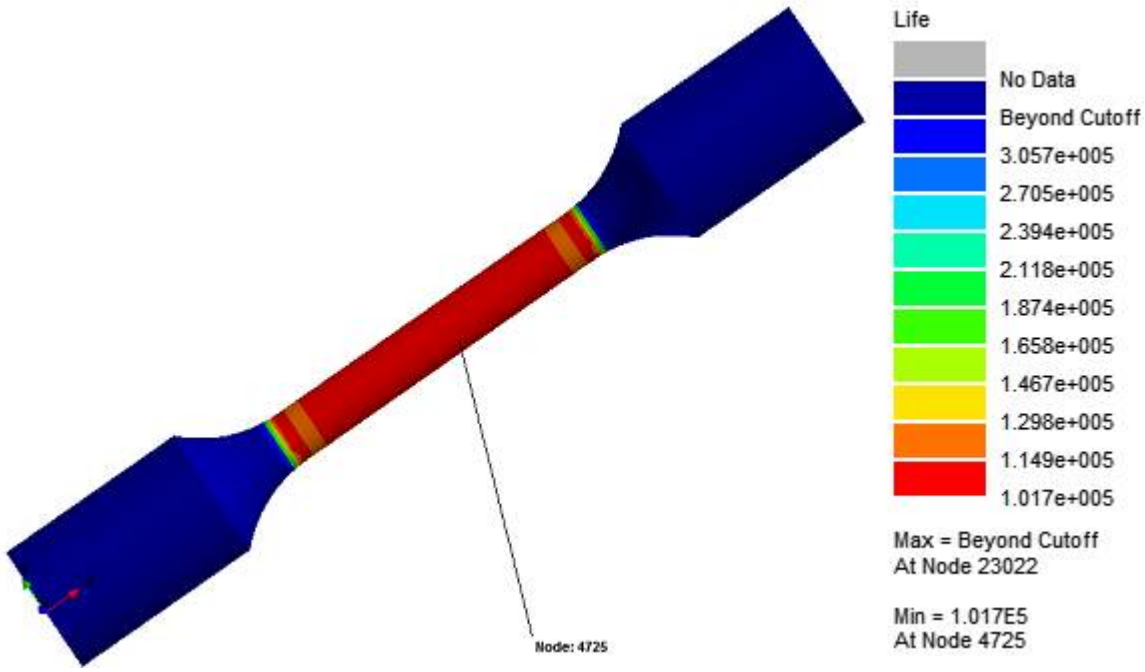


Рис.1. Число циклов до разрушения образца с коэфф. шероховатости 1,25мкм

Результаты, полученные при оценке долговечности в программе nCode Design Life, показывают хорошее согласование с экспериментальными данными, которые описаны в научной литературе. И составляют 1,017e5 циклов до разрушения «Рис.1». Так же было определенно число циклов до разрушения образца в ПП nCode в зависимости от типа обработки его поверхности. Видно из таблицы 1, что образцы с более качественно обработанной (полированной) поверхностью имеют выше число циклов до разрушения, чем, например, с коэффициентом шероховатости 1,25мкм. Программа формирует таблицу коэффициентов запаса по усталостной долговечности для всех элементов расчетной модели. Такие результаты подтверждают надежность и точность данного программного инструмента, что позволяет применять его для прогнозирования долговечности в различных инженерных приложениях.

Таблица 1

Долговечность образца в зависимости от качества обработанной поверхности

Тип обработки рабочей части образца	Число циклов до разрушения образца
Ra=1,25 мкм	1,017e5
Polished	1,215e5
Ground	2,616e4
Machined	1,205e4
Poor Machined	9843
As Rolled	9843

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Менделеев Д. И. Показатели режимных характеристик парогазового энергоблока ПГУ-110 МВт на частичных нагрузках / Д. И. Менделеев, Г. Е. Марьин, А. Р. Ахметшин. – Текст : непосредственный // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2019. – Т. 11, № 3(43). – С. 47-56.

2. Ютанова А. А. Анализ НДС на основе МКЭ цельнокованого ротора турбины при действии эксплутационных нагрузок с учётом дефектов в осевом канале / А. А. Ютанова, М. Д. Клейдман. – Текст : непосредственный // XXVI Всерос. аспир.-магистер. науч. семинар, посвященный дню энергетика. Том 2. – Казань, 2023. – С. 184-187.

3. Пахомов С. А. Механика конструкций в COMSOL Multiphysics / С. А. Пахомов, И. Н. Маслов. – Текст : непосредственный // Инновационные идеи молодых исследователей : материалы XII Междунар. науч.-практ. Конф. – Уфа, 2023. – С. 63-66.

4. Анализ элементов конструкции ГТЭ45У с использованием программного обеспечения ас ГРЭТ и Компас-3D / М. В. Савина, А. А. Хасанов, Е. Н. Викторов [и др.]. – Текст : непосредственный // Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы - 2022 : материалы XI-й Междунар. науч.-техн. конф. Часть 2. – Казань, 2022. – С. 231-235.

УДК 622.276.05 – 192 : 519.6

АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ КОРПУСА ОБРАТНОГО КЛАПАНА ДУ 200 МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Ломейко Э. Д., магистрант, lomeykoeduard1009@mail.ru
Садыков Р. И., магистрант, ruslan614036@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В данной работе выполнен расчет прочности корпуса обратного клапана Ду 200 методом конечных элементов с помощью инженерных программ SolidWorks и ANSYS Mechanical APDL при его нагружении пусковом давлении в 7,5 МПа. Представлены картины 3D модели обратного клапана, конечно – элементная модель и узловые эквивалентные по Мизесу напряжения в материале корпуса. Сделан вывод о достаточной надежности корпуса обратного клапана.

Ключевые слова. Обратный клапан, SolidWorks, ANSYS Mechanical APDL, метод конечных элементов, напряженно-деформированное состояние.

Обратный клапан Ду 200 – это одно из оборудований нефтегазовой промышленности, предназначение которого является остановка обратного потока нефтепродукта или газа в трубопроводной системе [1]. Данный клапан имеет внутренний диаметр 200 мм, состоящий из стального корпуса и запорного элемента, предотвращающего реверсию потока жидкости и газа в трубопроводе. Корпус выполнен из стали 25Л с пределом текучести в 365 МПа.

Перед началом расчета корпуса обратного клапана в программе ANSYS Mechanical APDL [2] необходимо построить данную 3D модель в инженерной программе SolidWorks, результат представлен на рис. 1. Следующим этапом будет импорт, данный модели в программу ANSYS Mechanical APDL [2], поскольку обратный клапан является симметричным, то для упрощения, расчет будет производиться для половины модели. После импорта модель необходимо дискретизировать конечно – элементной сеткой [3], результат представлен на рис. 2. После данных действий можно переходить к расчету корпуса, указываем на всей внутренней поверхности корпуса давление в 7,5 МПа, на плоскостях разреза условия симметрии, в результате расчетов получаем узловые эквивалентные по Мизесу напряжения в материале корпуса [4], показанные на рис. 3.

Поскольку максимальные напряжения в материале корпуса задвижки составили 286 МПа, а предел текучести стали 25Л равен -365 МПа, то можно сделать вывод, что корпус выдержит пусковое давление с коэффициентом запаса прочности равным 1,28, материал не выйдет из зоны упру-

гости, что позволяет прогнозировать его весьма высокую надежность. Выполненное компьютерное моделирование позволяет выполнить расчеты по модернизации геометрии корпуса для снижения его металлоемкости с сохранением работоспособности.

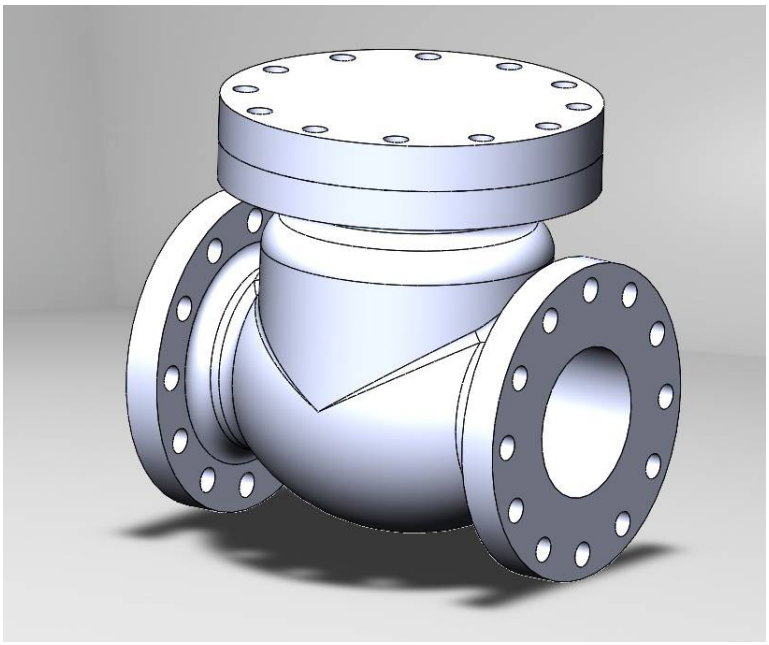


Рис. 1. 3D модель обратного клапана

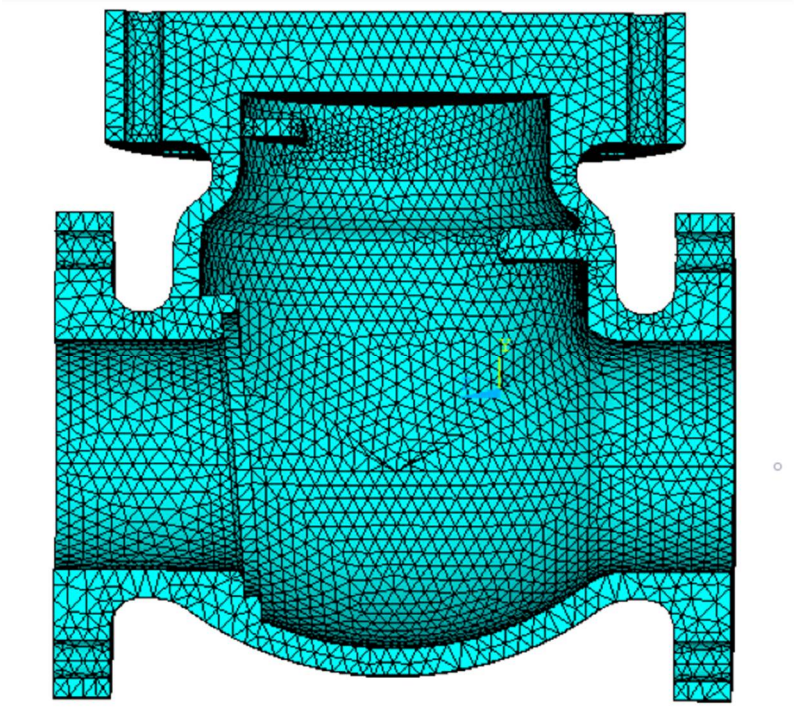


Рис. 2. Конечно – элементная модель корпуса обратного клапана

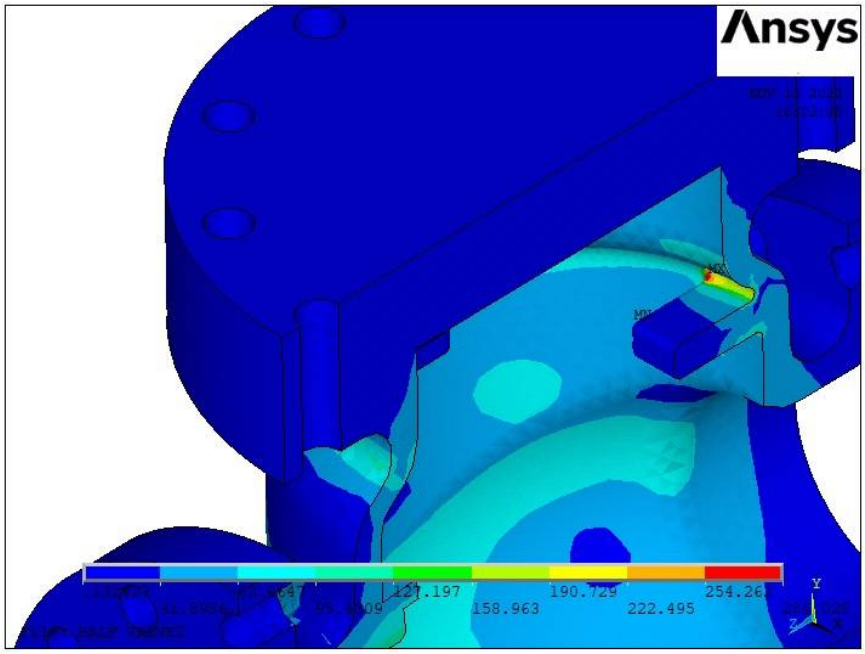


Рис. 3. Узловые эквивалентные по Мизесу напряжения в материале корпуса обратного клапана

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Syzrantsev V. N. Using Finite Element Analyzing for calculation of stress-strain conditions of wedge gate valves bodies / V. N. Syzrantsev, K. V. Syzrantseva, A. V. Beloborodov. – Direct text // Engineering Mechanics 2003: book of extended abstracts of National conference with international participation. – Prague, Czech Republic, 2003. – P. 324-325.

2. Чигарев А. В. ANSYS для инженеров / А. В. Чигарев, А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк. – Москва : Машиностроение-1, 2004. – 512 с. – Текст : непосредственный.

3. Сызранцева К. В. Компьютерный анализ нагруженности и деформативности элементов нефтегазового оборудования : монография / К. В. Сызранцева. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2009. – 124 с. – Текст : непосредственный.

4. Syzrantseva K. Reliability estimation of machine parts with complicated geometry on a base of methods of nonparametric statistics / K. Syzrantseva, V. Syzrantsev. – Direct text // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2016. – № 2. – P. 204-209.

Научный руководитель: Сызранцева К.В., д-р техн. наук, профессор

УДК 621.74.045

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Митрохин С. И., магистрант, mitrokhinserega@mail.ru
Писарев Д. Е., магистрант, nema.2001@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В данной статье были рассмотрены возможности применения специальных видов филамента в машиностроительной отрасли. Решение по рассмотрению возможности применения филаментов обуславливается стремительным развитием аддитивных технологий, вследствие чего внедрение данных новшеств может значительно повысить производительность и снизить себестоимость изготавливаемой продукции на машиностроительных производствах. Рассматриваемыми филаментами являются литейные филаменты WAX-3D и CAST. В работе рассмотрены особенности печати данными филаментами их свойства

Ключевые слова: машиностроительное производство, аддитивные технологии, литейные филаменты

В современном мире повсеместно прослеживается модернизация различных производств в связи с появлением инновационных технологий, значительно повышающих производительность данных предприятий, понижающие себестоимость выпускаемых изделий, а также трудозатраты для изготовления данных изделий [1-2].

Машиностроительная отрасль не является исключением. На сегодняшний день в данной отрасли четко прослеживается тенденция активного применения различных инновационных технологий, в число которых входят и аддитивные технологии. Огромный скачок за последние годы в развитии аддитивных технологий позволяет точечно внедрять технологии аддитивного производства для различных целей на машиностроительных производствах:

1. Создание отдельных деталей сложной конфигурации
2. Создание различных изделий в рамках единичного и мелкосерийного производств
3. В литейном производстве (для создания мастер-моделей для литья)

В литейном производстве аддитивные технологии преимущественно применяются при создании мастер-моделей, в том числе и удаляемых (при литье по выплавляемым или выжигаемым моделям). Геометрия мастер-моделей полностью повторяет геометрию получаемого изделия после заливки и остывания металла.

На данный момент широкое распространение получили два вида литейных филамента: WAX-3D и CAST.

CAST представляет собой специальный материал, разработанный специально для использования в литье по выжигаемым моделям. Его состав включает полиметилметакрилат с добавлением специальных пластификаторов. Результаты термогравиметрического анализа показали, что массовая доля золы в этом материале при выжигании на температуре около 405°C составляет менее 0,1% от массы напечатанного объекта. Это свидетельствует о низкой зольности материала. Благодаря этому уникальному свойству, CAST идеально подходит для создания мастер-моделей, которые будут использоваться в процессе литья по выжигаемым моделям. Отличительной особенностью объектов, созданных из CAST, является возможность полного выжигания без остатка золы, что обеспечивает получение более чистой и точной формы для процесса литья.

WAX3D Base – это восковой состав, предназначенный для использования в технологии FDM/FFF для создания моделей, которые затем можно использовать для литья металлов. Он обладает очень низким содержанием золы (менее 0,01%), что является важным фактором для успешного использования данной технологии. Этот материал представляет собой прекрасную альтернативу традиционному методу создания восковых моделей, но следует учитывать, что принтеры могут иметь ограничения по точности печати.

На сегодняшний день все чаще на мелкосерийных и единичных производствах начинают прибегать к использованию аддитивных технологий при создании заготовок будущих изделий со сложной геометрической формой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вдовин К. Н. Применение аддитивных технологий при изготовлении фрикционного клина в литье по выжигаемым моделям / К. Н. Вдовин, Е. А. Анисимова. – Текст : непосредственный // Технологии металлургии, машиностроения и материалообработки. – 2019. – № 18. – С. 65-68.

2. Ефременков И. В. Методы расчета процесса литья с применением аддитивных технологий / И. В. Ефременков. – Текст : непосредственный // Научная перспектива. – 2015. – № 12. – С. 164-165.

3. Применение аддитивных технологий при инжекционном литье деталей / А. Ю. Коротченко, М. В. Тверской, Д. Э. Хилков, А. А. Хилкова. – Текст : непосредственный // Технический оппонент. – 2020. – № 1(6). – С. 34-40.

УДК 678.8

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЛАСТИКА, ИЗГОТОВЛЕННОГО ПО ТЕХНОЛОГИИ FDM, В АДДИТИВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Нестеров В. Е., магистрант, nesterov2001ve@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Актуальность данной темы обусловлена заинтересованностью предприятий, внедривших аддитивные технологии в производство, но не достигших требуемой точности изделий. Цель статьи – определить методы повышения точности изделий в аддитивном производстве. В статье рассмотрено повышение точности посредством подбора параметров печати на 3D-принтере, выбора материала и оборудования. Сделан вывод о том, что данные методы оказывают большое влияние на точность изделия.

Ключевые слова: 3D-принтер, аддитивные технологии, FDM-печать, пластик.

В наше время аддитивные технологии нашли широкое применение в таких отраслях промышленности, как автомобиле- и самолетостроение, электроника, медицина, где создаются сложные машины и оборудование, изготавливается множество экспериментальных моделей и макетов деталей, требующих много времени для конструирования и изготовления.

3D-печать по FDM-технологии с каждым годом становится все популярнее. Аббревиатура FDM расшифровывается на английском как Fusion Deposition Modeling и переводится на русский как «моделирование методом послойного наплавления». Эта технология представляет собой разновидность аддитивной печати и предусматривает послойное нанесение заранее расплавленного материала. Для печати задействуют полимеры, доступные в большом разнообразии текстур и расцветок.

Одним из показателей качества таких изделий является точность. К основным методам, повышающим эту характеристику, можно отнести правильный выбор оборудования для 3D-печати, в данном случае 3D-принтер, вид пластика и режимы печати.

Выбор оборудования. На самом деле от оборудования зависят многие показатели, которые прямо или косвенно влияют на качество печати, а впоследствии и на точность. К одному из таких показателей можно отнести адгезию. Адгезия (прилипание) - взаимодействие между поверхностными слоями различных тел, в данном случае между столом и печатаемой деталью. Если адгезия недостаточная, то изготавливаемые детали могут деформироваться или вообще оторваться от столика. Некоторые современные 3D-принтеры оснащены защитным корпусом, снижающим воздействие внешних факторов на качество печати, что на прямую влияет на её

точность. Однако повышение точности с помощью оборудования не всегда является бюджетным способом, что является недостатком данного метода.

Выбор материала. Данный способ является не менее важным чем предыдущий способ. Каждый пластик обладает различными свойствами, которые влияют на точность как в процессе печати, так и после неё. В наше время распространенными видами пластика являются: PLA (Полилактид) и ABS (акрилонитрилбутадиенстирол). Данные виды пластика поддаются дальнейшей обработке поверхностей, для получения требуемой шероховатости и в последствии точности. В последнее время набирает обороты разработка новых видов пластика, которые обладают рядом преимуществ перед своими предшественниками. Так, например, PETG - относительно новый, по сравнению с ABS материал, но обладающий достаточно ударопрочными свойствами. Отсутствие усадки в данном виде обеспечивает высокую точность размеров принтов. Таким образом, материал изделия нужно подбирать с учетом возможной последующей механической обработки, а также исходя из требуемых свойств будущей детали.

Подбор параметров печати. Данный способ является одним из самых важных, так как параметры напрямую влияют на процесс печати. Среди основных параметров печати можно отметить температуру, толщину слоев, скорость, обдув.

Температура хотэнда — горячей части экструдера — должна быть идеально подобрана и выставлена в слайсере для каждого расходного материала, иначе 3D-принтер либо просто не справится с работой, либо повредит и материал, и себя перегревом. Для каждого полимера существует допустимый диапазон температур. Оптимальное значение обычно указывается производителем, но на практике все зависит не только от используемого пластика, но и оборудования.

Толщина слоев. Самое главное, о чем стоит помнить при выборе толщины слоя — это обратная пропорциональность скорости и качества: чем слои толще - тем быстрее напечатается изделие, но и сами слои будут более заметными, и наоборот. Здесь сразу стоит упомянуть и о прямой зависимости между толщиной слоя и диаметром сопла. В идеале соотношение должно быть 1:3, хотя допустимы небольшие отклонения. В FDM 3D-принтерах обычно используются сопла диаметром от 0,25 до 1 мм.

Скорость укладки материала очевидным образом влияет на время, требуемое на 3D-печать изделия. Как правило, слайсеры сами выбирают скорость укладки в зависимости от заданной толщины слоя и материала, но в то же время и скорость позиционирования, и скорость подачи материала в большинстве программ можно настроить вручную, причем можно даже указать разные настройки для стенок и заполнения. Практическая скорость 3D-принтера зависит от ряда факторов, включая жесткость конструкции, используемый материал, мощность нагревательного блока, мощность обдува и даже длину хотэнда.

Обдув. В процессе 3D-печати материал необходимо не только плавить, но и охлаждать, чтобы он держал форму при нанесении следующих слоев. В зависимости от материала и скорости укладки материал может успевать охлаждаться и отвердевать естественным путем, но во многих случаях приходится помогать с помощью вентилятора, установленного на головку. Скорость вращения вентилятора и, соответственно, эффективность обдува регулируются в слайсере.

Таким образом, в данном исследовании был проведен анализ основных методов, способствующих повышению качества печати и, впоследствии, повышению точности изделия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние технологических режимов FDM-печати и состава используемых материалов на физико-механические характеристики FDM-моделей (обзор) / С. В. Кондрашов, А. А Пыхтин, С. А. Ларионов, А. Е. Сорокин. – Текст : непосредственный // Труды ВИАМ. – 2019. - № 10 (82). – С. 34-49.

2. Кондрашов С. В. Функциональные материалы, полученные способом FDM-печати (обзор) / С. В. Кондрашов, А. А Пыхтин, С. А. Ларионов. – Текст : непосредственный // Труды ВИАМ. – 2021. – № 3 (97). – С. 44-50.

3. ГОСТ Р 59100-2020. Пластмассы. Филаменты для аддитивных технологий. Технические требования и методы испытаний : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 октября 2020 г. № 792-ст : введен впервые : дата введения 2021-07-01 / разработан акционерным обществом "Институт пластических масс имени Г.С. Петрова" (АО "Институт пластмасс"). – Текст : непосредственный.

УДК 67.014

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕРДА ТКАЦКОГО СТАНКА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО ПОЛОТНА

Новикова А. А., бакалавр, novikova2002anna@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация: в настоящее время в области авиастроения в качестве материала формообразующей оснастки для создания конструкционных элементов летательного аппарата выступают волокнистые композиционные материалы. Одним из вариантов применяемой с данной целью гетерогенной системой является комбинация полиамида 66 (матрица) и

углеродного волокна SYT55-12K. В рамках данной статьи рассмотрен алгоритм определения берда ткацкого станка для создания армирующего полотна. В ходе расчетов был определен его номер, равный 34.

Ключевые слова: углеродное волокно, композиционный материал, бердо, саржевое плетение.

В настоящее время все большее распространение в различных отраслях промышленности получают полимерные композиционные материалы, обладающие рядом преимуществ относительно раннее применяемых конструкционных компонентов, ключевым из которых выступает высокая прочность в сочетании с низкой массой. В рамках области авиастроения гетерогенные системы используют в качестве основных в несущих элементах воздушных лайнеров, включая фюзеляжи, консоли, крылья и иные рабочие части летательного аппарата. Однако, применение нового материала во многом определяет и изменяет технологический процесс изготовления данного объекта, требует использования формообразующей оснастки, отвечающей особенностям современных реалий.

В результате раннее проведенных исследований было выявлено, что качество конечного результата формования во многом определяется разностью термомеханических параметров (а именно коэффициентов линейного термического расширения) материалов оснастки и элемента, создаваемого на ней, что обуславливает потребность в замене традиционно используемых материалов на комбинированные, с целью повышения точности и стабильности геометрических размеров конечного продукта, его эксплуатационных характеристик [1].

Одним из решений данной проблемы выступает волокнистый композиционный материал, матрицей которой является термопластичный полимер полиамид-66, а наполнителем – углеродное волокно SYT55-12K [2]. На расчетно-аналитическом этапе его конструирования ключевым аспектом выступает определение типа плетения армирующего элемента, которым определяется поверхностная плотность армирующего слоя.

Согласно ГОСТ Р 58062—2018 выделяют следующие его вариации [3]:

1) Полотняное – Plain (его отличительной особенностью является бесперебойное чередование основной (продольной) и уточной (поперечной) нитей в соотношении 1:1);

2) Саржевое – Twill (характеризуется смещение нити утка вправо или влево по отношению к основному волокну при каждом последующем ходе, что способствует образованию на поверхности диагональных полос, расположенных под углом 45°);

3) Сатиновое – Satin (уточная нить проходит над, как минимум, четырьмя нитями основы, закрывая их)

Стоит отметить, что углеродные волокна являются достаточно хрупким материалом, вследствие чего, для предотвращения возникновения их деформации и разрушения, в ходе создания тканого полотна, стоит выбирать такую схему плетения, которая обеспечит наименьшее число перегибов. В рамках исследуемой темы таковым является саржевое со сдвигом нити утка на 2 единицы основного волокна (2×2).

С целью обеспечения заданной структуры углеродного полотна на начальном этапе производится его технический расчет и составляется заправочный рисунок, отражающий тип плетения, для данного случая представленный на Рис. 1.

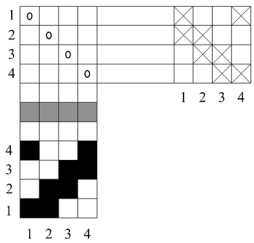


Рис.1. Заправочный рисунок саржа 2×2

Технический расчет подразумевает под собой вычисление параметров, необходимых для определения порядка берда станка, в соответствии с заданными условиями и характеристиками углеродного волокна SYT55-12K. Данные, необходимые для вычисления, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Требования, предъявляемые к углеродным тканям и характеристики углеродного волокна

Число углеродных волокон в одном пучке		Поверхностная плотность, г/м^2	Тип плетения	Массовая доля распределения нитей по основе/утку, %	Ширина ткани, мм	Линейная плотность волокна, текс
основа	уток					
12K	12K	310	Саржа 2×2	50/50	1000	450

Технический расчет предполагает под собой определение значений следующих величин [1]:

- среднюю массу основы/утка в 1м^2 ткани (г), рассчитывается по формуле 1:

$$M_i = \frac{P \times m_d}{100\%} \quad (1)$$

где P – поверхностная плотность; m_d - массовая доля распределения нитей по основе/утку.

$$M_o = \frac{310 \times 50\%}{100\%} = 155\,\text{г};\ M_y = \frac{310 \times 50\%}{100\%} = 155\,\text{г}.$$

- суммарную длину нити основы/утка (м), определяем по формуле 2:

$$L_i = \frac{M_i}{T_\phi} \times B_T \quad (2)$$

где T_ϕ – линейная плотность волокна, $B_т$ – принимаемая ширина ткани.

$$L_o = \frac{155}{450} \times 1000 = 344\,\text{м};\ L_y = \frac{155}{450} \times 1000 = 344\,\text{м}.$$

- количество нитей основы/ утка, вычисляется по формуле 3:

$$N_i = L_i \times k_н \quad (3)$$

где $k_н$ – коэффициент у работки нити (принимаем равным 1,0).

$$N_o = 344 \times 1 = 344\,\text{м};\ N_y = 344 \times 1 = 344\,\text{м}.$$

Следующим этапом становится расчет заправочной ширины ткани (мм) по формуле 4:

$$B_з = \frac{B_T}{k_н} \quad (4)$$

$$B_з = \frac{1000}{1} = 1000\,\text{мм}.$$

Далее определим заправочную плотность ткани по основе в соответствии с формулой 5 (нитей/мм):

$$P_{оз} = \frac{N_o}{B_з} \quad (5)$$

$$P_{оз} = \frac{344}{1000} = 0,34\,\text{нитей/мм}.$$

Затем, выявим значение заправочной плотности по утку, согласно формуле 6 (нитей/мм):

$$P_{уз} = \frac{N_y}{1000} \times k_н \quad (6)$$

$$P_{уз} = \frac{344}{1000} \times 1 = 0,34\,\text{нитей/мм}.$$

В соответствии с данным значением число нитей, приходящихся на 1 см, составляет 3,4, тогда на 10 см – 34, что соответствует 34 номеру берда ткацкого станка.

Таким образом, в рамках исследования был произведен технический расчет параметров углеродного полотна, являющегося частью волокнистого композиционного материала, матрицей которого выступает полиамид-66. В результате был получен номер берда ткацкого станка, равный 34.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сидорина А. И. Разработка технологий изготовления углеродных тканей с высокой поверхностной плотностью / А. И. Сидорина, А. М.

Сафронов. – Текст : непосредственный // Труды ВИАМ. - 2020. - № 6. –7 (89). – С. 72-80.

2. Новикова А. А. Сравнительный анализ технических характеристик композиционного материала «Угленаполненный полиамид» / А. А. Новикова, С. С. Атрощенко, А. П. Калаев. – Текст : непосредственный // Международная научно-практическая конференции им. Д. И. Менделеева : материалы. Том 2. – Тюмень, 2022. – С. 104–108.

3. ГОСТ Р 58062–2018. Ткани на основе углеродных волокон. Технические требования и методы испытаний : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 января 2018 г. № 30-ст : введен впервые : дата введения 2018-08-01 / разработан ФГУП «ВИАМ». – Москва : Стандартинформ, 2018. – 10 с. – Текст : непосредственный.

УДК 778.64

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛИ ОТ СТЕПЕНИ ОБДУВА МАТЕРИАЛА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА 3D-ПЕЧАТИ

Писарев Д. Е., магистрант, nema.2001@mail.ru
Новикова А. А., бакалавр, novikova2002anna@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация: в настоящее время все большую роль в отрасли машиностроения начинают играть аддитивные технологии. Однако основная проблема при применении данного способа создания объектов связана с точностью полученных деталей. Зачастую данный параметр зависит от степени обдува. В рамках данной статьи рассмотрена взаимосвязь данных параметров и выявлено, что для изделий, материалом которых является пластик PETG, наивысшая точность достигается при обдуве в пределах 90–100%.

Ключевые слова: PETG, обдув, аддитивные технологии, 3d-печать.

В настоящее время все большую роль в сфере производства начинают играть аддитивные технологии. Обладая рядом преимуществ, таких, как высокая скорость изготовления, модификации и получения нового усовершенствованного объекта, относительно низкие затраты на воплощение идеи по сравнению с существующими способами получения продукта, 3d-печать становится одним из основных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Принцип действия здесь основан на воспроизведении цифровой модели объекта посредством его послойного наращивания [1,2].

Несмотря на колоссальные возможности данной технологии, есть и некоторые аспекты, оказывающие пагубное влияние на качество готового изделия. Они могут быть связаны с недостаточным, избыточным или прерывистым экструдированием, плохим наполнением и прилипанием к платформе, перегревом, смещением слоев, натеками и иными дефектами на внешнем слое объекта.

Одной из наиболее трудно прогнозируемых и решаемых проблем является относительно низкая точность размеров готового изделия. Данный параметр зависит от степени экструдирования, качества филамента, выравнивания сопла при печати базовой поверхности, усадки - процесса, обратного тепловому расширению (возвращение материала к состоянию, предшествующему увеличению его объема в результате нагревания).

Последний фактор обуславливает скорость охлаждения слоев. Достаточно высокое значение данного показателя приводит к тому, что при остывании и, как следствие, сжатии, относительно больших предшествующих площадей, может происходить смещение последующих разогретых элементов модели.

Существует несколько способов борьбы с данной проблемой: изменение позиционирования детали при печати или ее конфигурации в сторону сглаживания острых форм для нейтрализации напряжения на кромке, избегание резких перепадов размеров слоев; обеспечение равномерности толщины стенок; нанесение специального покрытия на столик или использование вспомогательных структур (бримов и рафтов) для увеличения адгезии с ним; оснащение 3d-принтеров подогреваемыми платформами (данное решение может привести к закручиванию); использование термокамер (термостатирование), где оптимальная температура сохраняется до конца печати.

Однако при достаточно низкой скорости застывания филамента возникает проблема растекания объекта или потери им заданной формы. Следовательно, требуется достичь такого ее значения, чтобы уже готовые слои не разогревались до текучего состояния и быстро охлаждались. Для этого применяют обдув материала [3]. Параметры данного процесса, установленные производителем, зачастую не дают нужного результата, поэтому стало необходимым определение зависимости точности размера от величины раннее обозначенного показателя для материала PETG, как наиболее часто используемого (характеристики процесса, заданные поставщиком указаны в таблице 1).

Таблица 1

Требуемые параметры процесса 3d-печати при использовании материала PETG

Наименование показателя	Значение показателя
Требуемая температура сопла	225℃
Температура стола	80℃
Включать вентиляторы	Да

С этой целью было изготовлено 11 образцов со следующими действительными параметрами: внутренние линейный и диаметральный – 10 мм, внешние – 20 мм. На базе полученных данных были построены графики, представленные на Рис. 1,2.

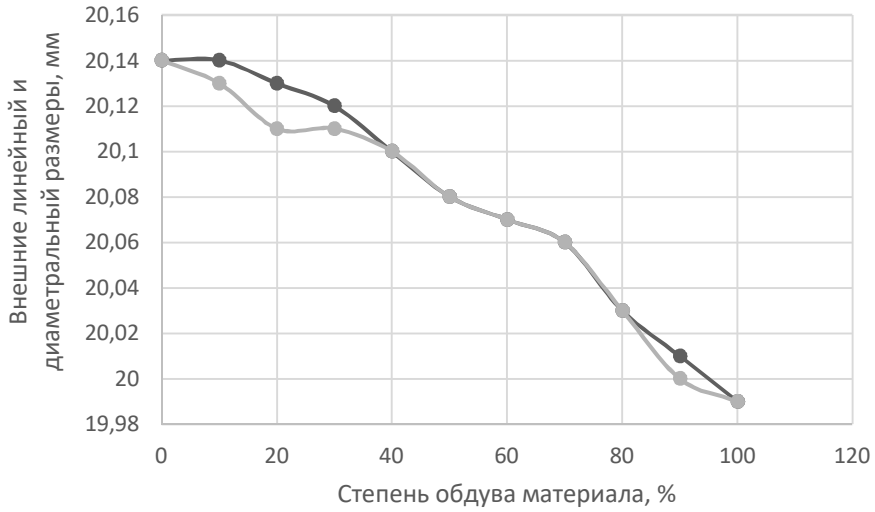


Рис. 1. Зависимость точности внешнего размера детали от степени обдува материала

Опираясь на данные полученной зависимости, стремящейся к линейной, нетрудно убедиться в основополагающей роли обдува при создании объектов посредством аддитивных технологий. Наиболее точный внешний размер (рисунок 1), независимо от конфигурации поверхности, будет наблюдаться при девяностопроцентном обдуве.

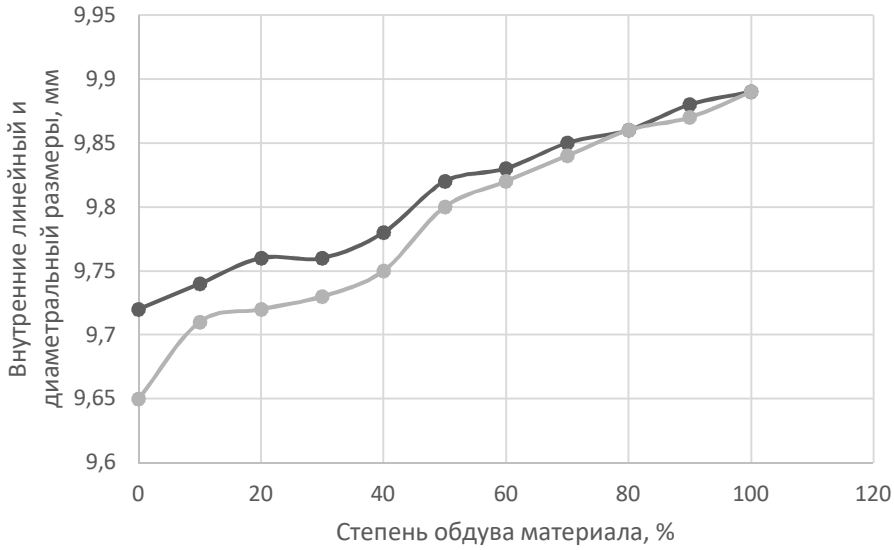


Рис. 2. Зависимость точности внутреннего размера детали от степени обдува материала

Исследуя график, представленный на рисунке 2 и отражающий зависимость для внутренних параметров, можно сделать вывод о рациональности применения стопроцентного обдува для достижения ими требуемой точности.

Таким образом, 3d-печать является трудоемким процессом, во время реализации которого, для сохранения размерной формы объекта, необходим учет многих факторов. С целью достижения требуемой точности во время применения описанной технологии и использования материала марки PETG для воплощения задуманного необходимо предусмотреть функцию обдува, причем в процентном соотношении степень ее влияния должна колебаться в пределах 90–100%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Валетов В. А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы) : учебное пособие / В. А. Валетов. - Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2015. – 63 с. – Текст : непосредственный.

2. Горунов А. И. Аддитивные технологии и материалы : учебное пособие / А. И. Горунов. — Казань : КНИТУ-КАИ, 2019. — 56 с. – Текст : непосредственный.

3. Дрюков В. В. Охлаждение полимерных материалов в аддитивных технологиях в условиях стационарного теплообмена / В. В. Дрюков, А. А. Котов, С. М. Кузьменков. – Текст : непосредственный // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2019. – № 2(37). – С. 28–33.

УДК 621.833.2(31)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕБРА ВОЗВРАТА НА ПОВЕРХНОСТИ АРОЧНЫХ ЗУБЬЕВ КОЛЕС ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ

Сызранцев В. Н., д-р техн. наук, профессор, syzrantsevvn@tyuiu.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В условиях нежестких корпусов энергонасыщенных машин цилиндрические передачи с арочными зубьями позволяют кратно увеличить долговечность привода. Ограничением применения этих передач является подрезание активной поверхности арочных зубьев, сокращающее их допустимую ширину. В теории зацепления подрезание поверхности оценивается по расположению на поверхности зуба ребра возврата, точки которого являются особыми и в них нормаль к поверхности не определена. В работе рассмотрен алгоритм решения задачи расчета ребра возврата на активных поверхностях арочных зубьев цилиндрического колеса.

Ключевые слова: цилиндрические передачи, арочные зубья, формообразование.

Использование в высоконагруженных приводах современных энергонасыщенных машин (конечные передачи локомотивов, тракторов, системы верхнего привода буровых установок, приводы винта вертолетов) цилиндрических передач с арочными зубьями (рис.1) позволяют увеличить несущую способность передач и их долговечность [1,2].

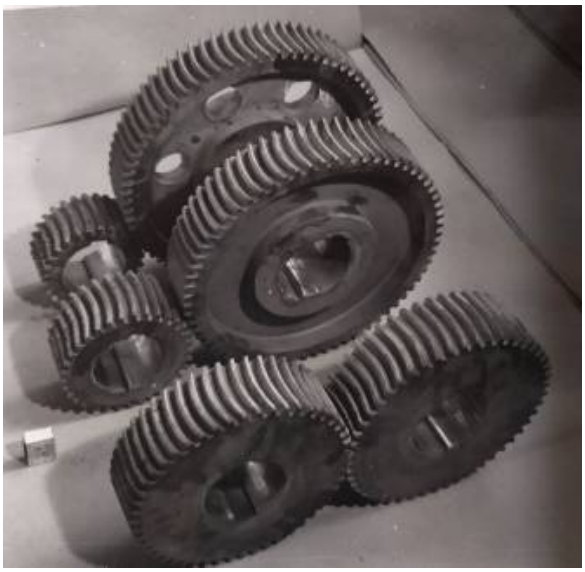


Рис. 1. Цилиндрические передачи с арочными зубьями

Обладая целым рядом достоинств [1,2], цилиндрические передачи с арочными зубьями имеют один, весьма существенный, недостаток, заклю-

чающийся в ограничении ширины зуба, связанный с явлением подрезания активной поверхности зуба в процессе его формообразования.

В отличие от прямых и косых зубьев цилиндрических колес, процесс подрезания активной поверхности зубьев которых одинаков для любого торцового сечения, опасность подрезания активной поверхности арочных зубьев увеличивается по мере смещения торцового сечения от его среднего положения, в котором угол наклона арочного зуба равен нулю. Более того, величина и характер подрезания активной поверхности арочного зуба зависит от способа его формообразования (к настоящему времени предложено полтора десятков способов изготовления арочных зубьев цилиндрических колес, отличающихся формообразующими движениями и применяемыми инструментам [2]).

Следуя теории пространственных зубчатых передач зацеплением [3,4] для исключения подрезания активной поверхности арочного зуба необходимо производящую поверхность инструмента ограничить предельной кривой, которая соответствует ребру возврата на активной поверхности зуба нарезаемого колеса. В настоящей работе предложен алгоритм расчета координат точек ребра возврата и предельной кривой для любого торцового сечения активной поверхности арочного зуба цилиндрического колеса, формообразование которого осуществляется методом непрерывного деления [2] спирально-дисковым инструментом (СДИ).

Следуя работе [2], активная поверхность арочного зуба колеса является однопараметрической огибающей семейства производящих поверхностей СДИ и в системе координат $S_k(x_k, y_k, z_k)$, жестко связанной с колесом, описывается системой уравнений:

$$\widetilde{r}_k(u,\varphi,\psi_f,P,K) = \widetilde{A}_{kf}(\psi_f,K)\cdot\widetilde{r}_f(u,\varphi,P);$$
$$f_k(u,\varphi,\psi_f,P,K) = 0, \qquad (1)$$

где: φ и u – угловой и линейный параметры СДИ; P вектор параметров СДИ; K – вектор параметров колеса и наладок зуборезного станка; $\widetilde{r}_k$, $\widetilde{r}_f$ - матрицы столбцы, составленные из координат $x_k(u,\varphi,\psi_f,P,K)$, $y_k(u,\varphi,\psi_f,P,K)$, $z_k(u,\varphi,\psi_f,P,K)$ радиуса-вектора $\bar{r}_k$ поверхности арочного зуба и координат $x_f(u,\varphi,P)$, $y_f(u,\varphi,P)$, $z_f(u,\varphi,P)$ радиуса-вектора $\bar{r}_f$ - производящей поверхности СДИ; $\widetilde{A}_{kf}(\psi_f,K)$ - матрица четвертого порядка, описывающая движение системы координат $S_f(x_f, y_f, z_f)$, жестко связанной с СДИ, относительно системы $S_k(x_k, y_k, z_k)$; ψ_f - параметр движения (угол поворота СДИ вокруг оси z_f системы координат $S_f(x_f, y_f, z_f)$ в станочном зацеплении); $f_k(u,\varphi,\psi_f,P,K)$ - уравнение связи параметров (уравнение станочного зацепления).

В теории зубчатых зацеплений [3,4] показано, что в точках ребра возврата активной поверхности зуба нормаль определена быть не может и

эти точки являются особыми. Параметры u,φ,ψ_f, при которых точка на поверхности зуба становится особой, соответствуют нулевому значению следующего определителя:

$$\Delta(u,\varphi,\psi_f,P,K)=\begin{vmatrix} y_{fu} & y_{f\varphi} & V_{y\psi} \\ z_{fu} & z_{f\varphi} & V_{z\psi} \\ f_{ku} & f_{k\varphi} & f_{k\psi} \end{vmatrix}=0. \qquad (2)$$

Здесь обозначено: y_{fu}, $y_{f\varphi}$, z_{fu}, $z_{f\varphi}$ - частные производные по параметрам u и φ от проекций координат радиуса-вектора $\bar{r}_f$ (1), $V_{y\psi}$, $V_{z\psi}$ – проекции в системе координат $S_f(x_f,y_f,z_f)$ вектора-аналога относительной скорости СДИ в процессе формообразования поверхности арочного зуба колеса; f_{ku}, $f_{k\varphi}$, $f_{k\psi}$ – частные производные по параметрам u, φ и ψ_f уравнения зацепления $f_k(u,\varphi,\psi_f,P,K)$.

Параметры u^*, φ^*, ψ_f^* точки ребра возврата удобно определять в торцовом сечении $z_k=const=C$. Данная процедура заключается в решении относительно u,φ,ψ_f следующей системы трех трансцендентных уравнений:

$$z_k(u,\varphi,\psi_f,P,K)-C=0;\ f_k(u,\varphi,\psi_f,P,K)=0;\ \Delta(u,\varphi,\psi_f,P,K)=0 \qquad (3)$$

Варьируя C в пределах $-b_w/2\le C\le b_w/2$, где b_w – ширина арочного зуба, после расчета величин u^*, φ^*, ψ_f^* устанавливают искомые координаты $x_k(u^*,\varphi^*,\psi_f^*,P,K)$, $y_k(u^*,\varphi^*,\psi_f^*,P,K)$, $z_k(u^*,\varphi^*,\psi_f^*,P,K)$ всех точек кривой возврата на поверхности арочного зуба и координаты $x_f(u^*,\varphi^*,P)$, $y_f(u^*,\varphi^*,P)$, $z_f(u^*,\varphi^*,P)$ точек предельной кривой на поверхности СДИ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Arafa H. A. C-gears: Geometry and Machining, Part C. / H. A. Arafa.- Direct text // Journal of Mechanical Engineering Science. – 2005. - V. 219 (7). – P.709–726.

2. Сызранцев В. Н. Формообразование арочных зубьев цилиндрических колес и геометро-кинематические характеристики их зацеплений / В. Н. Сызранцев, К. В. Сызранцева. – Тюмень : ТИУ, 2023. – 176 с. – Текст : непосредственный.

3. Литвин Ф. Л. Теория зубчатых зацеплений / Ф. Л. Литвин. – Москва : Наука, 1968. – 584 с. – Текст : непосредственный.

4. Кабатов Н. Ф. Конические колеса с круговыми зубьями / Н. Ф. Кабатов, Г. А. Лопато. - Москва : Машиностроение, 1966. - 299 с. - Текст : непосредственный.

УДК 667.6

ИСПЫТАНИЯ ПО ОЦЕНКЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ЛКП ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСИКИМ МЕТОДОМ

Харитоненко А. А., канд. физ.-мат. наук, доцент
Тюшева Е. А., магистрант, elizaveta.tyusheva@yandex.ru
г. Липецк, Липецкий государственный технический университет

Аннотация. В статье описаны испытания защитных покрытий металла в камере соляного тумана. Оценена степень защиты покрытия от коррозии и старения на металле, в зависимости от рецептур полиэфирного грунта. Испытания проводились на образцах по экспозиции в КСТ, использовался измеритель LCR-7819. Выполнен сравнительный анализ эффективности покрытий.
Ключевые слова: коррозия, защитные покрытия, полимерные покрытия, камера соляного тумана

Коррозия металлов происходит под влиянием химического или электрохимического воздействия среды. В последнем, наиболее распространённом случае это происходит из-за взаимодействия металлов с электролитами и воздухом [1].

Проверка на коррозионную устойчивость материалов проводится их испытания в камере соляного тумана (КСТ), которая имитирует воздействие агрессивной среды [2]. Сущность метода заключается в экспериментальном определении зависимости от средней удельной коррозионной потери массы металла образцов (показатель подпленочной коррозии) от продолжительности испытаний. Образцами являются прямоугольные (70х7О±1 мм) металлические пластинки толщиной 0,5—1,0 мм с нанесенным на них с обеих сторон испытуемым покрытием [3].

Испытания проводились согласно ГОСТ 9.509-89 «Единая система защиты от коррозии и старения. Средства временной противокоррозионной защиты. Методы определения защитной способности».

Оборудование:

- Измеритель LCR-7819

Образцы:

- Образец грунта полиэфирного №1/ПЭ RAL 8017;
- Образец грунта полиэфирного №2/ПЭ RAL 8017;
- Образец грунта полиэфирного №3/ПЭ RAL 8017;

Режим испытания:

- Тип электролита: 3% водный раствор сернокислого натрия.
- Вспомогательный электрод – медная пластина (вместо платиновогоэлектрода).
- Частота переменного тока – 1000, 2000, 10000, 20000 Гц.

Испытания проводились на образцах после экспозиции в КСТ.

Результаты испытания

- В ходе испытаний фиксировали значения:
- сопротивления (R),
- емкости (С),
- тангенса угла диэлектрических потерь (tg δ),

Провели расчет коэффициента соотношения емкостей при различных частотах (К).

В результате испытаний получены данные приведённые в таблице. Оценка результатов выполнена в соответствии с ГОСТ 9.509-89[3].

Таблица 1

Полученные данные испытаний в КСТ

Грунт №	Лицевая эмаль	№ образца	Показатель	Частота, Гц			
				1000	2000	10000	20000
№1	ПЭ RAL 8017	1	R, кОм	-	1,99	0,39	0,20
			С, нФ	-	4,66	416	3,99
			tg δ	-	0,12	0,10	0,10
			$K_{20000/2000}$	>0,7			
		2	R, кОм	-	1,99	0,32	0,16
			С, нФ	-	6,14	5,45	5,21
			tg δ	-	0,14	0,11	0,10
			$K_{20000/2000}$	>0,7			
№2	ПЭ RAL 8017	1	R, кОм	-	2,19	0,43	0,22
			С, нФ	-	4,26	3,80	3,6
			tg δ	-	0,12	0,10	0,10
			$K_{20000/2000}$	>0,7			
		2	R, кОм	-	1,99	0,39	0,20
			С, нФ	-	4,80	4,27	4,09
			tg δ	-	0,12	0,11	0,10
			$K_{20000/2000}$	>0,7			
№3	ПЭ RAL 8017		R, кОм	-	2,00	0,38	0,19
			С, нФ	-	4,94	4,39	4,20
			tg δ	-	0,12	0,11	0,10
			$K_{20000/2000}$	>0,7			
			R, кОм	-	2,56	0,44	0,21
			С, нФ	-	4,69	4,13	3,95
			tg δ	-	0,15	0,11	0,11
			$K_{20000/2000}$	>0,7			

Результаты испытаний и выводы:

1. На всех образцах грунта полиэфирного №1/ПЭ RAL 8017, при частоте 1000 Гц, не было выявлено изменения по данным показателям.

2. У всех испытуемых образцов коэффициент соотношения емкостей при различных частотах (К) не превысил 0,7.

В соответствии с ГОСТ 9.509-89 защитными свойствами обладают покрытия, емкость которых не зависит от частоты, а сопротивление обратно пропорционально частоте. Исходя из полученных результатов, все исследуемые образцы после испытаний в КСТ обладают защитными свойствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Румянцева К. Е. Антикоррозионная защита металлов : учебное пособие / К. Е. Румянцева. – Иваново : ИГХТУ, 2018. – 185 с. – Текст : непосредственный.

2. Лучкин Р. С. Коррозия и защита металлических материалов (структурные и химические факторы) : учебное пособие / Р. С. Лучкин. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2017. – 269 с. – Текст : непосредственный.

3. ГОСТ 9.509-89. Единая система защиты от коррозии и старения. Средства временной противокоррозионной защиты. Методы определения защитной способности : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартов от 20.12.1989 № 3878 : дата введения 1991.01.01 : дата актуализации 2015-06-04. – Москва : Стандартиформ, 2015. – 20 с. – Текст : непосредственный.

УДК 62-71

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ КОМПЬЮТЕРА НА ОСНОВЕ ЖИДКОСТИ NOVEC 1230

Абросов А. В., обучающийся, artemik6@outlook.com
Семенова Н. В., канд. пед. наук, преподаватель, semnaval@mail.ru
г. Тюмень, Многопрофильный колледж Тюменского индустриального университета

Аннотация. В статье рассматривается проблема в области перегрева системы компьютера, обосновывается необходимость использования жидкости novec 1230 для охлаждения компьютеров, раскрывается технология водяного охлаждения компьютера на базе novec 1230, приводится эскиз экспериментального устройства системы охлаждения компьютера.

Ключевые слова: жидкость novec 1230, технология водяного охлаждения компьютера, экспериментальное устройство.

В современном мире компьютеры стали неотъемлемой частью нашей жизни. Однако при работе компьютеров происходит выделение большого количества тепла, что может привести к перегреву системы и снижению ее производительности. Для решения этой проблемы используются различные методы охлаждения компьютеров, включая воздушное охлаждение, жидкостное охлаждение с использованием воды и других жидкостей, а также теплоотвод через тепловые трубки.

Одним из новых и эффективных решений для охлаждения компьютеров является использование жидкости novec 1230. Novec 1230 – это бесцветная, прозрачная жидкость, которая не проводит электричество и не повреждает электронные компоненты. К основным свойствам данного продукта относятся:

1. Низкая токсичность: Novec 1230 является одним из самых безопасных средств пожаротушения, так как его токсичность очень низка.

2. Отсутствие озоноразрушающего потенциала: Novec 1230 не содержит хлора или фтора, поэтому он не вредит озоновому слою.

3. Низкий потенциал глобального потепления: Novec 1230 имеет очень низкий потенциал глобального потепления, что делает его экологически безопасным.

4. Высокая эффективность: Novec 1230 быстро гасит пожары и предотвращает повторное возгорание [1].

Благодаря своим уникальным свойствам, жидкость novec 1230 используется в различных областях, включая:

1. Компьютерные центры и серверные помещения: Novec 1230 используется для защиты компьютерной техники от пожаров.

2. Музеи и архивы: Novec 1230 используется для защиты ценных исторических документов и произведений искусства.

3. Электростанции: Novec 1230 используется для защиты электрооборудования от пожаров.

4. Медицинские учреждения: Novec 1230 используется для защиты медицинского оборудования от пожаров.

5. Транспортные средства: Novec 1230 используется для защиты автомобилей, поездов и самолетов от пожаров [2].

Однако оценивая экономическую эффективность использования жидкости novec 1230 в системах охлаждения компьютеров нами был, сделан вывод о том, что этот метод значительно дороже в сравнении с воздушным [3].

Предложенная нами идея по разработке технологии водяного охлаждения компьютера на базе novec 1230 может быть эффективным решением для улучшения производительности и безопасности компьютера.

По нашему замыслу, технология водяного охлаждения на основе экспериментального устройства системы охлаждения компьютера на базе novec 1230, см. Рис. 1, заключается в следующем: в колбе 1 находится охлаждающая жидкость novec 1230, которая подаётся в системный блок при помощи медных трубок 3, 4 и блока с радиатором и вентилятором, со встроенным насосом. Температура охлаждающей жидкости указывается на датчике температуры 2. Для того чтобы слить воду из системного блока, требуется переключить насос в другое направление, используя кнопку 6. Через медные трубки 4, 5 вода сольётся в резервуар для хранения 8.

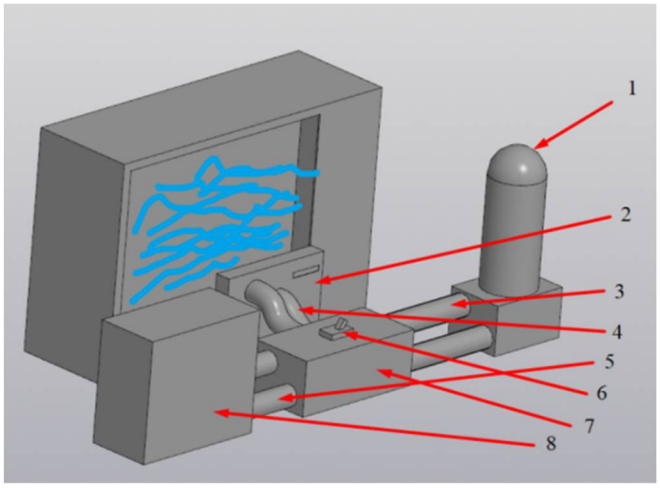


Рис. 1. Экспериментальное устройство системы охлаждения компьютера на базе novec 1230: 1 – колба с охлаждающей жидкостью на базе novec 1230; 2 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 3,4, 5 – медные трубки; 6 – кнопка для переключения работы; 7 – блок для циркулирования с радиатором и вентилятором; 8 – бак для слива охлаждающей жидкости

Изготовление экспериментального устройства системы охлаждения по разработанной технологии рассматривается нами как сложный процесс. Для того чтобы убедиться в эффективности и безопасности смонтированной конструкции перед нами стоит задача по проведению тестирующего эксперимента.

Выводы и рекомендации по применению технологии водяного охлаждения компьютера на базе novec 1230.

Использование технологии водяного охлаждения компьютера на базе novec 1230 может быть эффективным решением для улучшения производительности и безопасности компьютера. Рекомендуется, перед тем как принимать решение об использовании этой технологии, провести анализ экономической эффективности и убедиться в ее соответствии требованиям конкретной задачи. Кроме того, при использовании этой технологии необходимо соблюдать все меры безопасности и предотвращать возможные риски для окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жидкое охлаждение Novec 1230. – Текст : электронный // LOCAL : [сайт]. – URL : https://local.com.ua/forum/topic/72352-novec-1230/ (дата обращения : 17.11.2023).

2. Сухая вода для охлаждения компьютера. – Текст : электронный // DOMA35.RU – первый компьютерный портал : [сайт]. – URL : https://doma35.ru/computers/suhaya-voda-dlya-ohlazhdeniya-kompyutera-sostav/ (дата обращения : 10.11.2023).

3. Novec 1230 – эволюция водяного охлаждения? – Текст : электронный // Конференция Overclockers.ru : [сайт]. – URL : https://forums.overclockers.ru/viewtopic.php?f=107&t=437060 (дата обращения : 16.11.2023).

УДК 62-622

ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ДЛЯ ТЭЦ

Белкин А. П., канд. техн. наук, зав. кафедрой, belkinap@tyuiu.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация: В статье представлены результаты анализа промышленных методов получения водорода при переводе ТЭЦ на метан-водородное топливо и сформулированы рекомендации по выбору наиболее оптимального варианта.

Ключевые слова: водород, паровая конверсия метана, электролиз, водород содержащие газы

В работе рассмотрены следующие методы промышленного производства водорода:

1. Паровая конверсия метана;
2. Электролиз (щелочной, PEM-, AEM-электролиз);
3. Выделение водорода из заводских газов методом короткоцикловой адсорбции;
4. Выделение водорода из заводских газов методом мембранной очистки.

По результатам проведенного анализа литературных источников [1, 2, 3, 4] основные достоинства и недостатки каждого рассмотренного метода приведены в таблице 1.

Таблица 1

Достоинства и недостатки основных методов промышленного производства водорода

Технология	ПКМ	Щелочной электролиз	PEM электролиз	AEM электролиз	Восстановление из водород содержащих газов	
					КЦА	Мембранная очистка
Достоинство	Дешевизна, возраст технологии	Возможность работать в широких пределах нагрузки, возраст технологии	Не применяется щелочь	Применяется щелочь низкой концентрации, не применяются благородные металлы	Водород высокой чистоты	Водород высокой чистоты
Недостатки	Необходимость очистки водорода, выбросы дымовых газов и CO_2	Работа с щелочью, необходимость поддержания баланса давления	Дороговизна процесса из-за применения благородных металлов	Технология на стадии опытно-промышленного образца	Необходимо несколько аппаратов для работы	Водородный пермеат обладает низким давлением

Основные характеристики технологических процессов получения расчетного количества водорода (1000 нм^3/ч) представлены в таблице 2.

Таблица 2

Технологические параметры процессов получения водорода

Технологические параметры	Щелочной электролиз	Конверсия природного газа	Водород содержащие газы	
			66,54 %	99,95 %
Потребление природного газа, нм^3/ч	-	392	-	-
Потребление воды, нм^3/ч	2,679	0,511	-	-
Потребление водород содержащих газов, нм^3/ч	-	-	1503	1001
Побочные продукты, нм^3/ч	O_2 = 555	CO_2 = 403	-	-
Электроэнергия на H_2, МВт*ч	5,111	0,193	0,128	0,011

На основании анализа промышленных методов получения водорода при переводе ТЭЦ на метан-водородное топливо рекомендованы следующие технологии:

- щелочной электролиз;
- конверсия природного газа (паровой риформинг);
- короткоцикловая адсорбция.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современные подходы к получению водорода из углеводородного сырья / И. А. Макарян, И. В. Седов, А. В. Никитин, В. С. Арутюнов. – Текст : непосредственный // Научный журнал Российского газового общества. – 2020. – № 1(24). – С. 50-68.

2. Тарамов Ю. Х. Производство водорода электролизом воды из полимерной электролитной мембраны (ПЭМ) / Ю. Х. Тарамов, Р. И. Ахъядов, А. А. Эльмурзаев. – Текст : непосредственный // Вестник ГГНТУ. Технические науки. – 2021. - № 4 (26) – С. 33-37.

3. Щелочной электролиз - альтернатива электролизу с ионно-обменными мембранами : [сайт]. – URL : https://www.nanoindustry.su/files/article_pdf/2/article_2991_420.pdf?ysclid=ln1pntd8ar12514016 (дата обращения: 19.10.2023). – Текст : электронный.

4. Установки мембранного концентрирования водорода : [сайт]. – URL : https://www.grasys.ru/products/vodorodnye-ustanovki/membrannye (дата обращения: 11.09.2023). – Текст : электронный.

УДК 628.16.066.7

СИСТЕМА ВТОРИЧНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУВОЧНОЙ ВОДЫ НА КОТЕЛЬНЫХ С ВОДОГРЕЙНЫМИ КОТЛАМИ

Белкин А. П., канд. техн. наук, зав. кафедрой, belkinap@tyuiu.ru
Утюпин П. В., магистрант, utyupinpv@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация: Рост потребления промышленностью воды высокого качества приводит к необходимости повторного использования ресурсов. Вторичное использование воды от продувок котельного агрегата помогает сэкономить на использовании реагентов для подготовки химически очищенной воды. Периодическая продувка служит для удаления шлама и грязи из котельного агрегата. Это необходимо для эффективного функционирования котлов, так как загрязнения могут привести к снижению теплопередачи или даже к поломке оборудования. Зачастую вода от продувки сбрасывается в канализацию, тем самым приводит к нерациональному использованию. Задачей предполагаемого изобретения является создание системы очистки продувочной воды котельных агрегатов путем безреагентного отстаивания воды механических взвешенных и растворенных продуктов коррозии в резервуаре и возврат этой воды в контур. Метод очистки отстаиванием вы-

бран как самый простой и эффективный. В данной статье описывается система вторичного использования продувочной воды на котельных использующие водогрейные котлы.

Ключевые слова: Вертикальный отстойник, отстаивание, продувка.

После процесса продувки вода может содержать взвешенные частицы, которые могут быть нежелательными и влиять на ее качество и безопасность. Чтобы отстоять воду от этих взвешенных частиц, можно использовать метод отстаивания. Процесс осветления начинается с того, что загрязненная вода помещается в специальный резервуар или отстойник, где она остается неподвижной в течение некоторого времени. Во время отстоя твердые частицы и грязь начинают оседать на дно отстойника под воздействием силы тяжести. Преимущества метода отстаивания включают его простоту и относительно низкие затраты на оборудование и обслуживание. Однако этот метод не эффективен для очистки воды от мелкодисперсных и коллоидных частиц, которые могут оставаться в жидкости даже после отстоя.

Для осветления воды используют вертикальные резервуары-отстойники, конструкция которых подразумевает осаждение взвешенных частиц на дне.

Резервуар отстойник, в который подается продувочная вода от котельного агрегата, имеет коническое дно. При входе воды в резервуар через некоторый промежуток времени происходит осаждение взвешенных частиц, далее очищенная вода возвращается в контур. Выпадающий на дно отстойника осадок периодически удаляется. Сам процесс осаждения взвешенных частиц происходит в резервуаре-отстойнике (Рис 1.).

В качестве вспомогательного оборудования, для движения жидкости используется перекачивающий насос. В котельных использующие насосы, конструкция которых подразумевает самовсасывание, возможно исключить приобретение насосного агрегата, с использованием самовсасывающего насоса с последующей обвязкой.

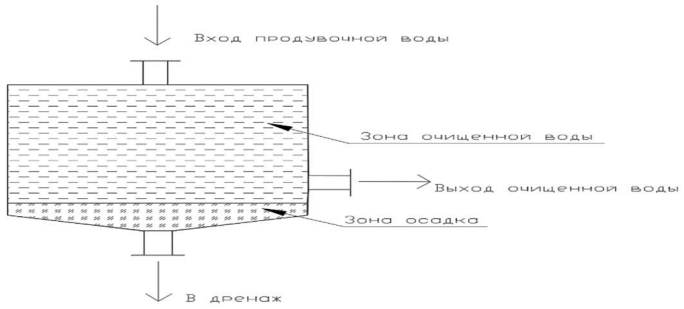


Рис. 1. Принципиальная схема вертикального отстойника

Принципиальная схема процесса вторичного использования продувочной воды представлена на рисунке 2.

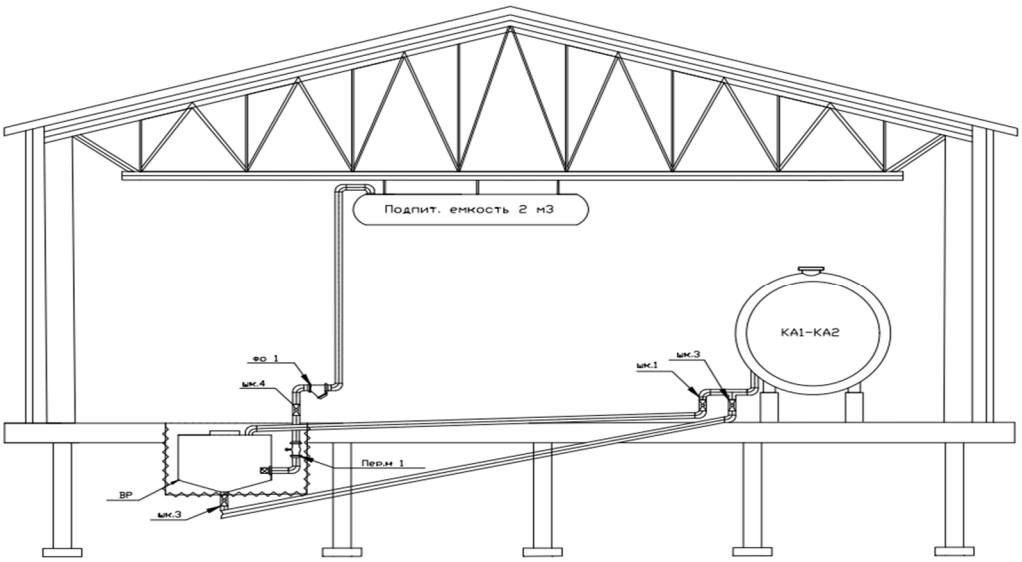


Рис. 2. Технологическая схема установки оборудования

Реализация процесса происходит следующем образом, при продувки котельного агрегата осветляемая вода попадает в вертикальный резервуар. В резервуаре происходит процесс отстаивания, далее очищенная вода с помощью насоса, через фильтр попадает в бак подпиточнной воды и возвращается в контур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хохрякова Е. А. Водоподготовка : учебное пособие / Е. А. Хохрякова, Я. Е. Резник. – Москва : Изд-во Аква-Терм, 2007. – 240 с. – Текст : непосредственный.

2. СП 89.13330.2016. Котельные установки. Свод правил : издание официальное : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 16 декабря 2016 г. N 944/пр : дата введения 2017-06-17. – Москва : Стандартинформ. 2017. – 142 с. - Текст : непосредственный.

3. Смородин С. Н. Котельные установки и парогенераторы : учебное пособие / С. Н. Смордин, А. Н. Иванов, В. Н. Белоусов. - Санкт-Петербург : ВШТЭ СПбГУПТД, 2018. - 185 с. - Текст : непосредственный.

УДК 621.31

ПРОБЛЕМЫ АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ОТ ВИЭ

Бурлянд А. А., магистрант, burlyand2012@yandex.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В данной статье рассмотрены варианты энергоснабжения изолированных объектов, что особенно актуально для районов крайнего севера. В качестве источника энергии рассматривались возобновляемые источники энергии. Также в статье рассмотрены способы накопления энергии с дальнейшим и без, преобразованием в водород с целью создания накопителя энергии и дальнейшим преобразованием в электричество. Акцент сделан именно на водородном способе получения электроэнергии через газотурбинный агрегат и топливный элемент.

Ключевые слова: водород, изолированные, аккумулирование, топливный элемент.

Территория Российской Федерации огромна и подключение к центральным сетям энергоснабжения не везде осуществимо, в связи с чем энергоресурсы завозятся извне, что сопряженно с определёнными рисками и экономическими потерями. В следствии чего был разработан концепт самообеспечения изолированных объектов основанный на ВИЭ, с вытекающим из этого типичным комплексом проблем, одной из которых является способ аккумулирования энергии, ведь ВИЭ отличаются непостоянством выдаваемой энергии, в связи с чем встаёт остро вопрос о сохранении энергоресурсов.

Большинство ВИЭ направленны на выработку электрической энергии, поэтому в этой статье внимание уделено именно сохранению электрической энергии из рекреационных ресурсов.

Существует 3 основных способа сохранения энергии, первые 2, из которых требуют дальнейших преобразований в электрическую:

1. В составе химических соединений
2. Механический
3. Аккумуляторные батареи

В данной статье было принято решение остановиться на аккумулировании в составе химических соединений, беря во внимание вариативность, экологичность, неприхотливость к климату и географии, а также повышенных эксплуатационных характеристик.

Одним из способов сохранения энергии в составе химических соединений, учитывая экономическую и технологическую возможность, представляется в виде хранения энергии в виде водорода (H_2), полученного путём электролиза в пиковые моменты работы ВИЭ. Несомненно, КПД такой системы будет ниже, чем на электрических аккумуляторах, но в противо-

вес эксплуатационный ресурс и количество накапливаемой энергии намного выше.

Дальнейший путь водорода из хранилища может пролегать по 3 путям:

1. В составе ДВС
2. В составе газовой турбины
3. В составе топливной ячейки

В составе ДВС нет особого смысла использования в связи с малым КПД, скудностью технологий и прочими техническими проблемами, возникающих в цикле сжигания чистого водорода.

Газовая турбина. На сегодняшний, уже несколько полностью водородных газовых турбин эксплуатируется иностранными компаниями такими как: Датская “OPRA” и японская “Kawasaki Heavy Industries”, которая разработала концепт водородных турбин “на колёсах”. Водородные турбины работают по тому же принципу, что и газовые с сопутствующими им преимуществами, разве что уходящие газы с богатым химическим составом, заменяет пар, который может дальше использоваться в рекуперационных циклах, а также не оказывает негативного влияния на окружающую среду.

Развитию водородных турбин препятствуют такие трудности такие как:

1. Срыв факела пламени
2. Часть энергии, выделяемая при сгорании водорода, расходуется на испарение влаги, в связи с чем падает количество полезной теплоты
3. Сконденсированные водяные пары смешиваются с воздухом, который на 78% состоит из азота, образуя азотную кислоту, которая пагубно влияет на срок службы агрегата.
4. В принципе не развитая водородная промышленность.

Топливный элемент. Водород из системы хранения подаётся на анод и разделяется на протоны и электроны, путь электронов замыкается через нагрузку на катод, протоны же через мембрану устремляются сразу к катоду, таким образом в топливной ячейке осуществляется реакция: $H_2 + O_2 = H_2O$, с небольшим выделением тепла (Напряжение, которое может выдать одна топливная ячейка, составляет в среднем около 1 В). Таким образом, количество объединённых топливных ячеек в топливных элемент решает величину выходного напряжения, которое варьируется от 220 до 380 В.

К преимуществам топливных элементов можно отнести:

1. Бесшумность работы
2. Низкий риск сбоев и неполадок
3. Побочным продуктом является пар, который может быть использован в системах водо/теплоснабжения
4. Высокий срок службы

Недостатки, чем то, схожи с недостатками газовой турбины:

1. Не развитая водородная промышленность

2. Скудность технологий

Главной проблемой хранения электрической энергии в виде водорода остаётся наличие двойного преобразования. КПД электролиза составляет примерно 70%, КПД газовой водородной турбины и топливного элемента чуть более 50%, т.е. общее КПД системы порядка 35%, т.е. с одного 1 кВт полученного например от ветряка, мы получим 350 Вт, электроэнергии, не беря во внимание потери на транспортировку и хранение.

Водородные технологии одни из самых перспективных и изучаемых и дальнейшее развитие технологий будет способствовать, развитию КПД каждого цикла.

Таким образом на сегодняшний день, несмотря на недостатки двойного преобразования энергии, плюсы в виде долговечности, устойчивости и экологической безопасности, использование водородных энергоустановок на ВИЭ, с перспективами повышением КПД каждого цикла в будущем, является одним из прогрессивных и наукоёмких решений для энергоснабжения изолированных объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водородные энергетические технологии : материалы семинара лаборатории ВЭТ ОИВТ РАН / ред. Д. О. Дуников. — Москва : ОИВТ РАН, 2017. – 190 с. – Текст : непосредственный.

2. Топливные (водородные) элементы/ячейки. – Текст: электронный // ИНТЕХ ГмбХ : сайт. – URL: https://intech-gmbh.ru/energy_units/ (дата обращения 11.11.2023).

3. Алфаяад А. Г. Х. Возможность применения водорода как топлива для будущей работы газовой турбины / А. Г. Х. Алфаяад. – Текст: непосредственный // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2022. – № 4. – С. 18-24.

4. Котельникова С. А. Водородная энергетика : хранение водорода / С. А. Котельникова. - Текст: непосредственный // Энергетические установки и технологии. - 2022. - № 4. - С. 64-70.

УДК 620.91.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ ГАЗА ИЗ ГАЗОГИДРАТНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

Дюмин Е. В., бакалавр, duminagor@gmail.com
г. Нижневартовск, филиал Тюменского индустриального унвиерситета

Аннотация: Установлено, что большинство предлагаемых термических технологий извлечения метана из газогидратных залежей усложнены и дорогостоящи в связи с высокими энергозатратами на нагревание теплоносителя, также отсутствует большой практический опыт их применения. Целью работы является рассмотрение энергосберегающего добычи газа из газогидратных залежей с применением в качестве теплоносителя термальной воды из нижележащих «пластов – доноров». Данная технология актуальна по причине следующих факторов: колоссальные запасы метана в газогидратных залежах; дороговизна и сложность применения существующих методов добычи газогидратов; отсутствие большого практического опыта применения известных технологий добычи газогидратов. Предлагаемое техническое решение является эффективной энергосберегающей технологией извлечения газа из газогидратных залежей поскольку не требует расхода энергии на нагрев.

Ключевые слова: газогидраты, добыча, теплоноситель, скважина.

Газовые гидраты – одна из форм существования природного газа в недрах. Некоторые свойства гидратов уникальны. Плотность газогидратов ниже плотности воды и льда, так например, плотность гидрата метана составляет около 900 кг/м³.

К настоящему времени в мире открыто уже более 220 месторождений газогидратов. Согласно данным ООО «Газпром ВНИИГАЗ», треть территории России благоприятна для гидратонакопления, причем предположительно около 100 - 1000 трлн. $м^3$ природного газа сосредоточены в гидратах шельфовой и континентальной части России.

Основными способами добычи газа из газогидратной залежи являются: разгерметизация; введение химических реагентов (ингибиторов); нагревание; комплексное воздействие разгерметизацией, ингибированием и нагреванием.

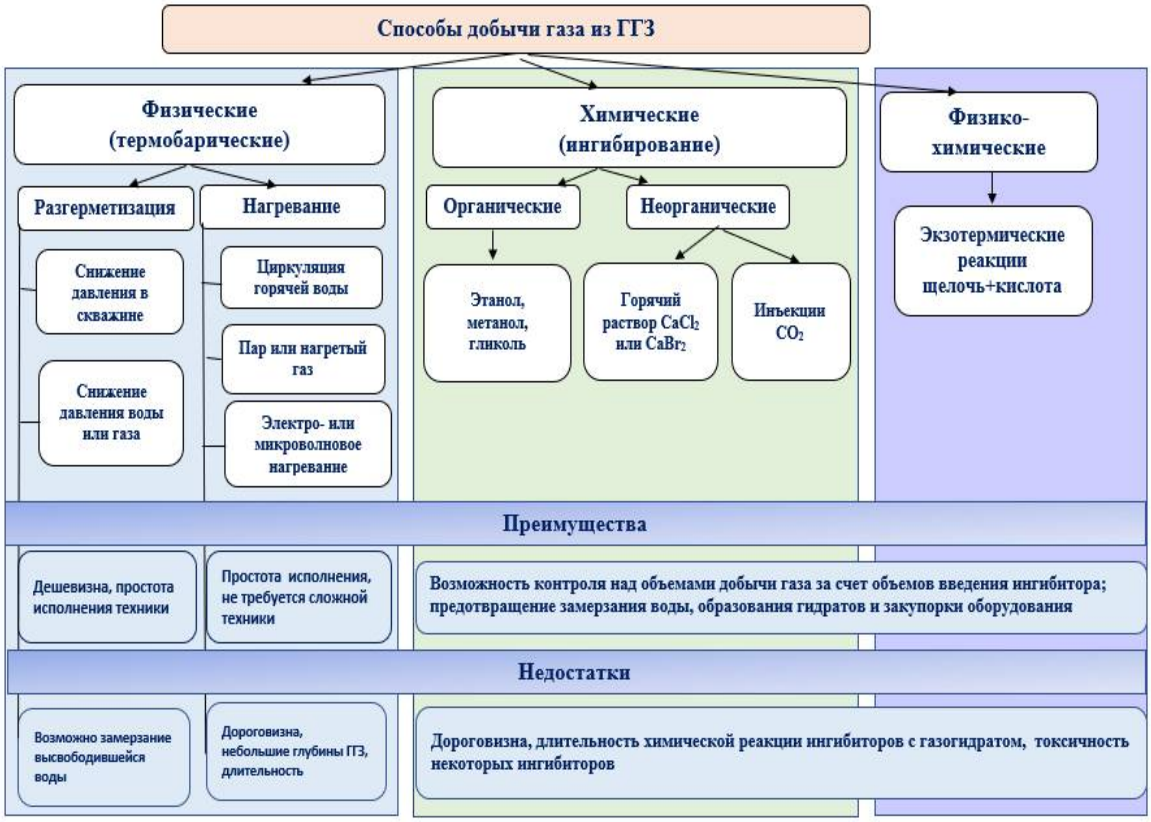


Рис.1. Классификационная схема способов добычи газа из газогидратных залежей

Нагревание является наиболее приемлемым способом разложения газового гидрата на газ и воду. Однако энтальпия плавления газового гидрата (в сочетании с метаном) оценивается как 3,06 кДж/г, а водяной лед плавится (для сравнения) при теплопотреблении 2,83 кДж/г. Это требует высоких энергетических затрат на процесс разложения газового гидрата и создает риск возникновения экологических последствий в результате таяния вечной мерзлоты.

Энергосберегающая технология добычи газогидратов будет использовать для разложения охлаждённых газогидратных включений, лежащих в осадочных горных породах, тепловую энергию, отбираемую из низлежащих горных пород – донора-пласта. Для реализации способа должна быть сооружена скважина, состоящая из основного ствола до подошвы донора-пласта и бокового, пронизывающего пласт с газогидратной залежью. Поступление и циркуляция флюида-теплоносителя по горизонтальному стволу обеспечивается энергией пласта и работой электроцентробежного насоса.

Устройство для добычи нефтяного газа из осадочных пород с газогидратными включениями отличается от известных технических решений тем, что, материнский ствол скважины оснащен эксплуатационной колонной труб, составленной из верхней и нижней секций, соединенных между собой промежуточным присоединительным переводником.

Ожидаемый экономический эффект предлагаемого способа и технического решения извлечения метана из газогидратных отложений посредством применения природного источника тепла, а именно термальных пластовых вод из пластов-доноров можно рассчитать исходя из экономии затрат энергии на нагрев внешнего носителя с поверхности земли. Расчетное количество тепловой энергии при расходе теплоносителя из пласта-донора, равного 500 м3/сут составляет 1176·105 кДж/сут, расчетный объем газа. Тогда, при использовании электронагрева с мощностью 32666 кВТ·час, при КПД 0,9 суточный расход электроэнергии составит 36295 кВт. При стоимости электроэнергии 7,0 руб/кВт суточные затраты на электроэнергию составят 254065 руб.

Применение предлагаемой технологии добычи газа из газогидратных залежей с использованием в качестве теплоносителя природного источника термальных пластовых вод из ниже залегающих пластов доноров позволит сэкономить более 90 млн. руб. в год на одну скважину. Ожидаемый дебит 40 000 м3/в сутки (толщина ГГЗ - 30 м).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев А. Е. Газовые гидраты. Технологии воздействия на нетрадиционные углеводороды: учебное пособие / А. Е. Воробьев, В. П. Малюков. – Москва : РУДН, 2009. – 289 с. – Текст : непосредственный.

2. Корабельников М. И. Технико-технологические решения по добыче газа из газогидратных / М. И. Корабельников, Ю. В. Ваганов, Н. А. Аксенова. – Текст : непосредственный // Территория Нефтегаз. – 2023. – № 1-2. – С. 18-24.

3. Кузнецов Ф. А. Газовые гидраты – неисчерпаемый источник углеводородного сырья / Ф. А. Кузнецов, Ю. А. Дядин, Т. В. Родионова. – Текст : непосредственный // Российский химический журнал. – 1997. – № 6. – С. 28-34.

4. Исследование и разработка технико-технологических решений эксплуатации нефтяных скважин с повышенным содержанием газа / М. И. Корабельников, С. Н. Бастриков, Н. А. Аксенова, А. Т. Худайбердиев. – Текст : непосредственный // Научные труды НИПИ НЕФТЕГАЗ ГНКАР «SOCAR Proceedings». – 2021. – № 2. – С. 31-39.

5. Современные технико-технологические решения нефтегазовой отрасли : монография / М. И. Корабельников, Н. А. Аксенова, С. В. Колесник [и др.]. – Тюмень: ТИУ, 2021. – 249 с. – Текст : непосредственный.

УДК 621.311.22

МЕТОДИКА СВЕДЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНОГО И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСОВ В ВЕКТОРНОЙ ПОСТАНОВКЕ ПРИ РАСЧЕТЕ ФАКТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕПЛОВОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ГТУ

Зиновьева А. С., аспирант, lucky-istorik@yandex.ru
Ледуховский Г. В., д-р техн. наук, профессор, gvled@mail.ru
г. Иваново, Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина

Аннотация. Ранее предложенная методика сведения материального и энергетического баланса для ГТУ не рассматривает индивидуальные метрологические характеристики каналов измерений. Цель исследования заключается в разработке метода сведения балансов по ГТУ, позволяющего учитывать степень достоверности каналов измерений. Разработанная методика апробирована при проведении практических расчетов на основе данных АСУ ТП газотурбинной установки GTX-100.

Ключевые слова: газотурбинная установка, тепловая экономичность оборудования, материальный баланс, энергетический баланс, метод регуляризации.

Оценка эффективности работы тепловой электростанции осуществляется по результатам расчета технико-экономических показателей. Одним из этапов такого расчета является сведение материального и энергетического балансов [1]. Сведение выполняется на основе оперативных данных, которые могут содержать метрологические погрешности различной природы. Это обуславливает тот факт, что балансы ГТУ, как правило, не могут быть сведены в общем случае:

$$B^{\text{и}}_{\text{КС}} + G^{\text{и}}_{1к} - G^{\text{и}}_{2т} = \Delta G; \tag{1}$$

$$Q^{\text{и}}_{\text{КС}} + Q^{\text{и}}_{1к} - Q^{\text{и}}_{2т} - Q_5 - Q_{\text{эм}} - N^{\text{и}}_{ГТУ} = \Delta E, \tag{2}$$

где $B_{\text{КС}}$, $G_{1\text{к}}$ и $G_{2\text{т}}$ – расходы соответственно топлива в камеру сгорания, воздуха на входе в компрессор и продуктов сгорания на выходе из турбины, кг/с; $Q_{\text{КС}}$ – тепловая мощность, подведенная к камере сгорания, МВт; $Q_{1\text{к}}$ – тепловая мощность, подведенная с потоком воздуха к компрессору ГТУ, МВт; $Q_{2\text{т}}$ – тепловая мощность потока продуктов сгорания на выходе из ГТУ, МВт; Q_5 – мощность тепловых потерь от наружного охлаждения элементов ГТУ, МВт; $Q_{\text{эм}}$ – мощность электромеханических потерь ГТУ, МВт; $N_{\text{ГТУ}}$ – электрическая мощность ГТУ, МВт; индекс «и» указывает на измеренное значение показателя, т.е результат прямого или косвенного измерения; ΔG – невязка материального баланса, кг/с; ΔE – невязка энергетического баланса, МВт.

Корректировка исходных данных должна быть выполнена таким образом, чтобы ΔG, ΔE были равны нулю.

Ранее была предложена процедура сведения балансов на основе концепции регуляризации Тихонова при скалярной постановке [2], однако такой подход не рассматривает особенности каждого канала измерения.

Векторная постановка задачи позволяет учитывать степень достоверности каждого из каналов в отдельности.

В таком случае процедура сведения балансов (1) и (2) на основе концепции регуляризации Тихонова [3] формулируется как некорректная задача вида:

$$F(\mathbf{Y},\lambda) = \left|\mathbf{AY} - \mathbf{B}\right|^2 + \left|\boldsymbol{\lambda}(\mathbf{Y} - \mathbf{Y_0})\right|^2 \Rightarrow \min, \tag{3}$$

где **Y**, $\mathbf{Y_0}$ – искомое регуляризированное решение и его априорная оценка; **A**, **B** – известные операторы модели системы; **σ** – числовой параметр, характеризующий погрешность правой части уравнения; **λ** – диагональная матрица параметров регуляризации, где число параметров регуляризации равно количеству входных параметров модели.

Матричный оператор A и искомое регуляризированное решение Y можно представить в виде:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & -1 & 0 \\ h_{\text{топл}} + Q_{\text{н}}^{\text{p}} & h_{1\text{к}} & -h_{2\text{т}} & -\dfrac{1}{\eta_{5\text{т}}} \end{pmatrix}, \tag{4}$$

$$\mathbf{Y} = \begin{pmatrix} B_{\text{кс}} & G_{1\text{к}} & G_{2\text{т}} & N_{\text{ГТУ}} \end{pmatrix}^{\text{T}}, \tag{5}$$

где $\eta_{5\text{т}}$ характеризует тепловые потери от наружного охлаждения элементов ГТУ и электромеханические потери ГТУ и определяется согласно равенству: $Q_5 + Q_{\text{эм}} + N_{\text{ГТУ}} = \dfrac{N_{\text{ГТУ}}}{\eta_{5\text{m}}}$.; индекс «Т» указывает на транспонирование матрицы.

Аналитическое решение задачи (3) будет выглядеть следующим образом:

$$\mathbf{Y} = (\mathbf{A}^{\text{T}}\mathbf{A} + \boldsymbol{\lambda}^2\mathbf{E})^{-1}\boldsymbol{\lambda}^2\mathbf{Y}_0. \tag{6}$$

Предложенная методика апробирована при сведении балансов по ГТУ типа GTX-100.

Аналитическое решение задачи в векторной постановке может быть получено двумя способами:

– решение при равных значениях ненулевых элементов диагональной матрицы параметров регуляризации λ;

– решение, полученное методом итераций аналитических решений.

В табл. 1 приведены аналитические решения задачи при скалярной постановке, а также векторной постановке при использовании обоих методов.

Таблица 1

Исходные данные и результаты расчетов для контрольного режима при различных вариантах постановки и решения оптимизационной задачи

Обозначение, единица измерения	Априорные значения Y_{0i}	Метрологические ограничения $[Y_i^{min}; Y_i^{max}]$	Регуляризированные значения Y_i		
			Скалярная постановка [2] ($\lambda = 0,95$)	Векторная постановка	
				При $\lambda_i = 1,04$	Метод итераций аналит. решений
$B_{КС}$,кг/с	1,790	[1,772; 1,808]	**1,810**	1,805	1,807 / 0,245
$G_{1к}$,кг/с	101,46	[100,44; 102,47]	**100,19**	**100,25**	100,45 / 0,645
$G_{2т}$,кг/с	99,54	[97,05; 102,03]	100,79	100,74	100,94 / 0,564
$N_{ГТУ}$, МВт	29,23	[28,94; 29,52]	29,20	29,20	29,21 / 0,775
ΔG,кг/с	3,7100	–	1,2047	1,3125	1,2470
ΔE, МВт	-0,0786	–	-0,0241	-0,0262	-0,0250
$F(\lambda)$	13,7703	–	4,6201	4,6940	4,6220

По табличным данным видно, что все методы состоятельны, однако, в случае аналитического решения задачи при её скалярной и векторной постановках полученные результаты не входят в установленные метрологические коридоры (выход за пределы диапазона получен для расхода воздуха на входе в компрессор и расхода топлива в камеру сгорания).

Метод итераций аналитических решений при векторной постановке задачи лишен такого недостатка, потому его использование является более целесообразным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ледуховский Г. В. Расчет и нормирование показателей тепловой экономичности оборудования ТЭС / Г. В. Ледуховский, А. А. Поспелов. – Иваново: ИГЭУ, 2015. – 468 с. – Текст : непосредственный.

2. Методика совместного сведения материального и энергетического балансов при расчете фактических показателей тепловой экономичности газотурбинных установок / А. С. Зиновьева, С. Д. Горшенин, Г. В. Ледуховский, В. П. Жуков. – Текст : непосредственный // Вестник ИГЭУ. – 2023. – №. 1. - С. 5-10.

3. Тихонов А. Н. Методы решения некорректных задач / А. Н. Тихонов, В. Я. Арсенин. – Москва : Наука, 1979. – 285 с. – Текст : непосредственный.

УДК 621.181.123

ОЦЕНКА КОЛИЧЕСТВА ВОЗНИКАЮЩИХ ОТЛОЖЕНИЙ ОТ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ С НАНОЧАСТИЦАМИ ПРИ ЕГО РАБОТЕ В ЖАРОТРУБНОМ КОТЛЕ

Конев С. С., магистрант, koneffsergei2015@gmail.com
Хаметов Р. Р., магистрант, hametov-212@mail.ru
Бурнашев В. В., магистрант, buriy086@mail.ru
г. Нижневартовск, Нижневартовский государственный университет

Аннотация. В современной теплоэнергетике и теплотехнике активно исследуется применение наночастиц в теплоносителях для повышения их эффективности. Однако использование таких теплоносителей в жаротрубных котлах может привести к образованию отложений, что в свою очередь влияет на производительность и безопасность работы оборудования. В статье рассматриваются основные причины возникновения отложений при использовании теплоносителей с наночастицами, представлены методы оценки их количества, а также приведен пример расчета. В заключении делаются выводы о возможности и целесообразности применения данных методов в практике.

Ключевые слова: теплоэнергетика, теплотехника, жаротрубный котел, теплоноситель, наночастицы, отложения, методы оценки.

Введение:

Применение наночастиц в теплоносителях позволяет улучшить их теплофизические свойства, что в теории должно привести к повышению производительности теплообменного оборудования. Однако внедрение новых технологий всегда сопряжено с рисками, и одним из таких рисков при использовании теплоносителей с наночастицами является образование отложений в системе.

Жаротрубный котел — это тип котла, в котором газы сгорания проходят через трубы, окруженные водой или другим теплоносителем. Принцип его работы основан на передаче тепла от газов сгорания к теплоносителю через стенки труб. Эффективность такого котла во многом зависит от качества теплоносителя и отсутствия отложений на внутренних поверхностях труб, так как они могут снижать теплообмен и ухудшать работу оборудования.

Причины возникновения отложений:

Модифицирование базовых теплоносителей, таких как вода или водные растворы этиленгликоля, с использованием мультиграфена приводит к получению стабильных двухфазных суспензий. Эти суспензии обладают более высоким коэффициентом теплопроводности по сравнению с исходными жидкостями. Однако, добавление наночастиц также влияет на другие свойства теплоносителя, в частности, на его вязкость [1].

Эти отложения могут возникать из-за различных факторов, включая химические реакции, аэродинамические эффекты и особенности работы теплоносителей с добавлением наночастиц.

Химические реакции: При высоких температурах в жаротрубных котлах могут происходить химические реакции между компонентами теплоносителя и материалами труб, что способствует образованию отложений.

Аэродинамические эффекты: Возникающие в котле потоки могут способствовать осаждению наночастиц на стенках труб, особенно в местах с изменением направления потока или при турбулентности [2].

Особенности работы теплоносителей с наночастицами: Добавление наночастиц в теплоноситель может изменить его физические свойства, такие как вязкость, что в свою очередь может влиять на скорость образования отложений. В частности, было обнаружено, что при использовании теплоносителей с добавлением мультиграфена скорость образования наносных отложений может увеличиваться.

Температурные характеристики: При определенных температурных режимах работы котла возможно ускоренное образование отложений из-за изменения свойств теплоносителя и активации химических реакций [3].

Методы оценки и расчет количества отложений:

1. Визуальный анализ: Этот метод предполагает прямое наблюдение и изучение поверхностей теплообменника на наличие отложений. Он прост в применении, но может не дать полной картины, особенно при наличии внутренних отложений.

2. Термография: С помощью инфракрасной термографии можно определить места на поверхности теплообменника, где происходит неравномерный теплообмен из-за наличия отложений.

3. Ультразвуковое исследование: Ультразвуковые датчики могут определить толщину отложений на внутренних стенках труб, что позволяет оценить их объем и плотность [4].

4. Анализ состава теплоносителя: Регулярный анализ химического состава теплоносителя может указать на возможное образование отложений, особенно если в нем обнаруживаются повышенные концентрации минералов или других веществ.

5. Гидродинамическое исследование: Изменение параметров потока теплоносителя, таких как скорость или давление, может указывать на наличие отложений, которые создают дополнительное гидродинамическое сопротивление [5].

Эти методы могут быть использованы как в комбинации, так и отдельно, в зависимости от конкретных условий эксплуатации и доступности оборудования.

Для иллюстрации проблемы отложений в жаротрубных котлах рассмотрим типичный промышленный котел с мощностью 10 МВт.

Предположим, что котел эксплуатируется с использованием теплоносителя, обогащенного наночастицами.

Исходные данные:

- Мощность котла: 10 МВт
- Объем теплоносителя в системе: 20 $м^3$
- Концентрация наночастиц в теплоносителе: 0,05% (масс.)

Метод определения количества отложений на поверхностях дымогарных труб жаротрубного котла предполагает использование пластин-индикаторов. Эти пластины устанавливаются в различных частях котла, и после определенного периода эксплуатации на них формируются отложения.

Расчет:

Определение массы наночастиц в системе:

$$M_{\text{отложений}} = 0.01 \cdot M_{\text{нано}} \quad (1)$$

где: $V_{\text{теплоносителя}}$ - объем теплоносителя (20 $м^3$); $\rho_{\text{теплоносителя}}$ - плотность теплоносителя (примерно 1000 $кг/м^3$ для воды); $C_{\text{нано}}$ - концентрация наночастиц (0,05%).

Предположим, что 1% наночастиц оседает на поверхности дымогарных труб. Тогда масса отложений составит:

$$M_{\text{отложений}} = 0.01 \cdot M_{\text{нано}} \quad (2)$$

Проведя вышеуказанные расчеты, можно получить приближенное значение массы отложений, образующихся в котле за определенный период времени. Эта информация может быть использована для планирования регулярной чистки котла и определения оптимальных интервалов между промывками.

Расчеты показывают, что даже небольшое количество наночастиц в теплоносителе может привести к образованию значительного количества отложений в жаротрубном котле. Это подчеркивает важность регулярного мониторинга состояния теплообменных поверхностей и своевременной их очистки.

Заключение:

Выводы о причинах образования отложений и их влиянии на эффективность работы котла:

Отложения в жаротрубных котлах, особенно при использовании теплоносителей с наночастицами, могут возникать из-за различных причин, включая химические реакции, агломерацию наночастиц и изменение физико-химических свойств теплоносителя.

Накопление отложений на теплообменных поверхностях может привести к снижению эффективности теплообмена, увеличению энергетических потерь и, в конечном итоге, к преждевременному выходу оборудования из строя.

Наличие наночастиц в теплоносителе может улучшить его теплопроводность, однако это также может способствовать ускоренному образованию отложений при определенных условиях.

Рекомендации по выбору метода оценки количества отложений и его практическому применению:

При выборе метода оценки количества отложений важно учитывать специфику эксплуатации котла, доступность оборудования и требуемую точность измерений.

Регулярное проведение анализа и мониторинга состояния теплообменных поверхностей позволит своевременно выявлять проблемы и предпринимать меры по их устранению, что, в свою очередь, способствует повышению надежности и эффективности работы котла.

Правильный выбор метода оценки и своевременное обнаружение отложений играют ключевую роль в обеспечении долгосрочной и эффективной эксплуатации жаротрубных котлов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pereira J. The Pool-Boiling-Induced Deposition of Nanoparticles as the Transient Game Changer / J. Pereira, A. Moita, A. Moreira. – Direct text // Nanomaterials. - 2022. – Is. 23. – P. 4270.

2. Hayder I. M. Experimental investigation of nanoparticles concentration, boiler temperature and flow rate on flow boiling of zinc bromide and acetone solution in a rectangular duct / I. M. Hayder, D. Giddings, G. S. Walker. – Direct text // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2019. – Vol. 130. – P. 710-721.

3. An analysis of the effects of nanoparticles deposition on characteristics of the heating surface and ON pool boiling of water / I. S. Kiyomura, L. L. Manetti, A. P. da Cunha [et al]. – Direct text // International Journal of Heat and Mass Transfer. - 2017. – Vol. 106. – P. 666-674.

4. Balasubramanian K. R. Transient Flow Boiling Performance and Critical Heat Flux Evaluation of Al2O3-Water Nanofluid in Parallel Microchannels / K. R. Balasubramanian, A. K. Rohini, S. Sivan. – Direct text // Journal of Nanofluids. - 2018. –Is. 6. – P. 1035-1044.

5. Kamel M. S. Experimental studies of flow boiling heat transfer by using nanofluids / M.S. Kamel, F. Lezsovits, A.K. Hussein. – Direct text // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. - 2019. –Is. 6. – P. 4019-4043.

УДК 697.4

ОТПУСК ТЕПЛОТЫ В СИСТЕМЫ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ

Мануковская Т. Г., канд. техн. наук, доцент, rw3gl@inbox.ru
Стерлигов В. А., канд. техн. наук, доцент, kafpte@rambler.ru
Крамченков Е. М., канд. техн. наук, доцент, kafpte@rambler.ru
г. Липецк, Липецкий государственный технический университет

Аннотация. Подача теплоты в систему отопления (МКД) связанным способом приводит к колебаниям температуры воздуха внутри помещений. Для современных МКД отсутствуют данные по влиянию отпуска теплоты в системы отопления связанным способом на температуру воздуха помещения. Исследована температура воздуха внутри помещений при изменении подачи часовых потоков теплоты на примере жилого дома с $\beta = 35$ часов Связанный отпуск теплоты в системы отопления МКД с учетом тепловой аккумуляции здания позволяет обеспечивать нормативную температуру внутреннего воздуха помещений в течение всего отопительного сезона.

Ключевые слова: связанная подача теплоты, системы теплопотребления, автоматическое регулирование, колебания температуры, коэффициент аккумуляции.

Системы теплопотребления многоквартирных жилых домов (МКД) в большинстве случаев подключаются к водяным тепловым сетям в абонентских вводах, оборудованных в индивидуальных тепловых пунктах (ИТП) зданий. Современные ИТП - это автоматизированные тепловые пункты (АТП), отпускающие тепловую энергию в системы отопления и горячего водоснабжения (ГВС) в автоматическом режиме.

АТП осуществляют подачу теплоты в системы отопления, нормальным и связанным способом.

При нормальной подаче общий расход теплоты в МКД складывается из максимального расхода на горячее водоснабжение и расчетного расхода на отопление. Изменение расхода теплоты на горячее водоснабжение не отражается на количестве теплоты подаваемой в систему отопления.

В схемах со связанной подачей общий расход складывается из расчетного расхода на отопление и среднечасового расхода на ГВС. В результате происходит неравномерный отпуск тепловой энергии в системы отопления, сопровождающийся, колебанием температуры воздуха внутри помещений.

Для современных МКД, построенных после 2000г., в литературе отсутствуют данные по режиму потребления теплоты в течение суток и в сочетании с аккумулирующей способностью зданий. Поэтому исследование связанного отпуска теплоты в системы теплопотребления МКД, имеющие различные коэффициенты аккумуляции является весьма актуальным. Жи-

лые здания постройки 60-70 годов имеют средние значения коэффициента аккумуляции β около 30 часов, конца 80-ых годов прошлого века - до 45, современные – более 45 часов.

Актуальность исследований вызвана не только строительством современных МКД, но и реконструкцией и капитальным ремонтом существующей жилой застройки с установкой в зданиях АТП.

Исследование отпуска теплоты связанной подачей в систему отопления проведено для кирпичного жилого дома с нагрузкой на отопление $Q_o^{'}$ =0,453 МВт и среднечасовой нагрузкой на горячее водоснабжение $Q_{гвс}^{ср.ч}$ =0,184 МВт. При этом температура воды в системе ГВС $t_Г$=65°С, расчетная температура наружного воздуха $t_н^{'}$=-25°С. Расчетная температура воздуха внутри помещения принята $t_в^{'}$=20°С. При расчетах за основу принят график расхода теплоты по часам суток [2], показанный на рис.1а.

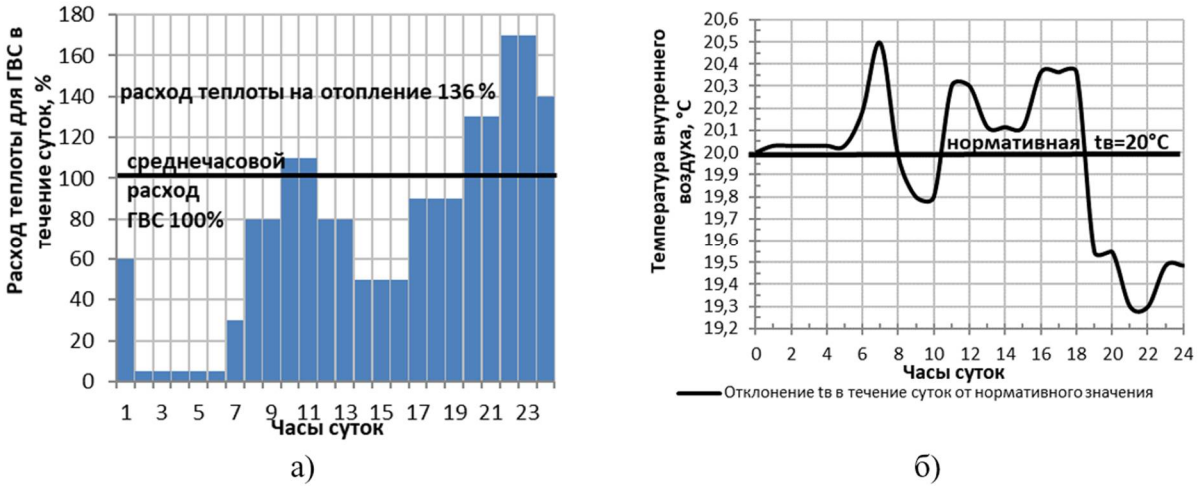
В работе при разных температурах наружного воздуха, определялась текущая потребность в тепловой энергии для отопления МКД с коэффициентом аккумуляции β=35 часов. Длительность стояния наружной температуры принята в 7 суток. Колебания температуры внутреннего воздуха при изменении количества теплоты, подаваемой в систему отопления, определяли с учетом аккумулирующей способности здания [3] как

$$t_в^{''} = k \cdot \left(t_в^{'} - t_н^{'} \right) \cdot \left[1 - e^{\left(- z/\beta \right)} \right] + \left[\left(t_в - t_н \right) \cdot \left(e^{\left(- z/\beta \right)} \right) \right] + t_н ,$$

где $t_в^{''}$ - температура воздуха внутри помещения, которая установится через период времени z, ч, после изменения количества теплоты, подаваемой в систему отопления, °С; $k = \frac{Q_{о+гвс}}{Q_o^{'}}$ - меняющаяся доля часового отпуска теплоты; где $Q_{о+гвс}$ - текущий часовой поток теплоты на отопление и горячее водоснабжение; $t_в$ - установившаяся температура воздуха после очередного изменения потока теплоты, °С; $t_н$ - текущая температура наружного воздуха, °С; β - коэффициент аккумуляции, ч. Аналогично определили температуры внутреннего воздуха при наружных температурных условиях отопительного периода ($t_н$ = +8 ÷ -25°С).

На рис.1б в качестве примера показано изменение температуры воздуха внутри помещений в течение суток при $t_н$=-5°С. Такие изменения $t_в$ полностью соответствуют требованиям [1]. Проведенные расчеты температуры внутреннего воздуха в течение отопительного сезона показали, что она может понижаться до величин 18,9÷19,7 °С и повышаться до 20,2÷20,6°С.

Анализ рис.1б показывает, что за счет общего количества теплоты, поступающей в систему отопления в часы повышенного водоразбора температура $t_в$ снижается до 19,28÷19,8 °С, а в часы когда водоразбор имеет минимальные значения, $t_в$ повышается до 20,35÷20,5 °С.



а) б)

Рис. 1. а) График расходов теплоты $Q_{гвс}$ по часам суток в жилом здании; б) Изменения температуры внутреннего воздуха в течение суток

Таким образом, исследования показали, что связанная подача теплоты в системы отопления жилых домов обеспечивает нормативные значения температуры внутреннего воздуха отапливаемых помещений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 30949-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях : межгосударственный стандарт : издание официальное : введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 июля 2012 г. №191-ст : разработан ОАО «СантехНИИпроект», ОАО «ЦНИИПромзданий». – Москва: Стандартинформ, 2013. – 11 с. – Текст: непосредственный.

2. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. В 2 частях. Часть 1. Отопление, водопровод, канализация / В. Н. Богословский, С. Ф. Копьев, Л. И. Друскин [и др.]. – Москва : Стройиздат, 1976. – 429 с. – Текст: непосредственный.

3. Мануковская Т. Г. Разработка системы снабжения тепловой энергией промышленных объектов с учетом аккумулирующей способности зданий: 05.14.04: автореф. дис. … канд. техн. наук / Т. Г. Мануковская; ВГТУ. – Воронеж, 2012. – 16 с. – Текст: непосредственный.

УДК 62.622

ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА НА ТЭЦ

Поташкин Н. В., бакалавр, 1nikpot2000@mail.ru
Белкин А. П., канд. техн. наук, зав. кафедрой, belkinap@tyuiu.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация: Для снижения концентрации CO2 при сжигании природного газа в топках котельных агрегатов, увеличения скорости горения, и изменения длины факела, используется водород в составе метан-водородной смеси (МВС), результаты представлены при сжигании 1 м3 МВС, где концентрация водорода изменяется в процентом соотношении 10-100%. Снижение концентрации в продуктах сгорания происходит за счет уменьшения метана в составе МВС, так как при сжигании водорода образуется только вода, скорость горения увеличивается, поскольку водород сгорает быстрее многих углеводородов, длина факела вместе с адиабатической температурой горения.

Ключевые слова: метан-водородная смесь, снижение CO2, изменение длины факела.

В целях исполнения указов президента РФ, федеральных законов и нормативных актов в области экологии, повысить интенсивность перехода к низкоуглеродной экономике, целесообразно рассмотреть водород как энергоноситель.

Водород является единственным элементом на земле, при сжигании которого образуется только вода, скорость его горения выше многих углеводородов.

Существуют много способов производства водорода, но наиболее эффективным в мире является паровая конверсия метана. Метан – основной компонент природного газа, его концентрация в нём достигает от 77 до 99%. Процесс отделения водорода от углеродной основы в метане протекает в трубчатых печах с внешним подводом теплоты при температурах 750–850 °C.

Рассчитаем изменение количество выбросов CO_2 при сжигании метана и добавлении к нему водорода в процентном соотношении. Условно энергообъект сжигает 1000 тыс.м^3/сут метана.

Снижение концентрации CO_2 найдено по формуле:

$$N = G_1 \cdot c - G_2 \cdot c \quad (1)$$

где G_1 – концентрация метана, тыс.м^3/сут; G_2 – уменьшение концентрации метана (приняли G_2 = 100 тыс.м^3/сут), тыс.м^3/сут; с = 1,85, т.CO_2/сут образуется при сжигании 1000 тыс.м^3/сут метана.

Снижение концентрации CO_2 покажем на графике.

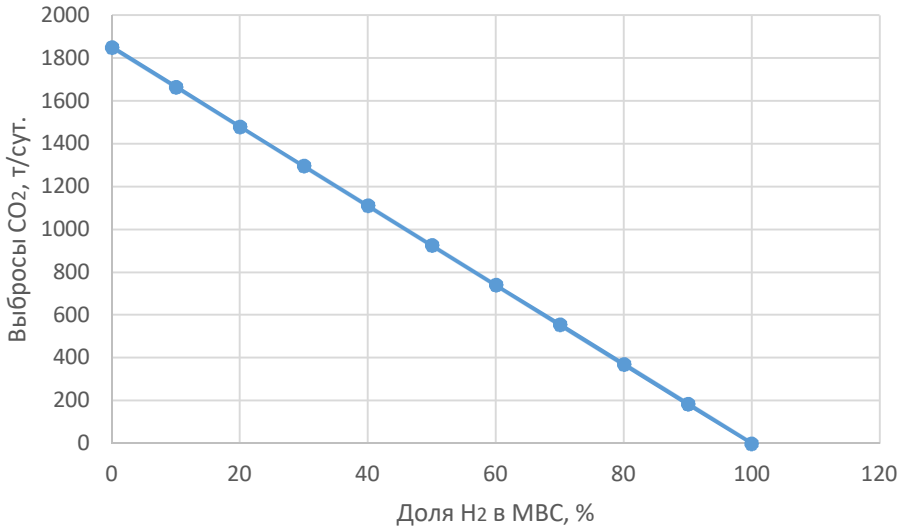


Рис.1. Изменение доли выбросов CO_2 от концентрации H_2

Далее рассчитаем, как изменится длина факела при сжигании 1 м^3 CH_4 и добавлении к нему H_2.

Безразмерная длина факела определяется по формуле Хоттеля [2]:

$$\frac{L_ф}{d_б} = 5{,}3\sqrt{\frac{T_a\left(1+V_в^0\right)}{\sigma \cdot T_Г}\cdot\left(1+\frac{\rho_в}{\rho_Г}\cdot V_в^0\right)} \qquad (2)$$

где T_a – адиабатическая температура; $T_г$ – начальная температура газа; $V^o_в$ – количество воздуха необходимое для полного сгорания смеси, м^3/м^3; σ – отношение количества молей продуктов горения к количеству молей, прореагировавших топлива и окислителя. $\rho_в$ и $\rho_г$ – плотности воздуха и компонентов МВС, кг/м^3.

Изменение длины факела в зависимости от концентрации водорода покажем на графике:

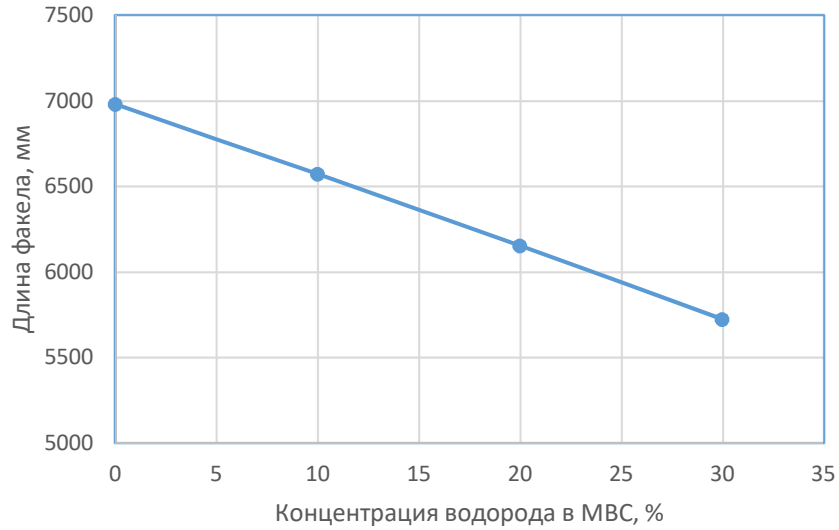


Рис.2. Изменение длины факела в зависимости от концентрации H_2 в МВС

После чего, по методу Гуи-Михельсона, была рассчитана нормальная скорость распространения пламени $U_п$, м/с [2]:

$$U_{П} = \frac{V}{\pi \cdot R\sqrt{H^2 + R^2}} \quad (3)$$

где V - объемный расход смеси метано-водородного топлива с воздухом, $м^3/с$, H – высота (длина) пламени, м; R - радиус горелки, м.

Расчет проводился при условии сжигания 1 $м^3$ в секунду и радиусе горелки 0,005м.

Результаты отобразим на графике:

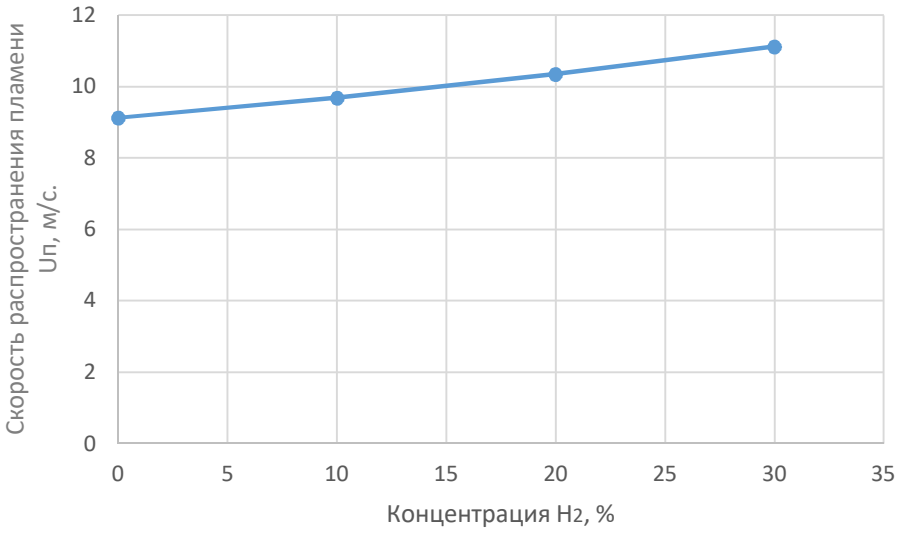


Рис.3. Изменение скорости распространения пламени в зависимости от концентрации H2 в МВС

Скорость распространения пламени повышается, следовательно, улучшается процесс горения и теплообмен происходит быстрее, несмотря на небольшое снижение адиабатической температуры горения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоусов В. Н. Топливо и процессы горения в теплоэнергетических установках : учеб. пособие для вузов / В. Н. Белоусов, В. Д. Цимбал, С. Н. Смородин. – Санкт-Петербург : ВШТЭ СПбГУПТД, 2020. – 154 с. – Текст : непосредственный.

2. Ларионов В. М. Экспериментальная оценка скорости горения метано-водородного топлива с воздухом при изменении концентрации водорода / В. М. Ларионов, Э. Р. Сайфуллин. – Текст : электронный // Инженерный вестник Дона. – 2018. - № 1. – URL: http://

http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5317 (дата обращения: 14.09.2023)

УДК 66.047

МОДЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СУШКЕ ПЕРЕГРЕТЫМ ПАРОМ

Румянцев А. А., канд. техн. наук, доцент, rumjantsevaa@tyuiu.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Теплотехнологический процесс сушки материалов, включает периоды прогрева материала и удаления влаги. Перегретый пар увеличивает интенсивность прогрева материалов, что приводит к сокращению времени сушки. Прогрев сопровождается изменением влагосодержания материала. Анализ, теория тепломассообмена, дифференциальные исчисления. Предложена аналитическая зависимость изменения во времени влагосодержания капиллярно-пористого материала в период его прогрева перегретым паром.
Ключевые слова: кинетика, прогрев, влагосодержание, капиллярно-пористый материал, перегретый пар.

Сушка капиллярно-пористых материалов (уголь, торф, пеношамот, песок) является теплотехнологическим энергозатратным процессом, включающим периоды прогрева материала и удаления влаги. Снижение энергозатрат возможно сокращением времени (повышением интенсивности) прогрева и сушки материала без ухудшения его качества. Скорость прогрева и сушки зависит от интенсивности тепломассопереноса, который во многом определяется изменением влагосодержания и температуры в сушимом материале.

Повышению тепловой экономичности сушильных установок способствует применение перегретого пара в качестве сушильного агента. Перегретый пар увеличивает интенсивность прогрева капиллярно-пористых материалов, что приводит к сокращению времени прогрева и снижению энергозатрат на сушку. Наибольший эффект может быть получен при сушке материалов с замёрзшей влагой, поскольку время прогрева может составлять 25-30% периода сушки [1].

Период прогрева сопровождается конденсацией пара на поверхности материала (увлажнением материала), а затем испарением влаги с поверхности конденсатной пленки и с поверхности частиц материала. Зная изменение влагосодержания материала, можно определить его максимальное значение, от которого будет зависеть длительность сушки материала, и в конечном итоге, энергозатраты.

Цель исследования – разработка математической модели изменения влагосодержания капиллярно-пористого материала от времени прогрева перегретым паром.

Методы исследований. Анализ, теория тепломассообмена, дифференциальные исчисления.

Результаты исследования. Текущее влагосодержание $u(\tau)$, кг/кг в период прогрева определяется уравнением

$$u(\tau)=u_{\text{н}} + \Delta u(\tau) - u_{\text{исп}}(\tau), \quad (1)$$

где $u_{\text{н}}$ – начальное влагосодержание материала; $\Delta u(\tau)$ – изменение избыточного влагосодержания материала от времени τ; $u_{\text{исп}}(\tau)$ – изменение влагосодержания материала, связанное с испарением конденсатной пленки на его поверхности.

С учетом теплового баланса

$$u(\tau) = u_{\text{н}} + \frac{c_{\text{м}} \cdot \rho_{\text{нм}} \cdot \left[\overline{T}(\tau) - T_0\right]}{\left[c_{\text{п}} \cdot (T_{\text{п}} - T_{\text{s}}) + r\right] \cdot \rho_{\text{п}}} - \frac{\alpha_{\kappa} \cdot (T_{\text{п}} - T_{\text{s}}) \cdot \tau}{r \cdot \rho_{\text{см}} \cdot R_v}, \quad (2)$$

где $c_{\text{м}}$, $c_{\text{п}}$ – соответственно удельная теплоемкость материала и пара, Дж/кг·К; $\rho_{\text{нм}}$, $\rho_{\text{см}}$, $\rho_{\text{п}}$ – соответственно насыпная плотность материала, плотность сухого вещества материала и плотность пара, кг/м^3; T_0, $\overline{T}(\tau)$ – соответственно начальная и текущая среднеобъемная температуры материала, К; $T_{\text{п}}$, T_s – соответственно температура пара и температура насыщения при заданном давлении, К; $\alpha_{\text{к}}$ – конвективный коэффициент теплоотдачи пара поверхности конденсатной пленки, Дж/(м^2·К·с); r – удельная теплота конденсации (испарения), Дж/кг; R_v – отношение объема частицы материала к площади ее поверхности, м.

Текущая среднеобъёмная температура частицы материала вычисляется по формуле

$$\overline{T}(\tau) = T_{\text{s}} - (T_{\text{s}} - T_0) \cdot \sum_{n=1}^{\infty} B_n \cdot \exp\left(-\mu_n^2 \cdot Fo\right), \quad (3)$$

где B_n –постоянные коэффициенты для различных значений Bi; Bi – критерий Био, Bi=$(\alpha \cdot R)/\lambda_{\text{м}}$; α – коэффициент теплоотдачи при конденсации пара, Дж/(м^2·К·с); R – радиус частицы материала, м; $\lambda_{\text{м}}$ – теплопроводность материала, Вт/(м·К); μ_n – корни характеристического уравнения; Fo – критерий Фурье, Fo=$(a \cdot \tau)/R^2$; a – коэффициент температуропроводности материала, м^2/с.

Учитывая быструю сходимость ряда, в уравнении (3) можно ограничиться n=1 без существенных потерь в точности.

Коэффициент теплоотдачи α конденсатной пленки к поверхности материала определим, используя преобразованную формулу Нуссельта [3]

$$\alpha = 0{,}36 \times \left[\frac{\lambda_к^{\,3} \cdot \rho_к^{\,2} \cdot r \cdot g}{(T_s - T_м) \cdot \mu_к \cdot h} \right]^{0{,}25}, \quad (4)$$

где $\lambda_к$ – теплопроводность конденсата, Вт/(м·К); $\rho_к$ – плотность конденсата, кг/м^3; r – удельная теплота парообразования при температуре насыщения, Дж/кг; g – ускорение свободного падения, м/с^2; $T_м$ – температура материала, К; $\mu_к$– кинематическая вязкость конденсата, м^2/с; h – толщина слоя материала, м.

Конвективный коэффициент теплоотдачи $\alpha_к$ в период прогрева рассчитывается для случая испарения влаги со свободной поверхности при вынужденной конвекции перегретого пара по уравнению [4]

$$\mathrm{Nu} = 2 + 1{,}05 \cdot \mathrm{Pr}^{0{,}33} \cdot \mathrm{Re}^{0{,}5} \cdot \mathrm{Gu}^{0{,}175}, \quad (5)$$

где Nu – критерий Нуссельта; Pr – критерий Прандтля; Re – критерий Рейнольдса; Gu – параметрический критерий Гухмана.

Для вычисления важных показателей периода прогрева, как максимальную величину влагосодержания $u_{\max}$ и время τ_0 его достижения, приравняем производную от уравнения (2) нулю

$$\frac{du(\tau)}{d\tau} = \frac{c_м \cdot \rho_{нм} \cdot (T_s - T_0) \cdot a}{\left[c_п \cdot (T_п - T_s) + r \right] \cdot \rho_п \cdot R^2} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \mu_n^2 \cdot B_n \cdot \exp\left(-\mu_n^2 \cdot Fo\right) - \frac{\alpha_к \cdot (T_п - T_s)}{r \cdot \rho_{см} \cdot R_v} = 0. \quad (6)$$

$u_{\max}$. определяется подстановкой найденного значения τ_0 в уравнение (2).

Вывод. Выявлены закономерности изменения влагосодержания капиллярно-пористого материала от времени прогрева перегретым паром.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилов О. Л. Экономия энергии при тепловой сушке / О. Л. Данилов, Б. И. Леончик. – Москва : Энергоатомиздат, 1986. – 136 с. – Текст: непосредственный.

2. Лыков А. В. Тепломассообмен / А. В. Лыков. – Москва : Энергия, 1978. – 479 с. – Текст : непосредственный.

3. Воронцов Е. Г. Теплообмен в жидкостных пленках / Е. Г. Воронцов, Ю. М. Тананайко. – Киев : Техніка, 1972. – 196 с. – Текст: непосредственный.

4. Лыков А. В. Теория сушки / А. В. Лыков. – Москва : Энергия, 1968. – 472 с. – Текст: непосредственный.

5. Муштаев В. И. Сушка дисперстных материалов / В. И. Муштаев, В. М. Ульянов. – Москва : Химия, 1988. – 351с. – Текст : непосредственный.

УДК 697.34

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ В ГОРОДЕ ТЮМЕНИ

Сабукевич М. Н., аспирант, pavlova_m.n@mail.ru
Жилина Т. С., канд. техн. наук, доцент, zhilinats@tyuiu.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В данной статье авторами рассмотрена возможность модернизации систем теплоснабжения на примере повысительной насосной станции №5 города Тюмени. На сегодняшний день является важной тенденция энергоэффективности работы оборудования как для предприятия, так и для потребителей тепловой энергии. Связано это с повышением коэффициента полезного действия от оборудования с учетом рентабельности и срока эксплуатации с положительным выходом для экосистемы селитебных территорий.
Ключевые слова: тепловая сеть, теплоноситель, автоматизация, насосная станция, энергоэффективность.

Энергосбережение – одно из основных направлений развития системы теплоснабжения. Это направление предусматривает конкретные решения проблем энергосбережения, приоритетных с точки зрения потребителей тепловой энергии. К ним относятся: предотвращение падения объемов и уменьшение расхода теплоты в системах отопления, горячего водоснабжения и вентиляции зданий, уменьшение тепловых потерь или сокращение тепловых затрат на эксплуатацию зданий. Важным остается вопрос о целесообразности и необходимости реконструкции энергоустановок на примере повысительных насосных станций, так как повышение надежности функционирования энергоагрегата ведет к повышению эффективности работы и снижению износа оборудования при транспортировке теплоносителя от основного источника до потребителя.

Ранее в теплоснабжающей сфере использовалось достаточно практичное оборудование со своей особенностью выдачи коэффициента полезного действия. В современном мире сфера теплоснабжения модернизируется в целях создания нового оборудования для улучшения свойств работы агрегатов под высокими эксплуатационными параметрами как для теплоносителя, так и смежных средств потребления и выработки энергии. Все чаще внедряется и используется оборудование с автоматизацией процессов для экономии средств предприятия [1].

Автоматизация технологического процесса создаётся при помощи автоматизированной системы управления технологическим процессом (далее – АСУТП). АСУТП – это комплекс программных и технических средств, предназначенный для автоматизации управления технологическим оборудованием на предприятиях [2].

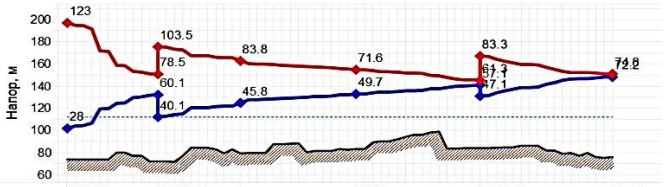
При рассмотрении системы теплоснабжения как единого объекта, можно выделить следующие субъекты: источник теплоты (теплоэлектроцентраль, котельные), транспортирование тепловой энергии (тепловые сети), потребители тепловой энергии (потребители 1-3 категорий).

В целях обеспечения бесперебойной работы объекта и правильной работы крупных тепловых сетей, а также тепловых магистралей, которые расположены в труднодоступных районах со сложным рельефом, или в удаленных районах селитебной застройки необходимо предусмотреть установку насосных станций. Они нужны для поддержания требуемых параметров теплоносителя и обеспечения качественным теплоносителем потребителей тепловой энергии.

Насосная станция – это сложный технический комплекс, состоящий из оборудования и сооружений, предназначенных для перекачки теплоносителя магистральной тепловой сети и регулирования гидравлического режима. Основным элементом насосной станции является насосный агрегат, включающий в себя один или несколько насосов, запорную арматуру, приводные электродвигатели, системы нагнетательных и всасывающих трубопроводов и средства измерения технических параметров [4, 5].

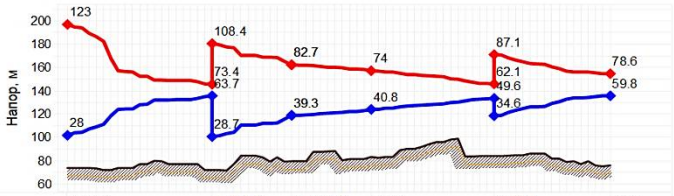
Например, в городе Тюмени находятся в работе 5 повысительных насосных станций. Они повышают параметры теплоносителя до требуемых, поддерживают их для транспортировки тепловой энергии до удаленного конечного потребителя.

Если рассмотреть один из примеров по реконструкции тепловой сети (модернизации субъекта системы теплоснабжения), то на пьезометрических графиках 1 и 2 значительно видны отличия по параметрам теплоносителя.



Наименование узла	ТЭЦ-2	ПНС-5.1	смена диаметра	4П5	ПНС-3	4к25
Геодезическая высота, м	73.8	72	79	83.1	83.8	76
Полный напор в обр. тр-де, м	101.8	112.1	124.8	132.8	130.9	148.2
Располагаемый напор, м	94.996	63.429	37.998	21.888	36.242	2.607
Длина участка, м	1	27.1	376	9.9	139	
Диаметр участка, м	1.198	1	0.616	0.706	0.704	
Потери напора в под. тр-де, м	1.988	0.649	2.753	0.073	0.354	
Потери напора в обр. тр-де, м	1.964	0.641	2.81	0.068	0.45	
Расход в под. тр-де, т/ч	17627.79	8269.85	1768.9	1371.15	1921.98	
Расход в обр. тр-де, т/ч	-17520.8	-8213.76	-1786.97	-1347.19	-1916.73	

Рис.1. Пьезометрический график от «ТЭЦ-2» до тепловой камеры до реконструкции ПНС №5



Наименование узла	ТЭЦ-2	ПНС-5.1	4ПЗз-3.4	4К7А	ПНС-3	4к25
Геодезическая высота, м	73.8	72	79.5	83.1	83.8	76
Полный напор в обр. тр-де, м	101.8	100.7	118.8	123.9	118.4	135.8
Располагаемый напор, м	94.996	79.692	43.459	33.168	52.442	18.807
Длина участка, м	1	27.1	9	49.5	139	
Диаметр участка, м	1.198	1	0.616	0.706	0.704	
Потери напора в под. тр-де, м	2.185	0.778	0.245	0.215	0.354	
Потери напора в обр. тр-де, м	2.16	0.768	0.252	0.223	0.45	
Расход в под. тр-де, т/ч	18483.79	9050.84	1887.44	1578.31	1921.98	
Расход в обр. тр-де, т/ч	-18376.71	-8994.67	-1912.2	-1607.67	-1916.73	

Рис.2. Пьезометрический график от «ТЭЦ-2» до тепловой камеры после реконструкции ПНС №5

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хлебенских Л. В. Автоматизация производства в современном мире / Л. В. Хлебенских, М. А. Зубкова, Т. Ю. Саукова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2017. - № 16 (150). - С. 308-311.

2. Цветаев С. С. Актуальные проблемы автоматизации промышленных предприятий / С. С. Цветаев, К. И. Логачев. – Текст : непосредственный // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. - 2012. - № 1. - С. 87-89.

3. Жилина Т. С. Исследование работы централизованных систем теплоснабжения в условиях селитебной застройки / Т. С. Жилина., М. Н. Павлова. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. - 2023. - № 1 (103). - С. 36-44.

4. Кокорина О. М. Анализ работы насосных подстанций, применяемых в водяных тепловых сетях / О. М. Кокорина, А. А. Лемаева, М. А. Мунарева. — Текст : непосредственный // Исследования молодых ученых : материалы I Междунар. науч. конф. — Казань, 2019. - С. 18-21.

5. Башмаков И. А. Повышение энергоэффективности в системах теплоснабжения / И. А. Башмаков. – Текст : электронный // Энергосбережение. - 2010. - № 2. – URL : https://git.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4546 (дата обращения: 24.10.2023).

УДК 629.7.03

ВНЕДРЕНИЕ ИОНИЗАТОРА «ИОН-22» В ГАЗОТУРБИННУЮ УСТАНОВКУ

Федосеев Э. В., бакалавр, eduard.fedoseev@list.ru
Ческидова Н. А., бакалавр, nata.cheskidova02@mail.ru
Лебедев С. Ю., ст. преподаватель, lebedevsj1@tyuiu.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация: Данная тема является актуальной в настоящее время, так как у существующих ГТУ низкая эффективность работы. С помощью преобразования воздуха в озон перед входом в камеру сгорания возможно увеличение КПД ГТУ. Целью статьи является рассмотрение возможности внедрения ионизатора в систему подачи воздуха в ГТУ. Задача статьи заключается в анализе возможной пользы внедрения ионизатора в ГТУ.
Ключевые слова: ионизатор, устройство, газотурбинная установка (ГТУ), двигатель внутреннего сгорания (ДВС), озон, ионизированная лампа.

В природной окружающей среде озона не существует, его образование может происходить только во время грозы. В других случаях возможно создать озон искусственно, например, с помощью озонатора или ионизатора. Молекула воздуха разряжается и переходит в трехатомную молекулу O_3 – аллотропная модификация кислорода. Озон при нормальных условиях – голубой газ [1].

Для дальнейшей работы необходимо рассмотреть принцип работы ионизатора и озонатора. Ионизатор — устройство, которое разделяет молекулы воздуха на положительные и отрицательные аэроионы. Озонатор — устройство, создающее высокие концентрации озона в помещении, например, для дезинфекции. Разобрав принципы работы и различия этих двух устройств, решено использовать ионизатор, так как данный тип устройства менее опасен как для здоровья человека, так и для оборудования, по сравнению с озонатором.

Ранее был произведен расчет по внедрению ионизатора в ДВС ВАЗ 2115, который доказал эффективность внедрения ионизатора в ДВС [2]. Исходя из теории расчетов для ДВС можно предположить, что для ГТУ возможно частичная или полная замена регенератора воздуха на ионизационные трубки, так как озон дает большую температуру возгорания что не требует, подогрев воздуха в камеру сгорания ГТУ, тем самым получится либо увеличение КПД, либо другой способ работы ГТУ.

Ионизация может повысить эффективность работы ГТУ. Внедрение ионизатора упростит принцип работы ГТУ. Исходя из известных данных, что озон может увеличивать эффективность работы как дизельных, бензиновых и газовых агрегатов, можно предположить положительный эффект от использования ионизатора «ИОН-22» в работе ГТУ [3].

Озон происходит от яркого свечения. Для создания этого эффекта нужно разработать устройство. Вовнутрь стеклянной трубки поместим основной силовой стержень, подобранного под производительность потребляемого воздуха ГТУ (рис. 1, 2). На внешней поверхности трубки необходимо создать обмотку или закрепить мелкую сеточку. Для использования обмотки необходимо знать требуемое количество витков, а для сетки - посчитать размер её ячейки. Между силовым стержнем и обмоткой создается разряжение. Воздух, проходящий через область разряжения, будет превращаться в аллотропную модель озона O_3. (рис.1,2) [4]. Чем более активен воздух, тем полнее происходит сгорания топливной смеси. Возрастает температура возгорания топливной смеси, топливная смесь сгорает в её полном объеме, соответственно мощность ГТУ возрастает [5].

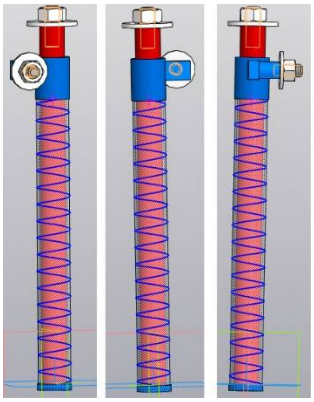


Рис. 1. Ионизирующая лампа

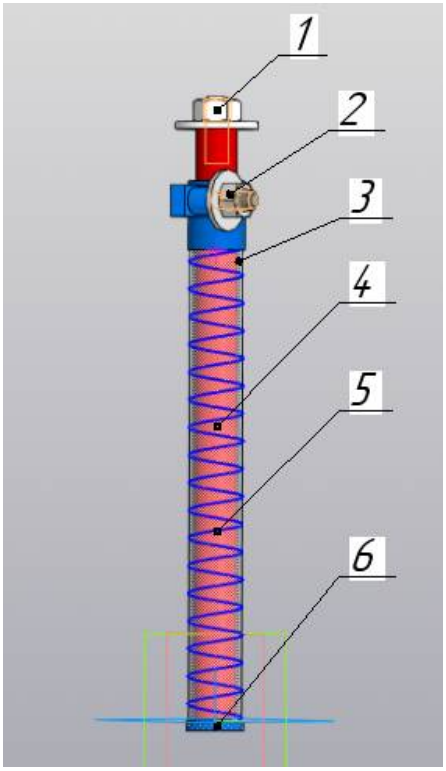


Рис. 2. «ИОН22» 1 - Подключения Анода (+); 2 - Подключение Катода (-); 3 - Стеклянная колба; 4 - Силовой стержень; 5 - Обмотка (намотанная на стержень); 6 - Основания (место соединение контактов)

В теории как с ДВС, ионизатор будет оказывать положительное влияние, то есть произойдет увеличение мощности, следовательно уменьшится расход топлива, так как будем использовать меньшую температуру.

Вывод: были рассмотрены возможности внедрения ионизатора в систему подачи воздуха газотурбинной установки. Рассмотрены два вида устройства, производящие озон, а также представлена модель устройства (рассмотренная ионизирующая лампа является экономически оправданной на основе двигателя внутреннего сгорания). Для подтверждения пользы ионизатора для газотурбинной установки в дальнейшем будут произведены полные расчеты коэффициента полезного действия для газотурбинной установки с внедренным ионизатором.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Озон. Озоновый щит Земли и его изменения / Э. Л. Александров, Ю. А. Израэль, И. Л. Кароль, А. Х. Хриган. – Санкт-Петербург : Гидрометиздат, 1992. - 278 с. – Текст : непосредственный.

2. Федосеев Э. В. Автомобильный ионизатор воздуха «ИОН22» / Э. В. Федосеев, С. Ю. Лебедев. – Текст : непосредственный // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе : материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции. – Тюмень, 2022. – С. 137-140.

3. Комаров О. В. Тепловые и газодинамические расчеты газотурбинных установок / О. В. Комаров, В. Л. Блинов, А. С. Шемякинсуий. – Екатеринбург : Издательство УрФУ, 2018. - 168 с. – Текст : непосредственный.

4. Теория и практика получения ипримененя озона / В. В. Лунин, В. Г. Самойлович, С. Н. Ткаченко, И. С. Ткаченко. – Москва : Издательство Московского университета, 2016. - 416 с. - Текст : непосредственный.

5. Устройство и эксплуатация газотурбинных установок / ред. Ю. Д. Земенкова. - Тюмень : ТюмГНГУ, 2015. - 434 с. - Текст : непосредственный.

УДК 556.11

СВОЙСТВА ВОДЫ

Чепелева К. В., бакалавр, kristina.chepelewa80@yandex.ru
г. Санкт-Петербург, Петербургский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В данной работе были изложены основные причины использования воды как рабочего тела в процессы выработки тепловой и электрической энергии. Методы улучшения свойств теплоносителя являются необходимыми условиями для выгодного технологического процесса производства. С целью сохранения надежности оборудования существует контроль за параметрами физического вещества. Вода соответствует экологическим требованиям. Водные ресурсы возобновляемы.

Ключевые слова: вода, водяной пар, тепловая энергия, турбина, диаграмма.

Уравнение Вукаловича-Новикова, описывающее состояние водяного пара. Оно более точно, в нем учтены дополнительные ассоциации (объединение в многомолекулярные комплексы) и диссоциация (дробления) 2-х молекулярных комплексов. Состоит из постоянных уравнения Ван-дер-Ваальса и результатов на основании опытных исследований:

$$\left(p+\frac{a}{v^2}\right)(v-b)=RT\left(1-\frac{c}{vT^{\frac{3+2m}{2}}}\right)$$

Вода - полярная молекула, диполь, при двух неподеленных электронных парах на внешнем слое. Такое уникальное строение наделяет ее способностью легко превращаться в жидкость, так как критическая температура составляет 374 °С. Имеет аномально высокую температуру кипения по сравнению с аналогами по причине ассоциированного состояния за счет образования межмолекулярных водородных связей. Является универсальным полярным растворителем. Избавляется от шлама. Пар реакционноспособен, что создает коррозию и эрозию на поверхностях оборудования, если он с примесями. Только благодаря химической подготовки удается его очистить от агрессивных сред. Вода склонна к образованию накипи ввиду своей жесткости.

Малая вязкость обеспечивает подвижность теплоносителя. Высокий коэффициент поверхностного натяжения не позволяет слоям перемешиваться и замораживаться по всему объему. Как следствие большой удельной плотности возникает сильная гидравлическая связь водных объектов. Удлинения и изгибы трубопровода создают линейные и местные сопротивления. Движение струи воды производит за счёт напора значительный момент сил. Например, из-за массы рабочего тела на гидроэлектростанциях рабочее колесо вращаются с частотой 93,8 об/мин. Центрифугирование жидкости используется на очистных сооружениях. Отстойники работают по принципу разности плотностей веществ. Через металлические решетки для первичной очистки при обтекаемости воды задерживаются тяжелые частицы.

Из-за высоких значений удельной теплоемкости и теплоты испарения передача тепловой энергии происходит интенсивнее, энергия аккумулируется и равномерно распределяется по всему объему вещества. Температура замерзания воды 0°C при нормальных условиях, которая уменьшается с ростом давления. Существует горячий лёд, при 20000 атмосфер плавится с температурой 80 °C. Он переходит из жидкого состояния в твердый, выделяя 264-289 кДж/кг. Усложняется эксплуатация агрегатов, работающих на воде, по причине чувствительности к температурному расширению в холодные периоды года. При минимизации перепадов температур и давлений достигается сглаживания температурных напряжений.

С помощью регенерации питательная вода прогревается паром, отработавшим в турбине. Недогрев воды до температуры насыщения греющего газообразного вещества приводит к энергетической потери в установки, давление отбираемого пара не уменьшается, работа в турбине производится не максимально. Любые загрязнения и неровности поверхности в агрегатах приводят к нестабильному режиму протекания реакции с водой. Благодаря водным ресурсам осуществляется теплообмен через стенки или из-за смешивания при увеличенном диапазоне температур и давлений. Когда проходят пиковые нагрузки гидроэлектростанция работает как аккумулирующая, использует электроэнергию для закачивания воды. Для увеличения коэффициента полезного действия выработка тепловой энергии достигается нагреванием пара перед турбиной, а на выходе из неё охлаждением для того, чтобы в конденсаторе не образовывался глубокий вакуум. Вибрационные нагрузки разрушают устойчивое сжатие или расширения тела по всей поверхности установки. Чтобы это предотвратить, нужно поддерживать давление в системе с помощью системы регулирования. Надежный корпус дает надлежащую траекторию движения пару, а направляющий лопаточный аппарат изменяет подачу. Арматура легко справляется с высокоскоростными и нагретыми потоками жидкости,приборы работают автоматически. Скрытая теплота парообразования зависит от давления и температуры. Наименьший объем вода имеет при 4 °C. Вода может с легкость использоваться вторично, она не теряет своих свойств. При переходах из пузырного в плёночный режим возникает кризис, где наступает максимальное значение коэффициента теплоотдачи. Зависимости свойств воды и водяного пара отражены в HS-диаграмме.

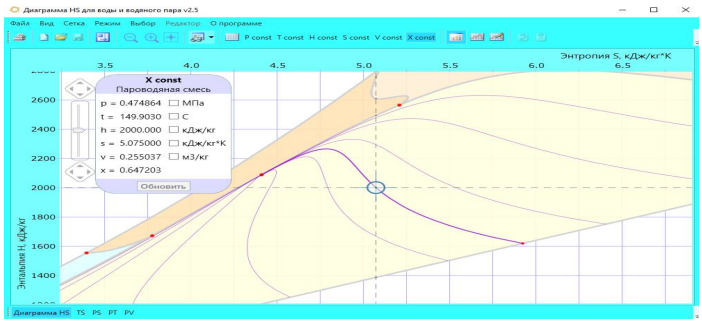


Рис. 1. Диаграмма воды и водяного пара

Планета пропитана водой и окутана водяным паром. Вода плохо проводит электрический ток и ее частицы не заряженные. Пожаробезопасная, не ядовита и не токсична. Колоссальные аккумуляторы тепла – моря, океаны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вукалович М. П. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара / М. П. Вукалович, С. Л. Ривкин, С. А. Александров. – Москва : Изд-во стандартов,1969. - 408 с. – Текст : непосредственный.

2. Кириллин В. А. Техническая термодинамика / В. А. Кириллин, В. В. Сычев, А. Е. Шейндлин. – Москва : Энергия, 1974. - 496 с. – Текст : непосредственный.

3. NeuroThermal.ru : официальный представитель программ на базе движка Neuro : [сайт]. – URL : http://neurothermal.ru/index.htm (дата обращения: 17.11.2023). – Текст : электронный.

УДК 621.438

ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТУРБИНЫ НА ПОТЕРИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В КОГЕНЕРАЦИОННОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Чу В. Ч., аспирант, turbotechvn95@gmail.com
Рассохин В. А., д-р техн. наук, профессор, v-rassokhin@yandex.ru
Барсков В. В., канд. техн. наук, доцент, viktorbarskov@mail.ru
г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Аннотация. В первом десятилетии XXI века малогабаритные газотурбинные установки мощностью до 100 кВт (МГТУ) доказали свою надежность и удовлетворительную работу, обеспечивая электрический КПД более 30% при полной нагрузке, общий КПД цикла около 80% в конфигурации когенерационных энергетических установок малой мощности, значения NOx ниже 15 ppm [1]. К определению общего КПД цикла данных установок одним из влияющих факторов является КПД турбины, причем этой фактор оказывает большее влияние, чем КПД компрессора. В этой статье отдельно анализируется влияние эффективности турбины на энергоэффективность малогабаритной газотурбинной установки мощностью 30 кВт для когенерации. Результаты, полученные численным методом на основе расчетов тепловой схемы данной установки, показывают, что возможно до-

стичь снижения потерь тепловой энергии в когенерационной энергетической установке при невысоких КПД турбины.

Ключевые слова: когенерация, эффективность турбины, микротурбинная установка.

Для анализа учитываются следующие параметры:

- Эффективный КПД МГТУ:

$$\eta_e = \frac{N_e}{G_{топ} \cdot Q_p^н} \quad (1)$$

- Тепловая эффективность при утилизации теплоты уходящих газов после рекуператора:

$$\eta_{ТУ} = \frac{G_Г \cdot C_{P,г} \cdot (T_6 - T_{Н'})}{G_{топ} \cdot Q_p^н} \quad (2)$$

- Коэффициент использования теплоты сгорания топлива когенерационной энергетической установки:

$$КиТ = \eta_e + \eta_{ТУ} \quad (3)$$

где N_e = 30 кВт – заданная эффективная мощность МГТУ; $Q_р^н$ = 44300 кДж/кг - низшая теплота сгорания стандартного углеводородного топлива. Другие параметры в формулах (1) и (2), такие как расход топлива $G_{топ}$, расход газа $G_г$, температуры газа после рекуператора T_6, удельная теплоемкость газа $C_{P,г}$ определяются на основе компьютерного кода для расчета тепловой схемы МГТУ [2].

На рисунке 1 изображена тепловая схема МГТУ мощностью 30 кВт, для выработки электроэнергии и тепла. В установке смонтирован второй теплообменник (теплофикационный), который использует тепловую энергию выхлопных газов после рекуператора. Отходящие газы передают энергию для нагрева горячей воды и/или теплоснабжения. Для анализа топливной и энергоэффективности МГТУ (степень сжатия $\pi_к$=3.7 и изоэнтропийный КПД компрессора $\eta_к$=0.80) при различных вариантах КПД турбины считается температура выхлопных газов, уходящих в атмосферу, для расчетов принята 120^0С ($T_{н'}$= 393 К), а температура газа на входе в турбину принята T_3 = 1200 К.

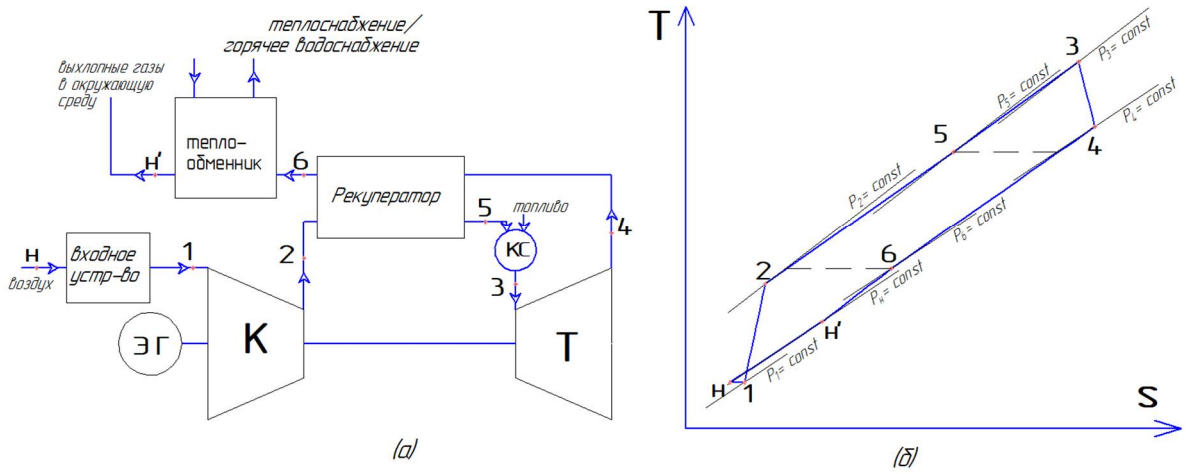


Рис.1. Тепловая схема (а) и рабочий цикл (б) рекуперативной МГТУ мощностью 30 кВт для когенерации: К – компрессор; КС – камера сгорания; Т – газовая турбина; ЭГ – электрический генератор

Результаты расчетов основных показателей когенерационной энергетической установки приведены в таблице 1. Видно, что повышение внутреннего КПД турбины приводит к повышению эффективного КПД МГТУ для выработки полезной мощности, при этом к снижению общего коэффициента использования теплоты сгорания топлива когенерационной установки.

Таблица 1

Основные показатели когенерационной газотурбинной установки

Параметры	Величины		
	$\eta_т$=0.68	$\eta_т$=0.75	$\eta_т$=0.86
Расход топлива, $G_{топ}$, кг/с	0.00267	0.00217	0.00174
Расход воздуха, $G_в$, кг/с	0.3780	0.2866	0.2076
Температура газов после рекуператора, T_6, К	575	570	562
Тепловая мощность, кВт	81.19	59.85	41.38
Эффективный КПД, η_e	0.2541	0.3118	0.3881
Тепловая эффективность, $\eta_{ту}$	0.6877	0.6220	0.5353
Коэффициент использования *КиТ*	0.9418	0.9338	0.9234

Видно, что при выработке эффективной мощности (30 кВт) в когенерационной энергетической установке одновременно получается тепловая мощность (от 41,38…81,19 кВт), которая повышается при увеличении расхода рабочего тела и его температуры после рекуператора при низких КПД турбины.

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы: повышение КПД турбины приводит к снижению отношения выработанной тепловой энергии к полезной энергии. По-прежнему важно тщательно оценивать и проектировать каждую малогабаритную газотурбин-

ную установку для когенерации с учетом требований к теплоснабжению и электроснабжению. В эксплуатации, при требовании заказчика об большей роли теплоснабжения, при достаточной электрической мощности, КПД турбины не должен быть высоким. Таким образом, можно сказать, что перспективно применение турбины конструкции ЛПИ [3] в составе когенерационной энергетической установки. Диапазон внутреннего КПД турбины должен быть в диапазоне (0.75…0.78), что позволит повысить общий коэффициент использования теплоты сгорания топлива данной установки при рациональных затратах топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Operating Experiences from 18 Microturbine Applications for CHP and Industrial Purposes / J. Hanssen, A. Riikonen; G. Karlsson [et al]. – Direct text // Engineering. – 2004. – P. 1–20.

2. Стационарные газотурбинные установки. Технические характеристики. Расчет тепловых схем / В. В. Барсков, Н. А. Забелин, Ю. В. Матвеев [и др.]. – Санкт-Петербург : Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2023. – 91 с. – Текст : непосредственный.

3. Development of small-sized plants based on LPI turbines for utilization of the internal combustion engine exhaust gas heat / N. Zabelin, Yu. Matveev, V. Rassokhin [et al.]. – Direct text // 35th anniversary of cooperetion : results of joint research activity of scientists from Peter The Great Saint-Petersburg Polytechnic University And Leibniz Universität Hannover. – Saint-Petersburg, 2019. – P. 100-111.

УДК 621.565.952.74

МОДЕРНИЗАЦИЯ УЗЛА ПАРА РАЗБАВЛЕНИЯ УСТАНОВКИ ПЕРВИЧНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ПИРОГАЗА

Шанулина А. О., специалист, nastasia2515@mail.ru
Рыжникова Е. А., магистрант, ryzhnikova.k@yandex.ru
Мусинов А. Н., магистрант, musinov.alexsandr@yandex.ru
Деев П. А., магистрант, pashka-86r@mail.ru
г. Нижневартовск, Нижневартовский государственный университет

Аннотация. Целью данной статьи является модернизация учета узла, повышения качества пара. Предлагаемое техническое перевооружение поможет увеличить качество пара, технологические показатели – давление пара, отпускаемое на потребителя. Предлагае-

мый путь решения потери пара в рамках модернизации узла пара разбавления следующим образом коррелируются с ESG-повесткой.

Ключевые слова: узел учета пара, теплообменное оборудование, кожхотрубчатые теплообменники.

В целях технического перевооружения узла пара разбавления выработки и повышения качества пара на узлах учета на теплообменном оборудовании типа Т – кожухотрубчатые теплообменники, необходимо снижать операционные затраты с помощью внедрения системного подхода в модернизации теплового узла, тем самым повышая качество выпускаемого пара на технологические нужды и потребителям. Уменьшении энергозатрат на очистку оборудования и трубной арматуры [2].

На основе анализа оборудования на технологическом предприятии были выявлены потери пара и конденсата на предприятии: слив конденсата в химически-загрязненную канализацию на узле первичного разделения пирогаза, конденсат в К-9 (рис.1).

Ниже представлена действующая упрощенная технологическая схема узла выработки пара разбавления.

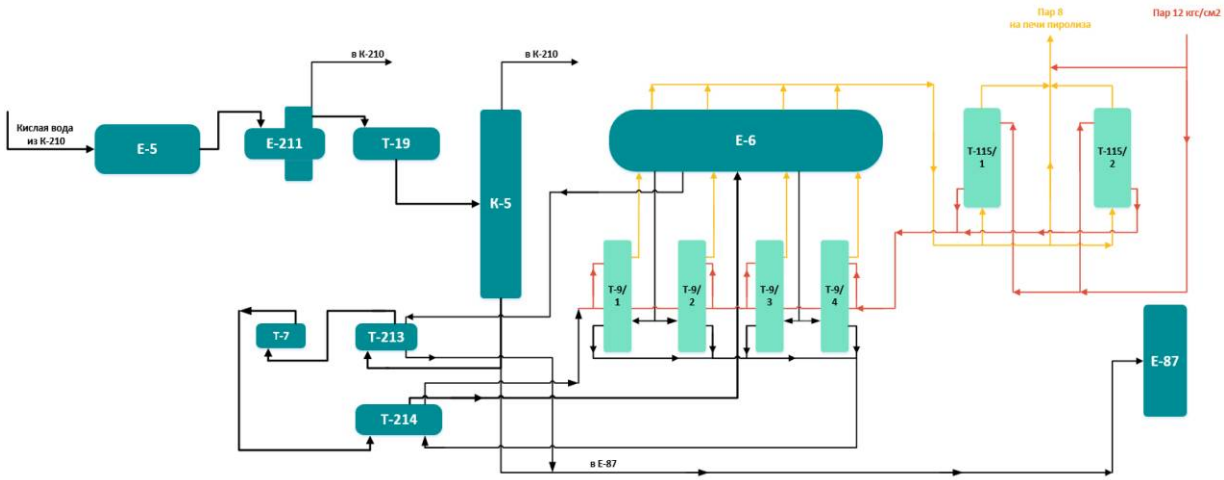


Рис. 1. Упрощенная технологическая схема

Где теплообменник Е-5 – это узел разделения водной и углеводородной среды. Узел Е-211 и Т-19 отделение следов смолы. Узел К-5 – отпарная колонна. Узел Е-6, Т-9/1, Т-9/2 , Т-9/3, Т-9/4, Т-115/1, Т-115/2 и Е-87 – узел выработки пара разбавления, где Т-9/2, Т-9/3, Т-9/4, Т-– кожухотрубчатые теплообменники ТКВ-2200ИНТ; Т-115/1, Т-115/2 –кожухотрубчые теплообменники 1000ТНВ.

Узел выработки пара разбавления включает в себя:

- емкость для разделения пироконденсата и технологической воды Е-5;
- фильтры Ф-211/А,В; Ф-212/А,В;

- коагулятор (коалесцер) кислой воды Е-211;
- насосное оборудование Н-9/1,2; Н-10/1,2;
- теплообменное оборудование Т-19/1,2,3; Т-213; Т-7/1,2,3; Т-214; Т-9/1,2,3,4;
- Т-115/1,2;
- колонна отпарки технологической воды К-5;
- сборник пара разбавления из Т-9 Е-6.

На данный момент теплоносителем является пар 12 кгс/см^2, который подается в теплообменники Т-115 и Т-9 по последовательной схеме.

Далее представлены предлагаемое пути решения для устранения утечек пара на теплообменниках. Эти варианты позволят снизить потери при транспортировке теплоносителя, уменьшить затраты на собственные нужды, повысить эффективность [1].

Ниже представлена модернизированная схема узла учета пара.

1. Переход с пара 12 кгс/см^2 на пар 15 кгс/см^2. Данное повышение давления и температуры пара в системе позволит повысить производительность всего узла выработки пара 8,5 кгс/см^2.

2. Переход подачи пара 12 кгс/см^2 в теплообменниках Т-115 и Т-9 с последовательной схемы включения на параллельную. На основе анализа литературных источников было выявлено, что минимизировать потери на узлах учета будет эффективнее подавать пар с давление 12 кгс/см^2 или 15 кгс/см^2, а также параллельная схема подключения теплообменников Т-115 и Т-9 (рис.2).

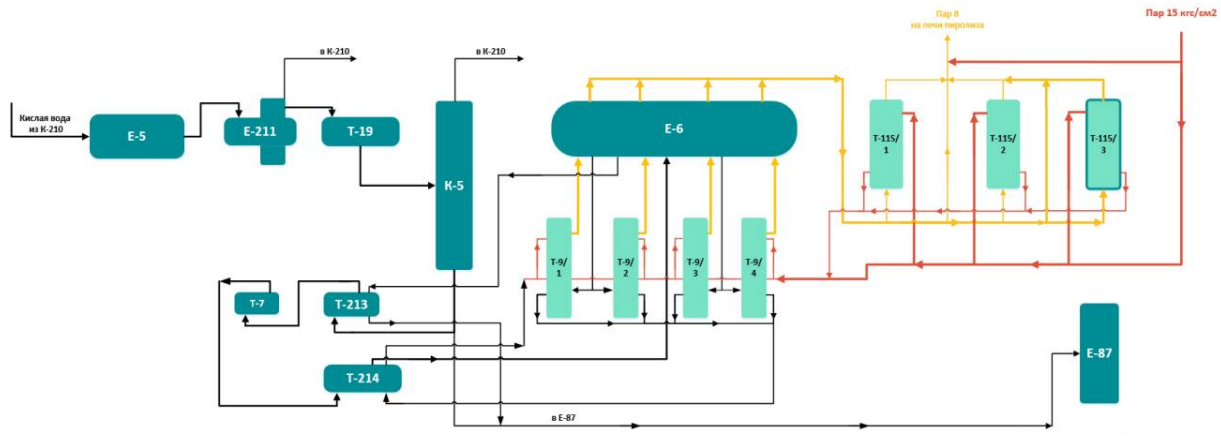


Рис. 2. Модернизированная технологическая схема

3. Монтаж нового теплообменника Т-115/3 позволит производить чистку данного аппарата вне рамок остановочного ремонта, что повысит производительность и надежность данного узла.

Предлагаемые пути решения потери пара в рамках модернизации узла пара разбавления следующим образом коррелируются с ESG-повесткой:

- Снижение температуры стоков

- Снижение образования отложений
- Снижение трудозатрат человеческого ресурса

Предполагаемые же результаты модернизации внедрения комплекса мероприятий являются:

1. Увеличение выработки пара 8,5 кгс/см2;
2. Повышение качества теплообмена и теплопередачи;
3. Внедрение вариативности в технологическом процессе для повышения эффективности;
4. Повышение надежности теплообменного оборудования;
5. Сокращение нагрузки на локально-очистные сооружения;
6. Уменьшение затрат на утилизацию стоков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Модернизация теплового узла Ижевской ТЭЦ-2 / С. С. Черепанов, М. М. Килина, В. А. Вавилов [и др.]. – Ижевск : Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, 2020. – 207 с. – Текст : непосредственный.

2. Мостовенко Л. В. Анализ способов очистки конденсационных установок / Л. В. Мостовенко, Е. А. Рыжникова. – Текст : непосредственный // Актуальные вопросы энергетики. – 2021. – Т. 3, № 1. – С. 19-25.

3. Мостовенко Л. В. Основы промышленной теплоэнергетики: учебное пособие / Л. В. Мостовенко, В. П. Белоглазов. – Нижневартовск : Нижневартовский государственный университет, 2022. – 124 с. – Текст : непосредственный.

УДК 621.565.93/.95

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛОМАССООБМЕНА В КОНТАКТНОМ УТИЛИЗАТОРЕ ТЕПЛА С АКТИВНОЙ НАСАДКОЙ

Яковлев П. В., д-р техн. наук, профессор, yakovlev_pv@pers.spmi.ru
Седельникова Е. С., бакалавр, newkaterin@mail.ru
г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II

Аннотация. В данной работе описывается значимость метода глубокой утилизации тепла уходящих газов внедрения в котельную установку контактного теплообменника и последующее исследование процесса движения теплоносителей. Актуальность данной задачи заключается в изучении физического процесса, для подбора оптимального режима

работы аппарата. Можно сделать вывод о важности исследования процессов тепломассообмена в КТАН, в целях повышения КПД энергетического оборудования.

Ключевые слова: тепломассобмен, КТАН, утилизация тепла, контактный теплоутилизатор, уходящие дымовые газы

Проблема глубокой утилизации тепла уходящих газов стала наиболее актуальна лишь после того, как котельные установки, использующие в качестве топлива природный газ, стали широко применяться в промышленности. Несмотря на то, что еще в прошлом веке вопросом утилизации начали заниматься как в нашей стране, так и заграницей [1]. Основная особенность продуктов горения природного газа – наличие большого количества водяных паров, из-за чего уходящие газы обладают большим потенциалом для утилизации. При помощи установки контактного теплообменника с активной насадкой, возможно повысить эффективность глубокой утилизации тепла в котельных установках.

КТАН-представляет собой аппарат рекуперативно-смесительного типа, в котором процесс теплообмена проходит в два этапа. Дымовые газы, имеющие более высокую температуру, на входе в нижнее сечение аппарата орошаются водой, которая падает под действием силы гравитации. В данном процессе, происходит нагрев орошающей воды и конденсация водяных паров из уходящих газов. Данный аппарат может иметь применение в качестве подогревателя или устройства для очистки газов. Он состоит из системы орошения, активной насадки, конструктивно выполненной в виде змеевика и сепарационного устройства. Максимальная температура воды в КТАНе составляет 50-55 ^{0}C. Разность температур воды и газов в любом сечении не должна быть меньше 8-10 ^{0}C [2,3]. В результате работы форсунки в процессе распыления капли под действием силы тяжести и потока уходящих газов движутся вниз к поверхности трубы, по которой течет орошаемая вода. Значимость данной проблемы заключается в изучении физических процессов и выборе оптимального режима работы контактного теплообменника. Принципиальная схема КТАН-утилизатора приведена на рисунке 1. Схема движения теплоносителей в аппарате приведена на рисунке 2.

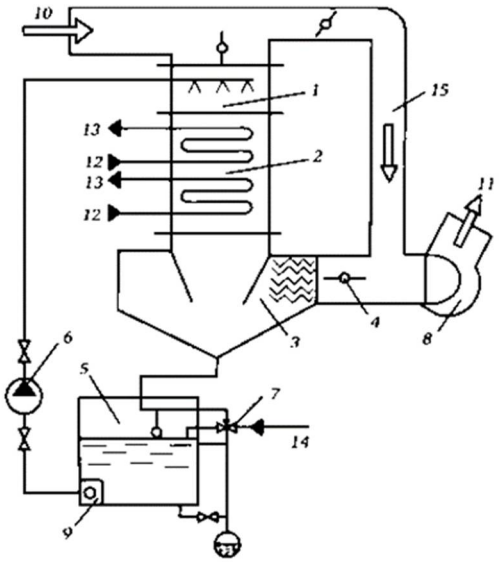


Рис. 1. Принципиальная схема КТАН-утилизатора: 1-система орошения; 2- блок насадок; 3-сепаратор; 4-заслонка; 5- бак орошающей воды и конденсата водяных паров; 6- насос; 7-регулятор уровня; 8- дымосос; 9- фильтр; 10,11- вход и выход дымовых газов; 12,13-вход и выход нагреваемой воды; 14- заполнение системы орошения; 15- байпасный газоход

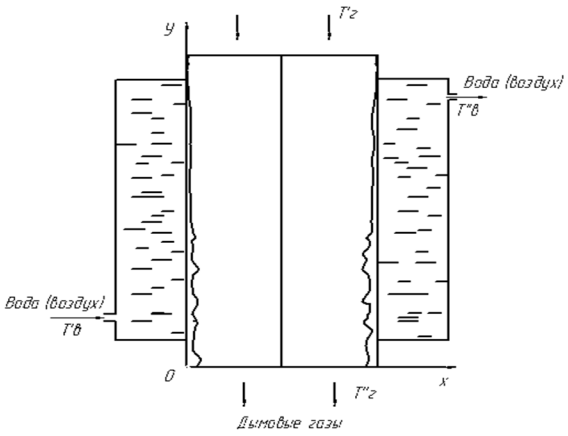


Рис. 2. Схема установки при противоточной схеме движения теплоносителей

Расчет процесса тепломассообмена при конденсации водяных паров в уходящих газах для противоточной схемы движения теплоносителей, может быть произведен при помощи разбиения длины аппарата на несколько участков. Это даст более точные данные о процессах, протекающих при конденсации водяных паров из уходящих дымовых газов [4]. Методы математического моделирования, могут способствовать решению задачи. Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что для уточнения методики расчета КТАН требуется провести анализ потенциала использования метода глубокой утилизации тепла дымовых газов посредством установки аппарата в газоход котла. В будущем необходимо проводить исследования при помощи методов компьютерного моделирования

для расчетов теплоутилизирующих установок в целях повышения их энергоэффективности и КПД.

В настоящее время разработана численная модель, показывающая трансформацию формы жидкости в ходе образования, струи из оросительной форсунки. Получено распределение скорости. Процесс нагрева и испарения капли-спутника для оценки вклада в процесс тепломассообмена в КТАН, важен для дальнейших исследований [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аронов И. З. Использование тепла уходящих газов газифицированных котельных / И. З. Аронов. – Москва : Энергия, 1967. – 192 с. – Текст : непосредственный.

2. Аронов И. З. Контактный нагрев воды продуктами сгорания природного газа / И. З. Аронов. – Ленинград : Недра, 1990. – 280 с. – Текст : непосредственный.

3. Исаченко В. П. Теплообмен при конденсации / В. П. Исаченко. – Москва : Энергия, 1977. – 240 с. – Текст : непосредственный.

4. Борисова Е. В. Исследование тепломассообмена при конденсации водяных паров из уходящих дымовых газов / Е. В. Борисова. – Текст : непосредственный // Химическая физика и актуальные проблемы энергетики : сборник тезисов и докладов Всероссийской молодежной конференции. – Томск, 2012. – С. 45–23.

5. Яковлев П. В. Моделирование образования капли-спутника в КТАН / П. В. Яковлев, Е. С. Седельникова. – Текст : непосредственный // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно энергетическом комплексе : материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции. – Тюмень, 2022. – С. 248-251.

УДК 66.03

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ SPHERIPOL ПО ПРОИЗВОДСТВУ ПОЛИПРОПИЛЕНА

Варина А. Ф., бакалавр, alfiavarina@yandex.ru
Денисова Е. Д., бакалавр, elenadenisova03@inbox.ru
Курманбакиева К. Г., бакалавр, stilinskikarina24@gmail.com
Питус В. А., бакалавр, valeria.pitus@yandex.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В настоящее время одной из главных задач нефтехимических предприятий является решение производственных проблем. В данной статье рассматривается технология Spheripol по производству полипропилена и проблема длительного времени остановки производства после аварийной ситуации, вследствие которой отравляется катализатор и появляется необходимость очистить многокомпонентную смесь для дальнейшего использования реакции и снизить убытки предприятия. Были выявлены причины и пути решения. В заключении выбран наиболее эффективный способ решения поставленной задачи – центробежный горизонтальный сепаратор.

Ключевые слова: технология Spheripol, производство полипропилена.

Процесс компании Basell Spheripol совмещает в себе суспензионный реактор для производства гомомполимеров и газофазный реактор с псевдоожиженным слоем для производства блоксополимеров.

Процесс жидкофазной полимеризации проходит в двухпоследовательно соединенных циркуляционных (петлевых) реакторах полимеризации. Эта схема с подачей мономера в оба реактора разработана для максимально возможного увеличения среднего времени пребывания и, в то же время, для сужения распределения времени пребывания.

Реакционный блок технологической схемы технологии Spheripol представлен на рис. 1.

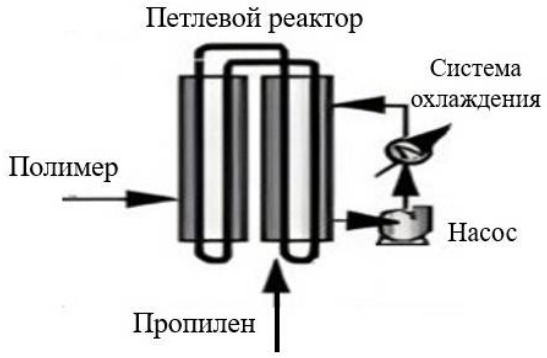


Рис. 1. Реакционный блок технологической схемы технологии Spheripol

Условия полимеризации одинаковы в обоих реакторах за исключением времени пребывания, которое больше в первом из них:

- температура 70-73 ºС;
- давление 3,4-4,5 МПа (изб.);
- концентрация суспензии 50-55% вес.;
- время пребывания 1-1,5 ч.

Компоненты, перемешенные в устройстве предварительной полимеризации, добавляются в полимеризационные петлевые реакторы вместе с переработанным и новым пропиленом и водородом. Циркулирующая вода для рубашек реакторов охлаждается в пластинчатых холодильниках при помощи охлаждающей воды. Насосы обеспечивают циркуляцию суспензии внутри реакторов [1].

На предприятиях нефтехимической промышленности при производстве полипропилена существует проблема длительной очистки циркуляционного пропилена от Kill-газа, который подаётся в реактор во время аварийных ситуаций, таких как остановка насоса, повышение температуры или давления в реакторе. Kill-газ – это смесь газа 5% CO в азоте, которая подается в реактор, чтобы отравить катализатор, из-за чего останавливается реакция и прекращается выпуск продукции на 11-13 часов, так как нужно, чтобы газ «выветрился» из реакционной среды, вследствие этого нефтехимические компании несут убытки.

Исходя из того, что в петлевом реакторе пропилен и Kill-газ находятся в физической связи, можно предложить следующие способы очистки пропилена от газа:

1. Сорбционный метод очистки жидкого пропилена с использованием высокоактивных сорбентов позволяет получить жидкость, в которой почти нет остаточного концентрата [2].

2. Продувка жидкого пропилена.

3. Перемешивание жидкого пропилена для образования большого количества пузырьков газа.

4. Сепарация — это различные процессы разделения смешанных объёмов разнородных частиц, смесей, жидкостей разной плотности, эмульсий, твёрдых материалов, взвесей, твёрдых частиц или капелек в газе. Сепарация возможна если присутствуют различия в характеристиках компонентов в смеси: в размерах твёрдых частиц, в их массах, в форме, плотности, коэффициентах трения, и другие.

Оптимальным способом очистки циркуляционного пропилена от газа является сепарация, так как она обеспечивает меньшие капитальные затраты и высокую степень очистки.

Сепараторы бывают вертикальными и горизонтальными.

Вертикальные сепараторы имеют меньшую производительность по газу и жидкости. В них проще происходит регулирование уровня жидкости. Они занимают меньшую площадь, обеспечивают более высокую точность замеров расхода жидкости в широком диапазоне нагрузок.

Горизонтальные сепараторы получили наибольшее распространение, потому что по сравнению с вертикальными имеют более высокую производительность при одном и том же объеме аппарата, лучшее качество сепарации, простоту обслуживания и ремонта [3].

Сепараторы различаются между собой по внутреннему устройству: коалисцеры и центробежные.

Принцип действия фильтра-коалесцера для газа основан на явлении коалесценции, при котором капли сливаются внутри аэрозоля и осаждаются благодаря силе гравитации, а газ уходит с более высокой скоростью.

Центробежный сепаратор – аппарат, предназначенный для разделения потока, использующий центробежный способ разделения, то есть в аппарате закрученный поток разделяет многокомпонентные системы.

Проанализировав различные способы разделения смеси газа и жидкости, можно сделать вывод о том, что для разделения смеси из жидкого полипропилена и Kill-газа наиболее эффективным способом будет являться применение горизонтального сепаратора с центробежным способом разделения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эффективная практика глубокой переработки газового сырья в химическую продукцию на предприятиях ОАО «СИБУР Холдинг» и используемые технологические процессы / ред. Э. А. Майер. – Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2014. – 476 с. – Текст : непосредственный.

2. Сорбция и адсорбция : [сайт]. – URL : https://www.voda.ru/articles/sorbcionnaya-ochistka/sorbciya-adsorbciya (дата обращения: 10.11.2023). – Текст : электронный.

3. Савченков А. Л. Технология промысловой подготовки нефти : учебное пособие / А. Л. Савченков. – Тюмень : ТИУ, 2017. – 165 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Жданович М.Ф., канд. техн. наук, доцент

УДК 66-9

АНАЛИЗ ДАННЫХ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Верзун А. Д., бакалавр, aw2003@list.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В настоящее время в российской федерации приоритетными направлениями для развития являются направления, связанные с повышением эффективности производственным процессов, а также, связанные с созданием высокопроизводительных вычислительных программ. В данной статье рассказано, на примере одного нефтехимического производства, о том, как с помощью анализа данных можно выявлять зависимость между различными параметрами и прогнозировать конкретный параметр.

Ключевые слова: системный анализ, химическая технология, машинное обучение, полиэтилен.

В настоящее время в России очень актуальны проекты, связанные с: повышением эффективности химико-технологических процессов, созданием прикладных программ. Именно данные проекты направлены на устойчивое развитие страны [1] в период санкций, поскольку сейчас отечественная нефтехимия столкнулись с проблемой закупки: оборудования, различных катализаторов, специализированных программ, моделирующих химико-технологические процессы. Такие проблемы на прямую влияют на количество и качество товарной продукции, поэтому инженеры-технологи вынуждены придумывать различные методы, способствующие увеличению качества выпускаемой продукции.

В химической технологии органических веществ очень сложно получить определённый химический продукт без различных примесей, поскольку в органическом синтезе могут образовываться побочные продукты. Так при гидрогалогенировании пропина бромоводородом выход 1-бромпропена составляет 88%, остальное – это либо непрореагировшие вещества, либо побочные продукты, к примеру, 2-бромпропен.

На нефтехимических многотонажных производствах стремятся свести к минимуму такие реакции. Так при производстве полиэтилена основной первичной реакцией является пиролиз - термическое превращение исходных углеводородов с образованием водорода, метана, этилена, пропилена и других олефинов. Вторичной - не желательной реакцией является образование кокса, смолистых соединений, ацетилена и других. Все эти реакции протекают одновременно, поэтому особое значение приобретают такие условия пиролиза, при которых вторичные реакции были бы сведенены к минимуму. Пример реакций приведён на рисунке 1.

Основная реакция:

$C_2H_6 = C_2H_4 + H_2$

Побочные реакции:

$C_2H_6 = 2CH_4 + C_2H_2 + H_2$

$C_2H_4 = C_2H_2 + H_2$

$2C_2H_4 = C_4H_6 + H_2$

$C_2H_4 + C_2H_6 = C_6H_6 + 2H_2$

$C_2H_4 + C_6H_6 = C_6H_5C_2H_5$

$C_6H_5C_4H_5 + C_2H_4 = C_6H_4(C_2H_5)_2$

$C_6H_4(C_2H_5)_2 = C_{10}H_8 + 3H_2$

Рис. 1. Химизм реакции пиролиза этана

На процесс пиролиза влияют следующие факторы: состав сырья, время реакционного контакта, соотношение водяного пара и сырья, интенсивность подвода тепла в реакционную зону и отвода тепла от продуктов реакции, температура на входе и выходе из реакционной зоны, давление процесса и ряд других параметров [2]. В ходе наблюдений, на предприятии ПАО «СИБУР», были записаны числовые значения данных параметров непосредственно на установке производства полиэитена, а также были изучены параметры выхода трёх конкретных продуктов и были записаны в таблице (рисунок 2), где f – какой-то параметр, а y – выход какого-то продукта.

f0	f1	f2	f3	f4	f5	---	f54	f55	y_1	y_2	y_3
50,62395859	295,0930237	1,630123103	4,32E-05	0,022582615	0,001563953	---	9210,351	541,6578	7,7	7,9	7,5
75,79949951	294,9063076	1,512484391	4,99E-05	0,018127526	0,001471237	---	1813,299	8393,777	7,3	7,5	7,1
38,18704987	294,8221268	1,689199485	5,16E-05	0,023152802	0,001557961	---	2658,471	522,5941	6,9	7,4	6,7
31,27018929	294,4509548	1,680240873	5,12E-05	0,023984886	0,001646952	---	492,0205	882,6274	6,7	6,9	7,1
33,00051117	291,2862858	1,683453495	5,14E-05	0,024333323	0,00163635	---	521,0668	6850,787	6,5	7	7,3
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
77,00	343,18	335,10	335,13	336,26	336,39	---	528,2674	10179,58	4,1	4,4	5
77,67	343,16	335,15	335,19	336,27	336,36	---	5307,529	4645,7	5,2	5,2	6,8

Рис. 2. Полученные результаты

Анализ данных осуществлялся следующим образом. Данные делятся на две части. Первая часть используется для определения зависимости с помощью регрессионного анализа, и коэффициента корреляции. В данной выборке осуществляется поиск выбросов, для увеличения точности расчётов. После определения зависимости: линейной/не линейной, осуществляется проверка математической модели на второй половине данных, с помощью относительной погрешности спрогнозированных и реальных дан-

ных. В случае получения некорректных показателей расчёты повторяются, до тех пор, пока не получатся оптимальные данные.

Такую модель можно использовать для прогнозирования уже производственных данных [3]. Анализ данных первоначально осуществлялся с помощью MS Excel, погрешность от реальных показателей составила 14,6%, во второй раз с помощь машинного обучения в Python. Погрешность во втором случае составила 1,9 %.

Преимущество использования машинного обучения для анализа данных, кроме точности, заключается в быстроте расчётов с помощью уже существующих библиотек, а также внедрением в различные интеллектуальные программы по управлению технологическим процессом. Так код с Python можно внедрить в существующую систему СИБУРа ЭКОНС, которая помогает оператору подобрать оптимальные параметры работы установки под конкретные условия [4], под конкретное время года, поскольку окружающая температура так или иначе всё равно влияет на ведение химического процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской федерации и перечня критических технологий в Российской Федерации. – Текст электронный // официальное интернет-представительство президента России : [официальный сайт]. - 2023. – URL : http://www.kremlin.ru/acts/bank/33514 (Дата обращения 10.11.2023).

2. Петров А. А. Органическая химия : учебник для студентов вузов / А. А. Петров, Х. В. Бальян, А. Т. Трощенко. – Санкт-Петербург : Иван Фёдоров, 2003. – 599 с. – Текст : непосредственный.

3. Захаров Н. С. Системный анализ / Н. С. Захаров. – Тюмень : Издательский центр БИК ТИУ, 2023. – 32 с. – Текст : непосредственный.

4. ЭКОНС наглядная экономика. – Текст электронный // СИБУР - нефтегазохимическая компания: [официальный сайт]. – 2023. – URL : http://magazine.sibur.ru/publication/prod_and_services/econs-visible-savings/?sphrase_id=52083 (дата обращения : 9.11.2023).

УДК 66.074.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРИ ДАВЛЕНИЯ В НОВОМ СЕПАРАЦИОННОМ УСТРОЙСТВЕ

Гильмутдинова Р. И., бакалавр, gilmutdinovarezeda@mail.ru
г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В данной статье рассмотрено новое сепарационное устройство с дугообразными элементами, которое разработано для эффективного улавливания частиц. В ходе исследования были получены зависимости входной скорости от потери давления. Исследование показало, что использование сепарационного устройства с дугообразными элементами является эффективным устройством для очищения мелкодисперсных частиц в газовом потоке. Минимальное гидравлическое сопротивление достигается при скорости менее 1 м/с.
Ключевые слова:сепаратор, эффективность, газовый поток, потери давления.

Проблема загрязнения окружающей среды во все времена являлась актуальной проблемой человечества. Одной из главных проблем загрязнения окружающей среды является загрязнение воздуха мелкодисперсными частицами, которые возникают из-за газовых выбросов разных предприятий. Мелкие частицы, находящиеся в газовом потоке, могут пагубно влиять на здоровье человека.

Для устранения проблемы загрязнений от газовых выбросов разрабатываются разные устройства. В нынешнее время еще не выявлено наиболее оптимальное устройство, которое могло бы решить все проблемы выбросов. Большой диапазон использования характерен для инерционных пылеуловителей, которые применяются для снижения концентрации пыли в воздухе с помощью изменения направления потока воздуха и осаждения твердых частиц на поверхности [1]. Популярностью среди инерциальных пылеуловителей пользуются циклоны, имеющие преимущества при использовании как возможность работы при высоких температурах, относительная дешевизна, простота конструкции. Но они имеют высокое гидравлическое сопротивление и не очень эффективно очищают мелкодисперсные частицы в газовом потоке. Для более эффективного использования предлагается устройство с низким коэффициентом гидравлического сопротивления [2].

В данной статье предлагается более эффективное устройство для улавливания мелкодисперсных частиц [3, 4]. Исследуется сепаратор с дугообразными элементами [5, 6]. Это устройство помогает улавливать мелкодисперсные частицы с эффективностью более 50%. Устройство разработано таким образом, чтобы ряды дугообразных элементов располагались в шахматном порядке. Такое расположение дугообразных элементов способствует огибанию газового потока. При этом на газовый поток действуют

центробежные силы, которые способствуют выбиванию частиц из потока. Таким образом, частицы, контактируя со стенками дугообразных элементов, ударяются и оседают на дно, вследствие чего эти частицы очищаются и выводятся из сепарационного устройства [7, 8].

Потери давления в сепарационном устройстве рассчитывалась по следующей формуле:

$$\Delta p = \xi \frac{H}{h} \frac{\rho W^2}{2}, \quad (1)$$

гдеΔp - изменение давления, Па; ξ- гидравлическое сопротивление; ρ- плотность частиц= 3580 кг/м3; W- входная скорость газового потока, м/с; Н - расстояние между первым и последним рядами дугообразных элементов, м.

Для этого устройства исследовались потери давления, при котором учитывались параметры: количество дугообразных элементов от 5 до 12, скорость входа в сепаратор 0,5 м/с, 1 м/с, 2 м/с, 3 м/с. В программе Ansys-Fluent проводилось моделирование при заданных параметрах и тем самым были получены потери давления, которые составляли диапазон от 13 Па до 564 Па.

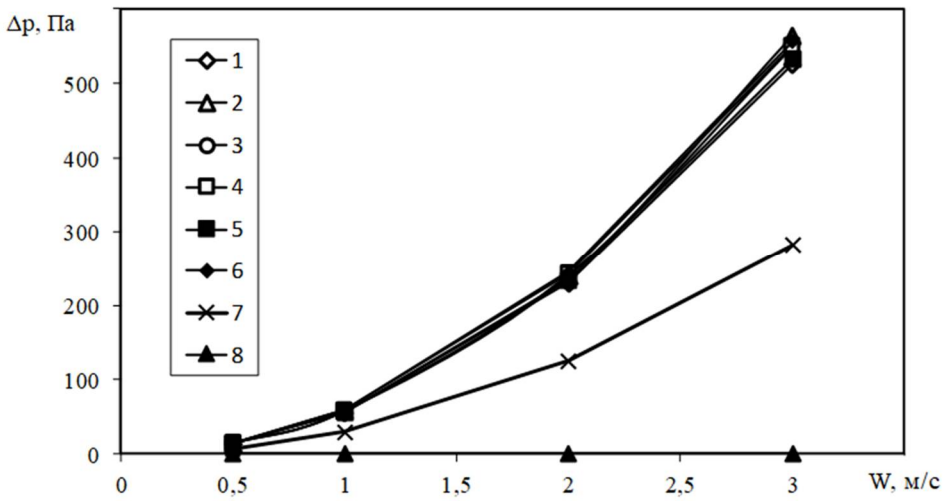


Рис. 1. Зависимость изменения потери давления в сепарационном устройстве от скорости входа в сепаратор при различных количествах рядов дугообразных элементов *n*: *1*-5; *2*-6; *3*-7; *4*-;*5*-9; *6*-10; *7*-11; *8*-12

При этом выявлено, что потери давления во много возрастали при увеличении скорости входа в сепарационное устройство. Наименьшие потери давления наблюдались при скорости 0,5 м/с при различных количествах дугообразных элементов, наибольшие потери давления были при скорости равной 3 м/с.

Таким образом, исследование показало, что использование сепарационного устройства с дугообразными элементами является эффективным устройством для очищения мелкодисперсных частиц в газовом потоке. Сделаны выводы, что наименьшие потери давления будут в диапазоне скоростей до 1 м/с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Очистка газовых выбросов котельных установок от твердых частиц / А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров, О. С. Дмитриева, Ву Линь Нгуен. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2020. – № 1. – С. 3-9.
2. Оценка энергетических затрат на улавливание мелкодисперсных частиц в сепараторе с дугообразными элементами / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, В. В. Харьков, Т. С. Петрова. – Текст : непосредственный // Вестник технологического университета. – 2020. – № 2. – С. 82-85.
3. Исследование влияния конструктивных и физических параметров на структуру движения газового потока в прямоугольном сепараторе / А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров, О. С. Дмитриева, В. В. Харьков. – Текст : непосредственный // Вестник технологического университета. - 2020. – № 3. – С. 85-88.
4. Пылеулавливающее устройство для блоков дегидрирования парафиновых углеводородов с кипящим слоем катализатора / Э. И. Салахова, А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров [и др.]. – Текст : непосредственный // Катализ в промышленности. – 2022. – № 2. – С. 57-64.
5. Влияние сепарационной решетки на эффективность улавливания твердых частиц в устройстве с дугообразными элементами / Э. И. Салахова, В. Э. Зинуров, О. С. Дмитриева [и др.]. – Текст : непосредственный // Вестник Технологического университета. – 2023. – № 8. – С. 41-46.
6. Численное моделирование очистки газа от твердых взвешенных частиц в сепарационном устройстве с вогнутыми отражающими элементами / Э. И. Салахова, В. Э. Зинуров, В. В. Харьков [и др.]. – Текст : непосредственный // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 8. – С. 10-14.
7. Салахова Э. И. Исследование структуры газового потока в сепарационном устройстве с дугообразными элементами / Э. И. Салахова, А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров. – Текст : непосредственный // Вестник Технологического университета. – 2022. – № 5. – С. 60-64.
8. Влияние конструктивного оформления элементов прямоугольного сепаратора на эффективность очистки газа от твердых частиц / А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров, О. С. Дмитриева, А. А. Галиев. – Текст : непосредственный // Вестник технологического университета. – 2018. – № 9. – С. 58-61.

УДК 622.276

ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ОЛЕФИНЫ: СУЩЕСТВУЮЩИЙ ПОТЕНЦИАЛ И ВЫЗОВЫ

Дерюгина О. П., канд. техн. наук, доцент, derjuginaop@tyuiu.ru
Белов Д. А., магистрант, bda_2001@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Природный газ является одним из основных источников энергии в мире, и его переработка в олефины - основные полимеры для синтеза пластиков, смол, волокон и других продуктов – имеет огромный потенциал. Поэтому актуальность работы в том, что необходимо развивать современные технологии по производству олефинов из природного газа для удовлетворения растущего спроса, а также минимизировать негативное воздействие на окружающую среду. Целью является изучение существующего потенциала технологий переработки природного газа в олефины и их «вызовов» к современным тенденциям. Новизна решения заключается в сопоставительно-сравнительной оценки данных технологий с возможностью их применения в суровом климате. Методами исследования стали анализ данных новых разработок в исследуемой области, статистический анализ и метод post-прогнозирования, исследование возможной адаптации к индустрии 4.0. Рассмотрены 5 актуальных технологий в сфере переработки природного газа в олефины, которые имеют значительный потенциал для наращивания мощностей производства олефинов, улучшения качества продукции с минимальным влиянием на окружающую среду. В выодах указано, что окислительная конденсация и пиролиз являются эффективными методами для получения олефинов из природного газа. Но для достижения максимальной эффективности и устойчивости необходимо проводить дальнейшие исследования и разработки в данной области.
Ключевые слова: переработка, олефины, экология, стратегия развития, устойчивое развитие.

В настоящее время проблемы экологии и энергетики стоят на первом месте в повестке дня мировой экономики. Нефть и природный газ, как основные источники энергии, становятся все более важными для обеспечения различных отраслей промышленности [1].

Природный газ, несмотря на свою широкую распространенность, обладает значительным потенциалом для дальнейшей переработки. Одной из наиболее перспективных областей его использования является производство олефинов, которые являются важным сырьем для производства пластмасс, синтетических волокон и других продуктов химической промышленности. Это подтверждает схема возможных путей переработки газа для получения низших олефинов, представленная на рис.1 ниже [2].

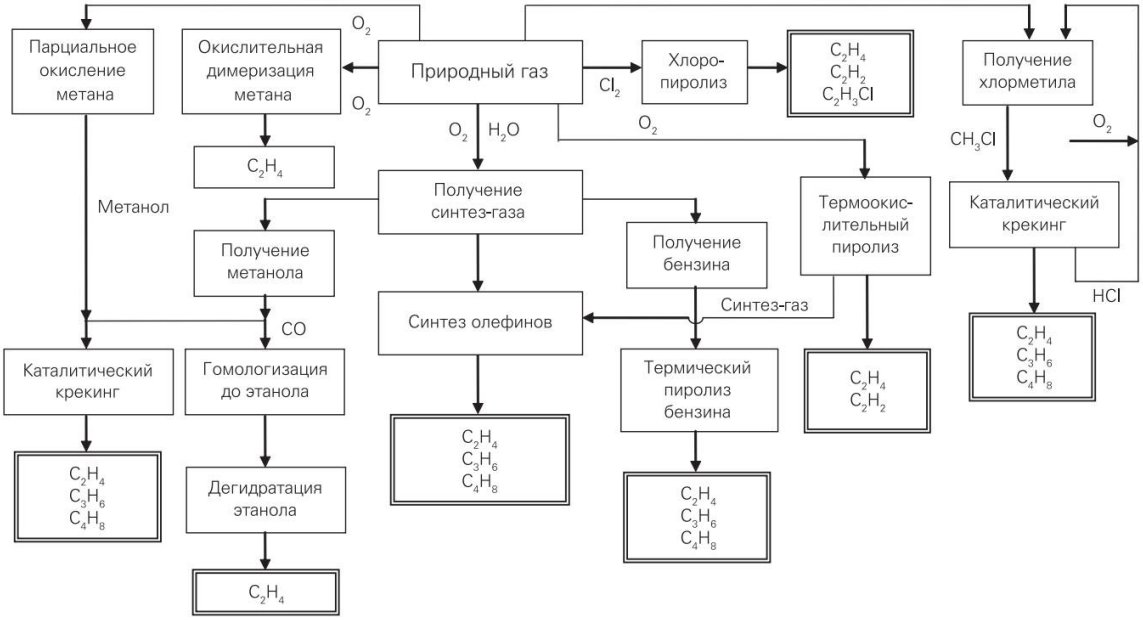


Рис.1. Схема возможных путей получения олефинов

В таблице 1 приведены результаты сравнительно-сопоставительного анализа существующих пяти современных технологий получена олефинов из природного газа. Указаны суммы возможных по внедрению указанных способов с учетом затрат непредвиденные обстоятельства [3].

Таблица 1

Анализ технологий получения олефинов из природного газа

№	Технология	Параметр сравнения	Характеристика
1	Оксигидрохлорирование	Описание	процесс получения олефинов путем оксигидрохлорирования природного газа
		Преимущества	высокая селективность, возможность получения ценных продуктов
		Недостатки	высокая токсичность хлорированных продуктов, сложный процесс очистки
		Адаптация к индустрии 4.0	возможно внедрение системы мониторинга и управления процессом
		Стоимость	порядка 828 млн.$
2	Парциальное окисление	Описание	процесс получения олефинов путем частичного окисления природного газа
		Преимущества	высокая конверсия, возможность получения синтез-газа
		Недостатки	высокие затраты на катализаторы, возможно образование углекислого газа
		Адаптация к индустрии 4.0	возможно внедрение системы мониторинга и управления процессом
		Стоимость	порядка 1022 млн.$
3	Окисли-	Описание	процесс получения олефинов путем окисления

	тельная конден-сация		природного газа
		Преимущества	высокая эффективность, низкие затраты, высокое качество продукции
		Недостатки	требует использования катализаторов, возможно образование токсичных отходов
		Адаптация к индустрии 4.0	есть возможность автоматизировать процесс контроля качества и производства
		Стоимость	порядка 828 млн.$
4	Пиролиз	Описание	Получение олефинов путем разложения органических материалов при высокой t
		Преимущества	возможность использования отходов в качестве сырья, высокая конверсия
		Недостатки	сложный процесс управления температурой, высокая энергозатратность
		Адаптация к индустрии 4.0	возможно внедрение системы мониторинга и управления процессом
		Стоимость	порядка 476 млн.$
5	Процесс Фишера-Тропша	Описание	процесс получения олефинов из синтез-газа
		Преимущества	высокая конверсия, возможность получения различных углеводородов
		Недостатки	высокие затраты на очистку и улучшение качества продукции
		Адаптация к индустрии 4.0	есть возможность внедрение системы мониторинга и управления процессом
		Стоимость	Порядка 727 млн.$

Таким образом, окислительная конденсация и пиролиз представляют собой эффективные методы для получения олефинов из природного газа, обеспечивая высокий выход и экономическую целесообразность процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перспективные направления переработки природного газа / А. В. Куличков, Д. А. Сладковский, Н. В. Кузичкин, Н. В. Лисицын. – Текст : непосредственный // Химические технологии - 2014. - №. 23 (49). - С. 48-51.

2. Булкатов А. Н. Новые технологии получения олефиновых углеводородов из метана / А. Н. Булкатов. – Текст : непосредственный // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. - 2009. - №. 11. - С. 25-28

3. Трегер Ю. А. Получение низших олефинов из природного газа через синтез и пиролиз хлористого метила / Ю. А. Трегер, В. Н. Розанов. – Текст : непосредственный // Газохимия. – 2010. – №. 2 (12). – С. 44-50.

УДК 553.98

ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПЛАСТОВЫХ ФЛЮИДОВ И ЕГО РОЛЬ В РАЗВЕДКЕ И ДОБЫЧЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

Дерюгина О. П., канд. техн. наук, доцент, derjuginaop@tyuiu.ru
Губайдуллин Р. Р., магистрант, 228697qq@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Актуальность работы состоит в том, что разведка и добыча углеводородов – основные этапы по поиску и отправки сырья для нефтегазохимического сектора, который является важным для экономики страны. Большую роль для качественного выполнения данных операций играет геохимический анализ флюидов, который позволяет определить качественные характеристики углеводородов (УВ), тип оптимального метода добычи, правильный вид эксплуатации данного месторождения и возможный прогноз. Цель исследования – изучение эффективности современного метода проведения геохимического анализа. Поэтому новизной работы выступает интерпретация и оценка новейшего способа проведения данного анализа, а также точность результатов. Методами исследования стали изучение научной литературы, анализ и синтез, статистические и аналитические методы. В результате работы получилось заключить, что проведение геохимического анализа Баженовской свиты позволило получить не только получить качественные данные и возможность их интерпретации, но и возможность использования полученных данных для определения оптимального режима эксплуатации скважины посредством программы автоматического подбора наилучших характеристик на языке С++. Так, с помощью исследуемого вида анализа можно определить молекулярную структуру флюидов, их состав, характеристики миграции в пластах и их общее распределение.
Ключевые слова: пластовые флюиды, разведка, добыча углеводородов, ГРП, коллектор, геохимический анализ.

В недрах земли нефтегазовая, водяная и газовая смеси, составляющие пласты, из скважин которых происходит добыча нефти и газа называются пластовые флюиды. Их виды представлены на рис. 1 ниже.

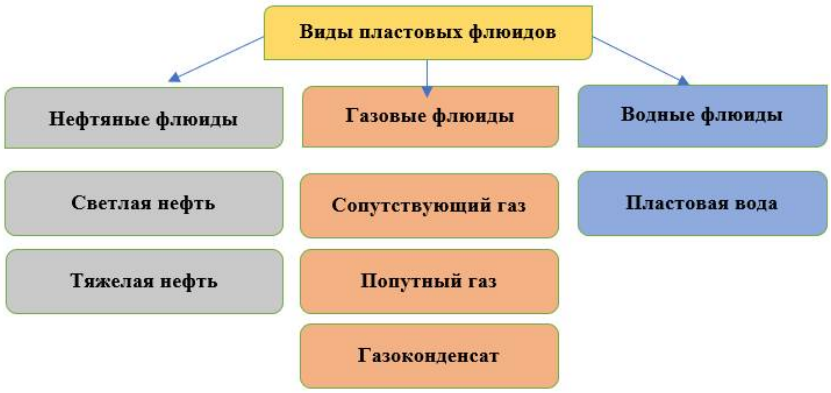


Рис.1. Виды флюидов

Одна из главных современных методик, с помощью которой получают разный спектр информации об углеводородах в пластах при разведке местности и добыче УВ – геохимический анализ (рис. 2) [1].

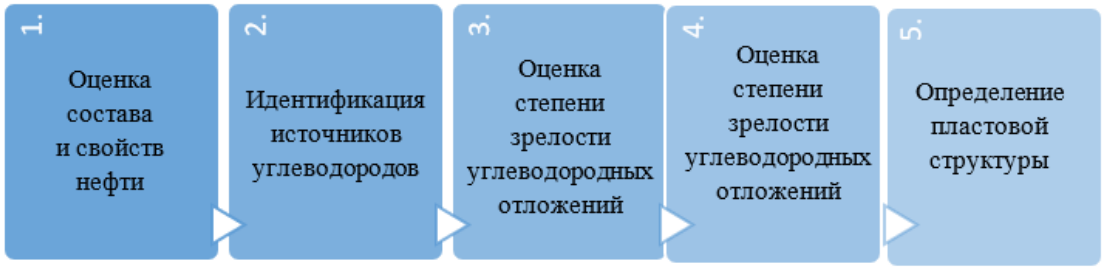


Рис.2. Назначение геохимического анализа в сфере разведке и добычи УВ

Выходными данными метода является оценка природы УВ, выявление миграции путей, интервалов их насыщения, определение различных веществ, особенностей, свойств и оптимальные способы добычи.

Геохимический анализ природы УВ-флюидов Баженовской свиты показывает зависимость изотопного и молекулярного состава в пределах одного пласта. Также из рис.3 видно, что с глубиной в нефти происходит изменение молекулярного параметра MPI-1 в одной из анализируемых скважин [2].

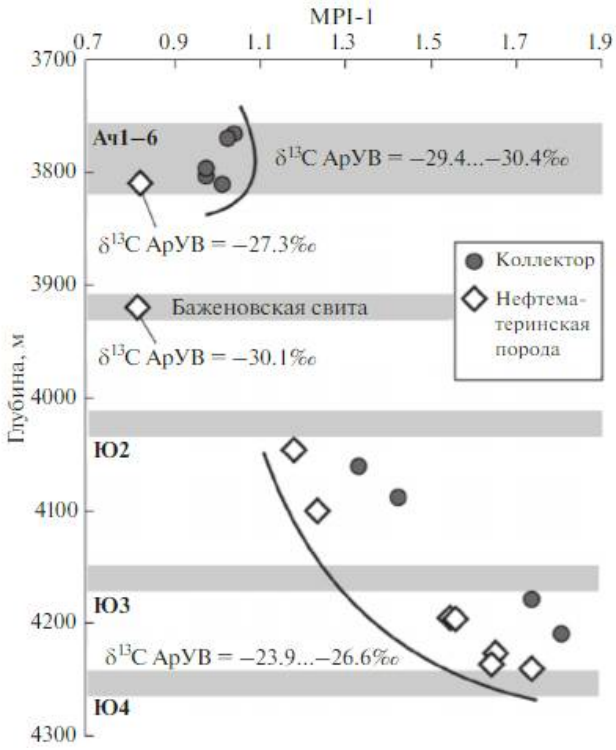


Рис.3. Природа УВ-флюидов Баженовской свиты

В качестве примера на рис. 4 показаны данные после геохимического анализа разреза по нефти [3]. Также показаны высота заложения трещин гидравлического разрыва пласта. Так, все скважины с ГРП соответствуют Башкирскурскому ярусу, поэтому трещины развиваются вниз в кровельную составляющую. Полученные данные в дальнейшем подвергаются работе алгоритма, написанного на языке С++ с разными группами маркерами и как итог – получение наиболее подходящего варианта эксплуатации скважин.

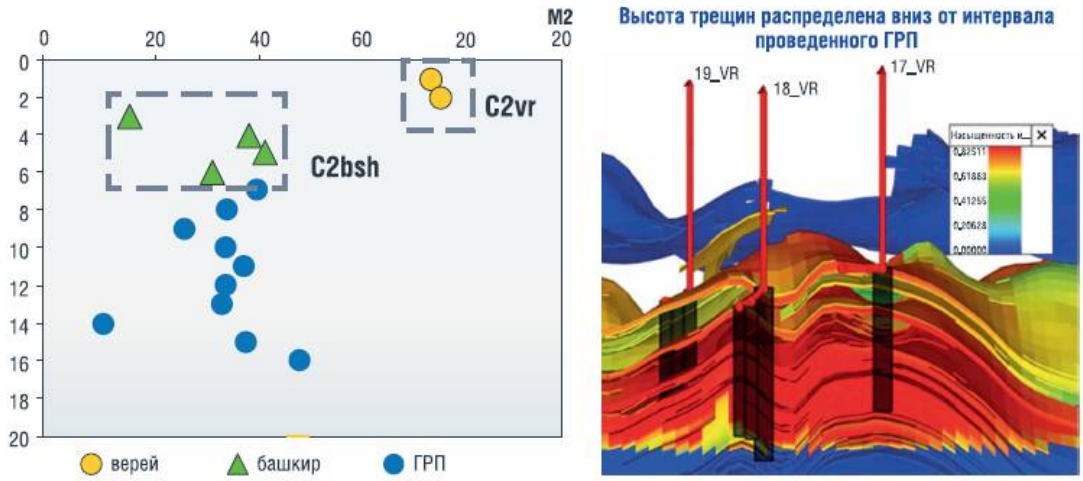


Рис.4. Данные геохимического анализа разреза пласта

Таким образом, применение метода изучения геохимии пластовых флюидов – одна из важных частей комплексного исследования месторождения. Он не только позволяет получить качественные данные о его свойствах, но дает возможность данные использовать в математических алгоритмах, картах прогнозирования и оптимизации при эксплуатации скважины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шипаева М. С. Применение геохимических методов исследования для решения актуальных задач в нефтегазовой отрасли / М. С. Шипаева. – Текст : непосредственный // Современные проблемы геохимии – 2023 : материалы конференции молодых ученых. – Казань, 2023. - С. 155-157.

2. Шипаева М. С. Применение геохимических методов исследования пластового флюида при гидродинамическом и геомеханическом моделировании карбонатных коллекторов, разрабатываемых с применением ГРП / М. С. Шипаева, З. Р. Гуськова, А. Н. Делев. – Текст : непосредственный // Горизонтальные скважины 2022 : материалы 5-й научно-практической конференции – Москва, 2022. – С. 218-221.

3. Природа углеводородных флюидов месторождений севера западной сибири (геохимический аспект) / С. В. Фадееваа, И. В. Гончаров, М. А. Веклевич [и др.]. – Текст : непосредственный // Геохимия. - 2023. - № 2. – С. 115-138.

УДК 665.642

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОКРЕКИНГА

Еремеев И. А., обучающийся, eremeevvanya2003@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы, с которыми столкнулись нефтеперерабатывающие заводы в связи с ростом спроса на дистиллятное топливо и соблюдением экологических норм. Также представлены новые технологические подходы и методы, разработанные компаниями, для более эффективного гидрокрекинга и снижения производства остаточного мазута.
Ключевые слова: гидрокрекинг, дистиллятное топливо, технология, завод.

На рынке нефтеперерабатывающего сектора возникают новые вызовы в связи с ростом спроса на дистиллятное топливо и строгими экологическими нормами. Необходимо максимально перерабатывать остатки нефти в дистилляты, учитывая сокращение спроса на мазуты. Однако современные нефтеперерабатывающие заводы сталкиваются с проблемами из-за высокого содержания ароматических соединений, кислот, металлов и азота в сырой нефти. Это создает большую нагрузку на процессы гидрокрекинга и гидроочистки.

Процесс гидрокрекинга позволяет избавиться от нежелательных ароматических соединений в нефтяном сырье и получить более чистое топливо и смазочные материалы. Он контролируется путем тушения избытка энергии с помощью холодного водорода. Для удаления гетероатомов требуется катализатор гидрирования, а для реакций крекинга необходим кислотный катализатор. Процесс может быть реализован в одноэтапной и двухэтапной конфигурации.

Текущая тенденция на рынке нефтепереработки требует разработки новых технологий, способных эффективно перерабатывать все более тяжелое сырье в высококачественное транспортное топливо. Это ставит еще большую нагрузку на процесс гидрокрекинга, который является одной из наиболее важных установок для получения ценного сырья и гибкости списка продуктов. Альтернативным решением является добавление водорода, что позволяет достичь высокой конверсии и селективности дизельного топлива [1].

Компания Shell Global Solutions разработала новые подходы к процессу гидрокрекинга, включая интеграцию установки вакуумной перегонки и оптимизацию линейки установок коксования и гидрокрекинга, что позволяет перерабатывать более сложные остатки и сырье с высоким содержанием азота и ароматических веществ. Кроме того, технология Slurry показала высокую гибкость и устойчивость к загрязнениям, что позволяет перерабатывать широкий спектр исходного сырья [2].

Для сокращения производства остаточного мазута и смещения распределения продуктов в сторону дизельного топлива компания UOP предложила технологию UOP Uniflex™, основанную на технологии суспензионного гидрокрекинга. Это позволяет достичь высокой конверсии вакуумных остатков и продлить срок службы катализатора в реакторах.

Катализ суспензионных углеводородов тяжелой нефти основан на гетерогенных твердых порошковых катализаторах и гомогенных дисперсных катализаторах. Продолжается поиск недорогого катализатора с хорошими каталитическими характеристиками для промышленного применения. Джон Петри из ООО «ЮОП» описал общий процесс нефтеперерабатывающего завода NWR Sturgeon, на котором применяется гидрокрекинг с кипящим слоем для преобразования вакуумного остатка в промежуточные продукты для реализации полной переработки битума. EST включает в себя диспергированный суспензионный катализатор, способствующий реакциям облагораживания и снижающий образование кокса. Система рециркуляции EST требует лишь небольшого количества продувки, чтобы ограничить накопление металлов. Как пилотные, так и демонстрационные установки продемонстрировали превосходную гибкость EST и некоторые преимущества. Первое промышленное применение, реализованное с обширным использованием предварительной сборки, расположено на нефтеперерабатывающем заводе Sannazzaro de' Burgondi, что позволяет переоборудовать в дизельное топливо Евро V. Также Chevron разработала новую технологию замены катализатора без остановки установки гидроочистки. Он называется «Замена катализатора в потоке» (OCR) и позволяет работать с широким спектром остатков и катализаторов, а также обрабатывать очень высокое содержание металлов [3].

Преобразование остатков в ценные дистилляты является ключевым фактором устойчивости и прибыльности новых нефтеперерабатывающих заводов: сокращение объемов производства остатков приводит к увеличению выпуска товарной продукции, повышению рентабельности предприятий и снижению воздействия деятельности нефтеперерабатывающих заводов на окружающую среду. Как описано выше, многие отрасли и научно-исследовательские группы работают над инновационными решениями проблем образования остатков на нефтеперерабатывающих заводах, разрабатывая новые концепции процессов гидрокрекинга и гидроочистки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Назаров Т. Э. Развитие катализаторов гидрокрекинга / Т. Э. Назаров., Л. В. Долматов. – Текст : непосредственный // Башкирский химический журнал. - 2013. - № 2. - С. 119-124.

2. Shell : Энергетическая компания : [сайт]. – URL : https://www.shell.com/ (дата обращения: 11.10.2023). – Текст : электронный.

3. Ching T. T. Catalysts for Hydroprocessing of Heavy Oils and Petroleum Residues / T. T. Ching. – URL : https://www.researchgate.net/publication/338063856_Catalysts_for_Hydroprocessing_of_Heavy_Oils_and_Petroleum_Residues (date of the application 09.10.2023). - Text : electronic.

УДК 665

УДАЛЕНИЕ ХЛОРОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ НЕФТИ

Конева С. А., бакалавр, svetasvzn2015@gmail.com
Гриневич А. С., бакалавр, grinevich203@mail.ru
Зиннатуллина С. Р., бакалавр, zsafiya@list.ru
Верзун А. Д., бакалавр, aw2003@list.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В процессе эксплуатации нефтяных скважин происходит засорение призабойной зоны асфальтосмолистыми веществами и неорганическими солями, что на прямую влияет на дебит скважины. Для увеличения проницаемости пласта используют кислотную обработку скважин различными кислотами, которые в дальнейшем влияют на состав поступаемой на подготовку нефти и её качество. В данной статье рассмотрено влияние хлорорганических соединений на процесс переработки нефти на нефтеперерабатывающем заводе.

Ключевые слова: хлорорганические соединения, надёжность оборудования, переработка нефти, обработка скважин.

В настоящее время для увеличения проницаемости пласта и призабойной зоны нефтяных скважин используют кислотную обработку скважин. Обычно кислотная обработка скважин производится соляной кислотой [1]. Соляная кислота, находясь в скважине под высокими температурами, может взаимодействовать с циклоалканами, которые содержат в цикле 3-4 атома углерода (рис.1), образуя терминальные галогеналканы [2].

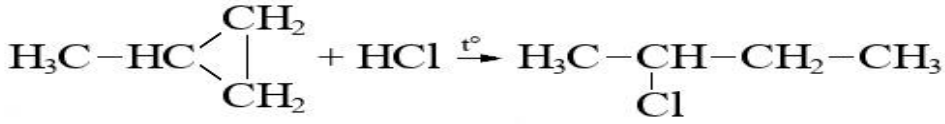


Рис. 1. Взаимодействие галогенводорода с метилциклопропаном

Галогеналканы или хлорорганические соединения являются нежелательными соединениями в нефти, поскольку они способны влиять на надёжность дорогостоящего нефтеперерабатывающего оборудования. Так, в работе [3] было проведено исследование, которое показало, что на установке гидроочистки нафты из-за содержания хлорорганических соединений возникают такие проблемы, как отравление катализатора, коррозия технологического оборудования, уменьшение сечения трубного пространства в теплообменнике из-за десублимации хлорида аммония. Для уменьшения воздействия коррозии автором предлагается использование ингибиторов коррозии, которые замедляют процесс, но не останавливают его полностью, что полностью не решает проблему.

Хлорорганические соединения могут содержаться не только в нефти, но и в растительных маслах, так, в работе [4] было предложено удаление некоторых хлорорганических компонентов с помощью улавливающего агента - моноацилглицерина. Эффективность данного метода составляет 95%, однако данный метод применим только для некоторых хлорпроизводных. Продолжая изучать методы удаления хлорорганических соединений, Хэнсин Ду и Чжуньян Гао в своей работе [5] предложили использовать полиэтиленгликоль и треэтаноламин в качестве вещества для удаления хлорорганических соединений. Авторами проводились лабораторные испытания на каменноугольной смоле, которые по своим свойствам схожи с тяжёлой нефтью. В ходе испытания было установлено, что полиэтиленгликоль и треэтаноламин способны удалить 80,66% хлорорганических соединений. Также в работе отмечается, что смесь модельной нефти с полиэтиленгликолем и треэтаноламином легко отделяется из-за различных плотностей.

Основываясь на работе [5], для удаления хлорорганических соединений предлагается в схеме “нефтеперекачивающая станция – нефтеперерабатывающий завод” установить ёмкости хранения полиэтиленгликоля и треэтаноламина на нефтеперекачивающей станции для их подачи в трубопровод, направленный прямиком на нефтеперерабатывающий завод. Для наиболее эффективного значения поток должен быть либо турбулентным, либо смешанным для наиболее эффективного процесса сорбции хлорорганических соединений. Необходимость подачи полиэтиленгликоля будет определяться датчиками на содержание ионов хлора в нефти, поскольку не всегда в нефти находится большое количество хлорорганических соединений. Также на нефтеперерабатывающем заводе предлагается установка се-

парационного блока, перед установкой ЭЛОУ (рис.2), который позволит отделить нефть от полиэтиленгликоля и треэтаноламина. Сепарационный блок запускается в работу только в случае содержания хлорорганических соединений в нефти.

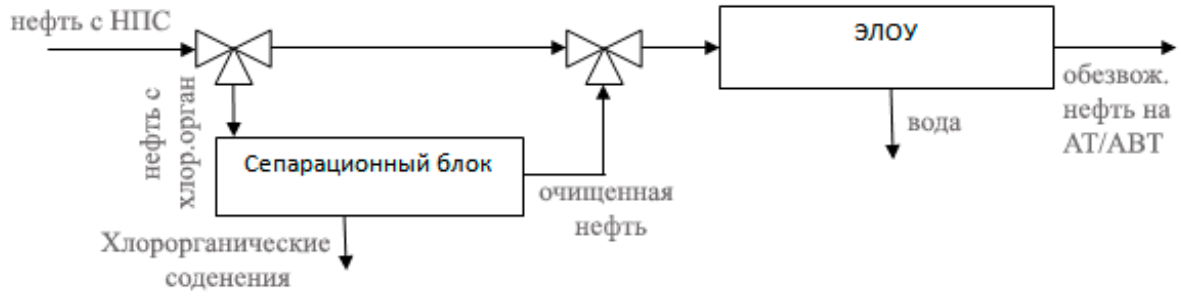


Рис. 2. Предлагаемая блок-схема по удалению хлорорганических соединений

В данной работе было предложено использование метода по удалению хлорорганических соединений в схеме “нефтеперекачивающая станция – нефтеперерабатывающий завод”, поскольку нередки случаи, когда по нефтепроводам на нефтеперерабатывающие заводы поступают нефти с высоким содержанием хлорорганических соединений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Покрепин Б. В. Оператор по добыче нефти и газа / Б. В. Покрепин. – Москва : Инфолио, 2011. – 447 с. – Текст : непосредственный.

2. Петров А. А. Органическая химия : учебник для студентов вузов / А. А. Петров, Х. В. Бальян, А. Т. Трощенко. – Санкт-Петербург : Иван Фёдоров, 2003. – 599 с. – Текст : непосредственный.

3. Korenev V. V. Phase equilibriums of ammonium chloride systems as model Hydrogenolysis Prodects of Organochlorine compounds under Naphta Hydrotreating Conditions / V. V. Korenev, V. P. Tomin. – Direct text // Petroleum chemistry. Neftekhimiya. – Vol. 62, Is. 4. – 2021. – P 376 – 382.

4. Redeuil K. Removal of organochlorines from vegetable oils and its benefist in preventing formation of monochloropanediol diesters / K. Redeuil, S. Lahrichi, M. Nicolas. – Direct text // Food additives and contaminants. Nestle Research Centre. – Vol. 36, Is. 1. – 2019. – P 712 – 721.

5. Du H. Removal of Organochlorine Compounds from Coal Tar by Nucleophilic Substitution and Coalescence / H. Du, Z. Gao, Li W. – Direct text // Chemical Engineering and Technology. Wiley Library. – Vol. 46, Is. 11. – 2023. – P 2423 – 2430.

6. Нефть с повышенным содержанием хлорорганики поступала на российские НПЗ ещё до проблем с Дружбой. – Текст : непосредственный // Новости нефти газа Neftegaz.RU : [официальный сайт]. – 2019. – URL :

https://neftegaz.ru/news/transport-and-storage/475284-neft-s-povyshennym-soderzhaniem-khlororganiki-postupala-na-rossiyskie-npz-eshche-do-problem-s-druzhb// (Дата обращения : 13.11.2023).

Научный руководитель: Жданович М.Ф., канд. техн. наук, доцент

УДК 66011: 66.021.3: 66.023.23: 66.069.835

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПРОВАЛЬНЫХ ТАРЕЛОК КОЛОННЫХ КОНТАКТНЫХ АППАРАТОВ

Куатбаев Э. Д., магистрант, king_ked@mail.ru
Морданов С. В., канд. техн. наук, доцент, s.v.mordanov@urfu.ru
Хомяков А. П., д-р техн. наук, зав. кафедрой, a.p.khomiakov@urfu.ru
г. Екатеринбург, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

Аннотация. Представлены результаты исследования гидродинамики жидкости и газа и массобмена в контактном аппарате, снабженном барботажными тарелками провального типа. Исследования выполнены методом математического моделирования. Целью исследования послужило определение влияния относительного свободного сечения тарелки на гидравлическое сопротивление тарелки и коэффициенты массоотдачи в барботажном слое на тарелке. В качестве модельной системы использовали колонну десорбции аммиака из водного раствора в присутствии водяного пара при атмосферном давлении. В результате исследования получены зависимости характеристик барботажных тарелок провального типа от относительного свободного сечения тарелок. Полученные зависимости могут быть использованы при выполнении инженерных расчетов, при конструировании нового оборудования и при поверочных расчетах существующего оборудования для новых режимов его работы.

Ключевые слова: барботаж, массообмен, провальные тарелки

В качестве контактных устройств массообменных аппаратов (абсорберов, ректификационных колонн, химических реакторов для систем газ-жидкость) часто применяются барботажные тарелки различной конструкции [1, 2]. В научно-технической литературе широко освещен вопрос расчета и подбора колпачковых барботажных тарелок, для тарелок других конструкций эксплуатационные и справочные данные представлены в гораздо меньшем объеме.

Представлены результаты исследования гидродинамических и массообменных процессов в контактном аппарате с барботажными тарелками провального типа. В качестве модельной системы принимали колонну десорбции аммиака из водного раствора в присутствии водяного пара при атмосферном давлении.

Для получения исходных данных выполнили предварительный расчет диаметра тарельчатой колонны по [3]. Результаты расчета представлены в Табл. 1. Коэффициенты диффузии аммиака в жидкой и паровой фазе при средних давлении и температуре в колонне рассчитывали по [4]. Приведенные плотность и вязкость жидкой и паровой фаз рассчитывали, как усредненные по массовым и объемным расходам компонентов. Теплофизические свойства воды и водяного пара на линии насыщения и аммиака при средних давлении и температуре в колонне принимали по [5].

Таблица 1

Результаты расчета исходных данных для моделирования работы тарелок

Средние параметры по высоте колонны	Расчетные значения для фазы		Единицы измерения
	паровой	жидкой	
1. Температура	97,5	98,0	°С
2. Абсолютное давление	0,1		МПа
3. Скорость паров	2,640		м/с
4. Интенсивность орошения	5,532		$м^3/(м^2 \cdot с)$
5. Плотность	0,577	958	$кг/м^3$
6. Вязкость паров	0,000012	0,0004	Па·с
7. Коэффициент диффузии аммиака	$5{,}45 \cdot 10^{-5}$	$1{,}26 \cdot 10^{-7}$	$м^2/с$

Гидравлическое сопротивление тарелок рассчитывали по [1 – 3]. Коэффициенты массоотдачи в барботажном слое для жидкой и паровой фаз рассчитывали по [6] соответственно по уравнениям:

$$\beta_{fx} = 6{,}24 \cdot 10^5 D_x^{0,5} \left(\frac{U}{1-\varepsilon}\right)^{0,5} h_0 \left(\frac{\mu_x}{\mu_x + \mu_y}\right)^{0,5}, \quad (1)$$

$$\beta_{fy} = 6{,}24 \cdot 10^5 F_c D_y^{0,5} \left(\frac{w}{\varepsilon}\right)^{0,5} h_0 \left(\frac{\mu_x}{\mu_x + \mu_y}\right)^{0,5}, \quad (2)$$

где x, y – индексы жидкой и паровой фаз соответственно; β_f – коэффициенты массоотдачи, отнесенные к единице рабочей площади тарелки, кмоль/($м^2$·с); U -интенсивность орошения, $м^3/(м^2 \cdot с)$; ε – объемная доля паров в барботажном слое; h_0 – высота светлого слоя жидкости на тарелке, м; μ – вязкость, Па·с; F_c – относительное свободное сечение тарелки, $м^2/м^2$.

На Рис. 1 представлены расчетные зависимости гидравлического сопротивления тарелок (рис. 1, *а*) и коэффициентов массотдачи в жидкой и паровой фазах (рис. 1, *б*) от относительного свободного сечения тарелок провального типа. Результаты показывают, с увеличением относительного проходного сечения тарелок гидравлическое сопротивление тарелок и коэффициенты массотдачи снижаются с замедлением.

При требуемой эффективности массообменного аппарата с увеличением свободного проходного сечения тарелки, количество необходимое для достижения заданной глубины массообмена количество тарелок воз-

растает, но вместе с тем, снижается гидравлическое сопротивление колонны.

С точки зрения конструирования колонных аппаратов необходимо определить оптимальное соотношение между количеством тарелок (а, следовательно, и высотой и металлоемкостью аппарата) и гидравлическим сопротивлением колонны. Решение данной задачи является темой последующих исследований.

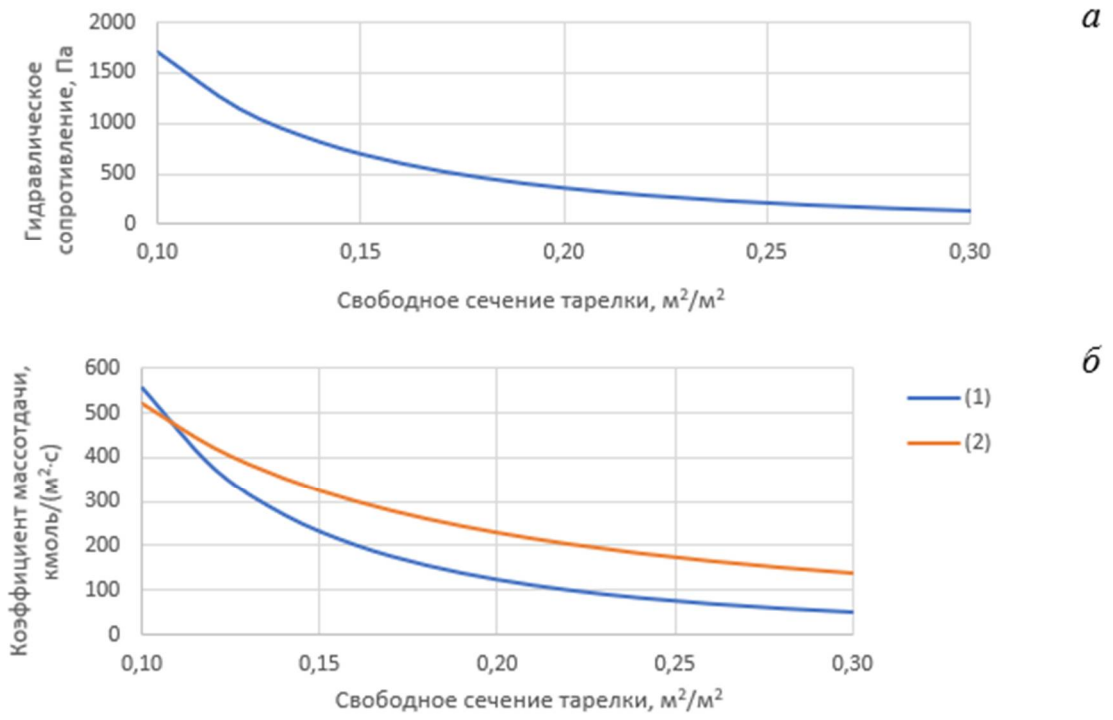


Рис. 1. Зависимости параметров от относительного свободного сечения тарелок: а – гидравлическое сопротивление тарелки; б – коэффициенты массотдачи аммиака в жидкой (1) и паровой (2) фазах

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сидягин А. А. Колонные аппараты для массообменных процессов / А. А. Сидягин. – Нижний Новгород : НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2009. – 115 с. – Текст: непосредственный.

2. Машины и аппараты химических производств / под ред. И. И. Чернобыльского. – Москва : Машиностроение, 1975. – 454 с. – Текст : непосредственный.

3. Александров И. А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. Методы расчета и основы конструирования / И. А. Александров.– Москва : Химия, 1978. – 280 с. – Текст : непосредственный.

4 Рамм В. М. Абсорбция газов / В. М. Рамм. – Москва : Химия, 1976. – 655 с. – Текст : непосредственный.

5. Варгафтик Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Н. Б. Варгафтик. – Москва : Наука, 1972. – 721 с. – Текст : непосредственный.

6. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский и [др.]. – Москва : Химия, 1991. – 496 с. – Текст : непосредственный.

УДК 66.095.21

ИЗОМЕРИЗАЦИЯ ГАЗОВЫХ КОНДЕНСАТОВ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА

Малюгин Е. И., магистрант, egor02082001@gmail.com
Бутко В. В., магистрант, lerches1999@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. На данный момент наблюдается тенденция ужесточения требований к содержанию серы и ароматических соединений с целью повышения экологичности топлива. Наличие ароматических углеводородов в топливе способствует повышению его октанового числа, однако они способствуют возникновению парникового эффекта и приводит к риску раковых и респираторных заболеваний. Высокое октановое число топлива говорит о более эффективном сгорании и уменьшении вероятности образования детонации в двигателе, что в конечном итоге способствует большему сроку службы двигателя. Цель данной работы заключается в исследовании возможности применения изомеризации в качестве способа повышения октанового числа бензинов, полученных из газовых конденсатов. В рамках данной работы был проведен анализ научных статей, разработок и патентов в данной области. В результате анализа литературы было определено, что изомеризация является перспективным способом для повышения октанового числа, обеспечивающим всё возрастающие экологические требования.

Ключевые слова: изомеризация, газовый конденсат, октановое число, переработка.

Одним из способов повышения октанового числа является изомеризация [1]. Этот способ переработки позволяет повысить октановое число бензинов с минимальным повышением содержания ароматических углеводородов.

Процесс изомеризации заключается в изменении углеродного скелета нормальных алканов с получением парафинов изостроения (Рис. 1):

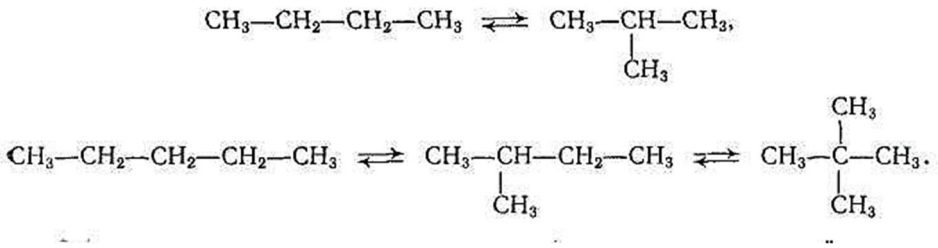


Рис. 1. Реакция изомеризации н-алканов

Алканы изостроения обладают существенной способностью повышать октановое число, наряду с ароматическими соединениями. К примеру, октановое число н-октана составляет 18, изооктана 100, а бензола 113.

Процесс изомеризации термодинамически выгодно проводить при низкой температуре, но в этом случае происходит снижение скорости реакции. В случае проведения процесса при высоких температурах повышается скорость реакции, однако увеличивается количество побочных продуктов, среди которых ароматические углеводороды и кокс. При повышенных температурах выход изоалканов ограничивается термодинамически, а при низких – кинетикой реакции. По этим причинам процесс необходимо вести при оптимальных температурах [2].

Процесс изомеризации является каталитическим процессом. Одним из распространенных типов катализаторов изомеризации являются бифункциональные катализаторы. Они совмещают в себе гидрирующую и кислотную функции, обеспечивают требуемые экологические условия [3].

Подбор необходимого катализатора способствует повышению конверсии сырья, снижению скорости побочных реакций и снижению образования кокса, обеспечивает оптимальный температурный режим.

Зарубежный опыт исследования показывает, что благодаря изомеризации н-алканов можно существенно повысить октановое число [3].

Подобные исследования проводились в отечественной практике над бензиновыми фракциями газовых конденсатов Западной Сибири. Согласно проведенным исследованиям, благодаря изомеризации можно повысить октановое число с 55 до 93 [4].

Таким образом, было определено, что изомеризация имеет место быть в качестве методов повышения октанового числа бензиновых фракций газоконденсатов. Данный способ является экологически и экономически выгодным. Высокооктановые бензины, полученные изомеризацией, имеют меньшую себестоимость по сравнению с остродефицитным в настоящее время бензином-алкилатом [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дерюгина О. П. Процессы каталитического риформинга и компаундирования как способы повышения октанового числа в бензинах, применяемые в промышленных масштабах / О. П. Дерюгина, С. В. Мечик, Е. А. Трапезников. – Текст : непосредственный // Нефть и газ. – 2020. – №. 3. – С. 89-99.

2. Изомеризация легких бензиновых фракций-перспективный способ повышения качества автомобильных бензинов / И. В. Мозговой, Г. М. Давидан, А. Г. Нелин [и др.]. – Текст : непосредственный // Омский научный вестник. – 2006. – №. 10 (48). – С. 26-30.

3. Development of individual approaches to the use of the gasoline fraction as a raw material for the process of hydrocatalytic isomerization / A. Saginayev, A. Dosmurzina, E. Apendina [et al]. – Direct text // Materials Science for Energy Technologies. – 2023. – Vol. 6. – P. 158-165.

4. Моделирование процесса каталитической изомеризации н-парафинов газоконденсатов месторождений Западной Сибири / Е. В. Писаренко, Н. А. Мамченков, В. А. Черемисин, В. Н. Писаренко. – Текст : непосредственный // Успехи в химии и химической технологии. – 2016. – №. 4 (173). – С. 125-126.

УДК 678+536.46

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОВМЕСТИМОСТИ КОМПОЗИТОВ ПОЛИПРОПИЛЕН/ГИДРОКСИД АЛЮМИНИЯ

Мустафаева Ф. А., канд. хим. наук, ведущий научный сотрудник, mustafayevafatima@mail.ru
Кахраманов Н. Т., д-р хим. наук, зав. лабораторией, najaf1946@rambler.ru
Азербайджан, г. Сумгайыт, Институт полимерных материалов Министерства науки и образования Азербайджанской Республики

Аннотация. Влияние полимерного коммерческого компатибилизатора представляющего собой гомополипропилен функционализированный малеиновым ангидридом на свойства композитов полипропилен/гидроксид алюминия изучали методами испытаний на предел прочности на растяжение, относительное удлинение, показатель текучести расплава, теплостойкость. Полипропилен был наполнен гидроксидом алюминия размерами 10-159 нм. Концентрацию гидроксида алюминия варьировали в диапазоне 1-50 масс %.

Ключевые слова: полипропилен, гидроксид алюминия, антипирен, компатибилизатор, совместимость.

Синтетические полимеры являются широко распространенной частью современного общества. Например, их можно найти почти в каждом коммерческом здании, жилом доме и транспортном средстве. Разработка и коммерциализация новых сортов полимеров является экономически сложной задачей. В этом смысле исследователи пытаются преодолеть разрыв между потребностями в высокопроизводительных пластиках и их материализацией, придавая ценность добавлению добавок к пластикам общего назначения. В качестве матричных материалов полипропилен (ПП) является наиболее популярным выбором из-за его низкой стоимости, доступности в различных формах, простоты обработки, отличных механических свойств. Несмотря на вышеупомянутые преимущества и потребности рынка, ПП подвержен высокому риску пожара из-за присущей ему горючести. Воспламеняемость является ограничением, которое ограничивает использование полипропилена в строительстве, а также в электротехнике и электронике. Повысить пожаробезопасность материалов можно за счет повышения стойкости к воспламенению, снижения скорости распространения пламени, уменьшения скорости тепловыделения, уменьшения количества токсичных и дымовых продуктов. Наиболее распространенным подходом к повышению показателей пожарной безопасности является использование антипиренов. Галогенированные органические соединения были хорошо известными антипиренами для ПП. Галогенсодержащие антипирены широко применяются для ПП из-за их высокой эффективности в качестве поглотителей радикалов во время горения, даже при низких уровнях нагрузки. Хотя галогенированные антипирены очень эффективны в снижении скорости тепловыделения полимеров, в настоящее время важным вопросом становится воздействие на окружающую среду обработки и сжигания некоторых галогенированных антипиренов. Некоторые используемые в настоящее время бромированные ароматические антипирены могут при горении образовывать высокотоксичные бромированные дибензодиоксины и дибензофураны [1]. Поэтому существует потребность в новых экологически чистых огнезащитных материалах в качестве альтернативы. Таким образом, усовершенствованные безгалогенные и малодымные антипирены являются одной из самых популярных тем в текущих исследованиях и разработках полимерных материалов, таких как гидроксиды металлов [2, 3]. Гидроксиды металлов привлекают все большее внимание благодаря их желательному сочетанию низкой стоимости, низкого дымообразования и относительно высокой огнезащитной эффективности. Они составляют сегодня большую группу антипиренов на рынке полимеров. Эта группа продуктов также не представляет опасности для здоровья человека и окружающей среды и поэтому может быть маркирована как экологически чистая. Однако для получения адекватного уровня негорючести необходима высокая загрузка гидроксидов металлов, и возникает плохая адгезия между полимером и гидроксидами металлов [4-6]. Это негативное влияние на меха-

нические свойства обусловлено главным образом отсутствием взаимодействия и/или совместимости между высоконеполярной полимерной матрицей и полярными частицами наполнителя. Эти проблемы можно преодолеть путем добавления компатибилизаторов функционализированных полярными группами.

Целью данной работы заключалась в изучении влияния добавления компатибилизатора на совместимость композита ПП/гидроксид алюминия.

В качестве полимерной матрицы был использован статистический сополимер полипропилена марки Topilene® R200P (HYOSUNG CHEMICAL CORPORATION, Сеул, Корея).

В качестве антипирен–наполнителя использовался нанометрический гидроксид алюминия с размером частиц 10-159 нм. Размер частиц гидроксида алюминия определяли на лазерном анализаторе марки Mastersizer 3000 (Malvern İnstruments, Англия). Диапазон измерения прибора составляет от 10 нм до 3500 мкм. Концентрацию гидроксида алюминия варьировали в диапазоне 1-50 масс %.

Для улучшения совместимости полипропилена и гидроксида алюминия, использовали компатибилизатор Exxelor™ PO 1020 (ExxonMobil Chemical Company, Хьюстон, Техас). Полимерная смола Exxelor PO 1020 представляет собой гомополипропилен, функционализированный малеиновым ангидридом, с высокими эксплуатационными характеристиками, полученный методом реактивной экструзии. Уровень привитого малеинового ангидрида обычно находится в диапазоне от 0.5 до 1.0 масс.%. Количество компатибилизатора в композитах составляло 2 масс %.

Композиты получали смешиванием компонентов на лабораторных вальцах. Далее формовали пластины из которых вырубали соответствующие образцы для проведения испытания. Результаты исследований показали, что с добавлением компатибилизатора предел прочности при растяжении практически не изменился, несмотря на увеличение количества наполнителя. Обнаруженная закономерность интерпретируется тем, что компатибилизатор способствует улучшению совместимости и смачиваемости частиц наполнителя с полимерной матрицей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chiu S. H. The dynamic flammability and toxicity of magnesium hydroxide filled intumescent fire retardant polypropylene / S. H. Chiu, W. K. Wang. – Direct text // Journal of Applied Polymer Science. - 1998. –V. 67(6). – P. 989–995.

2. A review of sustainable and environment-friendly flame retardants used in plastics / R. A. Mensah, V. Shanmugam, S. Narayanan [et al.]. – Direct text // Polymer Testing. - 2022. - V. 108. - ID 107511.

3. Preparation and properties of flame-retardant asphalt containing polyurethane and eco-friendly flame retardants / H. Liu, Z. Zhang, Z. Wang, [et al.]. – Direct text // Construction and Building Materials. - 2023. - V. 375. -ID130996.

4. Mustafayeva F. A. The Effect of compatibilizer on the properties of a highly filled composite based on aluminum hydroxide and a mixture of high- and low-density polyethylenes / F. A. Mustafayeva, N. T. Kakhramanov, I. A. Ismailov. – Direct text // Inorganic Materials: Applied Research. - 2022. - V. 13. - P. 225–230.

5. Effect of concentration of ATH on mechanical properties of polypropylene/aluminium trihydrate (PP/ATH) composite / A. ur R. Shah, D.-w. Lee, Y.-q. Wang [et al.]. – Direct text // Transactions of Nonferrous Metals Society of China. - 2014. - V. 24. - P. 81-89.

6. Influence of aluminum trihydrate (ATH) particle size on mechanical, thermal, flame retardancy and combustion behavior of polypropylene composites / M. R. Parida, S. Mohanty, M. Biswal [et al.]. – Direct text // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. - 2023. - V. 148. - P. 807–819.

УДК 665.612.2

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА

Назирова Л. А., бакалавр, nla28@mail.ru
Миниахметова Т. М., бакалавр, miniakhmetova7454@gmail.com
Землянский Е. О., канд. техн. наук, доцент, zemljanskijeo@tyuiu.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье рассматриваются инновационные процессы очистки газа от воды, мелких частиц и тяжелых углеводородов. Ряд существующих проблем с качественной очисткой газа способствует разработке новый технологий, улучшающих состав газа после его очистки. Благодаря перечисленным технологиям сокращается количество оборудования, возникает возможность проводить несколько процессов одновременно.

Ключевые слова: Мембрана, очистка газа, электрофильтры, подготовка газа, тяжелые углеводороды.

На сегодняшний день газ является одним из самых востребованных источников энергии. Газ применяют как сырье для химической и нефтехимической промышленности, как топливо в энергетической сфере.

Для переработки газа на газоперерабатывающих заводах и для обеспечения транспорта газа до объектов газопереработки газ необходимо подготовить. В подготовку газа входит комплекс технологических задач,

направленных на осушку газа (извлечение из газа воды и жидких углеводородов) и удаление твердых частиц. Удаление воды осуществляется с целью предотвращения коррозии оборудования и скопления гидратов, которые в дальнейшем способны образовать сетчатые затворы [1]. Твердые частицы, содержащиеся в газе, увеличивают эрозионный износ трубопроводов и оборудования.

Существующие проблемы при подготовке газа, заключаются в сложности обслуживания оборудования, его дороговизне и энергозатратности. Для их устранения, разрабатываются инновационные технологии подготовки газа к дальнейшей транспортировке и переработке.

Инновационным и одним из последних в использовании являются специально модернизированные мембраны. С помощью данной технологии возможно разделение и осушение газа, удаление сероводорода и тяжелых металлов (рис. 1).

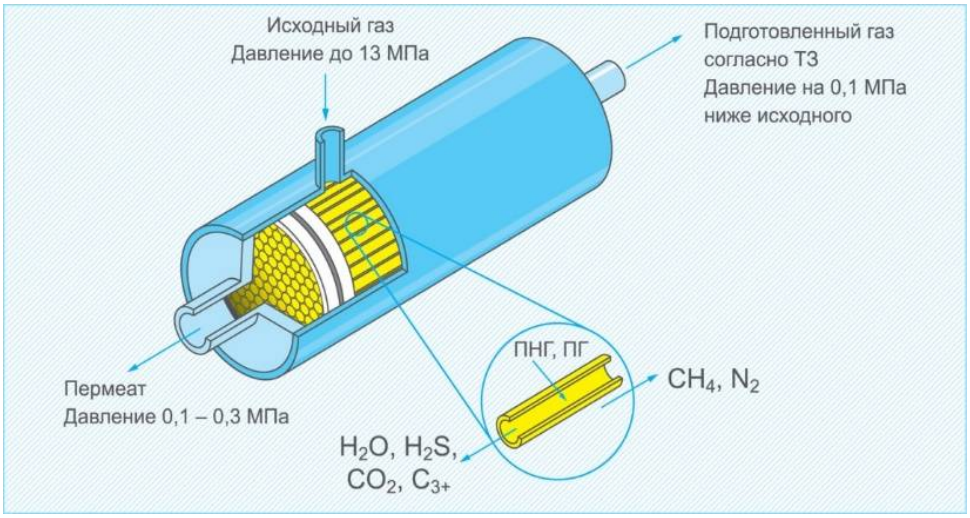


Рис. 1. Структура модернизированной мембраны

Разработкой данной технологии занялись из-за того, что использование стандартных мембран при пропускании через них тяжелых углеводородов приводит к их разрушению, образованию конденсата на поверхности мембраны и получению готового газа с низким давлением.

Преимущественными особенности мембраны являются:

- химическая устойчивость ко всем компонентам;
- высокая селективность;
- специально разработанная последовательность скоростей проникновения компонентов газа;
- способность одновременно добиться снижения температуры точки росы по воде и углеводородам одновременно;
- минимизирует капитальные и эксплуатационные затраты;

- возможность одновременного проведения осушения газа, удаление из него углекислого газа, сероводорода и тяжелых углеводородов;
- благодаря технологии разделение дальнейшее компримирование не требуется, в связи с отсутствием потери давления при разделении.

С помощью данной мембраны упрощается процесс подготовки газа за счет осуществления всех процессов одновременно для его дальнейшей транспортировки и переработки [2].

Другим способом очистки является установка электрической очистки газа. Она включает в себя подстанцию и электрофильтр. Процесс основан на самостоятельной ионизации.

Схема состоит из электрической цепи, к которой подключен источник тока с возможным изменением напряжения 1, гальванометр 2, на концах цепи пластина 3 положительно заряженная, острие 4 отрицательно заряженное, разделяются они воздушным зазором 5 (рис. 2).

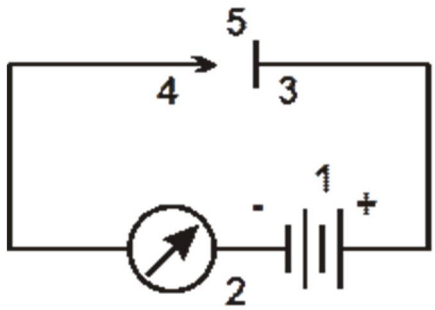


Рис. 2. Схема ионизации

Из-за повышения разности потенциалов наступает процесс ионизации газа, который влечет за собой расщепление нейтральных молекул не способных проводить электрический ток, количество заряженных частиц возрастаем вследствие чего появляется электрический ток. При этом для данного процесса стоит применять электроды, которые способны создавать неоднородное электрическое поле, во избежание их короткого замыкания.

Свободные электроны на пути в осадательным электродам встречают мелкие находящиеся в газе частицы, передают им отрицательные заряды и переносят их с собой к осадительным электродам, вследствие чего частицы оседают на электроде, а газ очищается. Применяют трубчатые и пластинчатые электрофильтры. Трубчатые содержат электроны шестигранной либо круглой форм. Пластинчатые включают в себя параллельные гладкие, металлические листы.

Преимуществами данного вида очистки являются:

- очистка газов от пыли и частиц при больших объемах;
- способность улавливать частицы маленьких размеров;
- высокая эффективность очистки.

Благодаря данному способу возможно осуществлять быстрое осаждение мелких частиц, которые при использовании других технологий осаждаются значительно дольше. Таким образом, увеличивается количество очищенного газа в единицу времени [3].

Применение инновационных и энергосберегающих методов при подготовке газа к транспорту и дальнейшей переработке дает возможность сократить количество оборудования, и, соответственно, затраты на его эксплуатацию за счет реализации сразу нескольких процессов одновременно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мембранные установки для разделения углеводородов включая подготовку попутного нефтяного газа / Е.Г. Крашенинников, Н.Л. Докучаев, А.А. Котенко [и др.]. – Текст : электронный // Мембраны и мембранные науки. – 2014. - № 1. – URL: http://www.memtech.ru/index.php /ru/glavnaya/publications/130-membrannye (дата обращения: 05.11.2023).

2. Пат. 115239 Российская Федерация, МПК B01D 63/02. Мембранный газоразделительный модуль: № 2011151098/05: заявл.: 15.12.2011 опубл. 27.04.2012 / Гулянский М. А., Докучаев Н. Л., Котенко А. А., Крашенинников Е. Г., Потехин С. В., Челяк М. М.; патентообладатель Закрытое акционерное общество «Грасис». - Текст : непосредственный.

3. Пат. 2240867 Российская Федерация, МПК B03C 3/41. Электрофильтр для очистки газов: № 2003135865/12: заявл.: 11.12.2003опубл. 27.11.2004 / Мошкин А. А., Васьков С. А., Кондаков Н. А.; патентообладатель ОАО «Научно-исследовательский институт по промышленной и санитарной очистке газов». - Текст : непосредственный.

УДК 621.3.084.872

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА И ИХ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Паширов Е. Г., бакалавр, boss.pashirov@mail.ru
Клейдман М. Д., бакалавр, maxkleidman@yandex.ru
Соловьева Е. Д., бакалавр, ed.solovjeva1@gmail.com
г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В работе описаны типы химических источников тока. Было проведено сравнение трёх основных видов аккумулятора, а также рассмотрены возможности их применения в различных сферах деятельности.

Ключевые слова: химические источники тока, электрический ток, аккумуляторы, удельная энергоемкость.

Химические источники тока являются незаменимыми компонентами во многих сферах, предоставляя нам электроэнергию для нашего повседневного функционирования и различных технологических процессов.

Химические источники тока (ХИТ) – это устройства, в которых энергия химической реакции преобразуется непосредственно в электрическую [1]. Появление электрического тока обуславливается посредством переноса электронов во время окислительно-восстановительной реакции между составляющими ХИТ: 2 электрода, погруженных в электролит [2].

Рассмотрим самые распространенные виды ХИТ в виде таблицы:

Таблица 1

Сравнение характеристик аккумуляторов

Сравнительные характеристики	NiCd	NiMH	Кислотные	Li-ion	Li-ion полимерные
Энергетическая плотность, Вт*ч/кг	45…80	60…120	30…50	110…160	100…130
Внутреннее сопротивление, мОм	100…200	200…300	<100	150…250	200…300
Число циклов	1500	300…500	200…300	500…1000	300…500
Время быстрого заряда	1	2…4	8…16	2…4	2…4
Допустимый перезаряд	средний	низкий	высокий	низкий	низкий
Саморазряд за месяц, %	20	30	5	10	10
Напряжение на	1,25	1,25	2	3,4…4,1	3,6

элементе, В					
Диапазон рабочих температур	-40...60	-20…60	-20…60	-20…60	0…60
Сроки обслуживания, дней	30…60	60…90	90…180	-	-
Начало производства	1950	1990	1970	1991	1999

По таблице можно сделать вывод, что литий-ионные аккумуляторы имеют высокую энергетическую ёмкость, большее количество циклов заряд-разряд и наиболее высокую рабочую температуру (до +60°C). Их обычно применяют в электронных устройствах, таких как мобильные телефоны, ноутбуки, планшеты и другие портативные устройства. [3]

Никель-кадмиевые аккумуляторы имеют широкий температурный диапазон эксплуатации; возможность длительного хранения в разряженном состоянии; большое количество циклов разрядки и зарядки; стабильная работа на морозе, не снижает емкость при отрицательных температурах (до определенных пределов); безопасность: если сравнивать с литиевыми, то никель-кадмиевые не могут загореться при разгерметизации. Благодаря их способности поддерживать высокие уровни тока, их до сих пор используют в троллейбусах, трамваях, электромобилях как источник тяги, а также в морском транспорте. [4]

Свинцово-кислотные аккумуляторы: данный тип аккумуляторов имеет низкую удельную энергоемкость, малое количество циклов заряда-разряда, что говорит о быстром износе батареи. Однако благодаря своей низкой стоимости и высокой отдачи электрического тока они ещё используются в автомобильной промышленности.

Скорость саморазрядки — одно из наиболее слабых мест NiCd и NiMH батареи. Потеря заряда достигает 10% за первые сутки, а затем по 10% в месяц. С одной стороны, нельзя допускать глубокого разряда аккумулятора, но с другой — заряжать его раньше, чем он достигнет этой границы. “Эффект памяти” приведет к потере остаточной емкости. Эффект обусловлен появлением кристаллических образований на кадмиевом электроде, что ведет к уменьшению его полезной площади. Чтобы избежать этого, всегда необходимо проводить полную разрядку аккумулятора.

Меньшие значения внутреннего сопротивления кислотных аккумуляторов свидетельствуют о лучшей производительности и о способности передавать большие токи.

ХИТ, является одним из наиболее распространенных источников электроэнергии. Он имеет ряд сравнительных характеристик, которые делают его привлекательным для различных областей применения. В настоящее время, литий-ионные аккумуляторы являются самыми привлекатель-

ными среди всех доступных видов аккумуляторов. Однако, из-за высокой стоимости этих аккумуляторов, многие отрасли вынуждены придерживаться более старых моделей, таких как свинцово-кислотные аккумуляторы. Никель-кадмиевые аккумуляторы хоть и были созданы позже, но уже утратили актуальность из-за значительного ущерба, который они могут нанести окружающей среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов В. Н. Химические источники тока и защита металлов / В. Н. Соколов. – Екатеринбург : УрГУПС, 2015. – 203 с. – Текст : непосредственный.

2. Кедринский И. А. Литий-ионные аккумуляторы / И. А. Кедринский, В. Г. Яковлев. – Красноярск : «Платина», 2002. – 268 с. – Текст : непосредственный.

3. Теоретические основы решения проблемы увеличения сроков службы аккумуляторных батарей при хранении и повышения эффективности способов их восстановления: монография / ред. А. А. Кочурова. – Рязань : РВВКУ, 2012. – 252 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Антипанова И.С., ст. преподаватель

УДК 543.2

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ВИДОВ ОРГАНИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ

Печерских М. Ю., обучающийся, pecherskikh_m@mail.ru
Глазунов А. М., канд. техн. наук, доцент
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Анализ использования органических реагентов показывает, что они играют огромную роль в практическом химическом анализе различных газо- и нефтепромысловых объектов. Разработка новых современных реагентов является актуальной задачей на сегодняшний день.

Ключевые слова: классификация реагентов, органические реагенты, присадки.

Использование именно органических реагентов в химических процессах актуально в виду следующих причин: такие реагенты обладают более малой степенью токсичности по сравнению с неорганическими; использование органических реагентов позволяет снизить количество отхо-

дов, что соответствует современным требованиям устойчивого развития и экологической безопасности.

Органические реагенты – соединения органической природы, которые применяются в аналитической химии для обнаружения, отделения или определения количества других веществ (органических или неорганических). Главной задачей реагентов в химическом анализе является обеспечение высокой чувствительности, быстроты выполнения и избирательность к анализируемым веществам.

Одной четкой классификации органических реагентов не существует, поэтому рассмотрим ту, которая является наиболее понятной и простой (рис. 1).



Рис. 1. Классификация органических реагентов

Реагенты для органического анализа. Первая половина XX века охарактеризовалась появлением нового научного направления, основой которого стало использование хелатообразующих реагентов. Тогда же появились представления о функционально-аналитических группах.

Реагенты для неорганического анализа. Действие практически всех органических реагентов основывается на комплексообразовании. Результат действия реагентов объясняется их особенностями: первая часть молекулы отвечает за процесс протекания реакции, а вторая – наблюдаемый аналитический эффект.

Модифицированные органические реагенты. Модифицирование – целенаправленное изменение свойств исходного вещества, не связанное с образованием новых соединений. Рассматривая химические вещества таким образом, можно говорить о том, что соединения, в молекулы которых введены дополнительные заместители, будут считаться новыми, модифицированными реагентами. Вместе с тем, по такому определению к таким реагентам можно отнести и соли, ассоциаты органических реагентов, которые образовались за счет электростатического, гидрофобного или водородного взаимодействия.

Неорганические реагенты (электролиты) – при попадании в воду диссоциируются с образованием анионов и катионов.

Действие электролитов связано с их воздействием на двойной электрический слой и гидратную оболочку, находящуюся вокруг гидратиро-

ванной глинистой частицы. При низких концентрациях электролита (до порога коагуляции) происходит увеличение заряда частицы за счет попадания в диффузный и адсорбционный слои катиона и аниона диссоциировавшего электролита. Это приводит к увеличению заряда, силы взаимодействия ослабевают, меняются структурные свойства раствора, поэтому при низких концентрациях электролит способствует усилению структурообразования. При увеличении концентрации электролита (выше порога коагуляции) происходит компенсация зарядов на поверхности глинистой частицы, диффузный слой сжимается, что приводит к коагуляции [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ворончихина Л. И. Органические реагенты в современной химии : учебное пособие / Л. И. Ворончихина. – Тверь : ТвГУ, 2016. – 103 с. – Текст : непосредственный.

2. Камалова Г. М. Органические реагенты в аналитической химии / Г. М. Камалова, Р. Р. Газетдинов. - Текст : непосредственный // Общество – Наука – Инновации : сб. ст. Межд. науч.-прак. конф. - Оренбург, 2019. – С. 19-21.

3. Глазунов А. М. Основы производства химических реагентов : методические указания по организации самостоятельной работы для обучающихся направления 18.04.01 Химическая технология всех форм обучения / А. М. Глазунов. – Тюмень : ТИУ, 2023. – 16 с. – Текст : непосредственный.

УДК 661.179

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНГИБИТОР ДЛЯ БОРЬБЫ С ГИДРАТООБРАЗОВАНИЕМ ПРИ ТРАНСПОРТЕ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Печерских М. Ю., обучающийся, pecherskikh_m@mail.ru
Умеренкова Е. М., обучающийся
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Настоящая статья посвящена исследованию проблемы поиска ингибитора для предотвращения образования газовых гидратов, которая до сих пор актуальна на промышленных предприятиях, занимающихся транспортом углеводородного сырья. Нами проанализированы сильные и слабые стороны ингибиторов-антиагломерантов и ингибиторов кинематического действия и предложено использование ингибитора синергетического действия на их основе.

Ключевые слова: синергетический эффект, ингибитор, природный газ, гидратообразование.

В настоящее время до сих актуальным остаётся вопрос безгидратного транспорта ценнейшего углеводородного сырья – природного газа. Процесс гидратообразования сильно осложняет транспортировку газа по магистральным газопроводам, может привести к закупорке трубного пространства и прорыву оборудования. Именно поэтому нефтегазовая промышленность ищет пути решения данной проблемы.

Газовые гидраты – комплексные вещества, образующиеся при взаимодействии углеводородов и воды при определенный условиях. Представляют собой твердые кристаллические образования – клатраты. Для борьбы с образованием гидратом сегодня применяются различные способы, среди которых:

1. Локальный подогрев мест образования клатратных соединений.
2. Снижение давления в газопроводе, приводящее к разложению гидратов.
3. Использование реагентов-ингибиторов, которые замедляют процесс.

При сравнении перечисленных способов, стоит отметить, что первые два представляют собой лишь временные меры, используемые под угрозой чрезвычайных ситуаций, потому что подогрев определенных участков газопроводов приводит к изменению термобарических условий и возможному размягчению прилежащего грунта, а снижение давление приводит к низкой пропускной способности участка и, соответственно, экономическим потерям. Применение же ингибиторов гидратообразования является апробированным методом, для которого возможно постоянное применение. Ингибиторы по механизму действия можно разделить на три класса:

Термодинамические. Принцип их работы заключается в снижении температуры гидратообразования (метанол, ДЭГ, ТЭГ).

Кинетические. Их называют истинными ингибиторами, они замедляют скорость реакции гидратообразования (поливинилпирролидон).

Антиагломеранты. Использование таких ингибиторов снижает адгезию кристаллов клатратов и предотвращает их отложение на стенках оборудования (алкилполигликозиды).

Наиболее применяемым классом сегодня являются термодинамические ингибиторы. Они достаточно хорошо изучены, их производство давно налажено на территории нашей страны. Однако, этот класс имеет ряд недостатков: высокий расход, связанный с высокой летучестью метанола, большая токсичность метанола, диэтиленгликоля и триэтиленгликоля.

Мы предлагаем обратить внимание на кинематические ингибиторы и антиагломеранты. В отечественном научном пространстве исследование

указанных реагентов только набирает обороты, но есть некоторые данные, которые могут показать нам их сильные и слабые стороны.

Анализ кинематических ингибиторов

На предприятии ПАО «Оренбургнефть» нашими коллегами было проведено исследование по выявлению эффективности ингибиторов кинематического типа и сравнение их с метанолом [1]. Оно показало, что образец Сополимер поли-N-винилпирролидона и поликапролактама проявляет себя как эффективный реагент для борьбы с образованием газовых гидратов (табл. 1). Кроме того, используемая концентрация этого вещества в 32 раза меньше концентрации метанола, что говорит о более экономичном расходе.

Таблица 1

Тестирование эффективности ингибиторов гидратообразования

Образец	Концентрация, %	Температура, °С	Давление, МПа	Время тестирования, мин
Сополимер поли-N-винилпирролидона и поликапролактама	1	10	5,56	2400 (гидратов нет)
		3	5,55	1586
		-4	5,58	158
Метанол	32	10	5,61	2400 (гидратов нет)
		3	5,54	2400 (гидратов нет)
		-4	5,55	476

В соответствии с представленными данными, можно отметить преимущества кинематических ингибиторов: эффективное предотвращение образования гидратов, малый расход в виду того, что данные реагенты нелетучие, и недостатки: сложность в изготовлении такого ингибитора и относительно высокие температуры гидратообразования.

Анализ ингибиторов-антиагломерантов

Известно использование солей четвертичных аммониевых соединений в качестве антиагломерантов, самым важным недостатком этих соединений является их неспособность к биологическому разложению и высокая токсичность. Наш отечественный исследователь предлагает применение смеси моно- и диглицеридов жирных кислот с числом атомов в углеводородной цепи от 8 до 22 и алифатических спиртов с числом атомов углерода от 1 до 3 [2]. Концентрация, которую подобрал автор составляет от 0,5 до 3 % масс. в расчете на воду.

Говоря о преимуществах применяемого ингибитора, патентообладатель отмечает низкую токсичность, в сравнении с существующими антиаг-

ломерантами, малый расход и низкие температуры застывания (около минус 18°С).

Синергетический ингибитор

В недавнем времени зарубежные ученые стали указывать на возможность использования эффекта синергизма в разработке ингибиторов для борьбы с образованием гидратных соединений [3]. Синергетический эффект предполагает применение смеси двух и более веществ с целью максимального использования преимуществ обоих. Нами предлагается использование синергетического ингибитора на основе ингибиторов-антиагломерантов и ингибиторов кинематического типа. Данная концепция не нашла пока широкого распространения среди исследователей нашей страны, поэтому мы предлагаем научному сообществу присоединиться к изучению данного вопроса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сравнение эффективности ингибиторов гидратообразования кинетического типа и опыт их промышленного применения в ПАО "Оренбургнефть" / А. В. Фаресов, А. И. Пономарев, Е. А. Круглов, А. П. Баряев. – Текст : непосредственный // Научно-технический сборник Вести газовой науки. – 2016. – № 2(26). – С. 117-122

2. Пат. 2735819 Российская Федерация, МПК C09K8/524. Ингибитор гидратообразования – антиагломерант : № 2019145743 : заявл. 31.12.2019 : опубл. 09.11.2020 / Торгашин А. С. ; патентообладатель Торгашин А. С. – Текст : непосредственный.

3. Microscopic insights into synergism effect of different hydrate inhibitors on methane hydrate formation: Experiments and molecular dynamics simulations / B. Liao, J. Wang , J. Sun [et al.]. – Direct text // FUEL. – 2023. – V. 340. – P. 134-140.

УДК 66.074.2

УЛАВЛИВАНИЕ ЧАСТИЦ КАТАЛИЗАТОРА СЕПАРАТОРОМ В РЕАКТОРЕ С ПСЕВДООЖИЖЕННЫМ СЛОЕМ

Попкова О. С., канд. техн. наук., доцент, oksiniy@mail.ru
Гильмутдинова З. А., бакалавр, z-gilmutdinova@bk.ru
г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. Значимой проблемой является улавливание частиц в реакторах с псевдоожиженным слоем. Применяемые циклонные сепаратора имеют ряд недостатков: высокое гидравлическое сопротивление и быстрый износ стенок. Авторами предложена иная модель сепаратора. Описан принцип действия. Установлено, что при течении газа внутри

устройства возникает структурированный поток, напоминающий «волны». Показано, что при физических экспериментах предлагаемое устройство позволяет с эффективностью выше 50 % при скорости газа менее 3 м/с улавливать частицы размером от 8 до 300 мкм.

Ключевые слова: катализатор, сепаратор, мелкие частицы, реактор.

Улавливание и эффективное удержание частиц катализатора, в подвешенном состоянии, в реакторах с псевдоожиженным слоем является одним из важнейших аспектов при дегидрировании изопарафинов [1]. В данных реакторах частицы катализатора играют определяющую роль в обеспечении каталитической активности и стабильности процесса. Однако, в процессе эксплуатации возникают проблемы, которые связаны с тем, что частицы при контакте друг с другом постепенно истираются. Соответственно, их размер уменьшается, что приводит к их уносу газом.

Необходимость возвращения частиц катализатора в рабочую зону реактора обусловлена несколькими факторами. Прежде всего, это связано с минимизацией потерь катализатора, который является дорогостоящим и ключевым элементом в химическом процессе. Возвращение частиц в рабочую зону также способствует поддержанию высокой эффективности процесса и улучшению общей производительности реактора.

В большинстве случаев для улавливания частиц катализатора в реакторе используются циклонные сепараторы. Это устройства, которые работают на основе центробежных сил [2, 3]. Они обеспечивают эффективное отделение твердых частиц от газовой фазы [4]. Однако, у циклонных сепараторов имеются значимые недостатки при их применении в реакторе – это высокое гидравлическое сопротивление. Снижение скорости на входе позволяет снизить гидравлическое сопротивление, но уменьшается эффективность сепарации. Ввиду этого разработка новых сепарационных устройств является актуальной задачей [5].

В работе предлагается сепаратор с дугообразными элементами, который изображен на рисунке 1. Его модель для проведения экспериментов была изготовлена с помощью 3D печати. Для этого использовался PLA пластик. Физическая модель состояла из пяти рядов. В каждом из которых находилось по 4 элемента.

Принцип действия данного устройства заключается в том, что при течении газового потока и огибании сепарационных элементов его структура упорядочивается, приобретая волнообразный вид [6]. В результате под действием центробежных сил частицы отлетают к сепарационным элементам и впоследствии оседают в бункер.



Рис. 1. Физическая модель сепаратора с дугообразными элементами

Физические эксперименты показали, что предлагаемое устройство позволяет с эффективностью выше 50 % при скорости газа менее 3 м/с улавливать частицы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пылеулавливающее устройство для блоков дегидрирования парафиновых углеводородов с кипящим слоем катализатора / Э. И. Салахова, А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров, [и др.]. – Текст : непосредственный // Катализ в промышленности. – 2022. – Т. 22, № 2. – С. 57-64.

2. Влияние сепарационной решетки на эффективность улавливания твердых частиц в устройстве с дугообразными элементами / Э. И. Салахова, В. Э. Зинуров, О. С. Дмитриева [и др.]. – Текст : непосредственный // Вестник Технологического университета. – 2023. – Т. 26, № 8. – С. 41-46.

3. Численное моделирование очистки газа от твердых взвешенных частиц в сепарационном устройстве с вогнутыми отражающими элементами / Э. И. Салахова, В. Э. Зинуров, В. В. Харьков, [и др.]. – Текст : непосредственный // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 8. – С. 10-14.

4. Улавливание мелкодисперсных частиц мультивихревым сепаратором в окрасочно-сушильной камере / В. Э. Зинуров, Р. Я. Биккулов, А. В. Дмитриев, А. А. Абдуллина. – Текст : непосредственный // Вестник Технологического университета. – 2023. – Т. 26, № 6. – С. 57-61.

5. Сравнение технических характеристик мультивихревого сепаратора с циклонами различных модификаций / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, Р. Я. Биккулов [и др.]. – Текст : непосредственный // Известия высших

учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2023. – Т. 25, № 3. – С. 117-127.

6. Салахова Э. И. Исследование структуры газового потока в сепарационном устройстве с дугообразными элементами / Э. И. Салахова, А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров. – Текст : непосредственный // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25, № 5. – С. 60-64.

УДК 665.652.72

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ ПРОЦЕССА ФИШЕРА-ТРОПША

Савченков А. Л., канд. техн. наук, доцент, savchenkoval@tyuiu.ru
Рысицкая О. Г., бакалавр, shtirlina.olga@gmail.com
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Синтез разнообразных углеводородных соединений, включая топливные фракции, методом Фишера-Тропша, представляет собой актуальный подход к извлечению ценных продуктов из природного газа. Однако несовершенство используемых катализаторов, переводящих синтез-газ в конечную продукцию, ограничивает эффективность технологии. В связи с этим постоянно возникает потребность в поиске новых решений, направленных на улучшение эффективности, селективности и экологической устойчивости процесса. Цель данного исследования заключается в анализе и обобщении последних разработок в области катализаторов для синтеза Фишера-Тропша.

Ключевые слова: синтез Фишера-Тропша, катализаторы, новые разработки.

Основными катализаторами синтеза Фишера-Тропша являются катализаторы, в основе своей содержащие один из следующих металлов: никель, железо, кобальт или рутений. При этом промышленное значение имеют только железо и кобальт [1]. Установлено, что железные катализаторы более эффективны при работе с синтез-газом, полученным из угля, а кобальтовые – для синтез-газа, полученного из попутного или природного газов, ШФЛУ или иных источников [2].

Добавление промоторов, изменение состава носителя, способ приготовления катализатора или его пропитка существенно влияют на конечную продукцию синтеза. Основные разработки по повышению активности или селективности ведутся относительно кобальтовых катализаторов с добавлением оксида алюминия, наиболее распространённых в современной промышленности [3]. Обобщённые результаты этих исследований [4-9] представлены в таблице 1.

Железные катализаторы уступают кобальтовым, но поиски новых решений для повышения эффективности этого типа катализаторов успеш-

но продолжаются. Так, в исследовании, опубликованном в журнале Science [10], описан железно-марганцевый катализатор, обладающий гидрофобными свойствами, который показал снижение конверсии CO в одноуглеродные соединения более чем в два раза. Такой состав катализатора может положительно влиять на экономическую составляющую процесса, поскольку катализаторы на основе железа дешевле кобальтовых примерно в 200 раз.

Таблица 1

Конфигурации Co-катализаторов для синтеза Фишера-Тропша

Состав катализатора	Промотор	Носитель	Особенности катализатора
Co-Al_2O_3	MnO_2	SiO_2	Высокий выход жидких и твёрдых углеводородов.
Co-Al_2O_3	-	КСКГ	Высокий выход церезинов.
Co-Al_2O_3	Ni	γ-Al_2O_3	Общее повышение активности по сравнению с другими модификациями оксида алюминия.
Co-Al_2O_3	ZrO_2	SiO_2	Снижает удельную поверхность, снижает степень восстановления.
Co-Al_2O_3	CuO	SiO_2	Значительно снижает степень восстановления.

Несмотря на то, что только железистые и кобальтовые катализаторы применяются в промышленности, многообещающие результаты представляют катализаторы, основу которых составляют другие металлы, ранее не применявшиеся в технологии синтеза Фишера-Тропша.

Так, циркониевый катализатор $[Zr_4(OH)_8(H_2O)_{16}]_8^+$ в сочетании с монтмориллонитом позволяет получать фракцию C_5-C_{12} с выходом до 80 % [11], что является крайне перспективным способом получения бензиновой фракции.

Другой многообещающей основой для катализаторов может оказаться цинк-хромовый катализатор на цеолите MSAPO ($ZnCrO_x$/MSAPO), обеспечивающий выход до 94 % углеводородов C_2-C_4, из которых 80 % приходится на лёгкие олефины, являющиеся ценным сырьём для нефтехимической промышленности [12].

Таким образом, несмотря на широкое распространение кобальтовых катализаторов, последние тенденции в области разработки новых конфигураций катализаторов указывают на стремление к использованию альтернативных металлических основ для синтеза Фишера-Тропша. Этот переход от кобальтовых катализаторов может стать важным этапом в развитии технологии. В Российской Федерации, обладающей значительными запасами природного газа, технологии на основе альтернативных металлических катализаторов могут найти широкое применение в ближайшем будущем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Процессы XTL. Технологические аспекты переработки ископаемого и возобновляемого углеродсодержащего сырья на основе процесса Фишера-Тропша. Сообщение 1. Сырьевая база и каталитические основы процесса Фишера-Тропша / А. Р. Каримова, Р. Р. Ширияздановв, А. Р. Давлетшин [и др.]. — Текст : непосредственный // Башкирский химический журнал. — 2016. — № 2. — С. 71-81.

2. Четыре поколения технологии получения синтетического жидкого топлива на основе синтеза Фишера-Тропша / В. З. Мордкович, Л. В. Синева, Е. В. Кульчаковская, Е. Ю. Асалиева. — Текст : непосредственный // Катализ в нефтеперерабатывающей промышленности. — 2015. — № 5. — С. 23-45.

3. Промотирование кобальтовых катализаторов синтеза углеводородов оксидом алюминия / Р. Е. Яковенко, В. Г. Бакун, С. И. Сулима [и др.]. — Текст : непосредственный // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. — 2016. — № 4. — С. 96-102.

4. Влияние метода приготовления на свойства кобальтсодержащего катализатора для прямого синтеза моторных топлив из CO и H_2 / Р. Е. Яковенко, А. Н. Салиев, И. Н. Зубков [и др.]. — Текст : непосредственный // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. — 2018. — № 1. — С. 96-104.

5. Катализаторы для получения церезина методом Фишера-Тропша / Р. Е. Яковенко, Г. Б. Нарочный, В. Г. Бакун [и др.]. — Текст : непосредственный // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. — 2014. — № 6. — С. 92-95.

6. Кобальт-никелевые катализаторы синтеза углеводородов на глиноземных носителях / А. А. Василенко, К. Н. Алексенко, С. С. Иваненко [и др.]. — Текст : электронный // Инженерный вестник Дона. — 2018. — № 2. — URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2018/4968 (дата обращения: 19.10.2023).

7. Карабанов А. В. Физико-химические свойства кобальтовых катализаторов с промотирующими добавками меди и циркония / А. В. Карабанов, А. А. Кутовой, А. Л. Шмановская. — Текст : электронный // Инженерный вестник Дона. — 2018. — № 3. — URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5131 (дата обращения: 19.10.2023).

8. Карабанов А. В. Исследование влияния добавок на физико-химические свойства кобальтовых катализаторов синтеза Фишера-Тропша / А. В. Карабанов, А. Л. Шмановская, А. А. Кутовой. — Текст : электронный // Инженерный вестник Дона. — 2018. — № 3. — URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2018/5132 (дата обращения: 19.10.2023).

9. Переработка углей и природных органических веществ в синтетические углеводороды. Часть 6: Влияние метода приготовления на свойства кобальтсодержащего катализатора для прямого синтеза моторных топлив

из CO и H_2 / Р. Е. Яковенко, А. Н. Салиев, И. Н. Зубков [и др.]. — Текст : непосредственный // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. — 2018. — № 1. — С. 96-104.

10. A hydrophobic FeMn@Si catalyst increases olefins from syngas by suppressing C1 by-products / X. Yanfei, L. Xiangyang, G. Junhu [et al]. — Direct text // Science. — 2021. - №3. — P. 610-613.

11. Каримова А. Р. Суперкислотные катализаторы на основе кислотно активированного монтмориллонита в синтезе Фишера–Тропша / А. Р. Каримова, А. Р. Давлетшин, М. Н. Рахимов, А. Б. Мурзабекова. — Текст : непосредственный // НефтеГазоХимия. — 2017. — № 3. — С. 52-55.

12. Feng J. Selective conversion of syngas to light olefins / J. Feng. — Direct text // Science. — 2016. - №4. — P. 1065-1068.

УДК 661.72

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОКСИГЕНАТНЫХ ДОБАВОК ДЛЯ БЕНЗИНОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Толоков В. А., магистрант, tolokovvladislav@gmail.com
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В данной работе изучено воздействие оксигенатных добавок, таких как простые спирты и эфиры, которые широко применяются в качестве высокооктановых компонентов для бензинов, на окружающую среду и человека. В работе анализируются известные эффекты и возможные негативные последствия использования таких добавок, основанные на существующих научных исследованиях. Работа является актуальной в связи с постоянно растущим спросом на бензины и высокооктановые добавки к ним.

Ключевые слова: оксигенаты, МТБЭ, МТАЭ, спирты, эфиры.

Изучение воздействия оксигенатных добавок для бензинов на экологию является актуальной темой, поскольку она относится к важной проблеме современности. В последние годы стало ясно, что выбросы от автотранспорта значительно влияют на загрязнение окружающей среды и изменение климата. В связи с этим при производстве бензинов техническим регламентом Таможенного союза (ТР ТС 013/2011) строго регламентируется его состав, ограничивая применение высокоэффективных добавок на основе свинца, железа, марганца и монометиланилина. В настоящее время направление производства высокооктановых добавок на основе кислорода широко развивается и изучается.

Целью данной работы является изучение воздействия оксигенатных добавок для бензинов на окружающую среду и живые организмы в зависимости от класса оксигенатов.

Применяемые в настоящее время оксигенаты чаще всего относятся к простым спиртам или к простым эфирам.

В первую очередь рассмотрим некоторые из простых спиртов. К ним относится метанол, этанол, изопропанол, изобутанол и другие менее популярные оксигенаты. Определив интересующие показатели для изучения, составлена таблица 1.

Спирты отличаются высокой растворимостью в воде, поэтому легко могут попадать в водоёмы или в грунтовые воды. Среди представленных спиртов, не смотря на равенство некоторых пунктов, метиловый является самым опасным. Летальный исход от него для человека возможен при употреблении более 30 мл, когда у изопропанола после 240 мл, а у этанола более 500мл. Самая низкая опубликованная летальная концентрация для изобутилового спирта составляет 2460 мг/кг (для крыс) [1], что для человека весом 80 кг будет составлять порядка 246 мл.

Таблица 1

Характеристики применяемых простых спиртов

Вещество	Метанол	Этанол	Изопропанол	Изобутанол
Класс опасности по ГОСТ 12.1.007	3	4	3	3
Классификация опасных грузов	3	3	3	3
Огнеопасность по NFPA 704	3	2	1	1
Опасность здоровья по NFPA 704	4	3	3	3
Реакционная способность по NFPA 704	0	0	0	0
Растворимость в воде при 20°С, % масс.	неограниченно растворим	неограниченно растворим	12,3	8,5

Все представленные спирты относятся к легковоспламеняемым жидкостям, но метанол среди них так же наиболее опасный. Его температура кипения значительно ниже остальных, что позволяет ему гораздо легче образовывать с воздухом взрывоопасные смеси. В связи с этим, существует наибольшая вероятность отравления его парами вызывающими сильный кашель.

Далее изучены простые эфиры, а именно: диметиловый, диэтиловый, диизопропиловый, метилтретбутиловый (МТБЭ) и метилтретамиловый (МТАЭ). Их характеристика представлена в таблице 2.

Таблица 2

Характеристики применяемых простых эфиров

Вещество	Диметиловый эфир	Диэтиловый эфир	Диизопропиловый эфир	МТБЭ	МТАЭ
Класс опасности по ГОСТ 12.1.007	4	4	4	4	4
Классификация опасных грузов	3	3	3	3	3
Огнеопасность по NFPA 704	2	2	1	2	-
Опасность здоровья по NFPA 704	4	4	3	3	-
Реакционная способность по NFPA 704	1	1	1	0	-
Растворимость в воде при 20°С, % масс.	370	6,5	0,2	4,8	0,2

Эффект от попадания простых эфиров в окружающую среду зависит от конкретного эфира и условий его использования. В общем случае, эфиры оказывают схожее со спиртами действие. Они могут вызывать раздражение дыхательных путей, кожные аллергические реакции, а при высоких концентрациях оказывать токсическое воздействие на организм, но имеют большие температуры кипения в связи с чем их концентрация в воздухе будет заметно ниже.

Отдельно стоит выделить наиболее популярные к применению в настоящее время МТБЭ и МТАЭ. МТБЭ активно производят в России и Китае, а единственным исключением из развитых стран, где эта присадка запрещена к применению в бензине, стала Америка. В 1996 году в подземных источниках питьевой воды городов Санта-Моника и Гленвилль в Калифорнии была обнаружена недопустимая концентрация МТБЭ. Эксперименты на лабораторных животных, которым в 1997 году была введена доза МТБЭ, зафиксировали развитие у них лейкемии, лимфомы и рака [2]. А в эксперименте 2011 года сообщается что МТБЭ не проявляет мутагенную активность (по тесту хромосомных аберраций) и не вызывает летальных мутаций в репродуктивных клетках у мышей [3]. Касательно МТАЭ, агентство по исследованию рака Всемирной организации здравоохранения, утверждает что он не классифицируется как канцероген для человека [4].

Результаты данной работы могут быть полезны при выборе оксигената, основываясь на их опасности и имеющихся средств защиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сайт о законах, праве и их практическом применении в жизни «Юридический портал». – Текст : электронный // Официальный сайт. – 2023. URL : https://spherazakona.ru/avtolover/izobutanol-plotnost-pri-20-gradusax.html?ysclid=lp2vwh8kru585851322 (дата обращения: 15.11.2023).
2. Производитель топливных присадок и фильтров «Одуванчик» : сайт. – URL : https://oduvanchik-him.ru/ (дата обращения: 15.11.2023). – Текст : электронный.
3. Трифонова Э. В. Исследование на мышах мутагенного эффекта МТБЭ / Э. В. Трифонова, Р. Г. Сайфутдинов. – Текст : непосредственный // Практическая медицина. - 2011. - № 3-1. - С. 126-127.
4. Михайлик Н. В. Обеспечение пожарной безопасности производств «Синтез МТАЭ и выделение бензола» на АО «Новокуйбышевская нефтехимическая компания» : 20.03.01 : выпускная квалификационная работа / Н. В. Михайлик; Тольяттинский государственный университет. - Тольятти, 2021. - 76 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Дерюгина О.П., канд. техн. наук, доцент

УДК 54.05:66.074.31

ПОЛУЧЕНИЕ ЦЕОЛИТОВ ДЛЯ ПРОЦЕССА ОСУШКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ИЗ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭС

Уразова К. В., обучающийся, christinaurazova@gmail.com
Решетова А. А., канд. техн. наук, доцент, reshetovaaa@tyuiu.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация: Цель исследования состоит в следующем: установить возможность применения золошлаковых отходов тепловых электростанций с целью получения недорого цеолита для процесса осушения природного газа. В ходе работы был определен состав золошлаковых отходов, осуществлен анализ отечественных цеолитов, которые можно получить из золошлаковых отходов. При помощи гидротермальной обработки был получен из золы-уноса гидросодалит, который можно использовать как осушитель природного газа. Таким образом, установлена возможность использования золошлаковых отходов в качестве недорого сырья с целью получения цеолитов для процесса осушения газа.

Ключевые слова: золошлаковые отходы, цеолиты, осушение природного газа, каолины, гидротермальная обработка, гидросодалит.

Тема исследования актуальна по нескольким причинам. Во-первых, золошлаковые отходы хранят в золоотвалах, которые занимают большие площади и являются причиной повышенной опасности для окружающей

среды. Во-вторых, золошлаковые отходы благодаря своему составу можно использовать как вторичное сырье, в том числе и для получения цеолитов.

Золошлаковые отходы – отходы, которые образуются в результате производства электрической энергии на тепловых электростанциях. На сегодняшней день в России накоплено более 1,2 млрд. золошлаковых отходов тепловых электростанций, а утилизируется около 10%, что негативно сказывается на состояние окружающей среды. Существует несколько способов переработки золошлаковых отходов, одним из которых является получение сорбентов, в частности цеолитов. Цеолиты – это гидратированные алюмосиликатные структуры щелочных и щелочноземельных металлов. Благодаря тому, что цеолиты обладают селективными, ионообменными и адсорбционными свойствами, они широко применяются на нефте- и газоперерабтывающих предприятиях для различных процессов, в том числе и на стадии осушения природного газа, в основе которого лежит адсорбционный метод. Наиболее эффективными адсорбентами для осушки газа считаются синтетические цеолиты, так как они имеют высокую поглотительную способность, обладают молекулярно-ситовым эффектов и позволяют достичь высокой точки росы осушения газа [1].

В ходе энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии был установлен химический состав золы-уноса и определено, что в золошлаковом сырье содержание оксида кремния и оксида алюминия совпадает с содержанием этих оксидов в каолинах, которые используются для получения цеолитов (таблица №1). Выше описанное позволяет опробовать золошлаковые отходы как сырье для получения цеолитов.

Таблица 1

Химический состав золошлакового сырья

Содержание, масс.%							
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	MnO_2	K_2O
50.5	39.3	4.2	0.9	3.1	0.7	0.5	0.8

Для получения сорбента золошлаковые отходы были сначала подвергнуты магнитной сепарации для удаления железосодержащих фаз. Затем осуществили гидротермальный синтез при температуре 80 ^{0}C в течение 24часов: сухую золу смешали с раствором 20% гидроксида натрия, тщательно перемешали и поместили суспензию в автоклав, потом полученный продукт промыли дистиллированной водой до нейтральной среды и в конце высушили. Методом рентгенофазного анализа (РФА) было установлено, что после термической обработки щелочью появилась кристаллическая фаза типа гидросодалита. Гидросодалит – это алюмосиликатный пористый минерал с каркасной структурой, подобной цеолиту. Гидросодалит обладает гидрофильными свойствами, химической стабильностью,

влагостойкостью, а также имеет небольшой размер апертуры (0,28 нм), благодаря чему может поглощать молекула воды. Поэтому применение гидросодалита, полученного из золы-уноса, можно опробовать как осушитель природного газа.

Согласно работе [2] при повышении температуры размер пор полученного продукта уменьшается: при температуре выше 95 ^{0}C образуется цеолит типа X и A. Из-за того, что в изначальном сырье соотношение оксида кремния и оксида алюминия меньше двух, то для получения осушителя из золы-уноса подойдут цеолиты типа A. Практическое применение для процесса осушки газа типа A получили KA и NaA, которые позволяют достичь точки росы не менее 70^{0}C [3].

Таким образом, из золошлаковых отходов гидротермальным синтезом можно получить гидросодалит, а из него – цеолит, подобный цеолитам NaA и KA, для процесса осушки природного газа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аджиев А. Ю. Отечественные цеолиты для глубокой осушки газа при производстве сжиженного природного газа / А. Ю. Аджиев, Н. П. Морева, Н. И. Долинская. – Текст : непосредственный // Нефтегазохимия. – 2015. – № 3. – С. 34-38.

2. Котова О. Б. Новые технологии утилизации золы уноса: синтез цеолитов (на примере Печорского бассейна) / О. Б. Котова, Д. А. Шушков. – Текст : непосредственный // Стратегические приоритеты в управлении природно-ресурсным потенциалом. – 2016. – С. 52-56.

3. Потехин В. М. Химия и технология углеводородных газов и газового конденсата / В. М. Потехин. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 712 с. – Текст : непосредственный

УДК 66

МНОГОСТУПЕНЧАТОЕ ХИМИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Хамитова Н. П., обучающийся, natalyahamitova@yandex.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В данной статье рассматривается многоступенчатое химическое производство для получения сложных молекул, которые невозможно переработать за один этап. Такое производство используется для производства широкого спектра химических веществ и материалов, включая фармацевтические препараты, полимеры, пластмассы и топливо.

Ключевые слова: реакции, процесс, переработка, химические вещества.

Многоступенчатое химическое производство - это производственный процесс, используемый для получения сложных химических веществ или материалов путем последовательного проведения нескольких химических реакций или этапов обработки.

Такое химическое производство требуется для сложных химических веществ, где несколько химических соединений должны сочетаться последовательно, в определенных условиях, например, препараты фармацевтики.

Для проведения процесса определенных химических реакций или стадий переработки веществ, необходим процесс, предполагаемый использование специальных реакторов. В ходе этого процесса промежуточные продукты проходя переработку сначала в одном реакторе следом переносятся в другой.

Химические реакции могут быть экзотерическими (реакция горения, реакция нейтрализации между щелочами и сильными кислотами, реакции оксидов активных металлов с водой и другие) и эндотермическими (большинство реакций разложения, реакция фотосинтеза). А продуктам промежуточного производства нужна будет отчистка, разделение или иные этапы обработки для получения конечного продукта.

Многоступенчатый процесс химического производства может быть использован для производства широкого спектра химических веществ и материалов, включая фармацевтические препараты, полимеры, пластмассы и топливо.

Этот сложный химико-технологический процесс, требующий особого контроля, часто используется для получения сложных молекул, которые невозможно переработать за один этап.

Для обеспечения соответствия продукта всем требованиям такой процесс, как многоступенчатое химическое производство требует особых условий контроля за производственным процессом и тщательного проектирования.

Для проведения всех этапов переработки, а также необходимых реакций могут потребоваться значительные инвестиции в систему оборудования, специальные навыки и знания, соответствующее сырье и рабочая сила. Несмотря на эти требования, многоступенчатое химическое производство является неотъемлемой частью химического производства сложных химических составляющих.

Преимущества такого химического производства - это снижения влияния вредных факторов на окружающую среду, улучшение качества продукции, повышение эффективности, а также повышения уровня безопасности.

Чистый состав произведенного продукта, уменьшение затрат на производство, улучшение условий окружающей среды и уменьшение содер-

жания вредных веществ в атмосфере, а также сокращение риска опасных производственных травм и несчастных случаев, все это можно достичь при использовании многоступенчатого химического производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулясова Е. В. Химическая промышленность России: современное состояние и проблемы развития / Е. В. Кулясова. – Текст : непосредственный // Вестник университета. – 2019. - № 5 – С. 93-100.

2. Никитина К. Л. Анализ основных показателей деятельности химической промышленности России / К. Л. Никитина, Д. А. Корнилов, Е. В. Корнилова. – Текст : электронный // Иннов: электронный научный журнал. – 2017. - № 1 (30). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-osnovnyh-pokazateley-deyatelnosti-himicheskoy-promyshlennosti-rossii/viewer (дата обращения 23.10.2023)

3. Тальберг О. В. Анализ тенденций и перспектив развития химической отрасли России / О. В. Тальберг. – Текст : непосредственный // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). – 2016. - № 2 (54). – С. 125-133.

УДК 665.753.4

УЛУЧШЕНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ АТМОСФЕРНОЙ ФРАКЦИИ НЕФТИ ПУТЕМ ПЕРЕРАБОТКИ НА ЦЕОЛИТНОМ КАТАЛИЗАТОРЕ

Чебанова Е. С., бакалавр, esc14@tpu.ru
Ефанова А. О., магистрант, aoe4@tpu.ru
Киргина М. В., канд. техн. наук, доцент
г. Томск, Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Аннотация: в настоящей работе представлены результаты переработки атмосферной фракции нефти на цеолитном катализаторе, изучены основные характеристики сырья и продуктов процесса. Результаты исследования свидетельствуют о возможности применения продуктов переработки атмосферной фракции нефти на цеолитном катализаторе в качестве компонентов низкозастывающих топлив.

Ключевые слова: переработка на цеолите, низкотемпературные свойства, низкозастывающее топливо.

Ввиду постоянного повышения спроса на низкозастывающее топливо, исследования в данной области являются важной составляющей для

развития нефтяной промышленности. В настоящее время существуют различные способы улучшения низкотемпературных характеристик топлива, среди которых наиболее перспективным является переработка на цеолитных катализаторах. Это можно объяснить тем, что цеолиты являются экономически выгодными, достаточно легко регенерируется со значительно меньшими затратами азота, кроме того для использования данных катализаторов не требуется рецикл водорода, что делает производство топлива безопасным.

Целью данной работы является исследование низкотемпературных характеристик атмосферной фракции нефти и продуктов ее переработки на цеолитном катализаторе.

Для проведения работы в качестве сырья использовалась атмосферная фракция, выделенная путем разгонки нефти с одного из месторождений Западной Сибири, согласно требованиям [1]. В качестве низкотемпературных характеристик для анализа были выбраны: температура помутнения ($Т_п$), предельная температура фильтруемости (ПТФ), температура застывания ($Т_з$). Определение низкотемпературных характеристик проводилось согласно [2-3].

Результаты определения низкотемпературных характеристик представлены в Таблице 1.

Исходя из данных, представленных в Таблице 1, можно видеть, что переработка на цеолитном катализаторе привела к снижению (улучшению) низкотемпературных характеристик продукта. Все низкотемпературные характеристики достигли отметки -70 °С, что делает их перспективными для получения низкозастывающих топлив.

Таблица 1

Характеристики сырья и продукта

Сравниваемая характеристика	Сырье	Продукт
$Т_п$, °С	-2	Не мутнеет при -70 °С
$Т_з$, °С	-4	Не застывает при -70 °С
ПТФ, °С	-4	Проходит через холодный фильтр при -70 °С
Содержание серы, мг/кг	19	25
Плотность при 15 °С, кг/м^3	760,9	760,5
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм^2/с	1,5989	0,82808
Молекулярная масса, г/моль	165±15	131±12

Также удалось добиться снижения значения кинематической вязкости с 1,599 мм^2/с для сырья до 0,828 мм^2/с для продукта. Изменение значений плотности исходной атмосферной фракции нефти (сырье) и атмосферной фракции нефти после переработки на цеолитном катализаторе (про-

дукт) незначительно. Стоит отметить, что продукт, который был получен после переработки на цеолитном катализаторе, характеризуется более низким показателем молекулярной массы, что, в свою очередь, связано с изменением состава фракции в ходе каталитической переработки. Факт повышения содержания серы следует проанализировать более детально, поскольку содержание серы строго контролируется для нефтей и товарных топлив, поэтому улучшение данного показателя является важным аспектом, требующим особого внимания.

Таким образом, можно сделать вывод, что переработка атмосферной фракции нефти на цеолитном катализаторе ведет к улучшению низкотемпературных характеристик, однако изменение такие показателей, как плотность и содержание серы требуют дальнейшего изучения.

Исследование выполнено при поддержке программы развития ТПУ «Приоритет 2030» (Приоритет-2030-НИП/ЭБ-116-375-2023).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 2177-99. Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава : межгосударственный стандарт: издание официальное: утв. и введ. в действие Постановлением Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации и метрологии от 21 сентября 1999 г. N 300-ст: введ. впервые: дата введ. 2001-01-01 / разработан Межгосударственным техническим комитетом ТК 31 «Нефтяные топлива и смазочные материалы» (ВНИИ НП). – Москва : Стандартинформ, 2021. – 28 с. – Текст : непосредственный.

2. ГОСТ 2177-99. Нефтепродукты. Методы определения температур текучести и застывания : межгосударственный стандарт: издание официальное: утв. и введ. в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 сентября 2018 г. N 660-ст: введ. впервые: дата введ. 2019-07-01 / разработан Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 31 «Нефтяные топлива и смазочные материалы», АО «ВНИИ НП». – Москва : Стандартинформ, 2019. – 11 с. – Текст : непосредственный.

3. ГОСТ EN 116-2013. Топлива дизельные и печные бытовые. Метод определения предельной температуры фильтруемости : межгосударственный стандарт: издание официальное : утв. и введ. в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. N 1826-ст: введ. впервые : дата введ. 2015-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2013. – 28 с. – Текст : непосредственный.

УДК 661.721.41

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАНОЛА

Черепанов А. П., бакалавр, cherepanov.aleksey01@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Инновационная технология производства метанола из диоксида углерода и водорода, использующая атмосферный воздух и электролиз воды. Электроэнергия для процесса получения водорода вырабатывается с помощью ветряных генераторов или солнечных панелей. Произведенный метанол может использоваться для получения различных химических продуктов и моторного топлива. Преимущества включают экологическую чистоту, отрицательные экологические выбросы и большую полноту сгорания в топливе. Требуется оптимальное размещение производства для компенсации недостатков, включая высокое потребление электроэнергии и низкую концентрацию диоксида углерода в атмосфере. Расположение производства вблизи тепловых электростанций может оптимизировать технологию производства и значительно снизить углеродный след транспорта.

Ключевые слова: метанол, технология, диоксид углерода, водород, синтез метанола, тепловые электростанции.

В настоящее время наиболее распространенным методом синтеза метанола является паровая конверсия метана в синтез-газ ($CO + H_2$) с дальнейшим каталитическим превращением его в метанол. Известны способы получения синтез-газа парциальным каталитическим окислением метана и мембранный процесс парциального окисления. Все эти способы имеют общие недостатки – сложное дорогостоящее оборудование, высокое требование к чистоте синтез-газа, а также неэффективность малых и средних производств по мощности[1,2].

Инновационная технология позволяет получать метанол из диоксида углерода CO_2 и водорода. Источником диоксида углерода является атмосферный воздух. Поток воздуха направляется на фильтры, улавливающие CO_2, который в дальнейшем используют в синтезе.

Водород получают электролизом воды. Электроэнергия для процесса электолиза вырабатывается ветряными генераторами или солнечными панелями. В целях обеспечения производства необходимыми ресурсами подбирается оптимальная климатическая зона для расположения производства. Произведенный таким способом метанол может использоваться как сырье для получения формальдегида, метил-трет-бутилового эфира или уксусной кислоты, так и для производства моторного топлива в традиционных бензиновых двигателях внутреннего сгорания [3,4].

Основными преимуществами данного способа производства метанола являются:

- относительная экологическая чистота продукта;
- отрицательные экологические выбросы;
- установка не потребляет энергетические ресурсы извне;
- топливо, получаемое из такого метанола, обладает большей полнотой сгорания.

Из основных минусов стоит выделить привязку к климатическим условиям, значительное потребление электроэнергии, а также малую концентрацию диоксида углерода в атмосфере.

Для компенсирования всех вышеперечисленных недостатков необходимо располагать производство вблизи тепловых электростанций или кооперировать установки производства метанола с электрогенерирующими производствами.

В структуре выбросов парниковых газов 77,9 % (1597,7 млн т/год) занимает сектор энергетики, а в разрезе состава выбросов диоксид углерода составляет 79,2 % (1624,2 млн т/год) [5]. В системе выработки и потребления электричества 60,7 % электроэнергии в России занимают тепловые электростанции, большая часть из которых работает на природных ископаемых. В тёплые периоды года (апрель-сентябрь) снижение потребление электричества составляло до 24,1 %. Кроме этого, наблюдаются спады потребления электроэнергии внутри дня за пределами пиковых часов (с 23 часов до 6 часов) [6].

Таким образом, тепловые электростанции являются источником не только CO_2, но и электроэнергии, особенно в теплые периоды года и ночное время. Строительство установок по производству метанола вблизи тепловых электростанций позволит существенно оптимизировать технологию производства.

Так же стоит отметить, что при производстве моторного топлива из метанола, полученного таким методом, замыкается цикл углекислого газа в окружающей среде. За счет улавливания CO_2 из атмосферы и его переработки общие выбросы углерода сокращаются по сравнению с традиционным бензином. Такой подход способствует смягчению последствий изменения климата за счет минимизации углеродного следа транспорта. Внедрение таких методов производства топлива имеет решающее значение для достижения более чистого и зеленого будущего.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Караваев М. М. Технология синтетического метанола / М. М. Караваев, В. Е. Леонов. – Москва : Химия, 1984. – 240 с. – Текст : непосредственный.

2. Гимаева А. Р. Методы получение синтез-газа для производства метанола / А. Р. Гимаев, И. И. Хасанов. – Текст : непосредственный // Нефтегазохимия. – 2018. – № 2. – С. 14-19

3. PORSHE : The media portal by Porche : [сайт]. – URL : https://media.porsche.com (дата обращения: 10.10.2023). – Текст : электронный.

4. ExonMobil : Chemicals&Specialties : [сайт]. – URL : https://www.exxonmobilchemical.com (дата обращения: 10.10.2023). – Текст : электронный.

5. Охрана окружающей среды в России. – Текст : электронный // Федеральная служба государственной статистики : [официальный сайт]. – 2023. – URL : https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ochrana_okruj_sredi_2022.pdf (дата обращения : 10.10.2023).

6. Отчет о функционировании ЕЭС России в 2022 – Текст : электронный // Системный оператор единой энергетической системы : официальный сайт. – 2023. – URL : https://www.so-ups.ru/functioning/tech-disc/tech-disc2023/otchet-o-funkcionirovanii-eehs/ (дата обращения : 10.10.2023).

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

СЕКЦИЯ «ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»

УДК 691.175

КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫЕ СМОЛЫ В ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЯХ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Агейкина О. В., канд. хим. наук, доцент, agejkinaov@tyuiu.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Актуальным направлением технологического развития производства строительных материалов в современных условиях и в далекой перспективе являются технические решения, направленные на рациональное использование природных ресурсов. Предложены перспективные направления развития технологии производства строительных материалов на основе местных песчаных и супесчаных грунтов и карбамидоформальдегидных смол. На основе комплексного рассмотрения физико-химических основ получения карбамидоформальдегидных смол разработаны организационно-технологические решения, направленные на снижение техногенного давления на природную среду.

Ключевые слова: строительные материалы, песчаные и супесчаные грунты, карбамидоформальдегидные смолы, рациональное использование природных ресурсов.

Актуальным направлением технологического развития производства строительных материалов в современных условиях и в далекой перспективе являются технические решения, направленные на рациональное использование природных ресурсов. Значительным потенциалом в развитии ориентированных на экологию производств в Западно-Сибирском регионе обладают строительные материалы с применением местных песчаных и супесчаных грунтов и карбамидоформальдегидных смол. Основные положения этого подхода в развитии строительного комплекса были представлены в работах [1,2].

В рамках этого доклада важным представляется разговор о перспективном развитии данного направления. При комплексном рассмотрении физико-химических основ получения карбамидоформальдегидных смол [3-5] была сформирована принципиальная схема технологического цикла изготовления изделий для обустройства месторождений углеводородного сырья в Западной Сибири и их транспорта, на основе местных песчаных и супесчаных грунтов и карбамидоформальдегидных смол. Конспективно схема может быть представлена следующим образом:

- поставка исходных материалов на производственные площади. В данном контексте подразумеваются мономеры (мочевина с формальдегидом) для поликонденсации, а также песчаный (супесчаный) грунт;

- смешение исходных материалов и формование изделий;

- подача формованных изделий в установку термокаталитического отверждения и их прогрев;

- распалубка изделий и подача в камеру пропитки битумом либо битумосодержащими продуктами;

- складирование изделий.

Важной отличительной особенностью предлагаемой организационно-технологической схемы является исключение этапа получения олигомеров (40-60 % вода) и их транспортировки на место производства. Изложенный подход позволит наряду с известным положительным эффектом индустриальной технологии с применением местных грунтов получить серьезное снижение техногенного давления на природную среду вследствие следующих факторов:

- снижение транспортных издержек на всех этапах технологического цикла;

- утилизация побочных продуктов и тепловых эффектов;

- экономически эффективные технологии технической и биологической рекультивации карьеров грунта сравнительно с карьерами щебня.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агейкин В. Н. Индустриальная технология дорожного строительства с применением композиционных материалов на основе карбамидоформальдегидных смол и грунтов (на примере Западной Сибири) : 05.23.11 : автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. Н. Агейкин ; СПбГАСУ. – Санкт-Петербург, 1996. – 24 с. – Текст: непосредственный.

2. Агейкина О. В. Инженерно-экологические аспекты строительства пересечений транспортных коммуникаций на нефтяных и газовых месторождениях / О. В. Агейкина. – Тюмень: ТИУ, 2020. – 160 с. – Текст: непосредственный.

3. Мачнева О. П. Низкотоксичные карбамидные смолы для древесных материалов / О. П. Мачнева. – Текст: непосредственный // Наука без границ. – 2018. – № 11(28). – С. 30-35.

4. Стригунова А. А. Получение пеносорбентов с заданными свойствами на основе карбамидных смол : 03.00.16 : дис. ... канд. техн. наук / А. А. Стригунова ; КГТУ. – Красноярск, 2001. – 144 с. – Текст: непосредственный.

5. Сысоев В. В. Модифицирование карбамидоформальдегидной смолы окисленными полисахаридами крахмала: 05.21.03 : дис. ... канд. техн.

наук / В. В. Сысоев ; СПбЛТА. – Санкт-Петербург, 2008. – 160 с. – Текст: непосредственный.

УДК 004.056

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ УГРОЗАМ НАРУШЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БАЗ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОЛОГИИ SADT

Аков А. Р., магистрант, artem.akov.96@mail.ru
Ситников Я. И., магистрант, yasha_9609@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье рассмотрено противодействие угрозам нарушения информационной безопасности при эксплуатации баз данных (далее БД) с использованием CASE-технологии SADT. Противодействие угрозам позволит своевременно ранжировать их, что поможет дальнейшему устранению.

Ключевые слова: моделирование противодействия угрозам, SADT, ранжирование угроз, устранение угроз.

Моделирование противодействия угрозам предполагает методы борьбы с ними, который обрабатываются, приобретая свои методы на основе возможной угрозы БД, то есть ее защиты. Защита БД является особенно важной частью разработанной программы.

В работе была построена *SADT* модель противодействия угрозам нарушение информационной безопасности при эксплуатации БД, верхний уровень которой представлен на Рис.1. Основанием такой функцией служит защита от разрушения (потери) информации, которая представлена путем обнаружения методов и их ранжирования.

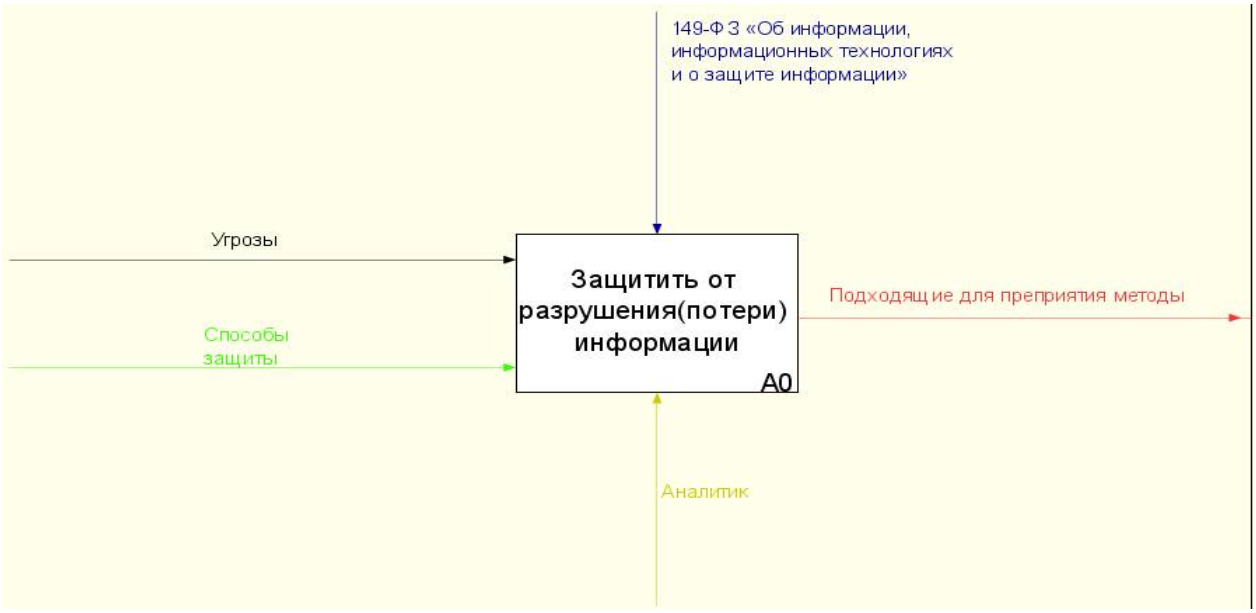


Рис. 1. Общая схема защиты БД

Ранжирование методов происходит, путем их классификации начиная от самого низкого и до самого высокого. В зависимости от сферы и предприятия, ранжирование осуществляется путем среднестатистического отбора более частого нарушения БД.

После тщательного анализа угрозы, идет ее проверка, чтобы в дальнейшем произвести ее ранжирование. Система выбирает наиболее благоприятный путь устранения угрозы и дает исходные варианты решения. Далее происходит тестирование данного метода, которое в конечном итоге и устраняет потенциальную угрозу, несущую вред предприятию.

В случае если метод предложенный системой не подходит для устранения данной угрозы, он перенаправляется на модернизацию. Уже модернизированный метод устранения угрозы вновь отправляется на тестирование.

Диаграмма первого уровня системы представлена на Рис. 2.

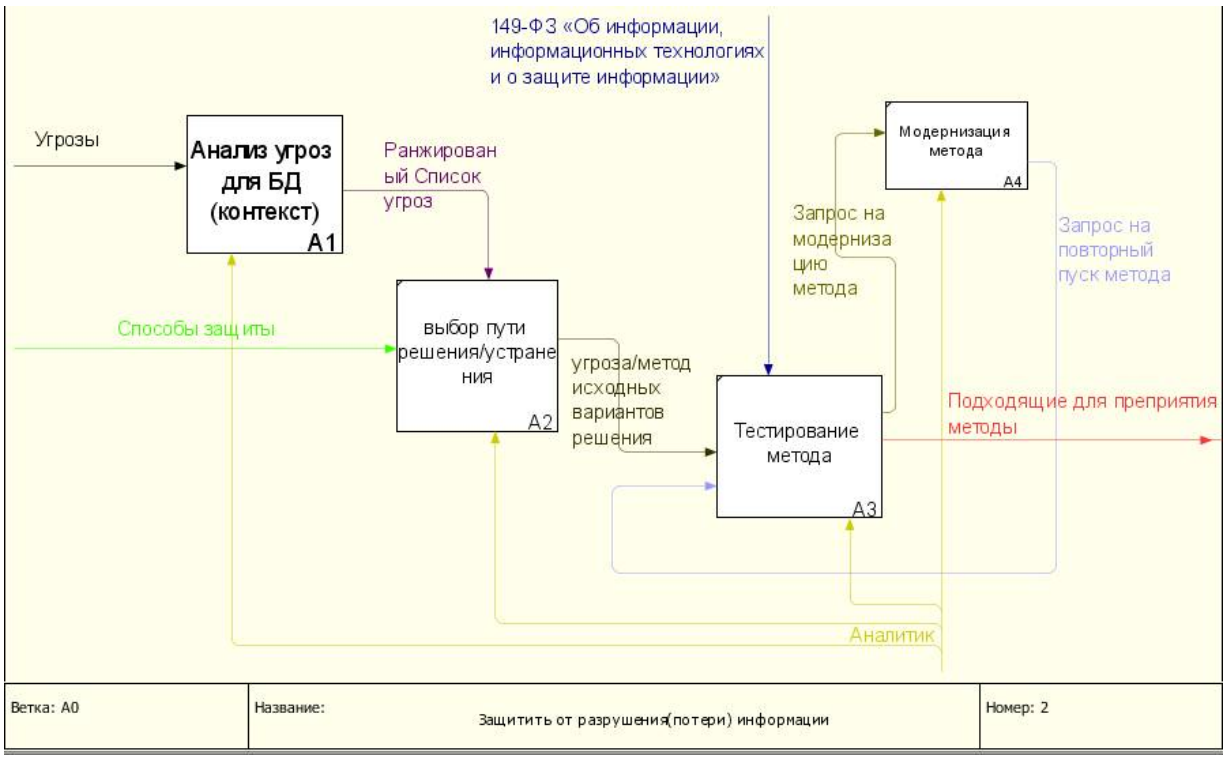


Рис. 2. Структура первого уровня моделирования

Предлагаю более подробно рассмотреть процесс ранжирования ранга угроз, представленный в процентном соотношении на Рис. 3.

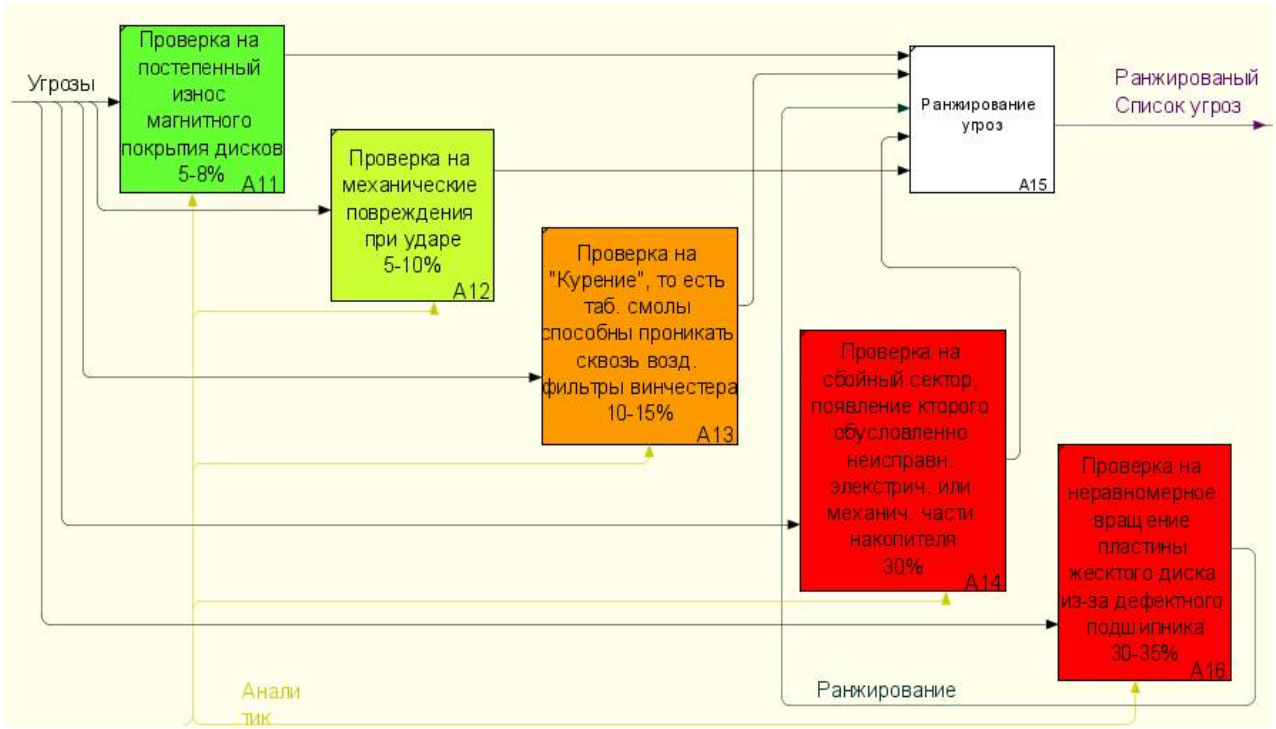


Рис. 3. Ранжирование угроз БД

После того, как для каждой угрозы указываются их значения, определяется итогового процент возможности такой угрозы, что и позволяет нам получить не просто список всех актуальных угроз, а угроз систематизированных по уровню опасности для компании. На рис.3 показано 5 показателей, из которых наиболее опасные обозначены красным блоком и встречаются в 30-35% случаев, а остальные показатели (оранжевый, желтый и зеленый) реже встречаются.

У данного подхода есть, ряд преимуществ. Во-первых, он легко автоматизируется, что поможет ускорить процесс моделирования. Во-вторых, такое ранжирование угроз гораздо более компактное, удобнее, что позволяет моделированию на ее основе делать также более компактными. Наконец, если вдруг возникнет задача обмена моделями угроз или их согласования, то отправить табличку в Excel гораздо проще, чем множество страниц в Word. Да и конечно проверять и согласовывать такие таблицы гораздо проще.

В результате исследования было сделано моделирование противодействия угрозам нарушение информационной безопасности при эксплуатации баз данных с использованием методологии sadt. Угрозам были присвоены ранги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информационная безопасность банковских безналичных платежей. Часть 4 - Обзор стандартов моделирования угроз. - Текст : электронный // Информационная безопасность банковских безналичных платежей. - 2018. – URL : https://habr.com/ru/articles/351326/ (дата обращения : 21.03.2023).

2. Ранжирование угроз и их техник: практичный подход. - Текст : электронный // Информационный портал по безопасности SecurityLab.ru, новости, статьи, обзор уязвимостей, вирусов и мнения аналитиков. - 2021. - URL : https://www.securitylab.ru/blog/personal/Business_without_danger /350970.php (дата обращения : 23.03.2023).

3. Родичев Ю. А. Нормативная база и стандарты в области информационной безопасности / Ю. А. Родичев. - Текст : непосредственный // Защита от угроз, реализуемых через скрытые каналы. - 2017. - № 3.8. – С. 171-175.

УДК 621.873

ДИСТАНЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПОДЪЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Анжигур С. Г. , магистрант, nataliaoblasowa@yandex.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Несчастные случаи на производстве занимают первое место среди всех травм по всему миру. Из-за ограниченного качества и количества контролеров трудно контролировать или предотвращать риски в режиме реального времени. Поэтому для работ с подъемными сооружениями разработана система оповещения о безопасности в режиме реального времени, которая называется портативной легкой станцией управления безопасностью подъемных сооружений.

Ключевые слова: подъемные сооружения, промышленная безопасность, видеофиксация нарушений, нейронные сети.

В связи с масштабными проектами промышленности в последние десятилетия использование подъемных сооружений становится популярным. Необходимо уделять больше внимания обеспечению промышленной безопасности при работах с подъемными сооружениями. Благодаря быстрому развитию технологий искусственного интеллекта (таких как глубокая нейронная сеть и сверхточная нейронная сеть) традиционные проблемы управления охраной труда и промышленной безопасностью на промышленных объектах получили возможность для улучшения.

Благодаря развитию искусственного интеллекта технология контроля в режиме реального времени теперь применяется для распознавания изображений. Новые технологии используют различные нейронные сети и технология распознавания изображений YOLO.

Среди этих технологий YOLO обеспечивает более высокую скорость распознавания, чем другие технологии, что позволяет быстро идентифицировать категории объектов. Однако его недостатком является плохая производительность при локализации объектов.

Что касается соответствующих исследований по управлению безопасностью подъемных сооружений (ПС), то важными исследованиями являются следующие. Например, недавно была предложена трехмерная модель среды подъема ПС с помощью различных датчиков, имитирующая положение перемещения ПС и предоставляющая оператору помощь при подъеме в режиме реального времени через графический интерфейс. Также был разработан автоматический мониторинг и раннее предупреждение о сбоях внешнего электроснабжения.

При подъеме, если предмет или груз упадет с ПС, то легко может привести к несчастным случаям. В традиционной практике управления

промышленной безопасностью руководитель работ визуально проверяет, покинул ли работник опасную зону или приближается к опасной зоне. В последние годы на производственных площадках широко применяется замкнутое видеонаблюдение (CCTV) для облегчения управления безопасностью. Однако из-за неопределенных факторов, таких смена местоположения, система видеонаблюдения не может быть эффективно перемещена. Более того, в системе видеонаблюдения обычно нет выделенного персонала для наблюдения, когда оно подключено к сети, что делает неэффективным контроль.

Чтобы решить вышеуказанную проблему, предлагается использовать портативную легкую станцию управления безопасностью ПС. После установки станции супервайзеру необходимо только установить зону контроля безопасности (цифровое ограждение) в соответствии с условиями производственной площадки. Система обеспечивает постоянный контроль зоны безопасности в режиме реального времени для обеспечения безопасности работников при выполнении работ на ПС.

Во-первых, когда станция включена, она автоматически уведомляет сервер по протоколу TCP/IP о том, что подключена к сети. Микроконтроллер отправляет идентификатор станции и оперативное сообщение на сервер идентификации. Как только станция подключается к сети, сервер получает изображение в режиме реального времени с IP-камеры. Микроконтроллер и IP-камера должны подключаться к одному и тому же маршрутизатору 4G и использовать одну и ту же сеть для подключения к внешнему миру. Таким образом, сервер распознавания может получить IP-адрес микроконтроллера и подключиться к IP-камере через указанный порт для получения изображений в режиме реального времени.

После этого необходимо определить зону контроля безопасности. Диспетчер на месте использует изображение в режиме реального времени, предоставляемое планшетным компьютером и сервером, для определения зоны контроля безопасности. Супервайзер рисует область через веб-приложение в качестве зоны контроля безопасности при выполнении работ на ПС.

Затем в системе можно установить два режима:

1. режим работы работника;

2. режим управления ПС.

В режиме работы работника система позволяет войти в зону контроля безопасности перед началом операции ПС. В этом режиме функция распознавания изображений отключена. Соответствующий персонал может просматривать изображения операций в режиме реального времени через Интернет. В режиме управления ПС работникам не разрешается входить в зону контроля безопасности. Включена функция распознавания изображений и запущена функция автоматического предупреждения о без-

опасности. Через динамик воспроизводится звуковой сигнал тревоги «Не входите в зону подъема!».

Когда система распознавания обнаруживает, что человек вторгся в зону контроля безопасности, включается сигнализация, и информация передается персоналу службы безопасности через громкоговоритель. Диспетчер на месте может выбрать сброс статуса в режим работы рабоотника или режим управления ПС после срабатывания сигнализации.

Система срабатывает при возникновении опасной ситуации, т.е. когда люди входят в зону контроля безопасности. Ссистема воспроизводит предупредительный сигнал, чтобы предупредить работников на месте. Кроме того, система также отправляет сообщение через коммуникационное приложение, чтобы проинформировать соответствующего руководителя.

Таким образом, руководители полевых работ и управления промышленной безопасностью могут дистанционно контролировать несколько производственных площадок, чтобы снизить требования к персоналу на месте, а также уменьшить количество несчастных случаев. В результате предложенная система достигает цели обеспечения промышленной безопасности работников при работах с подъемными сооружениями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. GPS Trucking. – Текст : электронный // GPS Trucking services : [официальный сайт]. – 2023. – URL : http://gps-gloval.ru/stati/92-control-rashoda-topliva/ (дата обращения : 06.10.2023).

2. Система контроля за работой техники. – Текст : электронный // Настком : [официальный сайт]. – 2023. – URL : http://nastkom.ru/sistema-kontrolya-za-rabotoy-tehniki/ (дата обращения : 06.10.2023).

3. Пузакова А. А. Влияние развития техники и технологий на жизнь людей / А. А. Пузакова // Молодой ученый. – 2015. – № 20 (100). – С. 635-640. – Текст : непосредственный.

УДК 331.451

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА НА ПРИМЕРЕ ЭЛЕКТРОМОНТЕРА ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Бескороваева Е. А., магистрант, ket35186@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Работа электромонтера сопровождается воздействием опасных и вредных производственных факторов, которые являются причиной профессиональных заболеваний и несчастных случаев. В настоящее время одним из направлений для обеспечения безопасности труда является внедрение мероприятий, разработанных на основе оценки профессионального риска.

Ключевые слова: оценка профессионального риска, охрана труда, электромонтер.

Оценка профессионального риска в Российской Федерации является обязательной процедурой с 2021 года. Оценка профессионального риска позволяет выявить наиболее опасные и вредные производственные факторы, воздействующие на работника, а также проанализировать ущерб, причиняемый производственными факторами.

Электромонтер по обслуживанию электрооборудования электростанций выполняет обслуживание и ремонт электрооборудования, осуществляет проверку работоспособности и исправности электрооборудования, замену и ремонт деталей и компонентов, проводит техническое обслуживание. В трудовые обязанности электромонтера также входит установка и подключение нового оборудования; обеспечивает безопасное функционирование электрооборудования, проверяет основные параметры сети и токоведущих частей, а также принимает меры по устранению выявленных нарушений [1].

Основными вредными и опасными производственными факторами, воздействующими на электромонтера по обслуживанию электрооборудования, могут быть: электрический ток, работы на высоте, химические вещества (работа с трансформаторными будками и аккумуляторами сети), производственный шум, микроклимат (пониженные и повышенные температуры окружающей среды, скорость ветра) [2].

Оценка профессиональных рисков является важной процедурой. Она позволяет определить, какие виды работ и выполнение задач могут привести к травмам или профессиональным заболеваниям. Оценка профессиональных рисков помогает работодателю оценить риски на рабочем месте и определить меры предосторожности, которые необходимо принять для защиты работников. Результаты оценки профессионального риска электро-

монтера по обслуживанию электрооборудования электростанций представлены в таблице 1 [3].

Таблица 1

Оценка профессионального риска на рабочем месте

№	Наименование опасностей	Тяжесть ущерба	Вероятность ущерба	Частота наступления ущерба	Риск по идентифицированным опасностям	Оценка значимости риска по отдельной опасности
1	2	3	4	5	6	7
2	Опасность падения	5	3	3/119≈0,02	0,1	Низкий
3	Опасность затягивания в движущие механизмы	5	1	1/119≈0,008	0,04	Низкий
4	Опасность контакта с незащищенными участками тела	10	3	3/119≈0,02	0,2	Низкий
5	Опасность поражения током вследствие контакта с токоведущими частями	10	3	3/119≈0,02	0,2	Низкий
6	Образование токсичных паров при нагревании	5	3	3/119≈0,02	0,1	Низкий
7	Опасность воздействия на кожные покровы смазочных масел	5	3	3/119≈0,02	0,1	Низкий
8	Опасность воздействия на органы дыхания воздушных взвесей, содержащих смазочные масла	5	3	3/119≈0,02	0,1	Низкий

По результатам оценки профессионального риска можно сделать вывод, что при работе значимость риска по каждой опасности низкая. Для защиты электромонтера по обслуживанию электрооборудования электростанций должны необходимо использовать спецодежду, СИЗ, проводить ежегодные медосмотры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобрешова В. С. Охрана труда и безопасность на производстве / В. С. Бобрешова, С. С. Конева. – Текст: непосредственный // Прогрессивные технологии и процессы: сборник научных статей Международной молодежной научно-практической конференции. – Университетская книга, 2014. – С. 81-86.

2. Нестеренко В. М. Технология электромонтажных работ : учебное пособие / В. М. Нестеренко, А. М. Мысьянов. – Москва : Издательский центр «Академия», 2017. – 592 с. – Текст: непосредственный.

3. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого изданий с изменениями и дополнениями : утверждены Министерством энергетики Российской Федерации от 08.07.02 : введены в действие 01.01.03. – Москва : Норматика, 2018. - 462 с. – Текст : непосредственный.

УДК 504

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ ЛЭП

Валиуллина Д. М., канд. техн. наук, доцент, valiullinadiliya@mail.ru
Галиева А. Р., бакалавр, alia.galieva.2001@mail.ru
г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В данной статье рассматривается вопрос экологического влияния линий электропередач (ЛЭП). Актуальность данной темы обусловлена тем, что ЛЭП оказывают существенное воздействие на окружающую среду, которое требует изучения и оценки. Целью исследования является определение экологического влияния ЛЭП и разработка рекомендаций по его снижению. Для достижения этой цели используются различные методы, такие как анализ научной литературы, измерение параметров окружающей среды вблизи ЛЭП, наблюдение за состоянием флоры и фауны в зоне влияния ЛЭП, социологические опросы местного населения и моделирование процессов воздействия ЛЭП на экосистемы. В результате исследования были получены данные о текущем состоянии окружающей среды в зоне размещения ЛЭП, выявлены наиболее уязвимые группы живых организмов и определены меры по снижению негативного влияния ЛЭП на экосистему. Также были разработаны рекомендации по предотвращению аварийных ситуаций и минимизации их последствий. Вывод: Экологическое влияние ЛЭП представляет собой актуальную проблему, требующую изучения и принятия мер по снижению его негатив-

ного воздействия на окружающую среду. Результаты данного исследования могут быть использованы при проектировании и эксплуатации новых ЛЭП, а также для улучшения уже существующих линий электропередачи.

Ключевые слова: ЛЭП, передача, электроэнергия, производитель, потребитель.

Построение ЛЭП часто приводит к вырубке лесов и других природных биоценозов, что негативно сказывается на местных экосистемах и живых организмах, проживающих в данных районах. Кроме того, ЛЭП могут разрезать миграционные маршруты животных, что приводит к их изоляции и снижению генетического разнообразия.

Еще одним важным аспектом является электромагнитное излучение, которое возникает при работе ЛЭП. Некоторые исследования показывают, что длительное воздействие электромагнитного излучения может вызывать различные заболевания, включая онкологические заболевания. Однако, на сегодняшний день масштабное исследование о влиянии ЛЭП на здоровье человека все еще остается неопределенным, и ученые продолжают исследования в этой области.

Линии электропередачи также влияют на эстетику ландшафта и окружающей среды. Большое количество столбов электропередач может нарушить гармонию ландшафта и природную красоту территории, особенно в заповедных местах с богатой природой. Это может повлиять на развитие туризма и привлекательность территории для отдыха.

Влияние линий электропередач может быть как благоприятным, так и негативным:

Положительное влияние:

Улучшение качества жизни: доступ к электроэнергии позволяет людям использовать различные приборы и устройства, которые улучшают качество их жизни.

Отрицательное влияние:

1. Загрязнение окружающей среды: строительство ЛЭП требует вырубки лесов и кустарников, что приводит к потере биоразнообразия и нарушению естественных экосистем.

2. Электромагнитное излучение: ЛЭП создают электромагнитное поле, которое может негативно влиять на флору и фауну, особенно на насекомых и птиц.

3. Риск аварий и катастроф: неисправности в ЛЭП могут привести к серьезным авариям и катастрофам, таким как пожары, взрывы и отключения электроэнергии.

Воздействие ЛЭП на окружающую среду остается серьезной проблемой. Однако по мере роста осознания важности охраны окружающей среды экологические факторы все чаще учитываются при строительстве ЛЭП и все чаще применяются методы снижения воздействия. Например,

использование волоконно-оптических кабелей позволяет снизить воздействие на биоразнообразие и улучшить внешний вид ЛЭП.

При разработке новых проектов ЛЭП необходимо проводить всестороннюю экологическую оценку, учитывать возможные негативные последствия для природы и искать альтернативные места для их размещения, минимизируя воздействие на экосистемы и здоровье людей. При этом, важно продолжать исследования истинного масштаба влияния ЛЭП на окружающую среду и здоровье людей, чтобы разработать эффективные меры по уменьшению их экологического следа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафиуллин Б. М. Методы контроля воздушных линий электропередачи / Б. М. Сафиуллин, Н. В. Фатхелисламов, Д. М. Валиуллина. – Текст : непосредственный // Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация» : vатериалы Международной молодежной научной конференции. – Казань, 2021. – С. 50-52.

2. Хилажев Т. И. Системы контроля качества электрической энергии / Т. И. Хилажев, Д. М. Валиуллина, Р. М. Хайретдинов. – Текст : непосредственный // Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация» : vатериалы Международной молодежной научной конференции. – Казань, 2021. – С. 67-68.

УДК 681.121.8

АНАЛИЗ ОШИБОК ИЗМЕРЕНИЯ, ВЫЗВАННЫХ ОПАРАФИНИВАНИЕМ РАСХОДОМЕРНОЙ ТРУБКИ КОРИОЛИСОВА РАСХОДОМЕРА

Гудкова Е. А., аспирант, gudkova-penza@yandex.ru
г. Пенза, Пензенский государственный технологический университет

Аннотация. Кориолисовы расходомеры широко пользуются в различных отраслях, таких как нефтегазовая, химическая, пищевая и др., где точное измерение расхода жидкостей играет ключевую роль. Процесс опарафинивания трубопроводов и элементов расходомерных приборов вызывает искажения в результатах измерений, что влечет за собой проблемы в процессах контроля и управления технологическими процессами. Цель данной работы заключается в анализе ошибок измерения, обусловленных опарафиниванием расходомерной трубки кориолисова расходомера. В работе рассматриваются результаты экспериментов, проведенных с целью выявления влияния опарафинивания на стабильность и точность измерений. Рассчитаны ошибки в вычислении плотности жидкости, а также временной задержки сигналов без налипания парафина и с его учетом.

Ключевые слова. Кориолисов расходомер, расходомерная трубка, опарафинивание

В работе выполнен анализ существующего подхода к измерению параметров жидкостей, измеряемых кориолисовыми расходомерами. Как известно [1,2] кориолисов расходомер напрямую измеряет массовый расход жидкости. На основе определяемых им параметров вычисляют скорость жидкости, пропорциональную массовому расходу, и ее плотность [1]. При определении скорости учитывают деформацию расходомерной трубки под воздействием силы Кориолиса. Плотность определяют по резонансной частоте трубки, заполненной жидкостью. При измерении многофазных потоков, таких как нефть, существует вероятность налипания парафина на стенки расходомерной трубки [3,4]. Это приводит к уменьшению внутреннего диаметра расходомерной трубки, а также изменению резонансной частоты системы «расходомерная трубка – жидкость». Модификация этих параметров вызывает искажение значений массового расхода и плотности жидкости, определяемых кориолисовым расходомером. Для оценки ошибок кориолисова расходомера при измерении жидкостей, осаждающихся на поверхности, проведено численное моделирование системы «расходомерная трубка-жидкость» с учетом осаждения парафина и без.

В качестве среды моделирования использован пакет Comsol Multiphysics [5]. Трубка расходомера имеет V-образную форму (Рис. 1). Её наружный диаметр составляет 16 мм, толщина стенки 2 мм. В качестве материала трубки выбрана сталь Steel AISI 4340, в качестве измеряемой жидкости выбрана вода. Температура жидкости и расходомерной трубки составляет 20°C.

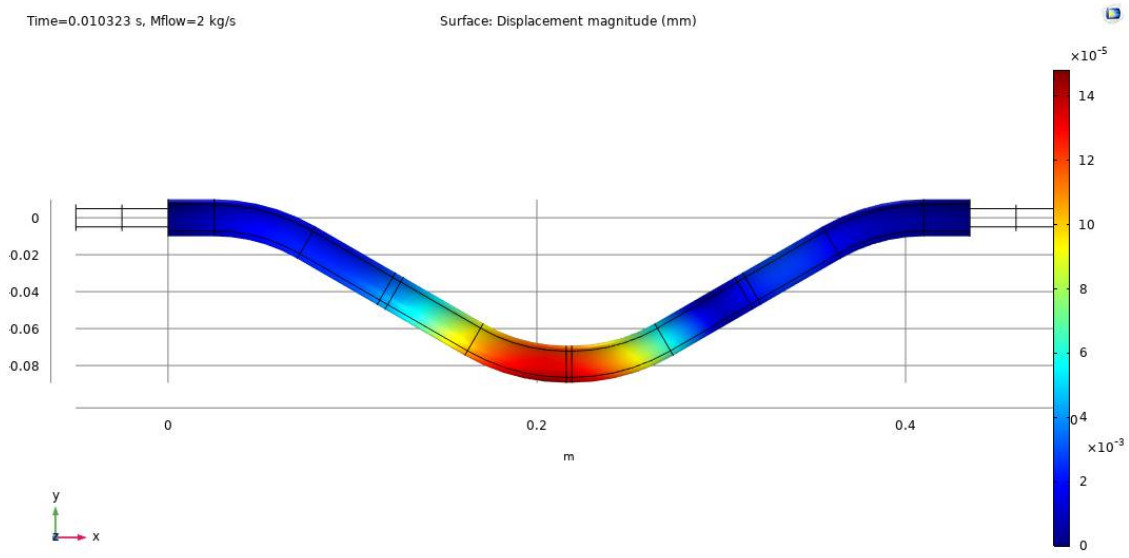


Рис. 1. Форма моделируемой расходомерной трубки

В кориолисовых расходомерах в качестве частоты привода используют резонансную частоту системы «расходомерная трубка – жидкость» [1,2]. В работе проведена серия экспериментов, в ходе которых проанализирована амплитуда колебаний расходомерной трубки, с приложенной к ней постоянной возбуждающей силой. В ходе эксперимента изменялись частоты колебаний для выявления влияния эффекта резонанса. Были выбраны частоты, близкие к резонансной частоте расходомерной трубки, заполненной жидкостью.

Резонансная частота для этой формы расходомерной трубки (Рис. 1), заполненной жидкостью, определена с помощью анализа собственных частот [6,7]. По результатам моделирования она составила 387,15 Гц. Далее выполнено моделирование колебаний системы «расходомерная трубка – жидкость» на частотах выше и ниже резонансной частоты, его результаты представлены в Табл. 1.

Таблица 1

Результаты моделирования колебаний системы «расходомерная трубка – жидкость»

Частота, Гц	350	386	387,51	395	400	420
Перемещение центральной точки, мм	$1{,}34 \cdot 10^{-4}$	0,03	0,2	$8{,}14 \cdot 10^{-4}$	$2{,}35 \cdot 10^{-4}$	$1{,}34 \cdot 10^{-4}$

Из полученных данных, очевидно, что наиболее энергоэффективно выполнять колебания на резонансной частоте. Но при наличии дополнительных компонентов в потоке жидкости, особенно осаждающихся на внутренних стенках трубки, происходит искажение результатов измерений. Для их выявления выполнен анализ собственных частот системы «расходомерная трубка-жидкость» с учетом осаждения. В качестве осаждающегося вещества использован парафин. Его отложения появляются в трубах при перекачке нефти [3,4]. Плотность парафина при моделировании выбрана равной 870 кг/м^3, толщина парафина составила 1 мм, равномерно распределенного по внутренней стенке расходомерной трубки (Рис. 2).

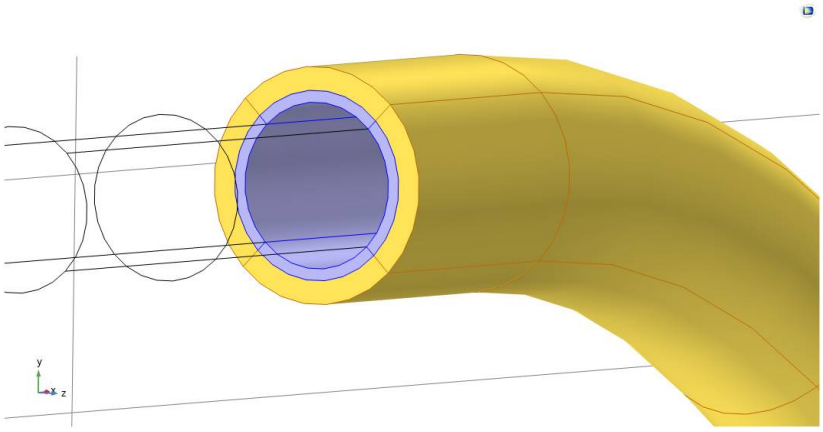


Рис. 2. Отложения парафина в расходомерной трубке

Резонансная частота колебаний системы «расходомерная трубка – жидкость» с учетом отложений парафина составила 393,1 Гц, таким образом, разница частот получилась равной 5,95 Гц. Как видно из Табл. 1 такое отклонение в частоте природа системы значительно снижает эффективность колебаний. Также происходит и искажение значений при вычислении объема жидкости внутри трубки. Эти значения используются для расчета плотности жидкости. Рассчитанная ошибка в вычислении плотности на основе этих значений составила 2,1%.

Также заполнение трубки парафином снизило воздействие силы Кориолиса на расходомерную трубку. Это зафиксировано уменьшением временной задержки сигналов с датчиков, расположенных в левой и правой половинах расходомерной трубки. Данный параметр пропорционален массовому расходу жидкости. Рассчитанная ошибка временной задержки сигналов без налипания парафина и с его учетом составила 1,43%, что превышает требования по точности [2], предъявляемые к расходомерам подобного типа.

Таким образом, необходимо своевременно диагностировать отложения парафина и принимать меры по их учету или предотвращению их образования. Также в продолжение исследования поставлена задача, проанализировать характер налипания парафина в расходомерной трубке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гудков К. В. Синтез элементов поверочных систем дозирования компонентов топлива / К. В. Гудков, М. Ю. Михеев, В. А. Юрманов. – Текст : непосредственный // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2010. – № 3(28). – С. 55-60.

2. Wang, T. Coriolis flowmeters: a review of developments over the past 20 years, and an assessment of the state of the art and likely future directions /

T. Wang, R. Baker. – Direct text // Flow Measurement and Instrumentation. – Vol. 40. – 2014. – P. 99-123.

3. Wax deposition modeling in oil-water stratified pipe flow / H. S. Liu, J. M. Duan, J. Li [et al]. – Direct text // Petroleum Science. – Vol. 20, Is. 1. – 2023. – P. 526-539.

4. A comprehensive review of wax deposition in crude oil systems / B. Li, Z. Guo, L. Zheng [et al]. – Direct text // Mechanisms, influencing factors, prediction and inhibition techniques. – Vol. 357, Part A. – 2024. – P. 129676.

5. COMSOL Multiphysics® – программное обеспечение для мультифизического моделирования : сайт. – URL : https://www.comsol.ru/ (дата обращения: 05.10.2023). – Текст : электронный.

6. Гудкова Е. А. Анализ собственных частот расходомерной трубки прямотрубного кориолисова расходомера / Е. А. Гудкова. – Текст : непосредственный // Проблемы внедрения результатов инновационных исследований и пути их решения : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Омск, 2023. – С. 149-153.

7. Eigenfrequency Analysis : [сайт]. – URL : https://www.comsol.ru/multiphysics/eigenfrequency-analysis?parent=structural-mechanics-0182-212 (дата обращения: 09.10.2023). – Текст : электронный.

УДК 502.057

ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ НАСЕКОМЫХ В ГОРОДСКОЙ ЭКОСИСТЕМЕ

Гузеева С. А., канд. биол. наук, доцент, nesterka07@mail.ru
Семенов С. О., бакалавр, semenov.sergei2002@gmail.com
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Загрязнение воздуха, водных ресурсов и почвы, разрушение биоценозов вследствие застройки новых городских территорий, приводит в том числе и к уменьшению как видового разнообразия, так и численности насекомых, обитающих на территории города. Контроль за состоянием биоценоза невозможен без постоянного анализа и учета численности и видового разнообразия насекомых. Учесть точную численность исследуемых насекомых напрямую трудновыполнимо, поэтому используют косвенные методы исследования, которые позволяют сделать предположения о численности популяций насекомых, приближенных к реальным условиям. В статье приведены виды ловушек для отлова насекомых и формулы, помогающие в их оценке в городской среде.

Ключевые слова: городская экосистема, биоценоз, насекомые, биоиндикаторы, методы исследования.

Городская экосистема – это искусственно созданная человеком природно-техногенная система со своим обменом вещества и энергии как среди живых организмов, так и абиотических элементов. Экосистема города в течение своего существования постоянно изменяется, как правило, в худшую сторону. Загрязнение воздуха, водных ресурсов и почвы, разрушение биоценозов вследствие застройки новых городских территорий, приводит в том числе и к уменьшению как видового разнообразия, так и численности насекомых, обитающих на территории города. В городской среде обитают такие виды насекомых, как: муха дрозофила (Drosophila melanogaster), комнатная муха (Musca domestica), домовая муха (Muscina stabulans), божьи коровки (Coccinellidae), жужелицы (Carabidae), мошки (Simuliidae), комары (Culicidae), тараканы (Blattodea), муравьи (Formicidae), бабочки (Lepidóptera) и многие другие. Все эти насекомые являются частью город-

ской экосистемы и их внезапное исчезновение приведет к серьёзным последствиям. На данный момент идет шестое позднеплейстоцен-голоценовое вымирание живых организмов поэтому надо знать уровень благоприятности ареалов в том числе и для насекомых.

Контроль за состоянием биоценоза невозможен без постоянного анализа и учета численности и видового разнообразия насекомых. Учесть точную численность исследуемых насекомых напрямую трудновыполнимо, за редчайшими исключениями вида или даже популяции. В следствии чего используют косвенные методы исследования, которые позволяют сделать предположения о численности популяций насекомых, приближенных к реальным условиям. Для подсчета численности популяции используют формулу:

$$P = \frac{N}{RS} \quad (1)$$

где P-плотность популяции; N-суммарное число насекомых, обнаруженных на обследуемой поверхности вдоль маршрута (только по одной стороне справа или слева от наблюдателя); S-длина маршрута; R-ширина обследуемой поверхности.

При отлове насекомых, движущихся по поверхности почвы, используют ловчие ямы и почвенные ловушки: ловушка Барбера, ловушка Мёрике, пищевые ловушки, ловушка Малеза.

Почвенная ловушка Барбера представляет собой прямоугольные ямы глубиной 30-35 см, размером 25 х 25, лучше 50 х 50 см, или канавки, на дно которых помещают различные приманки или просто банки с фиксирующей жидкостью (рис.1).



Рис. 1. Фото почвенной ловушки Барбера

Ловушка Мёрике (рис.2) представляет собой пластмассовые чашки высотой 8см и верхним диаметром 14 см заполненные специальным раствором (фиксирующей жидкостью), чашки должны быть желтого или зеленого цвета. Осматривают ямы по утрам, выбирая в морилку попавших насекомых.



Рис.2. Фото ловушки Мёрике

Пищевые ловушки основаны на способности насекомых прилетать на запахи. Наиболее простой конструкцией пищевой ловушки являются корытца с бродячей патокой. Изготавливаются они из оцинкованного железа или дощечек глубиной 6-10 см, площадью 1500 см^2. Корытца устанавливают горизонтально на высоте 1 м на колышках, вбитых в землю.

Для ловли летающих насекомых в большинстве случаев используют ловушку Малеза (рис.3). Ловушка Малеза действует по принципу преграды. Летящие насекомые наталкиваются на её центральную стенку, затем поднимаются вверх и собираются в верхнем углу ловушки, где находится округлое отверстие, через которое насекомые затем попадают в ловчий стакан. Стеклянная банка с фиксатором крепится к ловчему стакану при помощи полиэтиленовой крышки с вырезом. Фиксирующей жидкостью обычно служит этиловый спирт 96 % концентрации.



Рис. 3. Строение ловушки Малеза: 1 - ловчий стакан; 2 - передняя стенка; 3 - «крыша»; 4 - центральная стенка

Для подсчета видового разнообразия насекомых используют коэффициент Жаккара:

$$Кж = \frac{C}{(A + B) - C} \bullet 100\ \% \qquad (2)$$

где А-число видов в первом биотопе; В-число видов во втором биотопе; С-число общих видов для двух биотопов.

Для подсчета биологического разнообразия насекомых используют индекс Маргалефа:

$$W = \frac{S - 1}{InN} \qquad (3)$$

где W-коэффициент Маргалефа; S-число видов в биотопе; N-число всех особей, встреченных в биотопе.

Все вышеперечисленные формулы помогают в оценке биоценоза в городской среде, с помощью их можно проследить на сколько отличаются те или иные области исследования и во сколько они различаются от дикой природы.

Известно, что некоторые живые организмы могут являться биоиндикаторами окружающей среды. Биоиндикаторы – это живые организмы, по которым можно определять степень антропогенной нагрузки на экосистему того или иного региона. Среди насекомых своеобразными биоиндикаторами могут являться: поденки (Ephemeroptera), которые наиболее чувствительны к загрязнению пресноводных водоёмов, жужелицы (Carabus), чувствительны к почвенному загрязнению и другие виды.

В качестве насекомых-индикаторов в Тюменской области могут выступать: жужелицы (рис.4). По их численности и видовому разнообразию можно судить об каких-то изменениях в окружающей среде, так как представители этого вида способны накапливать поллютанты, что доказывает их выносливость к антропогенному воздействию.



Рис. 4. Фото жужелицы (Carabus)



Рис. 5. Фото тли гороховая (Acyrthosiphon pisum Harris)



Рис. 6. Фото мухи дрозофилы (Drosophila)

У ряда тлей (рис.5) из-за загрязнения может меняться структура тела: ширина головы, длина бедра и голени, усиков, хвостика, сифона, а также снижение плодовитости и различные мутации.

Мухи дрозофилы или плодовые мушки (рис.6) имеют короткий жизненный цикл и подвержены при неблагоприятных условиях мутациям. По их сроку жизни или развитии от личинки до имаго можно предположить о содержании тяжелых металлах в почвах и т.п.

Таким образом, изучение насекомых в городской экосистеме позволяет грамотно оценить степень благоприятности городской среды не только для живых организмов, но и для человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гарицкая М. Ю. Экологические особенности городской среды: учебное пособие / М. Ю. Гарицкая, А. И. Байтелова, О. В. Чекмарева. - Оренбург : ОГУ, 2012. - 216 с. – Текст: непосредственный.

2. Алаев С. Виды-индикаторы (биоиндикаторы): что это такое, примеры / С. Алаев. - Текст электронный // Znanie-Svet.ru: Научный интернет-журнал : [сайт]. - URL: https://znanie-svet.ru/vidy-indikatory (дата обращения: 25.10.2023).

3. Чернышев В. Б. Экология насекомых / В. Б. Чернышев. – Москва : Изд–во МГУ, 1996 – 304 с. -Текст: непосредственный.

УДК 614.84

АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРОВ В АДМИНИСТРАТИВНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Гусев Н. В., магистрант, bmw232@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В данной статье произведён анализ основных причин возникновения пожаров в административных помещениях. Автором было обращено внимание на определение понятия «административное помещение», для определения круга объектов исследования. В результате, к основным причинам возникновения пожаров в административных помещениях было отнесено неосторожное обращение с огнём, неисправность противопожарного оборудования и ненадлежащее состояние электрических сетей помещения. По результатам анализа причин были предложены профилактические меры, призванные обезопасить персонал учреждений от пожаров и их последствий.

Ключевые слова: пожар, системы противопожарной безопасности, административное помещение, причина пожара, профилактические меры.

Пожары в административных помещениях различных организаций являются крайне опасным явлением, которое не только разрушает здания и отнимает жизни людей, но и парализует работу учреждения, становится причиной массовой утери документации, в том числе и крайне важной для сотрудников учреждения. Анализ причин возникновения пожаров в административных помещениях является важным аспектом работы над совершенствованием систем противопожарной безопасности и уменьшением разрушительного эффекта, причиняемого пожаром. Прежде чем приниматься за анализ причин возникновения пожаров, необходимо выяснить, что принято считать административным помещением. Стоит отметить, что единого законодательного определения «административного помещения»

в РФ нет. Однако, множество отраслевых нормативно-правовых актов касаются обозначения данного понятия.

ГОСТ Р 51303-2013 «Национальный стандарт Российской Федерации. Торговля. Термины и определения» (утв. Приказом Росстандарта от 28.08.2013 N 582-ст) указывает, что административно-бытовым помещением торгового предприятия следует считать часть помещения торгового предприятия, предназначенного для размещения аппарата управления и включающую бытовые помещения [1].

Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 04.03.2003 N 12 (ред. от 10.06.2016) «О введении в действие «Санитарных правил по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте СП 2.5.1198-03» гласит, что к административно-служебным и подсобным помещениям следует относить: кабинеты руководства вокзала, дежурных по вокзалу, диспетчерская, иные служебно-бытовые помещения, медпункт, помещения для санитарно-контрольного пункта (СКП) или пограничного санитарно-карантинного поста (ПСКП) [2].

Если основываться на вышеуказанных определениях понятия «административное помещение», то под таковым следует понимать помещение, в котором размещается администрация учреждения (в это понятие входит отдел руководителей, отдел делопроизводства, бухгалтерии и прочие функциональные подразделения предприятия). Также, в число административных помещений входят и бытовые помещения, используемые администрацией учреждения.

Причины пожаров в административных помещениях различных учреждений имеют как общие, так и отличительные черты. Начнём анализ причин пожаров в административных зданиях сельских поселений.

Большинство пожаров возникает из-за неосторожного обращения с огнём. Например, из-за курения в помещении. Помимо этого, очень часто человеческая неосторожность и халатность сочетается с несоответствием оборудования автоматической противопожарной защиты установленным нормам качества противопожарных систем. Это может быть как неисправная стационарная система пожаротушения, так и не реагирующая на возникновение пожара сигнализация, что приводит к распространению огня по всему помещению и, как следствие, по всему зданию [3].

Нередки возникновения пожаров и в административных зданиях социальных учреждений, таких как дома престарелых. Так, в 2017 году 19 декабря в деревне Картмазово Новомосковском административном округе Москвы возник пожар в частном доме для престарелых "Теплые беседы". Причиной возгорания стала неисправность электрооборудования в цокольном помещении, площадь пожара составила около 20 квадратных метров. В результате пожара пострадали 19 человек [4].

Основными причинами возгорания административных помещений в домах престарелых считается неосторожное обращение с огнём, короткое

замыкание и умышленные действия по уничтожению (повреждению) имущества, нанесению вреда здоровью человека при помощи огня (поджог). Своеобразным катализатором возникновения пожаров в административных зданиях домов престарелых выступает их общая изношенность из-за недостаточного финансирования. В большей степени, данные проблемы имеются у государственных домов престарелых.

Изношенность и устарелость пожарного оборудования является фактором возникновения пожаров и в административных помещениях образовательных заведений. К примеру, Кривохижина О.И. и Аксенов С.Г. указывают на аварийный режим работы электрических сетей и оборудования в данных заведениях [5]. Следовательно, подобное состояние электрических сетей ставит под угрозу жизни преподавателей и обучающихся. К основным причинам пожаров в административных помещениях образовательных учреждений относят нарушение правил эксплуатации электрооборудования (во время проведения практических занятий или в ходе бытового использования) и неосторожное обращение с огнём. Местом возгорания, преимущественно, выступают учебные классы или лаборатории.

Если обобщить вышесказанное, то становится очевидным, что основные причины возникновения пожаров в административных помещениях представлены следующим списком:

1. неосторожное обращение с огнём.

2. изношенность электрических сетей помещения, что может провоцировать короткое замыкание.

3. неисправность средств противопожарной безопасности.

Следовательно, необходимо предложить и реализовать ряд профилактических мер, направленных на предупреждение возникновения пожаров, а также уменьшения количества пострадавших в случае его возникновения. Так, в качестве профилактических мер предлагаются следующие:

1. производить регулярную и ответственную проверку средств пожаротушения и автоматических систем противопожарной безопасности. В случае необходимости, заменять устаревшие или нефункционирующие средства на более совершенные.

2. обеспечить доступ к путям эвакуации во время пожара. Ни в коем случае нельзя допускать загромождения эвакуационных путей различного рода мебелью и другими предметами.

3. осуществлять просветительскую работу среди сотрудников учреждения с целью ознакомления последних с правилами пожарной безопасности. За нарушение данных правил необходимо привлекать к дисциплинарной ответственности – умалчивание таких случаев недопустимо.

4. обеспечить финансирование улучшения административного здания, чтобы не допускать неисправности электрических сетей или системы вентиляции здания.

Вышеуказанные мероприятия способны значительно уменьшить количество пожаров в административных помещениях и обезопасить сотрудников учреждения от негативных последствий возникновения пожаров. Соблюдение данных профилактических мер необходимо считать обязательным для выполнения не только для административных зданий, но и производственных, где риск возникновения пожара гораздо выше.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 51303-2013. Торговля. Термины и определения: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утверждён и введён в действие Приказом Росстандарта от 30.06.2023 № 469-ст: введён впервые: дата введения 2023-11-01/ разработан ООО «Центр консалтинга и сертификации «Межрегиональное агентство качества»». – Москва: Стандартинформ, 2023. – IV, 9 с.; 29 см. – Текст: непосредственный;

2. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 04.03.2003 № 12 (ред. от 10.06.2016). О введении в действие «Санитарных правил по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте СП 2.5.1198-03»: издание официальное: зарегистрировано в Минюсте России 01.04.2003 № 4348. – Текст : непосредственный

3. Ермаков И. С. Обеспечение пожарной безопасности в административных зданиях сельских поселений / И. С. Ермаков, Г. А. Сергеева. – Текст : непосредственный // Актуальные проблемы науки и техники. – 2020. - №1. – С. 285-286.

4. Шибанова П. Н. Анализ причин возникновения пожаров в домах престарелых и инвалидов / П. Н. Шибанова, Д. Л. Халикова, Е. О. Каргаполова. – Текст : непосредственный // Техносферная безопасность. – 2020. - № 3. – С. 155-157.

5. Кривохижина О. И. Анализ и оценка пожарной опасности в общеобразовательных учреждениях / О. И. Кривохижина, С. Г. Аксенов, Ф. К. Синагатуллин. – Текст : непосредственный // Экономика строительства. – 2023. – №. 5. – С. 70-72.

УДК 614.84

СТАТИСТИКА ПОЖАРОВ В УРАЛЬСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ В 2023 ГОДУ

Гусев Н. В., магистрант, bmw232@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Лесные пожары являются одной из основных проблем в Российской Федерации, которые приносят огромный экономический ущерб государству. Первичные факторы пожара негативно сказываются на здоровье людей, могут угрожать их жизни, а также пагубно влияют на экосистему в целом. В 2023 году в УрФО 333 тыс. га лесов пострадали от пожара.

Ключевые слова: причины пожаров, пожарная безопасность, мероприятия по защите лесных пожаров, лесные пожары.

В 2023 году Уральский федеральный округ потрясли новости о лесных пожарах. Увеличение потери древесного покрова в бореальных лесах из-за пожаров связано с глобальным потеплением. На протяжении многих лет количество и площадь лесных пожаров увеличивались. В 2023 году площадь лесных пожаров в УрФО увеличилась в 4,5 раза и составляет порядка 330 тыс га, а общее количество возгораний в лесах составляет 1756. За 2023 год почти все регионы Уральского федерального округа пострадали от пожаров – Тюменская, Курганская, Свердловская и Челябинская области (рис. 1).

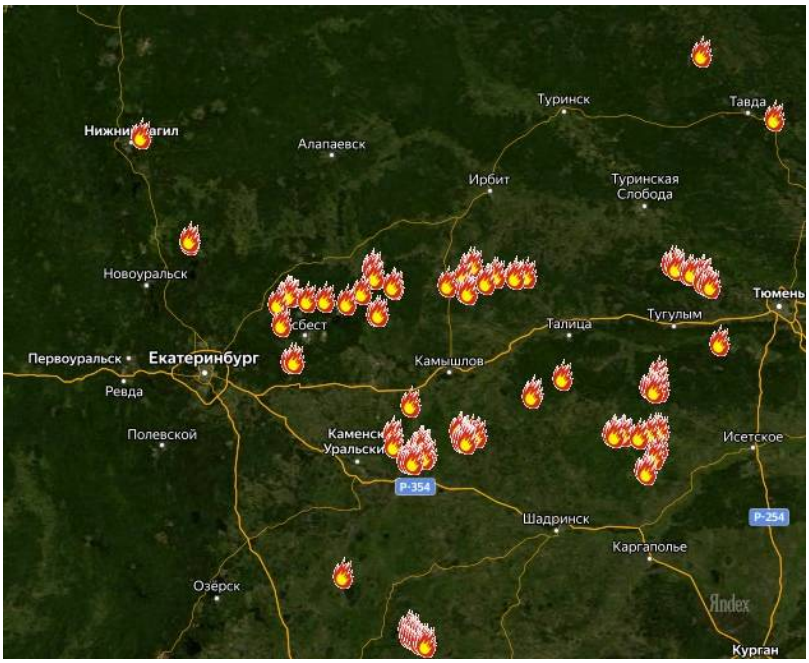


Рис. 1. Карта лесных пожаров в Свердловской и Тюменской областях

Наиболее самая частая и распространенная причина лесных пожаров заключается в неубранном сухостое после осени. С приходом весны, зачастую засушливой в УрФО, сухостой самовоспламеняется, а далее, огонь благодаря ветру и отсутствию осадков, распространяется быстро на сотни и тысячи км.

Гибель деревьев в Уральской тайге после пожаров оказывает сильное влияние на глобальный баланс углерода. Растительность Урала состоит из однородных лиственничных лесов, сосновых лесов, темнохвойных древостоев, разреженных лиственничных древостоев и сибирской карликовой.

Для минимизации возникновения пожаров и снижения их последствий необходимо разрабатывать мероприятия на государственном уровне:

1. пропахивать поля после сбора урожая;

2. осенью или ранней весной создавать минеральные полосы, благодаря которым пожар не сможет распространятся на дальние расстояния;

3. обработка лесных массивов, прилегающих к населенным пунктам, противопожарными растворами ранней весной для предотвращения возникновения пожара [2].

Также в 2023 году были крупные пожары в зданиях. В Челябинской области на территории тракторного завода произошло возгорание. В результате начала гореть кровля, и пожар перекинулся на здание. Общая площадь возгорания составила 240 м^2. Благодаря работникам предприятия, которые вовремя проинформировали сотрудников о возникновении пожара, а также своевременной эвакуации людей, жертв и пострадавших удалось избежать. На этом можно сделать акцент, как важно содержать в порядке эвакуационные пути и системы оповещения о пожаре в зданиях [3].

Еще один крупный пожар произошел в Сосьве. Там загорелась пилорама. В силу погодных обстоятельств, пожар перекинулся на поселок, который сгорел полностью. В данном пожаре погиб один человек. И здесь важно сказать о том, что такие производственные объекты должны находиться вдали от населенных пунктов. Также необходимо иметь пожарные водоемы рядом с пилорамой, т. к. Огонь на подобного типа предприятиях распространяется очень быстро. Наличие пожарного водоема могло помочь в своевременном тушении пожара [4].

Таким образом, можно сделать вывод, что необходимы технические мероприятия не только для тушения пожаров, но и для их локализации. Если государство внедрит политику и отдельное направление по борьбе с пожарами, можно снизить их количество и площади возгорания, а также ущерб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожары и пожарная безопасность в 2020 году : статистический сборник / П. В. Полехин, М. А. Чебуханов, А. А. Козлов [и др.]; под общей ред. Д. М. Гордиенко. – Москва : ВНИИПО, 2021 - 112 с. – Текст : непосредственный.

2. Рянский Ф. Н. Анализ природных и антропогенных факторов возникновения чрезвычайных ситуаций / Ф. Н. Рянский, С. Е. Коркин, И. С. Аитов. – Москва : Юрист, 2011. – 542 с. – Текст : непосредственный.

3. В Челябинске на тракторном заводе произошел пожар. – Текст : электронный // 74.ru : [официальный сайт]. – 2023. – URL : https://74.ru/text/incidents/2023/06/15/72399950/ (дата обращения : 02.10.2023).

4. Огромный пожар на Урале. – Текст : электронный // e1.ru : [официальный сайт]. – 2023. – URL : https://www.e1.ru/text/incidents/2023/04/26/72251537/ (дата обращения : 02.10.2023).

УДК 628.3

ОБЗОРНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Деньгин В. В., магистрант, vd1412@mail.ru
г. Омск, Омский государственный технический университет

Аннотация. Данная статья посвящена проблеме очистки сточных вод, которая по-прежнему является одной из актуальных тем, стоящих на повестке дня в мировом сообществе. В этой работе дается определение сточным водам, а также перечисляются используемые в настоящее время методы очистки сточных вод. Особое внимание уделяется патентному поиску, отражающему суть методов очистки.

Ключевые слова: сточные воды, очистка, микроорганизмы.

В настоящее время одним из актуальных вопросов охраны окружающей среды является сохранение водных ресурсов. Согласно докладу ООН о состоянии водных ресурсов за 2023 год, 44 % бытовых сточных вод не подвергаются очистке [1]. Это еще раз подчеркивает, что проблема очистки сточных вод не исчезла, по–прежнему остается важной в мире.

Согласно ГОСТ Р 59053-2020 «Охрана окружающей среды. Охрана и рациональное использование вод. Термины и определения», сточные воды – дождевые, талые, инфильтрационные, поливомоечные, дренажные воды, сточные воды централизованной системы водоотведения и другие воды, отведение (сброс) которых в водные объекты осуществляется после их ис-

пользования или сток которых осуществляется с водосборной площади [2]. Как видно из определения, к сточным водам относятся различные воды в зависимости от источников их образования. Также, в соответствии с определением, можно отметить еще одну особенность, заключающуюся в том, что сточными водами считаются те воды, которые прошли процесс эксплуатации. В таком случае их повторное использование возможно при условии, что они (сточные воды) пройдут необходимые этапы очистки, поскольку в сточных водах содержатся различные неорганические и органические примеси. В данный момент выделяют несколько способов очистки сточных вод: механический, биологический, физико–химический, химический.

Целью данной статьи выступает проведение краткого анализа патентов, в которых отражены возможности применения различных способов очистки сточных вод.

Ковалева О. В., Санникова Н. В., Шулепова О. В. изобрели способ микробиологической очистки сточных вод прудов–накопителей сельскохозяйственных предприятий, основанный на разложении загрязняющих веществ с использованием микроорганизмов [3]. Характерной чертой данного способа является использование кислорода воздуха, необходимого для поддержания жизнедеятельности микроорганизмов.

Васильева Ж. В., Барашева Ю. М., Углова Н. В. предложили физико–химический способ очистки сточных вод, используемый на предприятиях пищевой промышленности [4]. В качестве коагулянта они выбрали избыточный активный ил, сконцентрированный до содержания сухого вещества 7–10 г/л. Затем этот ил подвергают акустической кавитационной обработке. Режим жесткости акустической кавитационной обработки составляет 2,5–3,5 кГц*час.

Кудряшов Г. А., Кудряшова А. Г., Гончаров С. В. и др. в своей работе предложили комплексный способ очистки сточных вод, состоящий из физико–химической обработки, механической очистки, электрохимического и микробиологического окисления труднодоступных органических и неорганических соединений [5]. В качестве технического результата выступает биогумус и органические удобрения.

Известен способ очистки переработки содержащихся в сточных водах фенола и его производных, заключающийся в том, что очистку проводят в реакторе проточного типа при рабочем давлении 10 МПа и температурах 165-235ºС в присутствии пероксида водорода [6]. Предлагаемый способ позволяет повысить производительность очистки.

Еще один способ аэробного биологического окисления биологически доступных для микроорганизмов соединений в сточных водах разработала группа ученых [7]. Данный способ применим при очистке содержащих органические вещества вод и коммунальных сточных вод, и представляет собой герметично закрытый фильтрационный модуль, через который прохо-

дит сточная вода. Задерживаясь в одной из камер, вода подвергается очищению, проводимому за счет находящихся в установке микроорганизмов. Такой способ позволяет снизить содержание взвешенных веществ в воде, а также повысить эффективность очистки производственных стоков предприятия от высококонцентрированных органических примесей.

В заключение необходимо отметить, что разработки очистки сточных вод по-прежнему ведутся. В последнее время особое внимание уделяется микробиологическому методу очистки сточных вод, поскольку микроорганизмы можно использовать не только в процессах разложения органических примесей, но и задействовать в технологических схемах, в которых получение конечного продукта (например, биогумуса) является основополагающим.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад ООН : преодолеть водный кризис можно только сообща : сайт. – URL : https://news.un.org/ru/story/2023/03/1438972 (дата обращения: 16.10.2023). - Текст : электронный.

2. ГОСТ Р 59053-2020. Охрана окружающей среды. Охрана и рациональное использование вод. Термины и определения = Environmental protection. Protection and rational use of water. Terms and definitions : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 сентября 2020 г. № 705-ст : введен впервые : дата введения 2021-04-01 / разработан Техническим комитетом по стандартизации ТК 409 «Охрана окружающей природной среды» совместно с Федеральным государственным унитарным предприятием «Российский научно-технический центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия» (ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»). – Москва : Стандартинформ, 2020. – 16 с. – Текст : непосредственный.

3. Пат. 2770056 Российская Федерация, МПК C02F1/74, C02F3/02, E02B8/02. Способ микробиологической очистки сточных вод прудов-накопителей сельскохозяйственных предприятий : № 2021100560 : заявл. 13.01.2021 : опубл. 14.04.2022 / Ковалева О. В., Санникова Н. В., Шулепова О. В. ; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный аграрный университет Северного Зауралья» (ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья). – Текст : непосредственный.

4. Пат. № 2531931 Российская Федерация, МПК C02F1/52, C02F1/36, C02F3/02, C02F103/32. Способ физико-химической очистки сточных вод : № 2013126761/05 : заявл. 05.06.2013 : опубл. 27.10.2014 / Васильева Ж. В., Барашева Ю. М., Углова Н. В. ; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессио-

нального образования «Мурманский государственный технический университет» (ФГОУВПО «МГТУ»). – Текст : непосредственный.

5. Патент № 2726514 Российская Федерация, МПК C02F1/78, C02F9/14. Способ очистки сточных вод и переработки осадка в органические удобрения : № 2019136103 : заявл. 11.11.2019 : опубл. 14.07.2020 / Кудряшов Г. А., Кудряшова А. Г., Гончаров С. В., Гончарова А. Г., Гончаров А. С., Васильева М. Г., Васильев М. С. ; патентообладатель Кудряшов Григорий Алексеевич. – Текст : непосредственный.

6. Пат. № 2760130 Российская Федерация, МПК C02F1/72, C02F1/02. Способ переработки сточных вод, содержащих фенол и его производные : № 2021114348 : заявл. 22.11.2021 : опубл. 22.11.2021/ Паламарчук М. С., Братская С. Ю. ; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИХ ДВО РАН). – Текст : непосредственный.

7. Пат. № 2552558 Российская Федерация, МПК C02F3/08. Способ аэробного биологического окисления биологически разлагаемых органических соединений в сточных водах : № 2014109445/05 : заявл. 13.03.2014 : опубл. 10.06.2015 / Жуков В. Г., Веприцкий А. А. ; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Инновационные биотехнологии» (ООО «ИНБИ»). – Текст : непосредственный.

УДК 621.56/.59

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ СВОБОДНОГООХЛАЖДЕНИЯ КАК МЕТОДА ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ХОЛОДИЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Долгополов А. С., аспирант, dekoy61@ya.ru
г. Ростов-на-Дону, Ростовский государственный университет путей сообщения

Аннотация. Снижение потребления топливно-энергетических ресурсов и повышение экологической безопасности холодильных систем является актуальным направлением научных исследований. В данной статье рассмотрен один из методов повышения энергетической эффективности холодильной системы – свободное охлаждение. Применение этой системы позволяет снизить потребление электрической энергии, но увеличивает капитальные затраты на систему охлаждения.

Ключевые слова. Свободное охлаждение, энергетическая эффективность, холодильная система, теплообменный аппарат, испаритель.

Повышение энергетической эффективности и, следовательно, экологической безопасности инженерных систем, является актуальным направлением инженерных разработок и научных исследований. Необходимость снижения потребления топливно-энергетических ресурсов и их рациональное использование отнесено в России к проблемам государственной важности [1].

Для снижения потребляемой электрической энергии и, следовательно, энергетических затрат, в установках охлаждения жидкости предусматривается возможность применения системы свободного охлаждения (фрикулинга). Такая система позволяет охлаждать промежуточный теплоноситель непосредственно наружным воздухом без использования холодильной машины. Возможность использовать эту систему представляется только в холодный период года, когда температура воздуха на улице ниже требуемой температуры теплоносителя.

В обычном режиме работы вода, которая возвращается от потребителя холода или из технологического процесса, в котором она используется, подается насосом контура охлаждения (1) в теплообменный аппарат (2), в котором происходит теплообмен с теплоносителем контура отбора холода. Этот теплоноситель, в свою очередь, через трехходовой клапан (3) подается в испаритель (5). В испарителе происходит процесс охлаждения теплоносителя кипящим хладагентом холодильной установки.

В холодный период года, когда температура воздуха на улице становится ниже температуры теплоносителя в контуре отбора холода, трехходовой клапан (3), который управляется контроллером, направляет часть теплоносителя в теплообменный аппарат свободного охлаждения (6). Положение штока трехходового клапана в автоматическом режиме определяется на основании совокупности следующих данных:

- температуры теплоносителя на выходе из холодильной машины;
- температуры воздуха на улице;
- рабочего давления конденсации.

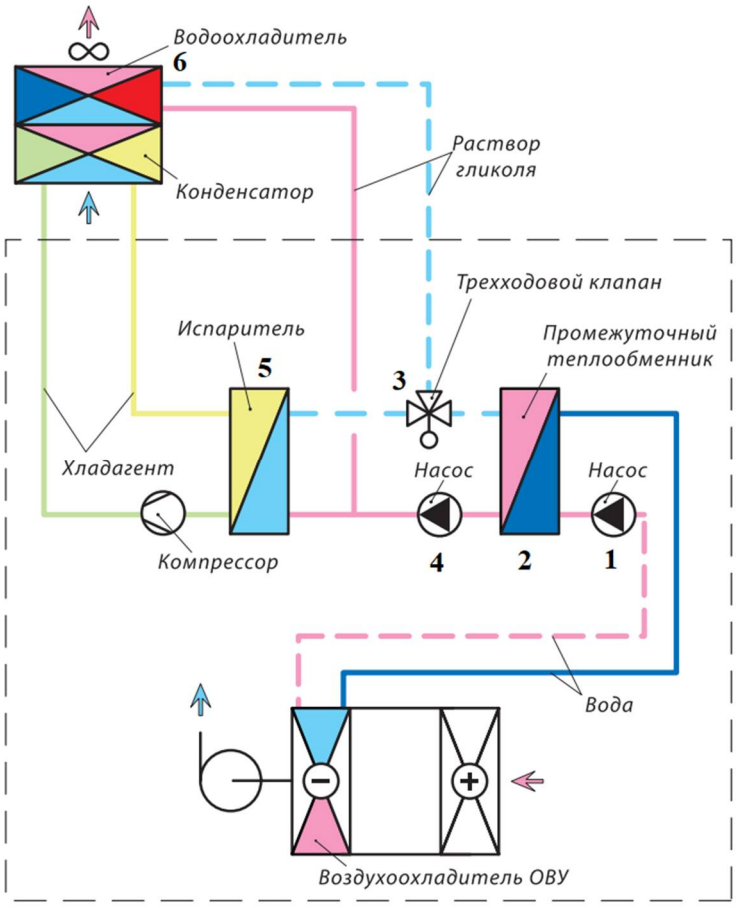


Рис. 1. Принципиальная гидравлическая схема установки охлаждения жидкости с системой свободного охлаждения: 1 - насос контура охлаждения; 2 - теплообменник; 3 - трехходовой клапан; 4 - насос контура отбора холода; 5 - испаритель; 6 - воздушный теплообменник свободного охлаждения

В тот момент, когда температура окружающего воздуха становится ниже требуемой температуры теплоносителя, компрессоры холодильного контура отключаются и поддержание температуры теплоносителя на линии выхода из холодильной машины осуществляется путем плавного регудирования расхода воздуха через теплообменный аппарат свободного охлаждения. Когда температура воздуха на улице возрастает и мощности свободного охлаждения становится недостаточно, контроллер холодильной машины подключает холодильный контур с помощью которого теплоноситель достигает требуемой температуры. При дальнейшем росте температуры окружающего воздуха из процесса полностью выводится теплообменный аппарат свободного охлаждения. Поддержание требуемой температуры теплоносителя полностью обеспечивается холодильным контуром.

В случае применения системы свободного охлаждения достигается экономия значительного количества электрической энергии, которая потребляется электродвигателями компрессоров холодильной машины. Эко-

номия энергии зависит от условий окружающей среды и требуемой температуры теплоносителя. Снижение затрат электроэнергии пропорционально тепловой нагрузке, которая приходится на свободное охлаждение. Этот показатель сильно зависит от климата. Например, в странах центральной Европы экономия будет менее существенная, чем в Скандинавских и других северных странах с продолжительным холодным периодом.

Но, вместе с повышением энергетической эффективности, применение контура свободного охлаждения и автоматизации процесса в дополнение к холодильному контуру, который охлаждает теплоноситель, приводит к усложнению холодильной системы и увеличению капитальных затрат. Для определения целесообразности использования контура свободного охлаждения, требуется проведение технико-экономических расчетов и определение срока окупаемости решения [2,3,4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : федеральный закон № 261-ФЗ : принят Государственной думой 11 ноября 2009 года : одобрен Советом Федерации 18 ноября 2009 года. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/?ysclid=lnkilv3my4234962237 (дата обращения: 05.10.2023). – Текст : электронный.

2. Долгополов А. С. Технико-экономическое обоснование применения системы рекуперации тепловой энергии холодильных систем / А. С. Долгополов. – Текст : непосредственный // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе : Материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, учёных и специалистов. Том 2. – Тюмень, 2021. – С. 198-200.

3. Графова Г. Ф. Чистый доход и чистый дисконтированный доход - показатели оценки эффективности инвестиционного проекта / Г. Ф. Графова. – Текст : непосредственный // Инновации. – 2006. – № 4(91). – С. 113-115.

4. Маслаков В. Н. Метод расчета срока окупаемости естественного охлаждения (фрикулинга) / В. Н. Маслаков. – Текст : непосредственный // Холодильная техника. – 2018. – № 2. – С. 44-48.

УДК 004.056

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ДОСТУПА НА ПРЕДПРИЯТИИ

Ищенко П. А., магистрант, polina.iwenko@gmail.com
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье рассмотрен метод оценки работоспособности системы контроля и управления доступом на предприятие на этапе ее настройки. Оценка вероятности безотказной работы выполняется на основе методов непараметрической статистики. Предложенный алгоритм позволит в дальнейшим упростить и ускорить процесс настройки управления в системе, что позволит, в свою очередь, снизить риски несанкционированного доступа на предприятие, а также уменьшить число ложноотрицательных отказов пропуска действительных работников.

Ключевые слова.
Система контроля и управления доступом, отпечатки пальцев, вероятность безотказной работы системы, малая выборка, нормальный закон распределения, критерий Шапиро-Уилка, непараметрическая статистика, оценка Розенблатта-Парзена.

База данных функционирования системы накапливается со временем, и на стадии запуска имеются в наличии лишь малые выборки, чего может быть недостаточно для расчёта. К тому же, не всегда полученные значения подчиняются нормальному закону распределения. Разработанные к настоящему времени методы настройки работы систем можно расширить, добавив алгоритм расчета вероятности для малых выборок.

Для исследования выбрана недавно установленная на предприятии СКУД с первыми полученными экспериментальными значениями входных данных сотрудников (отпечатков пальцев). Процентаж совпадения отпечатков пальцев колеблется от 0,81 до 0,99, что можно списать на недостаточно точно настроенную систему. За исправную работу системы специалистами принимаются значения идентификации имеющегося в базе данных сотрудника выше 0,85. Выборка №1 включала результат проверки только работников предприятия. Выборка №2 была дополнена данными по отпечаткам тех, кто в системе отсутствует, что составляет значения в пределах 0,05. Также во вторую выборку попали неточные измерения из-за внешних факторов (грязь, повреждения, некорректное сканирование), что составляют значения от 0,5 до 0,7.

Для проверки принадлежности малой выборки нормальному распределению принято использовать критерий Шапиро-Уилка. Статистика критерия рассчитывается по выражению:

$$W = \frac{b^2}{D^2} \quad (1)$$

Следуя критерию Шапиро-Уилка, гипотеза о подчинении распределения случайной величины x нормальному закону принимается, если выполняется следующее неравенство:

$$W \geq W_\alpha, \quad (2)$$

где W_α - критическое значение критерия Шапиро-Уилка.

Статистика критерия W_1, соответствующая первой выборке (15 значений), составила 0,647. Критическое значение статистики W_{a1} составляет 0,835. Аналогично для второй выборки (26 значений), W_2 составляет 0,536 и W_{a2} – 0,868. Для обеих выборок данное условие не выполняется. То есть эмпирическое распределение не соответствует нормальному распределению, нулевую гипотезу бракуем.

Поскольку для дальнейшей настройки нужны показатели работоспособности системы требуется знание функции плотности распределения. Восстановление функции плотности распределения может быть выполнено только методами непараметрической статистики: автором была выбрана оценка Розенблатта-Парзена.

На основе выборки №1 были составлены гистограмма и восстановлена функция плотности распределения.

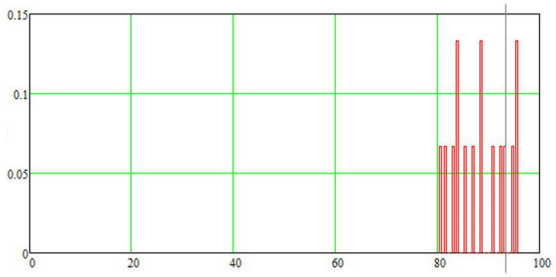


Рис. 1. Гистограмма выборки №1

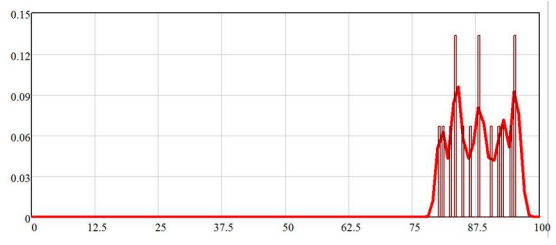


Рис. 2. Функция распределения выборки №1

Вероятность дефекта системы (вероятность попадания значения в интервал от 0,05 до 0,85) составила 0.37, вероятность исправной работы системы составила 0,63.

На основе выборки №2 также была составлены гистограмма и восстановлена функция плотности распределения.

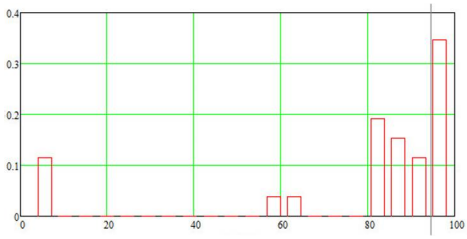


Рис. 3. Гистограмма выборки №2

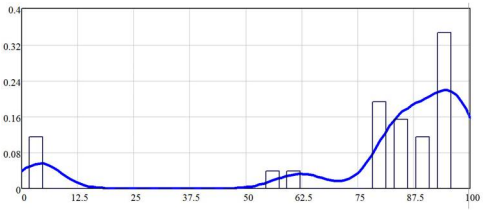


Рис 4. Функция распределения выборки №2

Вероятность дефекта системы (вероятность попадания значения в интервал от 0,05 до 0,85) составила 0.34. Вероятность сканирования отсутствующего в базе данных отпечатка составила 0.09 (значение ниже 0,05 – попытка несанкционированного доступа на предприятие!). Вероятность пропуска имеющегося в базе данных сотрудника (значение выше 0,85) составила 0.57. Вероятность исправной работы системы составила 0.66 и увеличилась на 0,03.

Предложенный алгоритм расчета вероятностей правильной и ошибочной работы системы управления доступом поможет в дальнейшим упростить и ускорить процесс настройки управления в системе, что позволит, в свою очередь, снизить риски несанкционированного доступа на предприятие, а также уменьшить число ложноотрицательных отказов пропуска действительных работников, изображение отпечатков которых некачественно снято сканером.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов В. В. Аутентификация и авторизация / В. В. Иванов – Текст: непосредственный // Проблемы современной науки и образования. - 2017. - № 8. - С. 26-34.

2. Непараметрические методы статистики: учебное пособие / ОмГПУ ; ред. В.А. Шелонцев. – Омск : Полиграфический центр КАН, 2016. – 60 с. - Текст: непосредственный.

3. Поршнев С. В. Использование аппроксимации Розенблатта-Парзена для восстановления функции распределения / С. В. Поршнев. – Текст : непосредственный // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2013. – № 4. – С. 18-37.

УДК 550.42

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЫЛЕВЫХ ФРАКЦИЙ PM 2.5 И PM10 В АТМОСФЕРЕ Г. САРАТОВА

Косарев А. В.[1] канд. хим. наук, доцент, aleteia@inbox.ru
Рогачева С. М.[1,2], д-р биол. наук, профессор, smro13@yandex.ru
Жутов А. С.[3], канд. биол. наук, доцент, alexander.zhutov@gmail.com
Симонова З. А.[3], канд. биол. наук, доцент, simonovaza@yandex.ru
[1]г. Саратов, Саратовский медицинский университет «Реавиз»
[2]г. Саратов, Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского
[3]г. Саратов, Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина

Аннотация. Анализ содержания пыли в атмосфере котловинного города является в настоящее время актуальной задачей. В работе методами анализа динамики временных рядов и статистическим методом показано, что пики содержания фракции пыли PM2.5 и PM10 в атмосферном воздухе г. Саратова приходятся на январь–февраль, а также октябрь-декабрь - в случае PM10 , а также на март и ноябрь - PM2.5. Установлено, что температурное распределение пылевых фракций в условиях котловинного города подчиняется гауссовому закону. Установлена корреляция между содержанием указанных пылевых фракций и среднесуточной температурой.

Ключевые слова: пыль, атмосфера, температура, распределение, котловинный город.

Проблема загрязнения атмосферного воздуха крупных промышленных городов, расположенных в котловинах, в настоящее время является одной из актуальных задач промышленной экологии. Информативным источником данных при таком моделировании пылевых потоков в атмосфере являются метеорологические характеристики, фоновые значения концентрации пыли, эффективность ее осаждения на подстилающую поверхность [1]. Одной из актуальных задач моделирования является исследование распределения угольной пыли атмосферы, адсорбированной на снежном покрове, делающая его удобным индикатором состояния воздушной среды города [2]. Пыль, в свою очередь, может являться фактором, оказывающим влияние на погоду и региональный климат, так как пылевые частицы

являются центрами конденсации при формировании и росте облаков, возникновении осадков, поглощении солнечной радиации [3].

Цель нашей работы – исследовать корреляционные взаимосвязи между концентрациями пылевых фракций PM2.5 и PM10 и среднесуточной температурой в течение 2022 г. в атмосферном воздухе г. Саратова.

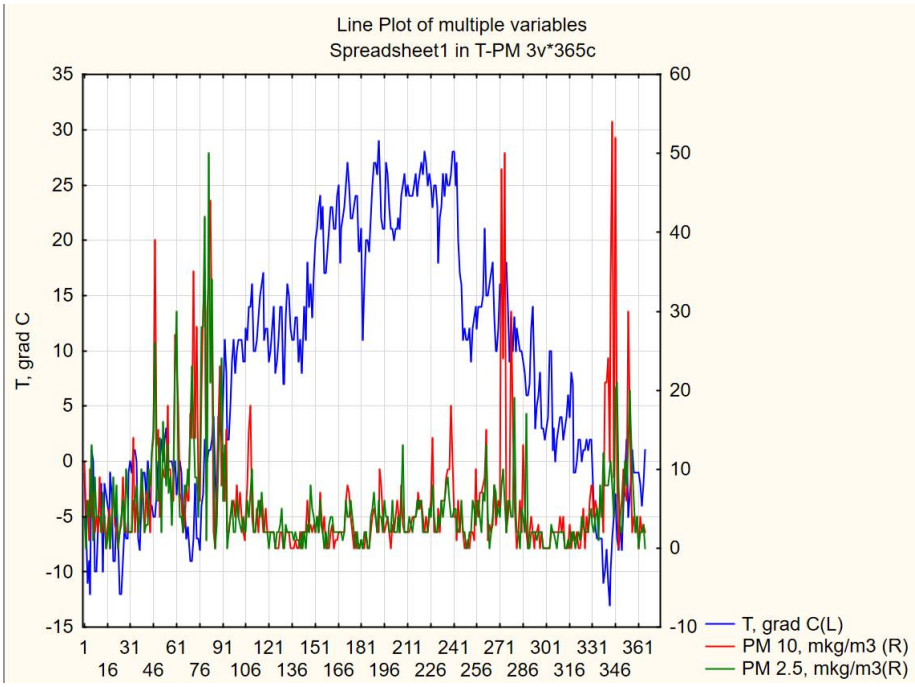


Рис.1. Средняя дневная температура, концентрация пыли P2.5, P10 (мкг/м3) в атмосферном воздухе г. Саратова

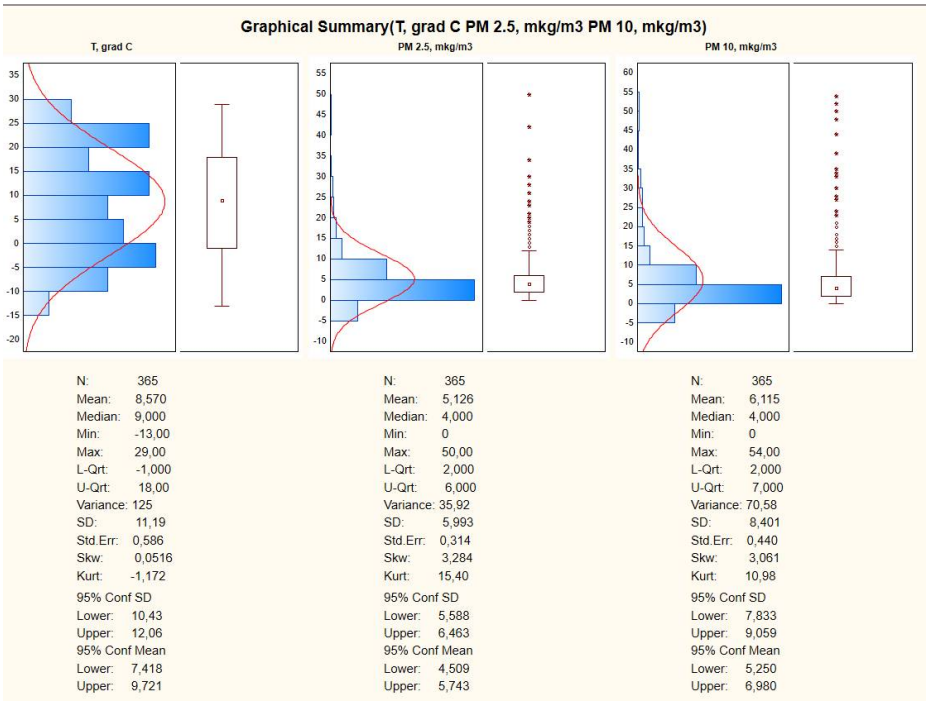


Рис.2. Нормальное распределение среднесуточной температуры воздуха и содержания фракций PM2.5 и PM10 в атмосфере г. Саратова в 2022 г.

Данные среднесуточной температуры и состава атмосферного воздуха г. Саратова получены с помощью информационного метеорологического ресурса ventusky.com (компания InMeteo, s.r.o.). Анализ временных рядов и исследование их корреляционной взаимосвязи проведено с помощью программного пакета Statistica (v.10).Нами установлено, что пики содержания фракции пыли PM10 в атмосферном воздухе г. Саратова приходятся на январь –февраль, а также октябрь-декабрь, что, по всей видимости, связано с отопительным сезоном и работой ТЭЦ (Рис.1).

Correlations (Spreadsheet1 in T-PM)
Marked correlations are significant at p < ,05000
N=365 (Casewise deletion of missing data)

Variable	PM 2.5, mkg/m3	PM 10, mkg/m3
T, grad C	-,2614	-,2279
	p=,000	p=,000

Рис.3. Матрица парных корреляций между среднесуточной температурой воздуха и содержанием фракций PM2.5 и PM10 в атмосфере г. Саратова в 2022 г.

При этом динамика содержания фракций PM2.5 и PM10 в атмосфере г. Саратова, а также среднесуточная температура подчиняется нормальному распределению со следующими характеристиками (Рис.2): среднегодовая температура – 8,57 оС, среднее содержание пыли PM2.5 – 5,13 мкг/м3; среднее содержание пыли PM2.5 – 6,13 мкг/м3 при ПДК данных веществ 35 и 60 мкг/м3 соответственно. Найдено, что содержание исследованных пылевых фракций в течение года находится в отрицательной корреляционной зависимости от температуры. При этом коэффициенты корреляции являются статистически значимыми (Рис. 3).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка воздействия горного предприятия на прилегающую территорию по фактору инертной пыли / А. А. Хадарцев, В. М. Панарин, Л. В.Кашинцева, О. А.Седова. – Текст : непосредственный // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. - 2019. - №1. - С. 80-91.

2. Дахова Е. В. Пылевая нагрузка на снежный покров п.г.т. Шахтерск Сахалинской области / Е. В. Дахова, Л. П. Майорова, А. И. Лукьянов. – Текст : непосредственный // Проблемы недропользования. - 2022. - № 1 (32). - С. 65-76.

3. Александрова А. Ю.Распределение пыли общераспространенных полезных ископаемых в атмосфере байкальской природной территории / А. Ю. Александрова. – Текст : непосредственный // XXI век. Техносферная безопасность. - 2021. - № 3 (23). - С. 309-318.

УДК 504.05

СОКРАЩЕНИЕ ВЫБРОСОВ CO2 ЗА СЧЕТ ЗАПУСКА НУЛЕВОГО СЖИГАНИЯ НА ФАКЕЛАХ

Криштопёнок В. А., магистрант, avangard.by@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Сжигание газов на факелах в открытой атмосфере, в дополнение к экономическим потерям, значительно увеличивает выбросы CO_2. В этой работе предлагается новый подход к сокращению сжигания газа в факеле путем нулевого сжигания в факеле при запуске установки.

Ключевые слова: сжигание попутного нефтяного газа, экологическая безопасность, попутный нефтяной газ, факельная установка.

В мировой нефтяной промышленности сжигание нежелательных горючих газов на факелах на открытом воздухе является серьезной экологической проблемой. По последним оценкам, полученным на основе спутниковых данных, ежегодно сжигается на факелах более 139 миллиардов кубометров газа [1], что эквивалентно 4,6% мирового потребления природного газа.

При таком объеме сжигания на факелах ежегодно образуется около 281 миллиона тонн выбросов CO_2. Сжигание на факелах также может быть источником загрязняющих веществ, таких как твердые частицы сажи, диоксид серы (когда факельный газ содержит соединения серы, такие как сероводород), несгоревшее топливо и другие нежелательные побочные продукты горения. В последние годы на международном уровне предпринимаются усилия по сокращению сжигания газа на факелах и вентиляции в рамках партнерства Всемирного банка по глобальному сокращению сжигания газа на факелах (GGFR) и глобальной инициативы по метану (GMI).

С повышением осведомленности о воздействии на окружающую среду и ратификацией Киотского протокола ожидается, что сжигание газа на факелах в ближайшем будущем будет запрещено. Кроме того, необходимы значительные изменения в существующей практике добычи и переработки нефти и газа [2].

Одним из наиболее привлекательных методов сокращения выбросов парниковых газов и повышения энергоэффективности на промышленном

предприятии является система утилизации факельного газа путем стабилизации сырой нефти и многоступенчатой сепарации с промежуточным сырьем.

Поскольку расход газа, поступающего в установку, во время запуска является пониженным (40% от нормального расхода), количество пара, подаваемого в газовый нагреватель (нагреватель перед установкой для подслащивания газа), необходимо точно регулировать, чтобы температура газа была ниже 30°C. Кроме того, загрузка амина H_2S должна составлять менее 100 PPMW, а температура на дне регенератора должна быть более 127°C [3].

Основываясь на анализе анамнеза, в худшем случае содержание H_2S достигает 50 мг/куб.м. С этой целью была проведена оценка материалов трубопровода, используемых в газоопасной установке. Материалом всех труб, за исключением холодильной камеры, является углеродистая сталь в двух вариантах: для эксплуатации в условиях сильной коррозии и для неагрессивных условий эксплуатации. Согласно руководству по материалам, допустимое количество H_2S для углеродистой стали при давлении 70 бар составляет 50 частей на миллион (50 мг/куб.м). Материал холодильной камеры – алюминий, поэтому ее можно использовать для получения чистого H_2S как в сухой среде, так и во влажной, основываясь на данных OSECO. Следовательно, предельное содержание H_2S составляет 50 мг/куб.м. Таким образом, трубопроводы совместимы с жидкостью, содержащей H_2S менее 50 мг/куб.м.

Газ направляется в установку обезвоживания триэтиленгликоля (TEG). Основываясь на моделировании, если газ со скоростью 200 т/ч, содержащий 50 частей на миллион H_2S, поступает в контактор TEG, 49 частей на миллион H_2S выходит из верхней части контактора, а остальные выходят из линии сжигания гликолевого испарителя. В результате концентрация H_2S в обедненном TEG достигает 0,01 промилле. В заключение, если возникнут какие-либо проблемы и содержание H_2S в газообразном продукте превысит 5 мг/куб.м, возможно, газ будет отправлен в установку обезвоживания и сжигаться на факеле [4].

Температура на дне регенератора в момент запуска составляет 129°C. Эта цифра показывает, что установка для подслащивания аминного газа быстро выходит на стационарный режим. Стабильность рабочих условий в секции регенерированного амина препятствует увеличению загрузки обедненного H_2S, и, следовательно, концентрация H_2S в выхлопных газах из абсорбера находится в допустимом пределе в диапазоне 1-5, 1 мг/куб.м. Если за час до запуска установить горячую циркуляцию амина, загрузка H_2S составит менее 18 частей на миллион.

Таким образом, при наличии вышеуказанных условий концентрация газа H_2S на выходе из абсорбционной колонны находится в пределах допустимого предела в первые минуты подачи газа. Общее количество факель-

ного газа было сокращено более чем в шесть раз после использования методов нулевого запуска факела.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2019 году. – Текст : электронный // World meteorological organization : [сайт]. – URL : https://public.wmo.int/en/our-mandate/climate/wmo-statement-state-of-global-climate (дата обращения: 09.10.2023).

2. Ручкинова О. И. Экологическая безопасность предприятий нефтедобывающего комплекса (система управления нефтеотходами) / О. И. Ручкинова, Я. И. Вайсман. – Текст : непосредственный // Инженерная экология. – 2003. – № 2. – С. 15-26.

3. Сосунов И. В. Оценка техногенной безопасности при разработке газоконденсатных месторождений в условиях Арктики / И. В. Сосунов, Н. Н. Посохов, С. В. Горбунов. – Текст : непосредственный // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2013. – Т. 3, № 1 (4). – С. 81-91.

УДК 60-663

БИОУГОЛЬ ИЗ ЛУЗГИ ГРЕЧИХИ

Лучкина Е. Е., инженер-исследователь, yekaterina.luchkina@inbox.ru
Слобожанинова М. В., младший научный сотрудник, htd-mv@mail.ru
Сидоркина О. А., инженер-исследователь, leylik.sidorkina@mail.ru
г. Казань, Казанский научный центр Российской академии наук

Аннотация. Актуальным направлением исследований является поиск новых альтернативных видов топлив. Ежегодно в России образуется 60 тыс. тонн лузги гречихи, которые можно использовать для энергетики. Целью исследования являлась оценка возможности использования биоугля, полученного из лузги гречихи, в качестве возобновляемого источника энергии. Был проведен элементный анализ, а также проанализирована влажность и зольность биоугля. Полученные результаты показали, что высшая теплота сгорания равна 31,79 МДж/кг, что соответствует каменному углю.

Ключевые слова: пиролиз, лузга гречихи, биоуголь, теплота сгорания.

В настоящее время главной проблемой, стоящей перед человечеством, является глобальное изменение климата, причина которого связана с огромными выбросами парниковых газов, таких как метан, углекислый газ, оксиды азота и озон. Лесная и сельскохозяйственная промышленности, являясь источником выбросов данных газов, производят огромное количе-

ство отходов, правильная утилизация которых помогла бы сократить негативное воздействие на окружающую среду [1].

Высокоэффективными способами утилизации сельскохозяйственных отходов являются различные методы термохимической конверсии, среди которых пиролиз наиболее распространен. Этот процесс протекает в инертной среде, в результате чего образуются твердые, жидкие и газообразные продукты. Все они могут использоваться в качестве биотоплива [1-3]. Особое внимание стоит уделить твердому продукту пиролиза органических отходов – биоуглю [1]. Внесение его в почву способствует депонированию углерода, что способствует уменьшению углеродного следа, причем более быстрому по сравнению с традиционными методами.

В качестве объекта исследования был выбран биоуголь, полученный путем пиролиза сельскохозяйственных отходов. Процесс осуществлялся при 550 ºС в течение часа, в результате из лузги гречихи был получен биоуголь. Лузга гречихи является одним из основных отходов производства гречки. При обрушивании зерна из одной тонны сырья образуется около 200 кг отходов.

Элементный состав биоугля представлен в таблице 1. Следует отметить, что в нем содержится очень большое количество углерода.

Таблица 1

Элементный состав биоугля из лузги гречихи

Элемент	Содержание, %
C	80,9
H	3,2
N	1,7
S	0
O	4,12

На основе элементного состава были определены низшая и высшая теплота сгорания твердого углеродистого остатка из лузги гречихи. Результаты расчета, а также физико-химические свойства биоугля представлены в таблице 2.

Таблица 2

Физико- химические свойства биоугля из лузги гречихи

Параметр	Содержание, %
Зольность, мас. %	7,19
Влажность, мас. %	2,89
Высшая теплотворная способность, кДж/кг	31791,22
Низшая теплотворная способность, кДж/кг	30998,97

По полученным показателям биоуголь соответствует высококачественному каменному углю. Таким образом, перспективным направлением является применение этого материала в качестве альтернативного топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Moreno-Camacho C. A. Sustainability metrics for real case applications of the supply chain network design problem: A systematic literature review / C. A. Moreno-Camacho, J. R. Montoya-Torres, A. Jaegler, N. Gondran. – Direct text // Journal of Cleaner Production. – 2019. – Vol. 231. – P. 600-618.

2. Crombie K. Pyrolysis biochar systems, balance between bioenergy and carbon sequestration / K. Crombie, O. Mašek. – Direct text // *GCB Bioenergy: Bioproducts for a Sustainable Bioeconomy.* – 2015. – Vol. 7. – P. 349–361.

3. Dutta B. A life cycle assessment of environmental and economic balance of biochar systems in Quebec / B. Dutta, V. Raghavan. – Direct text // International Journal of Energy and Environmental Engineering. – 2014. – Vol. 5. – P.106.

УДК 614.84

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЖАРООПАСНОСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕ- И ГАЗОПРОВОДОВ

Малюгин П. Н., магистрант, malyugin89@gmail.com
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Наряду с развитием и требованиями промышленности строится и обслуживается все больше и больше нефте- и газопроводов большой протяженности. Утечка нефти и газа может произойти из-за каких-либо внутренних или внешних факторов во время транспортировки. Если концентрация газовой смеси, состоящей из нефти/газа и воздуха, достигает предела горения и/или взрыва, при наличии поблизости источника пожара может произойти авария.

Ключевые слова: пожарная безопасность, газопровод, аварии, пожар.

Как разновидность чистой, эффективной и высококачественной энергии, нефть и газ широко используются в химической промышленности, электроэнергетике и других отраслях промышленности. Магистральный трубопровод стал одним из самых безопасных и эффективных способов транспортировки нефти и газа. Но во время транспортировки может произойти утечка нефти и газа из трубопроводов, произойти поскольку газопроводы могут быть повреждены внутренними или внешними факторами, такими как коррозия, старение материала, низкое качество. Если концентрация газовой смеси, состоящей из природного газа и воздуха, достигнет предела горения и (или) взрыва, это приведет к пожару и (или) взрыву [1].

Индивидуальный риск возникновения пожара важен для управления рисками нефте- и газопроводов. Таким образом, на основе анализа рисков нефте- и газопровода, математической модели пожара можно построить модель струйного пожара для нефти и газа; произвести оценку последствий; нанести на карту зоны воздействия и индивидуальные риски.

Зона влияния аварий на магистральных трубопроводах является важным фактором для определения риска эксплуатации.

Поскольку аварии на газопроводах могут произойти в любом месте трубопровода, их можно рассматривать как ряд опасных источников. Когда при аварии на трубопроводе все опасные точки находятся на одном и том же месте происшествия, по обе стороны трубопровода зоны воздействия можно принять за окружность в качестве центра точки аварии, радиус воздействия R – это радиус окружности для перемещения вдоль трассы трубопровода, который может быть аппроксимирован прямоугольной областью.

Следовательно, чем ближе к трубопроводу, тем выше риск последствий аварии. Последствия аварии на нефте- и газопроводе показаны на рис. 1.

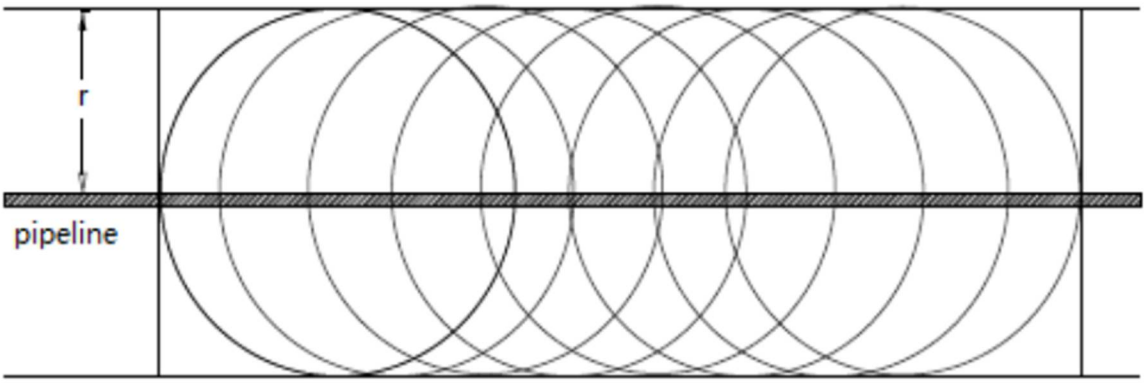


Рис. 1. Схема зоны влияния аварии на магистральном нефте- и газопроводе

Индивидуальный риск является ключевым количественным показателем для измерения потенциальной и количественной оценки риска.

Обычно последствия пожара на газопроводе серьезнее, чем на нефтепроводе. Общеизвестно, что наиболее сложной аварией на газопроводе является струйный пожар, где бы ни применялись горючие материалы, находящиеся под давлением, или сжиженные под давлением горючие материалы [2].

Вытекший природный газ под высоким давлением будет выбрасываться в виде струйного потока из разреза трубопровод, если утечка газа произойдет в месте разрыва, то произойдет струйное возгорание, пострадает обслуживающий персонал и здания.

Вытекший горючий материал под высоким давлением может образовать струйный поток, если газ загорается в месте утечки, то происходит возгорание струи.

Таким образом, среди трех видов несчастных случаев с пожаром наиболее сложной аварией является реактивный пожар, возникающий везде, где используются горючие материалы под давлением или сжиженные под давлением горючие материалы. Исследование пожарной опасности на магистральном нефте- и газопроводе имеет важное теоретическое и практическое значение для обеспечения безопасности персонала и имущества.

Чтобы предотвратить пожар, предприятие должно усилить ежедневный мониторинг, управление безопасностью и подготовку к чрезвычайным ситуациям, усилить ежедневное техническое обслуживание и ремонт с целью предотвращения аварий. Основные усилия должны выполняться предприятием, включая контроль за источником возгорания, строгое соблюдение правил проведения работ на открытом воздухе; строгое соблюдение правил пожарной безопасности, увеличение инвестиций в противопожарную инфраструктуру; усиление пропаганды безопасности и просвещения по вопросам пожарной безопасности, повышение осведомленности масс о безопасности; разработка планов действий в чрезвычайных ситуациях при пожаре и проведение регулярных учений и пересмотр планов действий в чрезвычайных ситуациях [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рянский Ф. Н. Анализ природных и антропогенных факторов возникновения чрезвычайных ситуаций / Ф. Н. Рянский, С. Е. Коркин, И. С. Аитов. – Москва : Юрист, 2011. – 542 с. – Текст : непосредственный.

2. Черепахин А. М. Методика оценки пожарной опасности горючей среды на основе веществ, обращающихся на объектах нефтегазового комплекса : специальность 25.00.17 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» : дис. ... канд. техн. наук / А. М. Черепахин. – Воронеж, 2020. – 179 с. – Текст : непосредственный.

3. Брушлинский Н. Н. О статистике пожаров и о пожарных риска / Н. Н. Брушлинский, С. В. Соколов. – Текст : непосредственный // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – Т. 20, № 4. – С. 40-47.

УДК 622.69(082)

ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГАЗОПРОВОДА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОТКАЗОВ

Малюгин П. Н., магистрант, malyugin89@gmail.com
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Разработка соответствующих методов оценки функциональности газопроводов способствует снижению последствий отказов и помогает инженерам принимать правильные решения относительно выбора оптимального решения для технических объектов, а также обеспечивает процедуры для защиты их пользователей и окружающей среды.

Ключевые слова: система газораспределения; анализ отказов; безопасность подачи газа.

Функционирование технических систем должно быть надежным с точки зрения функциональности и безопасности. Это касается и газовых систем, ненадежность которых может привести не только к перебоям в подаче газа потребителям, но и к серьезной угрозе окружающей среде и жизни людей. Основным элементом системы распределения природного газа является газопровод, рассматриваемый как элемент, подлежащий ремонту (возобновляемый). Процесс аварий в газопроводах носит случайный характер. Повреждением или отказом можно назвать частичную или полную утрату таких свойств элемента технической системы, которые значительно снижают эффективность системы или могут представлять угрозу экологической безопасности в случае неработоспособности [1].

В последнее время природный газ стал очень популярным источником энергии; количество распределяемого газа систематически увеличивается, а следовательно, и протяженность газовых сетей. Введенные нормы охраны окружающей среды стимулируют развитие теплоэнергетики, работающей на природном газе. Природный газ часто описывается как экологически чистый или безвредный для окружающей среды. В результате контролируемого сжигания природного газа практически не происходит выброса пыли, а выбросы газов по отношению к единицам химической энергии топлива значительно ниже по сравнению с выбросами твердого и жидкого топлива.

Общий технический прогресс и развитие цивилизации привели к повышению требований к техническим системам. Строительство газопроводов и связанных с ними объектов сопряжено с глубоким вмешательством в окружающую среду и создает для нее множество угроз. Утечка природного газа в атмосферу во время аварий или ремонтных работ, а также при протечке газовых сетей создает риск взрыва и пожара. Ввиду этих фактов тре-

бования получателей к надежности функционирования и надежности безопасности коммунальных систем возрастают.

Примеры строительных катастроф, пожаров и выбросов газа, вызванных выходом из строя внешних сетей, доказывают, что природный газ, несмотря на свои преимущества, может быть очень опасным. Можно видеть, что большинство задокументированных несчастных случаев при эксплуатации газовых сетей происходят по вине человека, например, в результате механических повреждений. Внедрение новых методов мониторинга и автоматизации, методов обеспечения безопасности или технического восстановления газовых сетей в значительной степени повышает безопасность эксплуатации газовых сетей. Разработка соответствующих методов оценки отказов в процессе эксплуатации технических систем должна быть приоритетным направлением деятельности; это будет способствовать снижению возможных последствий аварий, а также поможет инженерам, проектировщикам и государственным служащим в принятии решений о выборе методов обеспечения безопасности пользователей. Очень важную роль в процедурах анализа отказов играет составление правильной записи о сбоях, а также мнений и оценок экспертов и пользователей. Предложенный подход позволяет определить уровень безопасности систем газоснабжения [2].

Основными причинами отказов были механические, как в стальных трубопроводах, так и в газопроводах, изготовленных из пластика, такого как полиэтилен (ПЭ). Анализ отказов подтвердил их случайный характер.

Средние значения индексов для газовых труб следующие:

Частота отказов трубопроводов, изготовленных из стали: $\lambda steel = 0{,}075$ км$^{-1}\cdot$а$^{-1}$.

Частота отказов трубопроводов из пластмасс: $\lambda p = 0{,}18$ км$^{-1}\cdot$а$^{-1}$.

Значения частоты отказов для газопроводов соответствуют тенденциям в других системах. В будущем проведенное исследование поможет предложить значения критериев, которые помогут сравнивать различные системы.

Многие явления характеризуются неравномерностью и изменчивостью во времени; они относятся к периодическим колебаниям, частным случаем которых являются сезонные колебания. Потребление природного газа характеризуется неравномерностью в течение суток и в течение года. В зимние месяцы потребление газа значительно выше, чем в летние месяцы, из-за использования природного газа для отопления зданий. Анализируя частоту отказов газовых сетей и, в частности, стремясь найти механизмы возникновения отказов, нельзя игнорировать эту неравномерность.

В потоке отказов в газовых сетях мы можем выделить две основные группы отказов: непредсказуемые/случайные отказы (например, механические) и те, которые могут быть предсказаны на основе предыдущих эксплуатационных испытаний. Зная модель отказа, можно предсказать воз-

никновение отказов в последующие годы на определенном участке сети (определенного диаметра и изготовленном из определенного материала) в определенное время года, используя для этой цели метод Монте-Карло [3].

Оценка функциональности газовых сетей должна быть приоритетной деятельностью для специалистов этих систем, которым следует уделять больше внимания оценке функционирования существующих сетей. В условиях растущего давления со стороны защитников окружающей среды и ужесточения приемлемых стандартов загрязнения окружающей среды это представляется необходимостью. Разнообразие методов оценки работы газовой сети позволяет выбрать оптимальное решение. Использование нескольких методов одновременно дает возможность объективно оценить функциональность системы и принять правильное решение относительно минимизации вероятности возникновения сбоя. Представленная методика может быть использована для оценки технического состояния газопроводов, что позволяет принимать решения, если система требует модернизации или капитального ремонта. Это могло бы быть очень полезно при выполнении и подготовке стратегических планов операций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kurasov O. A. Risk assessment and ranking after design improvement of the gas transmission system / O. A. Kurasov, P. V. Burkov. – Direct text // Topical issues of rational use of natural resources : Scientific conference abstracts. – Saint Petersburg, 2020. – P. 111-112.

2. Иванцов О. М. Надежность строительных конструкций магистральных трубопроводов / О. М. Иванцов. – Москва : Недра, 1985. - 231 с. – Текст: непосредственный.

3. Самсонов Р. О. Применение методов системного анализа для оценки геоэкологических рисков в газовой отрасли / Р. О. Самсонов, А. С. Казак, В. Н. Башкин. – Текст : непосредственный // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2007. - № 2. – С. 25-35.

УДК 662.61

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДИФФУЗИОННОГО ГОРЕНИЯ АЦЕТОНА

Михалкин В. Н., канд. физ.-мат. наук, профессор, mikhalkinvn@mail.ru
г. Москва, Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

Аннотация. Показано как изменяются величины параметров диффузионного горения ацетона от изменения условий горения. Представлены результаты экспериментов с ци-

линдрическими стеклянными резервуарами разного диаметра, показывающие уровень ацетона, при котором горение прекращается. Намечены пути проведения дальнейших экспериментальных исследований горения ацетона таких как возможность выжигания ацетона из грунта, возможности горения с другими жидкостями и условия само тушения в резервуарах.

Ключевые слова: ацетон, диффузионное горение, минимальная скорость выгорания, уровень горючего, само тушение.

Диффузионное горение ацетона представляет бесспорный интерес как с теоретической, так и практической точки зрения для обеспечения взрывобезопасности при работе с большими количествами легковоспламеняющейся жидкостью (ЛВЖ). Ацетон (диметилкетон, 2-пропанон, CH_3COCH_3) представляет собой прозрачную бесцветную летучую жидкость со сладким запахом.

При обращении ацетона в техносфере (ежегодный мировой выпуск ацетона составляет около 6,9 миллионов тонн) возможны аварийные ситуации с горением ацетона и загрязнением окружающей среды как продуктами горения, так и попаданием его в окружающее пространство. Ацетон имеет давление паров 30,6 кПа при 298 К и легко испаряется в виде аэрозоля. Оставаться в воздухе он может довольно долго, поскольку его период распада под действием солнечных лучей составляет 22 суток.

При горении ацетона в ёмкости или разлитого на грунт важным параметром процесса является массовая скорость выгорания жидкости. Фактически массовая скорость выгорания жидкости определяет интенсивность её сгорания в условиях пожара. Как показано в работе [1] скорость выгорания горючей жидкости в резервуаре имеет сложную зависимость от диаметра площади поверхности горящей жидкости, при некоторой величине площади горения достигается минимум массовой скорости выгорания, а затем при увеличении площади поверхности она выходит на постоянное значение. В справочных данных как оказалось приводится не минимальная скорость выгорания, а скорость выгорания, которая достигается в резервуарах больших диаметров, когда скорость выгорания мало меняется. Причём как показано в [2] скорости выгорания ацетона, приведенная в справочниках могут колебаться от 0,044 кг/(м^{2}с) до 0,0596 кг/(м^{2}с), а минимальная скорость выгорания составила 0,011 кг/(м^{2}с), что в несколько раз меньше приводимых в справочниках.

Обобщённые результаты изменения скорости выгорания ацетона от диаметра площади горящей поверхности для резервуаров из разного материала, приведённые в [2], показывают, что минимальная скорость выгорания ацетона не зависит от материала сосуда. Там же показано, что при разливах на грунте скорость выгорания ацетона стремится к минимальной скорости выгорания, поэтому для более точного прогнозирования времени

выгорания разлитого горючего, в справочниках желательно приводить и минимальную скорость выгорания горючей жидкости.

Кроме того, следует отметить, что при понижении уровня горящей жидкости в резервуаре скорость выгорания уменьшается и на некоторой глубине пламя гаснет [1]. В работе [3] для ацетона при горении в резервуаре была получена линейная зависимость предельного уровня прекращения горения от диаметра резервуара (h=1,192 d + 4,88 мм, где h – уровень ацетона в мм, d –диаметр резервуара в мм.), которая отличается от степенной зависимости, приведенных в [1] для других горючих ($h = kd^n$, где показатель степени n колеблется от 0,55 до 0,75). Для уточнения этих зависимостей была расширена область измерений, т.е. интервал диаметров резервуаров, в которых проводили сжигание ацетона, от 1 мм до 75,4 мм. Исследования проводили в затемненном помещении аналогично [2,3]. На фоне черного экрана производили видео регистрацию: горения ацетона в стеклянном резервуаре, показания таймера и уровень ацетона в резервуаре. Обработка видеосъёмки позволяло определить момент прекращения горения и уровень ацетона в резервуаре.

На рис. 1 приведены результаты экспериментов по само тушению ацетона при понижении его уровня в цилиндрически стеклянных резервуарами разного диаметра. На рис. по оси абсцисс отложены величины диаметров резервуаров в мм, а по оси ординат значение уровня жидкости в мм, при котором горение ацетона прекращалось.

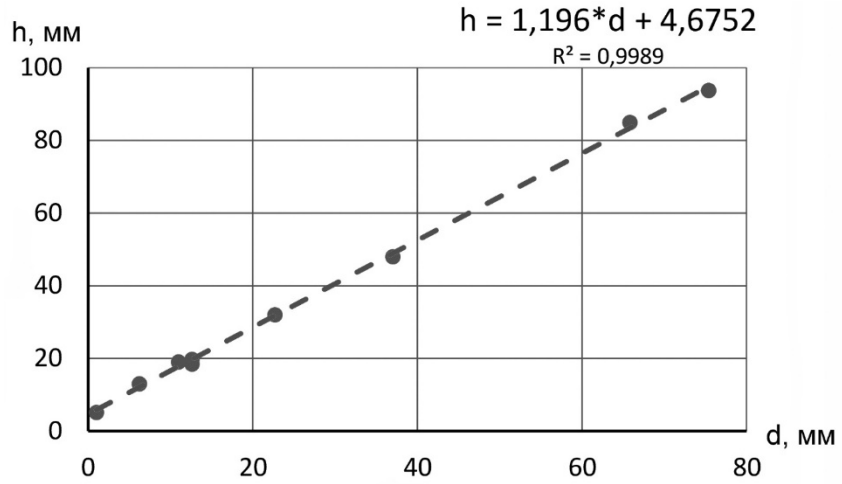


Рис. 1. Зависимость уровня ацетона в резервуаре, при котором горение прекращается

По сравнению с [3] в данной работе исследование проведено для более широкого интервала диаметров сосудов, полученные результаты хорошо описываются линейной зависимостью (h = 1,196 d + 4,6752 мм). Таким образом проведенные исследования уточняют коэффициенты линейной зависимости [3].

Комплексное изучение процессов горения ацетона позволит минимизировать ущерб экологии от аварий и катастроф при обращении ацетона в техносфере. По-видимому, следует исследовать вопрос о выжигания ацетона, разлитого на грунт, а также горение смесей ацетона с другими горючими жидкостями, а также с водой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блинов В. И. Диффузионное горение жидкостей / В. И. Блинов, Г. Н. Худяков. – Москва : АН СССР,1961. - 208 с. – Текст : непосредственный.

2. Михалкин В. Н. Экспериментальное исследование диффузионного горения ацетона / В. Н. Михалкин, П. В. Михалкин. – Текст : непосредственный // Системы безопасности – 2022 : материалы межд. науч.-техн. конф. – Москва, 2022. - С.331-335.

3. Михалкин В. Н. Экспериментальное исследование горения ацетона в резервуаре / В. Н. Михалкин, П. В. Михалкин. – Текст : непосредственный // Современная химическая физика : материалы XXXV симпозиума. - Туапсе, 2023. - С. 55.

УДК 66.0:674

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ В ЭПОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛАХ, КАК ЭКОЛОГИЧНАЯ АЛЬТЕРНАТИВА НЕФТЕХИМИЧЕСКИМ ПРОДУКТАМ

Сидоркина О. А., инженер-исследователь, leylik.sidorkina@mail.ru
Слобожанинова М. В., младший научный сотрудник htd-mv@mail.ru
Лучкина Е. Е., инженер-исследователь, yekaterina.luchkina@inbox.ru
г. Казань, Казанский научный центр Российской академии наук

Аннотация. Использование экологичного и возобновляемого сырья, получаемого из биоресурсов, становится все более актуальным. Создание полимерных материалов с применением возобновляемых источников сырья представляет несомненный практический интерес. Экологичной альтернативой нефтехимическим продуктам при получении полимерных материалов являются жидкие продукты термохимической переработки растительного сырья. В данной работе исследовались эпоксиаминные композиции холодного отверждения на основе смолы ЭД-20 с добавкой жидких продуктов пиролиза лигноцеллюлозной биомассы, наряду с классическим пластификатором дибутилфталатом. Методом решётчатого надреза определена адгезия исследуемых эпоксидных композиций на различных субстратах. В результате проведенных исследований было установлено, что использование в эпоксидных композициях добавки из возобновляемого растительного сырья является эффективным способом для создания материалов с улучшенной адгезией.

Ключевые слова: возобновляемое сырьё, жидкие продукты пиролиза, адгезия, эпоксидная смола.

Применение возобновляемого сырья в качестве компонентов при получении полимерных материалов представляет большой практический интерес и экологическое значение. Термохимическая переработка растительной биомассы методом пиролиза является одним из наиболее перспективных и экологичных методов. Жидкие продукты пиролиза являются ценными побочными продуктами лесохимической промышленности и могут применяться для производства товарных продуктов самого широкого назначения в т.ч. поверхностно-активной добавки для строительных смесей, улучшающей вязкость, снижающей расслаиваемость, одновременно повышая морозостойкость и водонепроницаемость бетона; в качестве консерванта для древесины и мягчителя при производстве резины [1]. Достоинство жидких продуктов пиролиза заключается в легкости хранения, транспортировки и получении из возобновляемого сырья.

Материалы на основе эпоксидных смол являются важными техническими материалами (клеи, связующие, заливочные компаунды, защитные покрытия) с хорошей адгезией к большому числу самых разнообразных субстратов [2]. Поэтому было необходимо исследование адгезионных свойств новых эпоксидных композиций.

В данной работе использовали композиции на основе эпоксидной смолы ЭД-20, отвердитель – полиэтиленполиамин (ПЭПА), пластификатор дибутилфталат (ДБФ). Адгезионные свойства оценивали методом решётчатого надреза в соответствие с ГОСТ 31149-2014 [3] на твердых (стекло, сталь марки Ст-3) и мягких (лиственная и хвойная древесина) субстратах.

По представленным экспериментальным данным (рис. 1) видно, что введение в эпоксидную композицию дополнительного компонента из возобновляемого растительного сырья – безводной смолистой фракции жидких продуктов пиролиза лигноцеллюлозной биомассы (ОС) улучшает адгезионные свойства эпоксидного материала. Наилучший эффект отмечен на поверхностях стали и хвойной древесины.

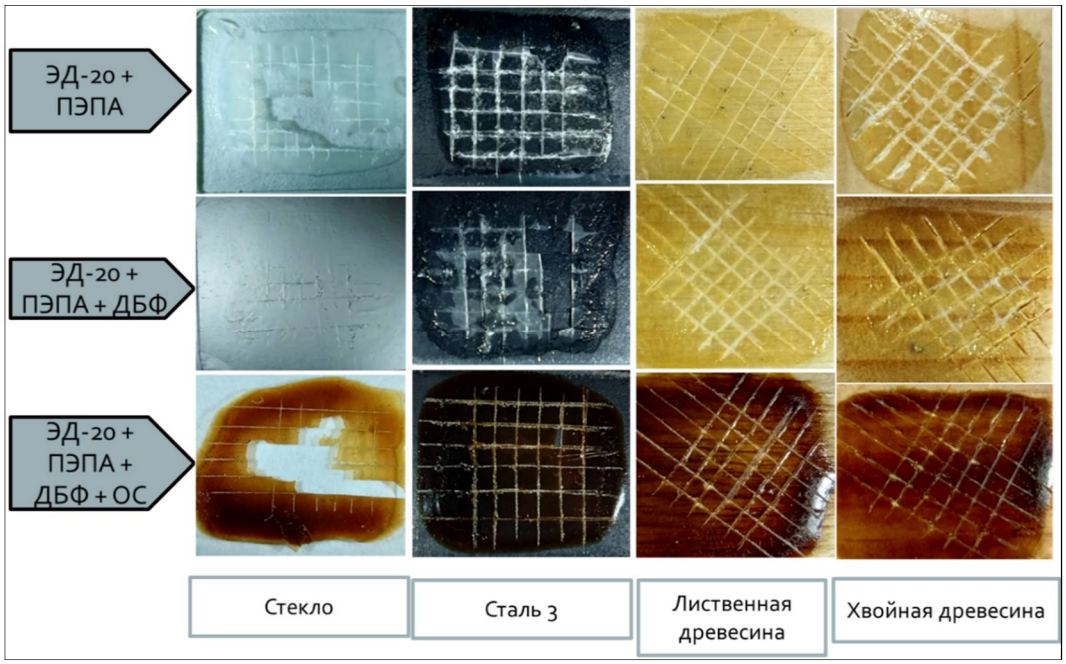


Рис. 1. Результаты определения адгезии методом решетчатого надреза исследуемых эпоксидных композиций на различных субстратах

Таким образом, можно заключить, что использование в эпоксидных композициях добавки из возобновляемого растительного сырья, как экологичной альтернативы нефтехимическим продуктам является эффективным способом для создания материалов с улучшенной адгезией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Де Векки А. В. Энергетическое использование древесной биомассы. Термохимические методы: учебное пособие / А. В. Де Векки, В. И. Рощин. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, 2016. – 108 с. – Текст: непосредственный.

2. Взаимодействие адгезива с поверхностью субстрата в композиционных материалах на основе лигноцеллюлозного сырья / Р. М. Хазиахмедова, А. Н. Грачев, В. Н. Башкиров, [и др.]. – Текст: непосредственный // Промышленное производство и использование эластомеров. – 2021. – № 3. – С. 58-62.

3. ГОСТ 31149-2014. Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом решетчатого надреза (с Поправкой): национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации от 25.06.14 № 45-2014: дата введения 15.09.01 / разработан и внесен Техническим секретариатом Межгосударственного совета по стан-

дартизации, метрологии и сертификации. - Москва: Стандартинформ, 2014. - 11 с. – Текст: непосредственный.

УДК 621.762:331.45

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЕЧЕЙ ДЛЯ СПЕКАНИЯ В ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Томус И. Ю., канд. мед. наук, доцент, tomusij@tyuiu.ru
Рубанченко М. А., магистрант, mrubanchenko@gmail.com
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Эксплуатация печей для спекания на производстве деталей методом порошковой металлургии сопряжена с некоторыми угрозами безопасности работников. В данной статье обозначены производственные процессы, которые необходимо учитывать для предупреждения опасных ситуаций и повышения безопасности на производстве. Эндотермические атмосферы спекания, содержащие горючие газы, такие как водород, оксид углерода, метан, пропан, метанол, представляют потенциальную пожаро- и взрывоопасность и поэтому нуждаются в непрерывном и строгом мониторинге и внедрении систем безопасности, которые включают в себя азотную продувку для удаления присутствующих атмосфер спекания, контроль состояния оборудования и отслеживание утечек водорода и эндо-газа.

Ключевые слова: повышение безопасности, атмосферы спекания, порошковая металлургия.

В порошковой металлургии для спекания предварительно спрессованных заготовок используются печи различных типов для придания изделиям требуемой плотности, твердости и прочности. Спекание требует наличия защитной атмосферы для предотвращения окисления [1]. Также, для предотвращения нежелательных реакций атмосферы спекания должны удалять продукты реакций, например, при депарафинизации или восстановлении «естественных» оксидов, присутствующих на поверхностях порошков [2].

Атмосферы спекания, содержащие в общей сложности более 5 процентов горючих газов, таких как водород, оксид углерода, метан, пропан, метанол, представляют потенциальную пожаро- и взрывоопасность. Эндотермическая атмосфера считается взрывоопасной при температурах ниже 750°C. Это означает, что любая атмосфера, попадающая в печи при температуре ниже 750°C, может привести к пожару или взрыву [3].

Печи со встроенным закалочным отсеком являются источником повышенной опасности. В такой печи имеются несколько камер: камера нагрева, которая используется для аустенитизации деталей, закалочный тамбур, закалочный бак и камера охлаждения. Внутренняя дверь отделяет

горячую зону от тамбура для закалки. Наружная дверь с пламенной завесой и пилотным устройством отделяет наружную часть от закалочного тамбура [4].

Перед загрузкой печь заполняется эндотермическим газом. Положительное парциальное давление в печи и закалочном тамбуре предотвращает проникновение кислорода. По мере загрузки печи открывается наружная дверца. Концевой выключатель распознает, что дверь открывается, и запускает пламенную завесу. Пламенная завеса рассчитана на то, чтобы выходить далеко за пределы дверного проема. Детали загружаются через эту пламенную завесу в камеру закалки и наружная дверь закрывается. Детали выдерживаются в камере закалки до тех пор, пока в камере снова не будет создано требуемое давление эндотермического газа. Обычно запускается большой поток эндотермического газа, чтобы быстро заполнить тамбур и исключить любой остаточный кислород, который не сгорел при прохождении через огненную завесу [5].

В то время как камера закаливания быстро заполняет тамбур эндотермическим газом, не исключено присутствие некоторого количества остаточного кислорода. Температура в камере ниже 750°C. Для того чтобы в печи произошел взрыв, необходим только источник воспламенения. Именно в этот короткий промежуток времени, когда атмосфера в печи нестабильна, вероятность взрыва высока. Потенциальный взрыв может обладать достаточной энергией, чтобы отбросить наружную дверцу на много метров от печи. Поэтому никогда не стоит стоять перед закалочной печью после ее первой загрузки. Только после того, как в тамбуре установится положительное парциальное давление газа (обычно после не менее 3-5 смен объема), внутренняя дверь открывается и груз выталкивается в камеру нагрева.

Для предотвращения несчастных случаев стоит рассмотреть внедрение продувки азотом. На сегодняшний день это наиболее эффективный метод предотвращения пожаров и взрывов, возникающих в эндотермической атмосфере. В системе азотной продувки газообразный азот используется для очистки тамбура и печи от кислорода [6]. В зависимости от того, насколько негерметична печь, для удаления атмосферы и кислорода из печи необходимо, по крайней мере, пять-восемь смен объема. Запускается продувка азотом в следующих случаях: когда открывается наружная дверь для извлечения деталей или их загрузки, когда внутренняя дверца открыта для начала закалки деталей, при отключении питания (кратковременном или длительном), при низком или высоком давлении в генераторе, при любых неисправностях пламенной завесы, при неисправности пилота печи или когда продувка азотом инициируется самим оператором.

Помимо описанных выше угроз безопасности, существуют и другие опасности при эксплуатации печей спекания. Так, например, водород, используемый в спекательных печах, является высоко воспламеняющимся

газом и не имеет запаха, что затрудняет обнаружение утечек. Водород быстро поднимается на верхние уровни здания и распространяется наружу через вентиляционные отверстия в крыше и даже маленькие отверстия. Утечка водорода часто может оставаться незамеченной в течение длительного времени. Когда они достигают достаточно большого размера и оказываются замкнутыми в пространстве, ситуация может стать серьезной в мгновение ока. Водородные пожары и взрывы часто являются катастрофическим результатом длительной неисправности [7].

Эндотермический газ также как и водород легко воспламеняется, не имеет запаха и его трудно обнаружить. В отличие от водорода, эндо-газ имеет плотность, близкую к плотности воздуха, и без хорошей вентиляции он будет смешиваться ближе к полу. Основным компонентом эндо-газа является оксид углерода. Он опасен при вдыхании и может привести к серьезным травмам, включая летальный исход, в зависимости от объема и продолжительности воздействия [8], [9].

Во всех случаях использование атмосфер спекания требует частой проверки, испытаний на утечки, и в случае оксида углерода от эндо-газа, требуется мониторинг воздуха для повышения безопасности работников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bradbury S. Powder Metallurgy Equipment Manual / S. Bradbury. - Princeton : The Federation, 1986. – 199 p. – Direct text.

2. Nayar H. S. Sintering atmospheres / H. S. Nayar. – Direct text // ASM Handbook. – 1998. - Vol. 7. - P. 457–467.

3. Митина Б. С. Порошковая металлургия и напыленные покрытия: учебник для вузов / Б. С. Митина. – Москва: Металлургия, 1987. – 792 с. – Текст: непосредственный.

4. Поздняк Н. З. Проектирование и оборудование цехов порошковой металлургии / Н. З. Поздняк, А. Н. Крушинский. – Москва : Машиностроение, 1965. – 301 с. – Текст : непосредственный.

5. Abbott Furnace : Sintering Fundamentals : [site]. – URL : https://abbottfurnace.com/sintering-fundamentals/ (date of the application: 4.11.2023). – Text: electronic.

6. Гиршов В. Л. Современные технологии в порошковой металлургии : учебное пособие / В. Л. Гиршов, С. А. Котов, В. Н. Цеменко. - Санкт-Петербург : Политехнический университет, 2010. - 385 с. – Текст: непосредственный.

7. Коробцев С. В. Безопасность водородной энергетики / С. В. Коробцев, В. Н. Фатеев, Р. О. Самсонов, С. И. Козлов. – Текст : электронный // Транспорт на альтернативном топливе. - 2008. - №5. – URL : https://cyberleninka.ru/article/n/bezopasnost-vodorodnoy-energetiki (дата обращения: 10.11.2023).

8. Что такое угарный газ и чем он опасен. – Текст : электронный // Главное управление МЧС России по Оренбургской области: официальный сайт. – 2018. – URL : https://56.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/3048658 (дата обращения: 4.11.2023).

9. Лазарев Н. В. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей / Н. В. Лазарев, Э. Н. Левина. – Ленинград : Химия, 1976. - 592 с. – Текст: непосредственный.

УДК 504.4.062.2

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПОНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ В РЕКЕ ТУРА НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ ЮГА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Фролов Р. Е., бакалавр, r.froloff2015@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В данной статье рассматривается влияние понижения уровня воды в реке Тура на здоровье населения юга Тюменской области. Особое внимание уделяется проблемам, которые могут возникнуть в результате недостаточного снабжения населения питьевой водой, а также ухудшению качества воды из-за концентрации загрязнений. Автор проводит анализ потенциальных эпидемиологических последствий понижения уровня воды в реке, таких как увеличение количества заболеваний, связанных с ухудшением качества питьевой воды. Для этого использованы сведения об общей заболеваемости в Тюменской области.

Ключевые слова: потенциальные последствия, Река Тура, здоровье населения.

Тура играет важнейшую хозяйственную роль в УРФО, являясь источником водоснабжения как минимум 14 населенных пунктов и 39 крупных промышленных предприятий. В последние десятилетия наблюдается устойчивое обмеление этой реки.

Нарушения гидрологического режима несут с собой потенциальные последствия, которые оказывают влияние на устойчивость экосистем, хозяйственную деятельность и водные ресурсы юга Тюменской области.

Река Тура обеспечивает централизованное водоснабжение города Тюмени. Среднесуточных расход забираемых природных вод составляет 150 000 $м^3$/сут. Изменения расхода данного водотока влечет за собой изменение качества поверхностного стока и, как следствие, изменение качества питьевой воды, что в результате неблагоприятно сказывается на здоровье населения.

В таблице 1 представлены случаи высокого и экстремально высокого загрязнения поверхностных вод в первой половине 2023 года. Наиболее за-

грязненной является реки Тура и Тобол, где концентрация марганца, азота нитритного и растворенного кислорода свидетельствует высокому и экстремально высокому загрязнению воды [1].

Таблица 1

Загрязнение поверхностных вод

Местоположение	Дата отбора	Показатель	Единицы измерения	Концентрация	Уровень загрязнения
в черте г. Тобольск, 1 км выше устья р. Тобол	01.03.2023	марганец	мг/дм^3	0,703	Экстремально высокое загрязнение
7,4 км выше г. Тюмень	07.03.2023	марганец	мг/дм^3	0,7014	Экстремально высокое загрязнение
7,4 км выше г. Тюмень	07.03.2023	растворенный кислород	мг/дм^3	2,26	Высокое загрязнение
в черте с. Покровское	15.02.2023	азот нитритный	мг/дм^3	0,226	Высокое загрязнение
в черте п. Туртас	16.02.2023	марганец	мг/дм^3	1,3711	Экстремально высокое загрязнение
в черте г. Тобольск, 1 км выше устья р. Тобол	03.04.2023	марганец	мг/дм^3	0,7339	Экстремально высокое загрязнение
в черте с. Салаирка	07.03.2023	растворенный кислород	мг/дм^3	2,86	Высокое загрязнение

Изменение качества питьевых вод в городе Тюмени представлены на рисунке 2. [1]. Нельзя не отметить превышение санитарно-гигиенических нормативов по окисляемости, железу и марганцу, что, несомненно, связано со снижением содержания растворенного кислорода и ухудшением качества поверхностных вод в целом.

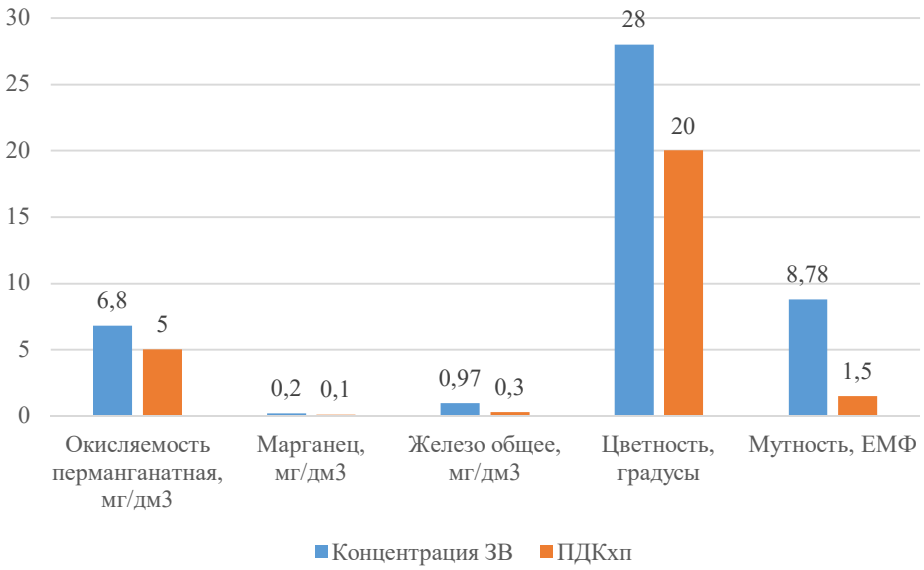


Рис. 2. Результаты ПЭК в разводящей водопроводной сети города Тюмени

Снижение качества воды и накопление ионов железа и марганца в первую очередь отражается на увеличении числа заболеваний системы кровообращения, центральной нервной системы и числа новообразований.

На рисунке 3 представлены сведения об общей заболеваемости в Тюменской области за последние 3 года [2].

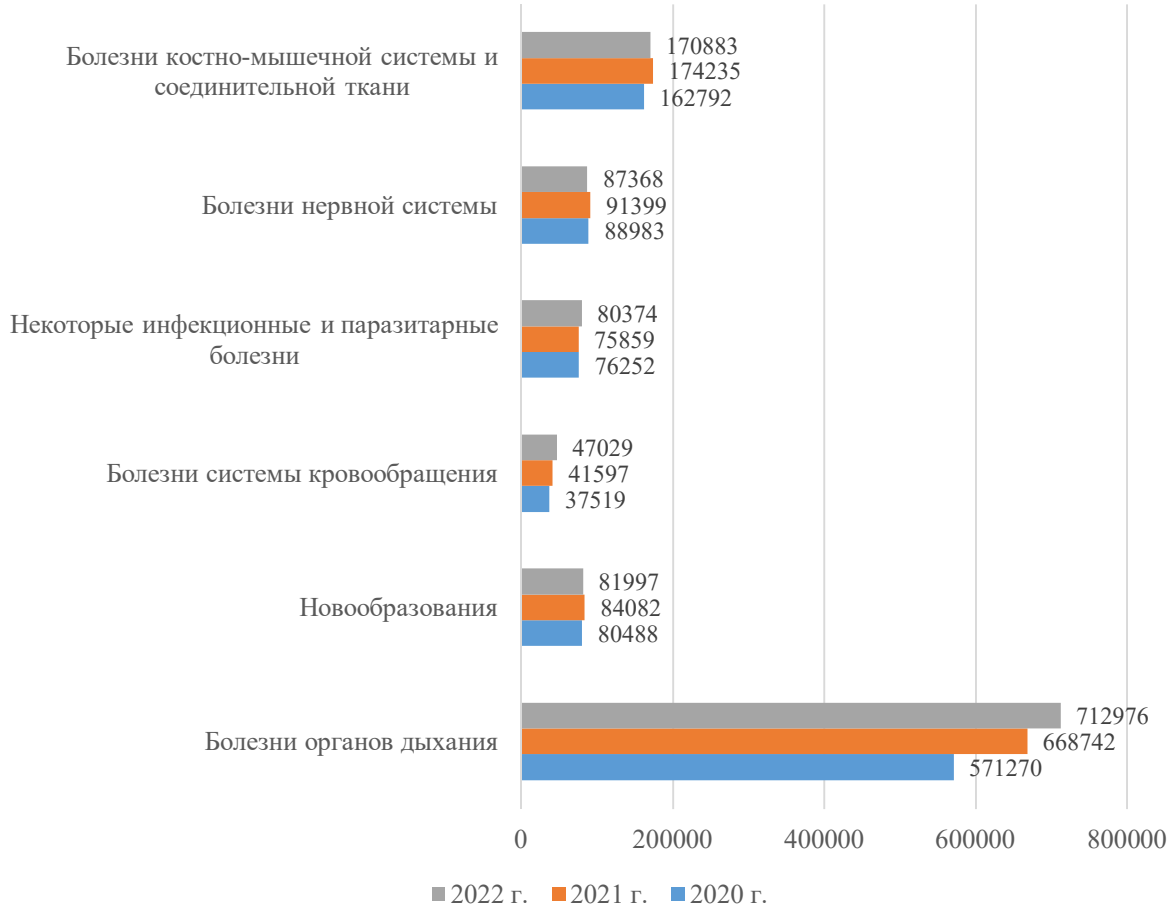


Рис. 3. Число случаев основных классов заболеваний по МКБ-10 в городе Тюмени

Можно отметить, что число зарегистрированных заболеваний в Тюмени не снижается, а в некоторых случаях увеличивается. Что лишний раз доказывает безотлагательность мер по восстановлению гидрологического режима реки Тура и оптимизации процессов очистки поверхностных вод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ООО «Тюмень Водоканал» : [сайт]. – URL : https://tyumen.rosvodokanal.ru (дата обращения: 12.11.2023). – Текст: электронный.

2. Департамент здравоохранения Тюменской области : [сайт]. – URL : https://dz.admtyumen.ru (дата обращения: 16.11.2023). – Текст: электронный.

3. ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС» : [сайт]. - URL: https://omsk-meteo.ru (дата обращения: 12.11.2023). – Текст: электронный

Научный руководитель: Загорская А.А., ст. преподаватель

УДК 331.451

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОНТРОЛЬ КАК ОДИН ИЗ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ СОУТ

Чеклова А. А., магистрант, nastushafilatova@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Зачастую, производственный контроль многие недооценивают. Считают, что он дублирует специальную оценку условий труда и никакой пользы в этом нет. В данной работе рассмотрена процедура проведения СОУТ и производственного контроля, а также возможность использования производственного контроля как вспомогательный инструмент.

Ключевые слова: условия труда, СОУТ, производственный контроль

Специальная оценка условий труда (СОУТ) – процедура идентификации и оценки производственных факторов трудового процесса. СОУТ необходима для назначения льгот и компенсаций за вредные условия труда, разработку мер безопасности для снижения воздействия факторов трудового процесса, а также для проведения медицинских осмотров [1].

Специальная оценка проводится специализированной организацией в несколько этапов:

- заключение договора;
- идентификация факторов производственной среды и трудового процесса;
- оценка факторов производственной среды и трудового процесса;
- разработка мер, льгот и компенсаций (по необходимости);
- передача результатов СОУТ в Минтруд.

В свою очередь результаты СОУТ должны храниться в организации 45 лет, а при наличии случаев профзаболевания – 75 лет.

В свою очередь, производственный контроль проводится раз в год для измерений факторов производственной среды и сравнения полученных результатов лабораторных исследований с результатами СОУТ. Соответственно, производственный контроль за условиями труда позволяет работодателю отслеживать изменения в условиях труда. При их ухудшении разрабатывается план мероприятий, и если после этого повторные измерения показывают динамику улучшений, то все остается как есть. Если нет – то СОУТ подлежит повторному проведению [2].

Производственный контроль позволяет отслеживать показатели факторов трудового процесса:

- химические;
- физические;
- радиационное;

- биологические.

Результаты лабораторного контроля хранятся также, как и результаты СОУТ – при наличии профзаболевания – 75 лет, при их отсутствии – 45.

Зачастую, производственный контроль многие недооценивают. Считают, что он дублирует специальную оценку условий труда и никакой пользы в этом нет. Но если знать, как правильно использовать данный инструмент, то он может принести пользу, сохраняя здоровье работников и улучшая условия труда [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кошечкин Ю. В. Идентификация потенциально вредных и (или) опасных производственных факторов - начало специальной оценки условий труда / Ю. В. Кошечкин, С. Н. Барабанова. – Текст : непосредственный // Вестник сельского развития и социальной политики. – 2014. – № 2 (2). – С. 34-36.

2. Стасева Е. В. Определение профессионального риска на основе специальной оценки условий труда / Е. В. Стасева, С. В. Филатова. – Текст : электронный // Молодой исследователь Дона. – 2018. – № 2 (11). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-professionalnogo-riska-na-osnove-spetsialnoy-otsenki-usloviy-truda/viewer (дата обращения: 09.10.2023).

3. Сердюк В. С. Экономика безопасности труда : учебное пособие / В. С. Сердюк, Е. В. Бакико. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2011. – 160 с. – Текст : непосредственный.

УДК 614.84

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Чикунова В. В., бакалавр, r_viikkaa_r@mail.ru
Стуженко Н. И., канд. техн. наук, доцент, n.stuzhenko@mail.ru
г. Шахты, филиал Донского государственного технического университета

Аннотация. В данной статье рассматриваются возможные последствия и причины пожаров на нефтегазовых предприятиях. Представлено процентное соотношение пожаров по видам хранимых продуктов. Также приведены статистические данные частоты пожаров в зависимости от мест хранения нефтепродуктов на резервуарах. Был проведен поиск российских патентов в области обеспечения пожарной безопасности на нефтегазовых предприятиях 2012-2023 годов и представлены результаты отобранных патентов.

Ключевые слова: нефтегазовая отрасль, безопасность, пожарная безопасность.

Россия является одним из крупнейших производителей нефти. Около 50% нефти экспортируется в другие страны. С каждым годом увеличивается количество нефтегазовых предприятий, работников, задействованного в технологическом процессе оборудования и рабочей территории.

Нефтегазовые предприятия имеют повышенную пожароопасность и относятся к опасным производственным объектам. Пожары на данных предприятиях могут нанести значительный вред окружающей среде, устранение которого займет несколько десятилетий или, при наихудшем раскладе, устранение вреда будет невозможным. Также пожары на нефтегазовых предприятиях могут привести к разрушению ближайших сооружений и к ухудшению здоровья людей и их гибели.

Причины пожаров на нефтегазовых предприятиях [1]:

Несоблюдение правил пожарной безопасности при технологическом процессе и выполнении огнеопасных работ;

Неисправности в оборудовании, его перегрев;

Нарушение технологического процесса;

Неисправности в системах обеспечения электроэнергией;

Самовозгорание сырья и продуктов;

Взрывы;

Большое переходное сопротивление.

С 2000 года на резервуарах вертикальных стальных (РВС) произошло более 93% пожаров и аварий. Более 50% пожаров происходит на резервуарах с бензином, более 30% на резервуарах с сырой нефтью. Частота пожаров в зависимости от мест хранения нефтепродуктов на резервуарах представлена на Рис. 1 по данным [2].

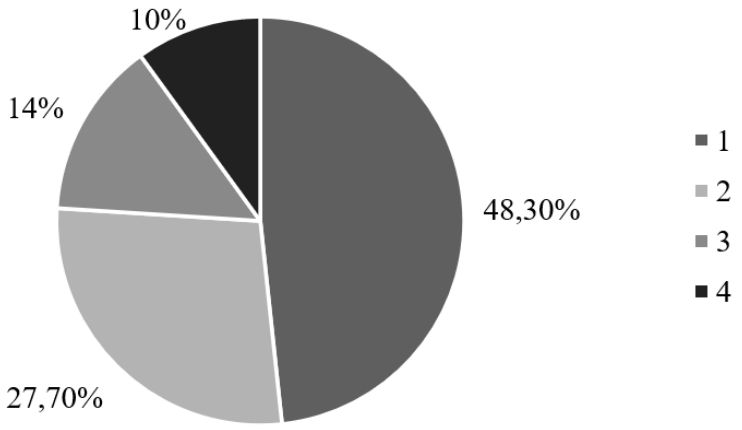


Рис. 1. Частота пожаров в зависимости от мест хранения нефтепродуктов на резервуарах: 1 – распределительных нефтебаз, 2 – нефтеперерабатывающих заводов, 3 – нефтепромыслов, 4 - нефтепроводов

На Рис. 1 видно, что почти половина пожаров происходит на резервуарах распределительных нефтебаз, около 30% - на нефтеперерабатывающих заводах.

Рассмотрим некоторые патенты, призванные обеспечить пожарную безопасность на нефтегазовых предприятиях по данным Федерального института промышленной собственности [3]. Страной поиска патентов является Россия, ретроспектива поиска с 2012 по 2023 года. Отобранная документация представлена в Табл. 1.

Таблица 1

Отобранная патентная документация устройств для обеспечения пожарной безопасности на нефтегазовых предприятиях

Номер охранного документа, страна, индекс МПК, дата публикации	Авторы	Название изобретения
RU 195 368 U1; Россия; A62C 3/00 (2006.01); 23.01.2020	Куприн Геннадий Николаевич (RU), Куприн Денис Сергеевич (RU), Колыхалов Дмитрий Геннадьевич (RU), Осипков Валерий Николаевич (RU), Кайдалов Валерий Васильевич (RU), Чернолихов Александр Владимирович (RU)	Устройство для тушения пожаров на резервуарах с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями
RU 2 552 901 C1; Россия; A62C 4/00 (2006.01); 10.06.2015	Забегаев Владимир Иванович (RU)	Способ гашения пламени горючих газов и устройство для задержания огня и свободного прохождения газов
RU 2 694 851 C1; Россия; A62C 3/06 (2006.01); 17.07.2019	Забегаев Владимир Иванович (RU), Копылов Николай Петрович (RU)	Способ пожаро-взрывозащиты резервуара с нефтепродуктами, способ управления устройством аварийной разгерметизации и устройство для его реализации
RU 2 721 355 C1; Россия; A62C 3/06 (2006.01); 19.05.2020	Куприн Геннадий Николаевич (RU), Сомов Вадим Евсеевич (RU), Куприн Денис Сергеевич (RU), Чернолихов Александр Владимирович (RU), Колыхалов Дмитрий Геннадьевич (RU)	Способ автоматизированного предотвращения и тушения пожаров на крупных резервуарах с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями и устройство для его осуществления

Также можно отметить патент RU 2 726 041 C2 (опубликован 08.07.2020), изобретение которого помогает распознать горючие, токсичные, воспламеняемые, взрывчатые газы, которые присутствуют в воздухе, в том числе из-за утечек и испарений.

Для минимизации возможности возникновения пожаров необходимо разрабатывать мероприятия по обеспечению пожарной безопасности, осуществлять контроль за соблюдением правил техники безопасности на рабочем месте и использовать модернизированное оборудование. Для предупреждения возникновения пожаров необходимо осуществлять анализ возможных рисков пожаров и их последствий с помощью новейших компьютерных систем.

Для своевременного обнаружения утечки на предприятиях должны работать газоанализаторы. Также для обеспечения безопасной эвакуации работников необходимо использовать негорючие материалы при строительстве предприятия и новейшие противопожарные системы и устройства для быстрого реагирования специальных служб для ликвидации возникших пожаров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горовой В. Б. К вопросу об обеспечении пожарной безопасности на нефтяных объектах / В. Б. Горовой, С. Г. Аксенов. – Текст : непосредственный // E-Scio. – 2023. – № 1(76). – С. 213-217.

2. Калагина Ю. М. Статистика пожаров на объектах нефтегазовой отрасли / Ю. М. Калагина – Текст : электронный // Студенческий научный форум собственности : материалы IX Международной студенческой научной конференции. – URL: https://files.scienceforum.ru/pdf/2017/30219.pdf (дата обращения: 10.11.2023).

3. Федеральный институт промышленной собственности : [сайт]. – URL: https://fips.ru/ (дата обращения: 13.11.2023). – Текст : электронный.

УДК 620.197

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУБОПРОВОДОВ. МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ

Шубенков Е. Р., бакалавр, shubenkov20egor@bk.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье рассмотрены риски связанные с разрушением трубопроводов, в частности газопроводов, а также основные методы их защиты от коррозии. Изучен и обобщен накопленный опыт по антикоррозионной защите промысловых и магистральных газопроводов. Рассмотрены современные и перспективные методы защиты от внутренней и внешней коррозии. Произведен анализ и сделаны выводы об их эффективности и применимости в отрасли.

Ключевые слова: трубопровод, газопровод, коррозия, защита от коррозии.

Проблемам безопасности газопроводов, как промысловых, так и магистральных уделяется существенное внимание. Последствия разрушения трубопроводов негативным образом влияют на экологическую обстановку, а также наносят существенный материальный вред компаниям. По статистике, одной из основных причин разрушения газопроводов является коррозия. Причинами коррозионного разрушения трубопроводов называется содержание в транспортируемых углеводородах серы в виде сероводорода, а также углекислого газа. Именно эти соединения могут стать причиной повышенного коррозионного износа и вывода из строя промысловых и магистральных газопроводов.

В данной работе изучен и обобщен опыт защиты газопроводов от сероводородной и углекислотной коррозии. Углекислотная и сероводородная коррозия могут привести не только к утонению стенок газопровода, но и образованию свищей – сквозных местных разрушений, которые становятся источником утечки газа. Являясь источником разгерметизации трубопровода коррозионные свищи могут привезти к взрывам и возгоранию транспортируемого газа.

Наиболее опасными с точки зрения сероводородной коррозии являются Астраханское и Оренбургское месторождения. Углекислотная коррозия наиболее часто встречается в северных регионах Западной Сибири (месторождения Юбилейное, Бованенковское идр.).

Защита газопроводов от коррозии традиционно строится на таких методах, как изоляция металла трубопроводов от контакта с окружающей средой (применение изоляционных материалов, покрытий различного состава), использование сложнолегированных коррозонностойких материалов, применение электрохимической защиты (протекторная, анодная, катодная), а также использование специальных реагентов – ингибиторов, которые оказывают влияние на коррозионную среду и снижают степень ее агрессивности.

Все эти методы в той или иной степени нашли применение при защите газопроводов от коррозии.

Одним из наиболее простых способов является применение коррозионностойких материалов, однако учитывая большую протяженность газопроводов, данный способ является наиболее дорогим.

Для защиты внешней поверхности трубопроводов от контакта с окружающей средой наиболее широкое применение нашли эпоксидные, полиэтиленовые, полипропиленовые, пенополиуретановые покрытия. Данный вид покрытий при сохранении их целостности надежно защищает поверхность трубопроводов при контакте с внешней средой.

Протекторная защита позволяет снизить влияние электрохимической коррозии за счет использования другого металла, который при образова-

нии гальванопары с металлом трубопровода играет роль анода и не дает разрушаться катоду.

Для защиты внутренней поверхности трубопровода от коррозионного разрушения наиболее часто используют ингибиторы коррозии. Данный метод имеет неоспоримые преимущества, так как при введении его на любом этапе транспортировки, он продолжает работать и на последующих этапах технологической цепочки. Ингибиторы бывают разных типов: пленкообразующие и химически активные, т.е. подавляющие электрохимические реакции.

Применение способов защиты материалов газопроводов от коррозии зависит от многих факторов и решение о применении того или иного способа должно основываться на данных полученных с месторождений. Факторами, влияющими на скорость коррозии, могут быть кислотность почвы и транспортируемого углеводорода, химический состав коррозионной среды, наличие микроорганизмов, давление потока и др.

При правильном подборе методов защиты от внешней и внутренней коррозии может быть существенно увеличен срок эксплуатации газопровода

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ребров И. Ю. Использование лакокрасочных покрытий и ингибиторов коррозии для противокоррозионной защиты объектов ОАО «Газпром» / И. Ю. Ребров, Д. Н. Запевалов, Р. К. Вагапов. – Текст : непосредственный // Коррозия Территории Нефтегаз. – 2013. – № 2 (25). – С. 16–19.

2. Прогнозирование коррозионно-механических разрушений магистральных трубопроводов. Научный, технический, социальный вклад газовиков XX века в развитие научно-технического прогресса / А. Г. Гареев, И. А. Иванов, И. Г. Абдуллин [и др.]. – Москва : РАО «ГАЗПРОМ», 1997. – 170 с. – Текст : непосредственный.

3. Запевалов Д. Н. Влияние пластовых условий на коррозионную агрессивность среды и защиту от внутренней коррозии на объектах добычи газа / Д. Н. Запевалов, Р. К. Вагапов, О. Г. Михалкина. – Текст : непосредственный // Научно-технический сборник Вести газовой науки. – 2021. – № 2 (47). – С. 177–189.

4. Мукатдисов Н. И. Методы борьбы с коррозией и преимущества ингибиторной защиты нефтепромыслового оборудования / Н. И. Мукатдисов, А. Р. Фархутдинова, А. А. Елпидински. – Текст : непосредственный // Вестник Казанского технологического университета. -2014. - № 3. - С. 279-282.

5. Федин Д. В. Сравнительный анализ экономической эффективности методов повышения эксплуатационной надежности промысловых трубопроводов / Д. В. Федин, А. Ф. Бархатов, А. А. Вазим. – Текст : непосред-

ственный // Известия Томского политехнического университета. - 2012. - № 6. - С. 32-35.

6. Бэкман В. Катодная защита от коррозии: справочник / В. Бэкман, В. Швенк. - Москва : Металлургия, 1984. - 495 с. – Текст : непосредственный.

7. Люблинский Е. Я. Электрохимическая защита от коррозии / Е. Я. Люблинский. - Москва : Металлургия, 1987. - 97 с. – Текст : непосредственный.

8. Чаугарова Л. З. Исследование характера коррозионного повреждения материала элементов нефтегазового оборудования / Л. З. Чаугарова, А. А. Кулемина. – Текст : непосредственный // Новые технологии - нефтегазовому региону : материалы Международной научно-практической конференции. – Тюмень, 2016. - С. 244-246.

9. Влияние условий получения покрытий на структуру и свойства электроосажденного никеля и сплавов на его основе / А. А. Кулемина, А. В. Афонаскин, И. М. Ковенский, В. В. Поветкин. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. - 2018. - № 3 (129). - С. 123-127.

10. Кулемина А. А. Применение электролитических никель-молибденовых покрытий для защиты деталей нефтепромыслового оборудования / А. А. Кулемина, И. М. Ковенский. - Текст : непосредственный // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. - 2021. - Т.19, №1. - С. 35-41.

Научный руководитель: Кулемина А.А., канд. техн. наук, доцент

УДК 504

ПРОБЛЕМЫ ХРАНЕНИЯ ОТХОДОВ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ПРИМЕРЫ ПЕРЕРАБОТКИ ВО ВТОРИЧНОЕ СЫРЬЕ

Щевелева А. Д., бакалавр, alenads72@yandex.ru
Усова Е. Л., канд. техн. наук, доцент
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В ходе работы были изучены проблемы современной переработки нефтешламов, а также барьеры, мешающие развиваться этой тенденции в РФ. Целью написания является популяризации темы экологичного производства и обобщению существующих методов переработки, а также выявление связи между составом отходов и их применением. Основным методом исследования стал анализ и сравнение различных технологий. В результате исследования приведены рекомендации по улучшению положения обращения с отходами.

Ключевые слова: нефтешлам, экология, вторичная переработка, отходы.

Производственные отходы с каждым годом создают все больше проблем для нефтеперарабатывающих предприятий. На среднестатистическом заводе их можно насчитать более 20 видов, и лишь некоторые на сегодняшний день могут быть использованы повторно. Это связано с экономической нецелесообразностью и отсутствием универсальных проверенных методов по утилизации опасных веществ. Схема переработки трудоемкая и невыгодная, поэтому большинство предприятий полагается на выплату штрафов и перенос скопления отходов за пределы производственных цехов во избежание конфликтов с органами охраны окружающей среды.

Существует несколько способов хранения отходов, в их числе закрытые резервуары, сточные колодцы, шламовые пруды. Последние подразумевают открытые хранилища, шламонакопители, они создают целый список опасностей, таких как сокращение площадей прилегающих природных зон, риск возгорания, накопление токсичных элементов плодородном слое почве и, следовательно, его разрушение. При открытом хранении нефтешламы, смеси углеводородов, песка, глин, металлов, окислов и других элементов, подвергаются окислительно-восстановительным процессам, в результате которых происходит поверхностное испарение, объем выбросов в атмосферу может достигать 50 кг с 1 $м^3$ в год. Накопившиеся в земле тяжелые металлы иногда находят даже на расстоянии 3 км от завода на глубине 60-80 см. Сжигание на факелах тоже наносит серьезный ущерб атмосфере, провоцируя выбросы оксидов углерода, серы и прочих канцерогенов. Помимо этого, процесс сжигания требует крупных энергозатрат и расходов промывочной воды. Большое количество отходов может говорить о потере ценных компонентов, что является следствием нерационального обращения с сырьем и несовершенств в технологическом процессе. На каждую 1 тонну первично обработанной нефти приходится около 0,007 т нефтешламов. Считается, что в них может теряться от 3 до 7% сырья, которое могло бы быть использовано в производстве. Площадь нефтешламов в некоторых случаях достигает 1 $км^2$, их структурный состав включает в себя различные фазы вещества, до 90% которых представляют из себя жидкие отходы. За годы эксплуатации предприятия накопленный объем нефтешламов способен создать достаточную сырьевую базу для производства вторичного сырья и позволяет классифицировать их как крупнотоннажный продукт (по статистике 2020 г. В РФ около 100 млн т отходов).

Сложность современной переработки определяется неоднородностью, многосоставностью и временем пребывания в хранилище. Сильнее всего влияет вещественный состав. Усредненное значение различных соединений выглядит следующим образом: 10-56% нефтепродуктов, 30-85% воды, 2-46% твердых примесей [1]. Некоторые нефтешламы содержат в себе до 50% минеральных веществ, таких как CaCO3, SiO2, Fe(OH)3, все

остальное – как правило, вода. Эти отходы образуются в результате очистки сточных вод в качестве осадка, они представляют из себя высокодисперсную смесь, которая при хранении на воздухе теряет влагу и превращается в маслянистый порошок. Если подвергнуть органоминеральные отходы дополнительной очистке, ими также можно обрабатывать щебень для повышения его пригодности в строительстве. Доказано, что добавление в дорожно-строительные материалы нефтешламов с содержанием извести помогает снизить впитывающую способность, увеличить прочность в 1,5-2,5 раза с одновременным снижением расхода других материалов (например, снизить расход цемента до 50 % на 1 км дороги).

Способы переработки чаще всего основаны на физических, химических или биологических принципах разделения и обработки смесей. Например, при центрифугировании можно получать котельное топливо, а также водно-иловую суспензию с замазученными примесями, применяемую в качестве питательной среды для выращивания микроорганизмов или для размыва донного осадка в шламонакопителях. Пиролизом тоже можно получать котельное топливо, а также зольноминеральный остаток для строительных и рекультивационных нужд, помимо этого данный материал подойдет в качестве сорбента. Тепло от процесса используется для обогрева помещений. Чтобы отделить компоненты нефтешламов можно применять метод диспергирования (введение растворителя) или деэмульгации (введение деэмульгатора), либо предоставить разложение специально выведенным штаммам бактерий, что в дальнейшем даст возможность провести восстановление почв [2,3].

Современным способам не хватает глубины переработки, доступности и технологичности. Большинство из них оставляют собственные отходы, либо не учитывают особенности состава, то есть наличие токсикантов и канцерогенов. Однако предприятия не спешат стимулировать развитие научных разработок, а процент инвестиций и уровень материального оснащения в этой сфере низок. Экологическая культура в стране развита слабо, поскольку требования для сохранения окружающей среды недостаточно продуманы на законодательном уровне. Чем дольше нефтешламы «ожидают» вторичного применения, тем больше они уплотняются, смешиваются и теряют способность к расслоению, уменьшая свою пригодность. Это наталкивает на очевидный вывод: в РФ необходимо разработать универсальный комплексный подход к утилизации нефтяных отходов и извлечению из нее экономической и экологической выгоды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жакиинова А. Т. Некоторые аспекты утилизации нефтешламов путем сжигания с использованием термического метода (Западная Сибирь) / А. Т. Жакиинова, В. П. Середина, А. В. Косов. – Текст: электронный //

Охрана окружающей среды – основа безопасности страны : материалы международной научной экологической конференции. – Краснодар, 2022. – URL : https://vital.lib.tsu.ru/vital/access/services/ Download/koha:001002416/SOURCE1 (дата обращения: 10.11.2023).

2. Гончарова А. О. Анализ проблемы утилизации и переработки нефтешламов / А. О. Гончарова, С. Д. Бурлака. – Текст: непосредственный // Кронос. – 2022. – Том 6, № 9 (71). – С. 64-65 с.

3. Усканбеков О. Химические свойства и состав нефтешламов / О. Усканбеков, С. Махмудов, Х. Бакиева. – Текст: непосредственный // Academic research in educational sciences. – 2022. - № 3. – С. 34-35.

УДК 621.316.1

ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА В СОСТАВЕ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

Антипанова И. С., ст. преподаватель, antipanova_irina@mail.ru
Дюндина В. П., бакалавр, dyundina.lera@bk.ru
г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: в этой статье будет вопрос об использовании химических источников тока, которые используются при создании электромобиля. Где они могут применяться, в какие составляющие машины входят и в чем их преимущества. Немного рассмотрим недостатки химических источников тока, а также рассчитаем примерную стоимость производства одного литий-ионного аккумулятора. Актуальность данной темы сейчас очень велика, так как процент пользования химическими источниками тока в производстве с каждым годом растёт.

Ключевые слова: химические источники тока, электромобиль, аккумулятор.

Электрические транспортные средства становятся все более популярными из-за их экологической эффективности и экономии на затратах на топливо. Они также могут быть более удобными в использовании и обслуживании. [1]

Химические источники тока, такие как литий-ионные аккумуляторы (см. на Рис. 1.), используются в составе электромобилей для хранения и обеспечения энергии. Они устанавливаются в батарейных блоках или модулях, которые затем устанавливаются в электромобиль. Эти аккумуляторы обеспечивают электрический ток для питания двигателя и других систем автомобиля. Химические источники тока обеспечивают высокую энергетическую плотность, что позволяет им обеспечивать достаточную мощность для преодоления больших расстояний. [2]



Рис. 1. Литий-ионный аккумулятор

Такие аккумуляторы обладают высокой энергетической плотностью, что позволяет им обеспечивать электромобили достаточным запасом энергии для проезда на большие расстояния. Они также обладают более длительным сроком службы по сравнению с другими типами аккумуляторов, что делает их привлекательным выбором для использования в электромобилях.

Однако, химические источники тока также имеют свои недостатки, такие как ограниченная емкость и склонность к саморазряду. Кроме того, процесс изготовления литий-ионных аккумуляторов требует использования редких и дорогих материалов, что может повлиять на их экологическую устойчивость. Чтобы понять это наглядно, рассчитаем примерную стоимость производства одного литий-ионного аккумулятора.

Рассмотрим расчет стоимости производства одного аккумулятора емкостью 3000 мАч. [3]

1. Стоимость материалов:

Для производства литий-ионного аккумулятора понадобятся следующие материалы:

- Литий (Li) - 0,03 грамма (по 0,8 доллара за грамм) = 0,024 доллара
- Кобальт (Co) - 0,015 грамма (по 40 долларов за килограмм) = 0,0006 доллара
- Марганец (Mn) - 0,015 грамма (по 3 доллара за килограмм) = 0,000045 доллара
- Никель (Ni) - 0,015 грамма (по 15 долларов за килограмм) = 0,000225 доллара
- Электролит (LiPF6) - 10 грамм (по 20 долларов за килограмм) = 0,2 доллара
- Алюминиевая фольга - 10 грамм (по 1 доллар за килограмм) = 0,01 доллара
- Пластиковый корпус - 1 штука (по 0,5 доллара) = 0,5 доллара

Итого: стоимость материалов для одного аккумулятора составит около 0,735 доллара.

2. Стоимость производства:

Стоимость производства будет зависеть от выбранной технологии производства и затрат на оборудование и рабочую силу. В среднем, стоимость производства одного аккумулятора может составлять от 0,2 до 0,5 доллара.

Итого: сумма всех затрат на производство одного литий-ионного аккумулятора емкостью 3000 мАч составит около 1,335 доллара.

Тем не менее, с развитием технологий и исследований в области химических источников тока, ожидается, что эти недостатки будут преодолены, и литий-ионные аккумуляторы станут еще более привлекательным выбором для использования в электромобилях в будущем. [4]

Таким образом, химические источники тока, такие как литий-ионные аккумуляторы – незаменимая часть электромобиля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брускин Д. Э. Электрические машины / Д. Э. Брускин, А. Е. Зорохович, В. С. Хвостов. – Москва : Высшая школа, 1987. - 319 с. – Текст : непосредственный.

2. Коровин Н. В. Химические источники тока / Н. В. Коровин, А. М. Скундин. – Москва : Изд-во МЭИ, 2003. - 740 с. – Текст : непосредственный.

3. Электромобиль. Техника и экономика / В. А. Щетина, Ю. Я. Морговский, Б. И. Центер, Б. А. Богомазов. – Ленинград : Машиностроение, 1987. - 253с. – Текст : непосредственный.

4. Электромеханические системы: учебное пособие для вузов / Б. Р. Липай, А. Н. Соломин, П. А. Тыричев, С. И. Маслов. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2008. - 300 с. – Текст : непосредственный.

УДК 621.313.333

ОБЗОР НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ УСТОЙЧИВОЙ РАБОТЫ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Антонов Д. П., магистрант, danya.antonov.01@bk.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье представлено обзорное исследование на научные публикации по теме устойчивой работы асинхронных электродвигателей. Изучены факторы, влияющие

на устойчивую работу асинхронной нагрузки. Рассмотрены физические процессы опрокидывания электрического двигателя и лавины напряжения узла нагрузки. Сделан обзор современных исследований по динамической устойчивости двигателей.

Ключевые слова: статическая устойчивость, динамическая устойчивость, асинхронный двигатель.

В электроэнергетической системе существуют узлы с высокой долей двигательной нагрузки, преимущественно, состоящие из асинхронных двигателей. В основном, такими потребителями являются промышленные агрегаты, потеря или нарушение устойчивой работы которых, может повлечь нарушение технологических процессов, и как следствие, серьёзные финансовые потери для потребителей электроэнергии и энергосистемы. Моделирование узлов нагрузки без учета физических процессов, протекающих в асинхронном двигателе, является недостаточно адекватным и приведет к появлению погрешности в результатах при определении возможности устойчивой работы.

Вопросы устойчивости узлов нагрузки рассмотрены в ряде научных работ авторов, таких как: М.А. Андреев, В.А. Веников, Л.П. Веретенников, И.Н. Войтенков, В.Н. Гришин, Х.М. Гучапшев, П.С. Жданов, В.М. Завьялов, А.В. Иванов-Смоленский, В.Г. Каширских, Г.А. Мелешкин, А.В. Нестеровский, А.А. Пискунов, И.А. Сыромятников, С.А. Ульянов.

Так в [1] описывается физический процесс лавины напряжения при подключении большого количества асинхронной нагрузки к одному узлу при малых возмущениях. Суть процесса состоит в следующем, при снижении напряжения, увеличивается потребляемая двигателями реактивная мощность, которая приводит к увеличению питающих токов и, соответственно, увеличению падения напряжения на питающей линии и снижению напряжения в узле нагрузки. Возникает вероятность приближения рабочей точки двигателей к критической с последующим опрокидыванием. Останавливающийся двигатель начинает потреблять больший реактивный ток, что еще сильнее снижает напряжение узла. Аналогично происходит опрокидывание других двигателей.

В [1] рассмотрены вопросы устойчивости группы асинхронных двигателей при эквивалентировании одним двигателем. При этом условия устойчивой работы зависят от качественного и количественного состава потребителей. Такой подход определят параметры эквивалентного двигателя, представляемого статическими характеристиками. Различный состав нагрузки осложняет задачу определения параметров эквивалентного двигателя и снижает точность результатов.

В [2] обосновано предлагается использование вместо критерия $\frac{dP}{ds} > 0$ применять практический критерий устойчивости нагрузки $\frac{dE_э}{dU} > 0$, который не предполагает эквивалентирование нагрузки. При таком подхо-

де используются внешние характеристики нагрузки $P_н = f(U)$ и $Q_н = f(U)$. Этот критерий является вторичным признаком статической устойчивости.

Наряду со статической устойчивостью в литературе рассматривается динамическая устойчивость нагрузки.

В [3] рассматривается процесс работы асинхронного двигателя при перерыве питания с дальнейшим введением резерва. Определено время, в течение которого возможно успешное восстановление работы асинхронного двигателя посредством его самозапуска.

Наиболее полно динамическую устойчивость возможно рассмотреть при математическом моделировании. В [4, 5] опубликованы результаты исследования по улучшению динамической устойчивости асинхронного двигателя. Предложена методика по использованию коэффициента запаса устойчивости по напряжению для электротехнических систем с высоковольтными асинхронными электродвигателями, учитывающая напряжение статической устойчивости, запас динамической устойчивости при прерывании напряжения и коэффициент зависимости источников питания. Предложенный коэффициент повышает точность определения вероятности устойчивой работы, а также позволяет количественно оценить устойчивость электротехнической системы при использовании устройств быстродействующего автоматического ввода резерва. Предлагается интеллектуальное устройство защиты асинхронных электродвигателей от потери устойчивости на базе искусственной нейронной сети.

В статье [6] предложен методы по оцениванию эффективности мероприятий по повышению динамической устойчивости асинхронной нагрузки при возможном снижении напряжения и останове электродвигателей. Вводится многофакторный показатель оценки устойчивости работы узла нагрузки, который учитывает уровень остаточного напряжения, время перерыва питания и ввода резерва. Показатель можно использовать для технико-экономического сравнения вариантов технических решений по повышению устойчивости по напряжению

Динамическая устойчивость асинхронной нагрузки в локальных системах на примере автономной энергосистемы нефтедобывающего комплекса с преобладающей двигательной нагрузкой рассмотрена в [7].

В работе исследуются возможности управления выработкой и потреблением электрической энергии для обеспечения повышенной динамической устойчивости асинхронной нагрузки. Устойчивость нагрузки повышается за счет настройки регуляторов генерирующего оборудования энергосистемы. Также в работе проведена методика по оптимизации настроек регуляторов для определения наилучшего соотношения между показателями статической и динамической устойчивости.

В [8] исследовано отрицательное влияние частотных преобразователей на устойчивость асинхронных электродвигателей на примере техноло-

гического оборудования котельной. Показано, что внедрение частотно-регулируемого электропривода приводит к повышенной частоте аварийной остановки оборудования. При этом автор заявляет о трёхкратном повышении частоты отказов по сравнению с применением нерегулируемого электропривода. Для повышения устойчивой работы автором разработаны схема и алгоритм управления двухскоростным электродвигателем, обеспечивающие автоматическое переключение обмоток при потере напряжения на основном либо резервном вводах, предложен частотный электропривод с одновременным питанием обмотки высокой либо низкой скорости двухскоростного АД от двух вводов, что позволило обеспечить бесперебойную работы технологического оборудования котельной.

В [9] автором проведены исследования по разработке алгоритма позволяющем определить критические параметры узлов двигательной нагрузки в режиме реального времени для формирования области наблюдения электроэнергетической системы, что позволяет обеспечить устойчивость нагрузки. Автором разработана система, реализующая предложенный алгоритм.

Статья [10] посвящена влиянию компенсации реактивной мощности на устойчивость работы асинхронного электродвигателя погружного насоса. Описана математическая модель самозапуска электродвигателя при провалах напряжения с учетом применения глубинных компенсаторов. Увеличение реактивной мощности компенсатора приводит к снижению показателей динамической устойчивости.

Таким образом, вопросы устойчивой работы асинхронной нагрузки являются актуальной темой для исследований в связи с развитием систем мониторинга электроэнергетических систем, возникновением новых алгоритмов управления электрических приводов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Веников В. А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах / В. А. Веников. – Москва : Высшая школа, 1985. – 536 с. – Текст : непосредственный.

2. Жданов П. С. Вопросы устойчивости электрических систем / П. С. Жданов. – Москва : Энергия, 1979. – 456 с. – Текст : непосредственный.

3. Мелешкин Г. А. Устойчивость энергосистем / Г. А. Мелешкин, Г. В. Меркурьев. – Санкт-Петербург : НОУ «Центр подготовки кадров энергетики», 2006. – 369 с. – Текст : непосредственный.

4. Лосев Ф. А. Оценка динамической устойчивости погружных установок электроцентробежных насосов / Ф. А. Лосев, А. С. Мартьянов, В. В. Сушков. – Текст : непосредственный // Актуальные вопросы энергетики : материалы Международной научно-практической конференции. - Омск, 2017 . – С. 303-306.

5. Мартьянов А. С. Оценка эффективности применения накопителей энергии для повышения динамической устойчивости электропогружных установок добычи нефти / А. С. Мартьянов, Ф. А. Лосев, В. В. Сушков. – Текст : непосредственный // Промышленная энергетика. – 2018. – № 1. – С. 7-12.

6. Мартьянов А. С. Повышение устойчивости по напряжению: классификация и сравнение мероприятий / А. С. Мартьянов, В. В. Сушков. – Текст : непосредственный // Динамика систем, механизмов и машин. – 2016. – № 2. – С. 119-122.

7. Стогов А. Ю. Повышение динамической устойчивости автономной энергосистемы на основе управления по взаимным параметрам / А. Ю. Стогов, А. Н. Беляев. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2019. – № 1-2. – С. 55-66.

8. Губайдуллин А. Р. Принципы построения системы управления частотно-регулируемыми электроприводами тягодутьевых механизмов котлоагрегатов тепловой электростанции / А. Р. Губайдуллин, Р. Р. Галлямов, Р. Р. Храмшин. – Текст : непосредственный // Электроэнергетика глазами молодёжи : сборник статей. Т.3. – Самара, 2011. — С. 97-102.

9. Чершова В.О. Определение критических напряжений на шинах комплексной нагрузки в режиме реального времени для задач противоаварийного управления / В. О. Чершова. – Текст : непосредственный // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2014. – № 4. – С. 287-292

10. Копырин В. А. Исследование устойчивости погружного асинхронного электродвигателя при использовании внутрискважинного компенсатора / В. А. Копырин, Ф. А. Лосев. – Текст : непосредственный // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2018. – № 1. – С. 390-398.

УДК 621.331.45

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ОСМОТРА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПОДСТАНЦИЙ С ПОМОЩЬЮ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ

Артамонов И. В., магистрант, ilya484277@mail.ru
Зацепина В. И., д-р техн. наук, профессор, vizatsepina@yandex.ru
Егоров А. В., д-р техн. наук, доцент, egorov_av@stu.lipetsk.ru
г. Липецк, Липецкий государственный технический университет

Аннотация. Для снижения к минимуму отказов на электрических подстанциях, а также снижения количества перебоев в подачи электроэнергии, необходимо регулярно произ-

водить осмотр электрического оборудования подстанций на обнаружение дефектов и перевода оборудования на техническое обслуживание. Для таких целей существует традиционный метод осмотра электрических установок оперативным персоналом. Но такой метод в эпоху автоматизации становится все более медленным и утомительным для человека. Для повышения надежности электроустановок подстанции рассмотрена возможность применения роботизированной системы в качестве осмотра электрического оборудования подстанций. С её помощью возможно повышение количества рабочих часов, что позволяет более часто и детально осматривать оборудование обнаруживая мелкие дефекты; регулярные осмотры позволяют выявлять нарушения работы электрического оборудования на ранних стадиях и предотвращают отказы электрических установок

Ключевые слова: подстанция, осмотр, роботизированная система, диагностика

Роботизированная система – автоматизированное устройство проверочных операций, работающая на основе программируемых алгоритмов. На корпусе роботизированной системы установлено диагностическое оборудование, от которого в систему поступают данные для анализа и интерпретации данных с помощью встроенных программ. Роботизированная система может определять наличие дефектов, измерять параметры, проверять соответствие заданным стандартам, просматривать и анализировать видеоизображения и принимать различные решения на основе этих данных.

Задачи роботизированной системы заключаются в осмотре электрического оборудования по следующим пунктам:

1) Нормированный осмотр – осмотр электрического оборудования подстанции в соответствии с осмотром оперативным персоналом. Такая работа может производиться каждый день, в зависимости от состояния и возраста установок подстанции.

2) Осмотр после отключения одного или нескольких потребителей подстанции. В этом случае роботизированная система незамедлительно начинает измерять температуру оборудования подстанций на наличие перегрева оборудования подстанций.

3) Осмотр после изменения погодных условий. Такой осмотр роботизированная система проводит для определения возможных повреждений электрических установок после сильного ветра, урагана или других погодных изменений.

Для обеспечения эффективной работы, роботизированная система использует различное диагностическое оборудование. Оно включает в себя видеокамеру, которая позволяет визуально осматривать оборудование, искать дефекты, а также помогает роботизированной системе в перемещении по подстанции. [1] Тепловизор – выявляет избыточную температуру в аппаратах и передает информацию на сервер. [2] Рентген-установка – с помощью источников рентгеновского излучения возможно находить скрытые дефекты в конструкции высоковольтного оборудования. [3]

Основные задачи роботизированной системы в осмотре электрооборудования подстанции заключаются в следующем: мониторинг состояния

оборудования, измерение различных параметров (снятие показателей с приборов), проверка на наличие утечек, автоматическое заполнение документации на основе полученных данных.

Роботизированная система может проводит осмотр электрического оборудования как самостоятельно, так и дистанционно – управление может взять оператор, выполняя свою работу удаленно. Роботизированная система подключена к сети интернет по средству беспроводной связи, что позволит получить доступ к данным в режиме реального времени. Оператор может отслеживать состояние оборудования в режиме реального времени. Это позволяет провести осмотр самостоятельно, если автоматизированная система нашла какой-либо дефект и удостовериться в его наличии.

Регулярный осмотр оборудования подстанции с помощью автоматизированного устройства позволяет выявить неисправности на ранних стадиях возникновения. Для анализа состояния оборудования и раннего выявления неисправностей роботизированная система хранит в своей памяти данные и показатели оборудования о прошлых осмотрах электроустановок. По информации полученной после осмотра текущего состояния электрического оборудования подстанции и сравнения с прошедшими показателями приборов роботизированной системы, она может самостоятельно проанализировать эти данные и передать информацию о нарушениях в работе электрооборудования персоналу на сервер. По результату анализа, роботизированная система сможет определить тип неисправности и предложить варианты решения проблемы, но возможность их применения зависит только от персонала.

Алгоритм для роботизированной системы – это последовательность инструкций, которые роботизированная система выполняет, чтобы выполнить определенную задачу. Работа роботизированной системы может быть разделена на несколько этапов: получение информации, планирование, выполнение действий, обратная связь.

Основное свойство для осуществления работы роботизированной системы является вшитый в неё алгоритм. Путем программирования в роботизированную систему вносятся идеальные значения каждых электрических установок подстанции, их расположение и порядок осмотра этих установок. Роботизированная система сравнивает значения, полученные при диагностике и осмотре установок, с идеальными значениями данными ей при введении в эксплуатацию на подстанцию. Если значения различаются, роботизированная система немедленно посылает сигнал на сервер к оперативному персоналу. По истечению осмотра всей электрической подстанции, роботизированная система составляет отчет, в который входит весь пройденный осмотр и снятые показания установок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Губарев Н. А. Робот для обследования электрооборудования и электроустановок подстанций на безлюдных электрических подстанциях / Н. А. Губарев, А. Х. Сабитов, В. В. Максимов. – Текст : непосредственный // Тинчуринские чтения - 2020 "Энергетика и цифровая трансформация". – Казань, 2020 – С. 18-21.

2. Кайгородов С. С. Тепловизионное обследование эл. оборудования систем электроснабжения / С. С Кайгородов, М. С. Достовалов, Д. А. Иванов. – Текст : непосредственный // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК. – Иркутск, 2015 – С. 260-265.

3. Дарьян Л. А. Современные источники рентгеновского излучения для контроля технического состояния высоковольтного оборудования / Л. А. Дарьян. – Текст : непосредственный // Энергоэксперт. – 2019. - № 3. – С. 48-55.

4. Артамонов И. В. Роботизированная система как наиболее эффективное средство осмотра электрооборудования на подстанциях / И. В. Артамонов, В. И. Зацепина. – Текст : непосредственный // Энергетика будущего - цифровая трансформация : сборник трудов III всеросс. науч.-практ. конф. – Липецк, 2022. – С. 30-34.

УДК 631.004

ПРИМЕНЕНИЕ РЕШЕНИЙ «ЭНЕРГОКРУГ» ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ СУШКИ МОЛОКА

Ахремчик О. Л.[1], д-р техн. наук, профессор, axremchic@mail.ru
Лукасевич Д. В.[2], аспирант, lukasevichdv@mail.ru
Кротов Д. А.[2], аспирант, rakrotov@rambler.ru
[1]г. Тверь, Тверской государственный технический университет
[2]г. Москва, Российский биотехнологический университет

Аннотация. Предлагается обобщение опыта применения решений «Энергокруг» и расширение его из области электроэнергетики в сферу сушки молока. Отображение параметров сушилки включает комбинацию диаграмм и трендов расхода электроэнергии и показателей качества продукта. Показатели отображаются в виде предельных значений.

Ключевые слова: качество, электроэнергия, расход, сушка, показатель, решение, опыт.

В конце двадцатого века широкое распространение в сетях электроснабжения получили решения по контролю расхода электроэнергии на стороне потребителя на базе программных платформ диспетчеризации. Одной из таких платформ являлась российская разработка «Круг-софт» и

ее модификация для систем поставки и учета электроэнергии «Энергокруг» [1]. Программная платформа «Энергокруг» включена в Единый Реестр российского программного обеспечения.

Производители изначально позиционировали себя как разработчики программного обеспечения для систем диспетчерского контроля в тепло и электроэнергетике. В качестве источников для обмена данными со средами разработки и исполнения программной системы могут выступать коннекторы-серверы OPC. Платформа обеспечивает обмен оперативными и историческими данными о расходах и мощностях между рабочим сервером уровня диспетчера и устройством учета электроэнергии в формате XML.

Ранее авторами предлагалось расширение опыта применения энергосберегающих технологий на основе методов и инструментальных средств систем контроля и учета электроэнергии на платформе «Энергокруг» в сельскохозяйственном производстве [2]. Рациональным является унификация программно-технических решений не только для целей производства сельскохозяйственной продукции, но и при ее переработке. Распространенным процессом при переработке является сушка продуктов в сушилках разнообразных конструкций.

Одним из примеров является сушка молока в распылительных и сублимационных сушилках, которая является одним из самых энергозатратных технологических процессов [3]. Функционально-структурная декомпозиция системы управления сушкой молока показывает, что контроль и учет расхода энергетических (в частности электроэнергии) ресурсов должен осуществляться на уровнях управления финансово-хозяйственной деятельностью; производством; технологическим процессом. Применение унифицированных решений позволяет вносить коррективы с минимальным запаздыванием как в технологический процесс, так и финансово-хозяйственный план.

Новизной подхода авторов является комбинированное представление в системе автоматизации как энергопотоков, так и показателей качества продукта. При этом корректировка расхода электроэнергии на сушку осуществляется контуром интегрированной оценки качества. Оценка расхода электроэнергии и качества сухого продукта производится с использованием библиотечных объектов в виде круговых диаграмм фазных токов и напряжений и трендов показателей качества в автоматизированном режиме (Рисунок). Система автоматизации отображает технологу последовательность взаимосвязанных диаграмм и трендов, выполняя функцию консультанта.

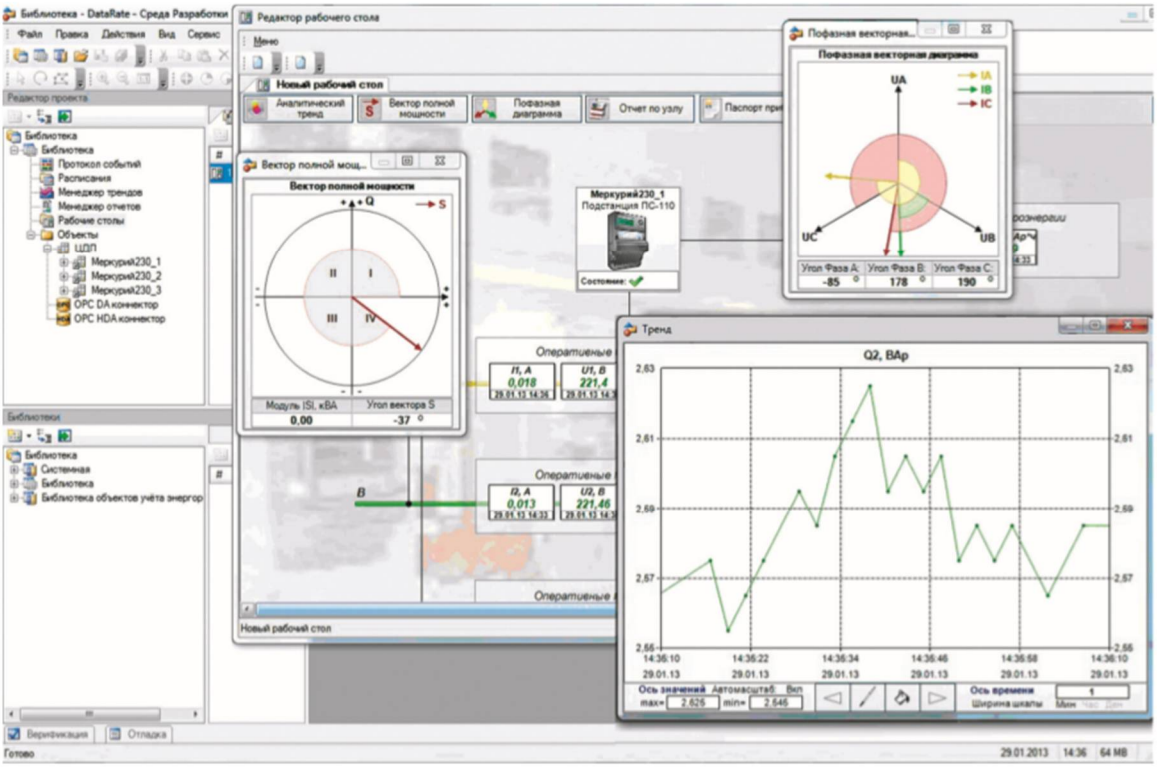


Рис.1. Использование диаграмм и трендов в решениях «Энергокруг»

При конфигурации расписаний сушки молока оператором задаются времена начала и окончания работы с привязкой к границам тарифных зон, что позволяет принять решение об энергоэффективности работы сушилок в зависимости от действующего тарифного плана. Программная платформа предполагает изменение числа точек контроля посредством добавления (удаления) соответствующих тегов. Средства верификации и информационной безопасности платформы позволяют обеспечить защиту информации. Одновременно предлагается осуществлять автоматическую передачу информации о параметрах сушки в базу данных системы автоматизации с формированием профилей работы оборудования.

К параметрам сушки наряду с расходом электроэнергии относится набор показателей качества сухого молока Диаграмма качества представляет собой многоугольник по осям которого откладываются величины предельных значений нормированных показателей X:

$$K = X(1-X)/(1+X),\ 0< X < 1.$$

Основной алгоритм расчета X переносится в категорию «скрипт объекта». Использование относительных единиц как для расхода электроэнергии, так и для показателей качества приводит к унификации типов данных в скриптах. Выход за пределы норм расхода электроэнергии при сушке имеет одинаковый приоритет серьезности с приоритетом сигнализации о понижении значений показателей качества сухого молока.

В заключение следует отметить, что обобщение и тиражирование опыта применения технологий измерения и контроля расхода электроэнергии из отрасли электроэнергетики в системы автоматизации сушилок пищевой промышленности позволяет повысить уровень унификации программно-технический решений, устранить барьеры на пути интеграции систем разных производителей и разно отраслевой направленности. Такой подход приводит к снижению затрат на контроль и управление расходом энергоресурсов при производстве пищевой продукции заданного качества (например, сухого молока).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Слета В. От измерения и обработки тегов к объектам и быстрой разработке автоматизированных систем / В. Слета, Л. Гурьянов. – Текст : непосредственный // Control engineering Россия. - 2015. - № 6. - С. 20-23.

2. Ахремчик О. Л. Применение программной платформы «Энергокруг» в системах технического учета электроэнергии сельскохозяйственных предприятий / О. Л. Ахремчик. – Текст : непосредственный // Доклады ТСХА. - 2019. - Вып. 291. Часть 2. - С. 306-308.

3. Емельянов А. Б. Повышение энергоэффективности комбинированной сушильной установки / А. Б. Емельянов, А. А. Мягков, Н. Р. Кононов. – Текст : непосредственный // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности. АПК-продукты здорового питания. - 2017. - №.5. - С. 100-106.

УДК 621.311

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Бакланов А. В., канд. техн. наук, руководитель отдела, andr@gisi.ru
г. Тюмень, Институт геоинформационных систем

Аннотация. Определена структура базы пространственных данных для задач геоинформационного анализа объектов электрических сетей. Рассмотрено практические задачи управления электросетевыми объектами с учетом пространственных характеристик.

Ключевые слова: пространственные данные, база данных, геоинформационные технологии, электросетевые объекты.

Одним из основных направлений в современной электроэнергетике является переход к цифровым технологиям. Цифровизация предполагает не только модернизацию оборудования, но и информационное обеспече-

ние управлением и развитием электрических сетей [1]. Цифровизация объектов электрической сети обуславливает накопление большого количества данных, сопровождающих технологические процессы. Детальную обработку всего массива данных, использование их для поддержки принятия решений невозможно выполнить без использования современных информационных технологий.

Значительная доля данных по объектам электросетевого хозяйства (линии электропередачи, трансформаторные и иные подстанции, распределительные пункты) содержит пространственную составляющую. Учитывается привязка объектов к определенной территории или конкретному местоположению, протяженность, зоны обслуживания и т.д. Эффективную работу с такими данными обеспечивают геоинформационные технологии [2].

Использование геоинформационных систем открывает новые возможности оптимизации управления электросетевым хозяйством на разных стадиях технологического процесса: технико-экономического обоснование, проектирование, сооружение и эксплуатация.

Новые аспекты использования данных обуславливают необходимость формирования базы пространственных данных объектов электрической сети. База данных должна обеспечивать хранение пространственных и атрибутивных характеристик объектов с возможностью пополнения актуальной информацией.

База пространственных данных об объектах электрической сети включает основные блоки: технологический, административный, природный.

Технологический блок содержит информацию об электросетевых объектах и потребителях: линии электропередач, трансформаторные подстанции, распределительные пункты, потребители.

Административный блок содержит информацию о территории: административно-территориальное деление, населенные пункты, здания, дороги, кадастровые участки.

Природный блок содержит информацию о компонентах природной среды, в которых размещается объект электросети: растительный покров, гидрографическая сеть, рельеф, грунты.

Приведенная структура базы пространственных данных является обобщенной и требует детализации в зависимости от задач использования данных. Сформированная база пространственных данных является основой для решения комплекса практических задач по управлению и эксплуатации электросетевых объектов:

- ведение паспортной информации по электросетевым объектам: планы размещения оборудования, схемы линий электропередач, схемы подключений;

- ведение информации по потребителям: отображение расположения потребителей, поиск абонентов по адресу, определение нагрузи на сети, определение зон отключения при работах и авариях;

- выполнение типовых пространственных расчетов: автоматическое построение охранных зон для линий электропередач и подстанций, построение маршрута проезда к местам проведения работ;

-проектирование развития электрической сети: анализ потребностей в электроэнергии на территории, выбор оптимального местоположения трансформаторных подстанций, построение оптимальных трасс линий электропередач по заданным условиям.

Использование геоинформационных инструментов при управлении электросетевыми объектами повысит обоснованность решений различных практических задач, сократит время на их принятие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция «Цифровая трансформация 2030». - Текст : электронный // Группа «Россети» : [официальный сайт]. - 2023. - URL : https://rosseti.ru/sustainable-development/digital-transformation-2030/?ysclid=lp2as1aen6767449116 (дата обращения : 08.10.2023).

2. Воротницкий В. Э. Применение геоинформационных технологий в электрических сетях России / В. Э. Воротницкий, А. В. Калашников. – Текст: непосредственный // Энергия единой сети. – 2016. - № 6 (11). – С.14-25.

УДК 620.9

РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ: ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В АВТОМАТИЗАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Баторшин Т. Р., бакалавр, timur.batorshin.02@mail.ru
Борисова О. В., канд. техн. наук, доцент, vladimiribna@mail.ru
г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В данной статье рассматривается потенциал искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) в области автоматизации энергосистем. Поскольку спрос на электроэнергию во всем мире продолжает расти, интеграция технологий ИИ и МО предлагает инновационные решения для повышения надежности, эффективности и устойчивости электросетей. Мы рассмотрим основные области применения ИИ и МО, включая предиктивное обслуживание, обнаружение неисправностей, прогнозирование нагрузки, управление сетями, обнаружение хищений энергии и обеспечение устойчиво-

сти сетей. В данной статье подчеркивается настоятельная необходимость внедрения ИИ и ОД в электроэнергетике, а также их потенциал для создания более отзывчивых и устойчивых электрических сетей.

Ключевые слова: искусственный интеллект, автоматизация энергосистем, электрические сети, цифровая трансформация, электроэнергетический сектор.

Мировой спрос на электроэнергию постоянно растет, что обусловлено ростом урбанизации, индустриализации и интеграцией возобновляемых источников энергии. Для обеспечения надежного, эффективного и устойчивого энергоснабжения электроэнергетика все чаще обращается к автоматизации и цифровым технологиям. Среди них искусственный интеллект (ИИ) и машинное обучение (МО) становятся мощными инструментами для преобразования автоматизации энергосистем [1].

Технологии ИИ и МО способны революционизировать способы мониторинга, управления и оптимизации электроэнергетических систем. От предиктивного обслуживания и обнаружения неисправностей до управления сетью и прогнозирования нагрузки - области применения ИИ и МО в автоматизации энергосистем обширны и перспективны.

1.Предиктивное обслуживание

Одной из важнейших задач в управлении энергосистемами является поддержание работоспособности электрооборудования, такого как трансформаторы, выключатели и генераторы. Алгоритмы искусственного интеллекта и МО могут предсказывать вероятность выхода из строя этих компонентов, анализируя исторические данные, показания датчиков и условия окружающей среды. Это позволяет проактивно планировать техническое обслуживание, сокращая время простоя и минимизируя затраты.

2.Обнаружение и диагностика неисправностей

Системы на основе искусственного интеллекта позволяют быстро обнаруживать и диагностировать неисправности в энергосистеме, повышая ее надежность и отказоустойчивость. Анализируя огромные объемы данных в режиме реального времени, ИИ может точно определить местоположение неисправностей и даже предложить возможные решения. Это позволяет быстрее восстанавливать электроснабжение и снижать влияние отключений на потребителей.

3.Прогнозирование нагрузки

Точное прогнозирование нагрузки имеет решающее значение для эффективного управления сетью. Модели машинного обучения позволяют анализировать исторические данные о нагрузке, погодные условия и другие переменные для получения точных прогнозов нагрузки. Это позволяет оптимизировать производство и распределение электроэнергии, снизить потери и повысить стабильность сети.

4.Управление сетями

Системы управления энергосетями на основе искусственного интеллекта позволяют автоматически балансировать спрос и предложение, оптимизировать распределение энергии и интегрировать в сеть возобновляемые источники энергии. Эти системы могут адаптироваться к изменяющимся условиям в режиме реального времени, обеспечивая стабильное энергоснабжение даже при нестабильной работе возобновляемых источников.

5.Обнаружение хищений энергии

ИИ также может использоваться для обнаружения хищений энергии или мошеннических действий путем анализа моделей потребления и выявления аномалий. Это помогает коммунальным службам вернуть упущенную выгоду и сохранить целостность энергосистемы.

6.Устойчивость энергосистемы

В условиях экстремальных погодных явлений и других сбоев ИИ и МО могут способствовать повышению устойчивости энергосистем. Благодаря непрерывному мониторингу и анализу данных эти технологии позволяют прогнозировать и реагировать на неблагоприятные условия, предотвращая масштабные повреждения и сокращая время простоя.[2]

Несмотря на значительные потенциальные преимущества ИИ и МО в автоматизации энергосистем, существует ряд проблем. К ним относятся:

1.Качество данных: Надежные данные имеют решающее значение для обучения моделей ИИ и МО. Коммунальные службы должны обеспечить точность, доступность и безопасность данных.

2.Кибербезопасность: Интеграция ИИ и МО в энергосистемы создает новые проблемы в области кибербезопасности. Защита критической инфраструктуры от киберугроз имеет первостепенное значение.

3.Повышение квалификации: Для эффективного внедрения и обслуживания этих технологий энергетической отрасли необходимы кадры, обладающие знаниями в области ИИ и МО [3].

Применение искусственного интеллекта и машинного обучения для автоматизации энергосистем обещает преобразовать электроэнергетику, сделав ее более эффективной, надежной и устойчивой. По мере того как отрасль продолжает осваивать цифровые технологии, предприятия и организации должны инвестировать в разработку и внедрение решений в области искусственного интеллекта и машинного обучения для решения эволюционирующих задач XXI века. При правильных стратегиях и ориентации на инновации энергетический сектор сможет использовать возможности ИИ и МО для создания более устойчивых и оперативных электрических сетей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дуэль М. А. Автоматизация объектов и технологических процессов ТЭС / М. А. Дуэль, А. В. Приходько. – Москва : Наука, 2011. - 436 с. – Текст: непосредственный.

2. Бождай А. С. Использование машинного обучения с подкреплением в создании самоадаптивного программного обеспечения / А. С. Бождай, Д. В. Артамонов, Ю. И. Евсеева. – Текст непосредственный // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. - 2019. - № 3. - С. 58-68.

3. Пальмов С. В. Сравнение классификационных возможностей алгоритмов C4.5 и C5.0 / С. В. Пальмов, А. А. Мифтахова. - Текст непосредственный // Инфокоммуникационные технологии. - 2015. - Т. 13, № 4. - С. 467-471.

УДК 620:621.383

ИНТЕГРАЦИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ЭЛЕКТРОСЕТИ: АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗРАБОТКИ

Богданова А. Н., бакалавр, bogdaannovaa@gmail.com
г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. Развитие фотоэлектрических систем (ФЭС) – важное направление в области возобновляемых источников энергии. Данная статья предоставляет обзор проблем и перспектив разработки интеграции ФЭС в электросети. Обсуждаются технические сложности, такие как нестабильность производства и проблемы с хранением энергии, а также экономические, социальные и экологические вопросы, включая высокие начальные затраты и неравномерное распределение возможностей.

Ключевые слова: фотоэлектрические системы, возобновляемая энергетика, интеграция, устойчивость, экологичность.

Современные вызовы, связанные с изменением климата и надежностью энергетического комплекса, подчеркивают необходимость перехода к более чистым и устойчивым источникам энергии. Фотоэлектрические системы представляют собой перспективное решение, которое способно удовлетворить потребности в энергии, минимизируя при этом отрицательное воздействие на окружающую среду. Тем не менее, несмотря на растущий интерес к фотоэлектрическим технологиям, их широкомасштабная интеграция в существующие электросети сталкивается с рядом сложных проблем, требующих тщательного анализа и инженерных решений.

Эффективность фотоэлектрических систем зависит от крайне нестабильной интенсивности солнечного света. Этот источник энергии подвержен неизбежным колебаниям в течение дня и в зависимости от климатических условий. Согласно данным Национального центра по атмосферным исследованиям, среднегодовая вариация солнечной активности составляет 11%, что имеет прямое влияние на эффективность ФЭС [1].

Эта нестабильность производства имеет существенное значение при рассмотрении вопросов энергосистем, таких как планирование производства, поддержание баланса между предложением и спросом, и обеспечение надежности энергоснабжения. Важно учитывать эти факторы при проектировании системы электроснабжения, интегрирующей ФЭС, и разрабатывать технологии хранения энергии и гибридные системы, способные сглаживать вариации в производстве энергии от солнечных источников.

Согласно статистике за 2019 год, предоставленной Международным агентством по возобновляемой энергии, только 21% солнечной энергии поддается эффективному хранению [2]. На данный момент исследования и разработки сосредотачиваются на усовершенствовании батарейных технологий, включая литий-ионные и потоковые аккумуляторы, с целью увеличения их энергетической плотности и снижения стоимости производства. Перспективные направления включают в себя использование водорода в качестве носителя энергии.

Неоспоримой трудностью в интеграции фотоэлектрических систем остаются высокие начальные затраты на установку и наладку солнечных энергоустановок. Разработка инновационных моделей финансирования и снижение стартовых затрат сделает фотоэлектрические системы более доступными и инклюзивными среди различных социоэкономических групп.

Вопросы социальной справедливости в контексте интеграции фотоэлектрических систем подчеркивают неравномерное распределение возможностей по использованию солнечной энергии. Согласно данным Всемирного банка, в более развитых странах доля возобновляемой энергии в энергобалансе в 2 раза выше, чем в развивающихся странах [3]. Это неравенство, основанное на финансовых возможностях и доступности технологий, создает барьеры для тех, кто больше всего нуждается в дешевой и доступной энергии.

Необходимость улучшения доступа к солнечной энергии для менее привилегированных общин подчеркивает важность внедрения политик, направленных на сбалансированное и более равномерное распределение солнечных ресурсов. Это также требует усилий в области образования и поддержки, чтобы содействовать внедрению ФЭС в регионах, сталкивающихся с экономическими трудностями.

Хотя фотоэлектрические системы считаются экологически чистыми источниками энергии, они также не лишены вторичных воздействий на окружающую среду. Для производства фотоэлектрических устройств ис-

пользуются редкие металлы, такие как кадмий и галлий. Результаты исследования, проведенного Европейским центром по экологии и географии, указывают, что на каждый гигаватт час электроэнергии, произведенной с использованием ФЭС, приходится примерно 4-5 граммов кадмия и 1-2 грамма галлия [4].

В сравнении с выбросами традиционных источников энергии, воздействие ФЭС на окружающую среду остается существенно ниже. Согласно данным Международного агентства по возобновляемой энергии, уровень выбросов углекислого газа при производстве солнечных панелей ниже в 20-30 раз, чем при генерации электроэнергии из угля [5].

Внедрение фотоэлектрических систем в электросети представляет собой важный шаг в направлении устойчивого и экологически чистого производства энергии. Однако, как было проанализировано выше, существуют серьезные технические, экономические, социальные и экологические вызовы, стоящие перед этой инновационной технологией. преодоление указанных вызовов требует совместных усилий со стороны научного сообщества, промышленности и государственных структур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Solar Activity, the Earth Rotation and Atmospheric Angular Momentum Variability. - Text : electronic // NCAR Report. - 2013. - URL : https://www.researchgate.net/publication/259302773_Solar_activity_the_Earth_rotation_and_Atmospheric_angular_momentum_variability (date of the application: 15.11.2023).

2. Future of Solar Photovoltaic. - Text : electronic // IRENA: official website. - 2019. - URL : https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA_Future_of_Solar_PV_2019.pdf (date of the application: 15.11.2023).

3. Renewables are the key to green, secure, affordable energy. - Text : electronic // World Bank Blogs. - 2022. – URL : https://blogs.worldbank.org/energy/renewables-are-key-green-secure-affordable-energy?cid=ECR_TT_worldbank_EN_EXT (date of the application: 15.11.2023).

4. Study on Photovoltaic Panels Supplementing the Impact Assessment for a Recast of the WEEE Directive. - Text : electronic // Bio Intelligence Service Report. - 2011. – URL : https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/weee/Study%20on%20PVs%20Bio%20final.pdf (date of the application: 15.11.2023).

5. Global Energy Transformation. A Roadmap to 2050. - Text : electronic // IRENA : official website. - 2018. – URL : https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA_Report_GET_2018.pdf (date of the application: 15.11.2023).

УДК 620.9

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РАЙОННОЙ ПОДСТАНЦИИ 35/6 КВ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Бузлуков А. П., магистрант, sashabuzlukov@mail.ru
Чиянов С. О., магистрант, chiyanov99@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Современное общество стремительно развивается благодаря внедрению цифровых технологий во все социальные и экономические сферы. Энергетическая отрасль не является исключением; интеллектуальные системы управления широко используются в электроснабжении районных подстанций 35/6 кВ. Эти системы представляют собой совокупность организационных, технических, программных и информационных средств, предназначенные для сбора, хранения, обработки и анализа информации, необходимой для выполнения различных функций в энергетической отрасли. Цель исследования – изучить современное состояние цифровизации систем электроснабжения районной подстанции 35/6 кВ и перспективы развития. Для характеристики цифровизации систем электроснабжения районной подстанции были изучены задачи цифровизации, способы и методы цифровизации подстанций, эффективность внедрения цифровых технологий.

Ключевые слова: цифровизация, системы электроснабжения, районная подстанция 35/6 кВ, перспективы развития.

Из-за значительного влияния неисправности на энергосистемы и выхода из строя защитных устройств операторы энергосистем и исследователи уделяют надежности большое внимание. В связи с этим в последние годы возросла потребность в интеллектуальных, эффективных и надежных цифровых системах.

Цифровые подстанции представляют собой модернизированную систему, где все данные передаются в цифровом виде. Более того, устройства защиты на цифровых подстанциях выполняют определенные действия, аналогичные их функции на обычных подстанциях, а также принимают решения самостоятельно. Потребность в цифровой подстанции заключается в повышении надежности энергосистемы и положительном влиянии на систему релейной защиты и автоматизации.

Дифференциальная защита используется для защиты линий электропередачи, кабелей и трансформаторов, поскольку она обнаруживает неисправности путем сравнения токов, протекающих в защищаемые устройства и из них.

Устройства защиты, используемые на цифровых подстанциях, способны быстро обнаруживать неисправность и принимать решения в условиях неопределенности в энергосистеме. Область установки цифровой станции подразделяется на интеллектуальное первичное оборудование и сетевое вторичное оборудование [3].

Задача цифровизации районных подстанций 35/6 кВ актуальна. Несмотря на усилия специалистов, не существует общепринятого механизма, позволяющего планировать действия по цифровизации и оценке ожидаемого эффекта от этих действий в электроснабжении районной подстанции 35/6 кВ.

Существуют общепринятые принципы цифровизации:

- цифровизация подразумевает оцифровку всех технических параметров. Такая трансформация принципов порождает новые проблемы, решение которых имеет значительные экономические последствия;

- следует приложить разумные усилия для максимальной «активации» технических агрегатов;

- цифровизация должна функционировать как элемент Интернета вещей;

- передача данных в цифровых системах должна быть организована на двух уровнях: относительно нечастые передачи и частые передачи. На первый уровень следует перенести все технически важные параметры (процессы), сформировать цифровую имитационную модель объекта управления. На втором уровне передается только семантически значимая информация в виде событий;

- разделение событий и процессов является результатом интеллектуальной обработки [2].

В настоящее время существует несколько унифицированных цифровых подстанций, но они отличаются друг от друга.

Основой цифровой подстанции является традиционная подстанция, состоящая из трансформаторов, распределительного устройства и коммутационного оборудования.

Чем выше степень цифровизации подстанционного оборудования, тем выше степень применения современной техники цифрового преобразования, управления и защиты.

Подстанции, компактные цифровые релейные защиты, автоматика и измерительные приборы могут обрабатывать данные в цифровом формате. Технологический уровень является основным уровнем получения данных, сигналов и результатов измерений от основного передающего оборудования, как обычного, так и нетрадиционного оборудования с использованием волоконно-оптических кабелей, являющихся промежуточными носителями на распределительной станции [1].

Кабели заменяют жесткие провода, что требует дополнительного оборудования, для преобразования аналоговых данных в цифровые, чтобы сигнал / данные могли быть отправлены.

Предпосылки для реализации цифровых подстанций создаются на существующих аппаратных платформах.

Первым шагом в этом процессе является унификация измерений. Чтобы реализовать эти принципы с высокой надежностью в устройстве, необходимо использовать автоматику с релейной защитой.

Чтобы обеспечить надежную работу оборудования, усилителей мощности и других устройств, необходимо решить множество задач, в том числе:

- разработка специальных протоколов связи, передающих именно ту информацию, которая необходима в определенное время;
- все источники измерений должны быть синхронизированы друг с другом, чтобы потоки цифровых измерений, поступающие на устройство, декодировались правильно [4].

Замена традиционных подстанций цифровыми возможна, и этот процесс станет проще и выгоднее. В настоящее время высокая стоимость и недостаточная квалификация персонала не позволяют использование цифровых подстанций в России. При совершенствовании традиционных подстанций необходимо заменить аналоговые средства измерения тока и напряжения на цифровые. В то же время, такие преимущества, как простые механизмы управления и необслуживаемые подстанции, позволяют отказаться от традиционных методов защиты энергетических объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковцова И. О. Обработка и передача данных для классических и цифровых электроподстанций / И. О. Ковцова. – Москва : Прометей, 2016. - 236 с. – Текст : непосредственный.

2. Этапы внедрения технологии «Цифровая подстанция» на объектах ЕНЭС / Ю. И. Моржин, С. Г. Попов, Ю. В. Коржецкий, М. Д. Ильин. – Текст : непосредственный // Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем : материалы 4 Междунар. науч.-тех.конф. – Екатеринбург, 2013. – С. 36-43.

3. Симонов А. М. Цифровая подстанция и промышленные проблемы / А. М. Симонов, В. А. Паршин, А. Р. Нагиев. – Текст : непосредственный // Современные тенденции в науке, технике, образовании : материалы 3 Междунар. науч.-практ. конф. – Смоленск, 2018. – С. 83-84.

4. Цифровая подстанция : [сайт]. – URL : http://digitalsubstation.com (дата обращения 26.10.2023). – Текст : электронный.

УДК: 621.315.615.2

ОСОБЕННОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ МАСЕЛ С УЧЕТОМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Воробьев Д. С., магистрант, ledok.ne.holodok@gmail.com
Артамонова Е. В., канд. пед. наук, доцент, energo515@mail.ru
г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В данной работе рассматриваются, актуальность применения современных технологий при производстве трансформаторного масла различных марок. Целью исследования является оценка эксплуатационных характеристик трансформаторного масла произведенного с использованием новых технологий. В качестве методов исследования используется обработка текстовых материалов посвященных теме исследования. По результатам работы выяснилось, что технологии депарафинизации и гидроочистки положительно сказываются на эксплуатационных характеристиках. И сделан вывод, что Изготовленные с применением новых технологий минеральные масла в процессе эксплуатации на холодном климате проявляют лучшие изоляционные свойства, чем их предшественники.

Ключевые слова: минеральное трансформаторное масло, масло Nutro

Трансформаторные масла – это минеральные нефтяные масла высокой чистоты и при этом слабой вязкостью. Применяются такие масла для заливки в емкости измерительных, а так же силовых трансформаторов, выключателей масляного типа и т.д. Предназначено оно для изоляции находящихся под высоким напряжением узлов, а так же частей работающего трансформатора, отвода тепловой энергии от греющихся при работе трансформатора частей и для предохранения изоляции в трансформаторе от увлажнения [1].

Характеристики, свойства минерального трансформаторного масла при эксплуатации определяют по его химическому составу, который зависит от сырья и использованных способов его очистки. Каждая новая партия трансформаторного масла, поступающая для заливки в баки трансформаторов, должна иметь специальный сертификат от завода-поставщика этого масла [2]. Сырьем для производства минерального трансформаторного масла является нефтяная фракция, вскипающая при температуре 300 – 400 по шкале Цельсия.

В последнее время наиболее широко используют такие трансформаторные масла, как отечественные минеральные масла типа: Т-1500, ВГ, ГК, а также зарубежные трансформаторные масла от марки Nytro. Масло ГК производится в соответствии с ТУ 38.101.1025-85 в основной своей массе из западно-сибирской сернистой нефти с применением процесса современных технологий каталитической депарафинизации. Где, каталитиче-

ская депарафинизация - это процесс, применяемый для увеличения свойств текучести масла в холодном состоянии смазочных жидкостей и средних дистиллятов с использованием крекинга обычных парафинов.

Считается, что по технологии трансформаторное масло типа ГК, от акционерного общества «Ангарская нефтехимическая компания», имеет более серьезный уровень удаления нежелательных компонентов, в сравнении с минеральным маслом ВГ. Масло ВГ, а также Шведские масла от марки Nutro в промышленных условиях получают при помощи гидрогенизационных процессов, с более низком давлении водорода. Считается, что трансформаторное масло ВГ уступает ГК по стабильности против процессов его окисления, но обычно дешевле в применении [3].

Рассмотрим так же и производимые в Швеции трансформаторные масла марки Nytro типа: 11 GX и 10 X. производятся они из импортированной с Венесуэлы нафтеновой нефти, которая содержит малое число парафинов, сернистых соединений. Благодаря этим особенностям эти трансформаторные масла и обладают чуть лучшими свойствами при низких температурах, чем трансформаторные масла типа: Т, которые, как уже было сказано ранее производят из западно-сибирских парфиннистых сортов нефти [4]. Технология производства данного трансформаторного масла происходит с применением современных процессов гидроочистки. Стоит отметить, что масло Nytro 10 X имеет более серьезную очистку, чем его 11 версия.

Кроме минеральных трансформаторных масел, полученных гидрогенизацией, на отечественных заводах выпускают минеральные масла с использованием устаревшей технологии щелочной и селективной очисток при производстве масла. Селективная очистка с последующим гидрированием применятся при производстве масла марок типа: Т. Увеличенное содержание в трансформаторном масле Т-1500 ароматических углеводородов обуславливает высокую, в сравнении с другими минеральными маслами, растворимость воды, продуктов окисления масла, что негативно сказывается на его свойствах в сравнении с современными аналогами. Трансформаторное масло Т-1500У производится из сернистых сортов нефти с селективной очисткой улучшенного качества [5].

Из всего сказанного выше можно сделать вывод, что применяемые при промышленном производстве трансформаторного масла современные технологии депарафинизации и гидроочистки, используемые, как при производстве отечественных масел ГК, так и Шведского масла Nutro, положительно сказываются на их эксплуатационных характеристиках. Изготовленные с применением новых технологий минеральные масла в процессе эксплуатации на холодном климате проявляют лучшие изоляционные свойства, чем их устаревшие предшественники, что крайне востребовано в суровых условиях Российского климата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 10121-76. Масло трансформаторное селективной очистки. Общие положения : государственный стандарт СССР : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 21 января 1976 г. № 158 : введен впервые : дата введения 1976-01-01 / разработан Министерством нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности СССР. – Москва : Издательство стандартов, 1977. – 236 с. – Текст : непосредственный.

2. Валиуллина Д. М. Определение качественного состава примесей в отработанном трансформаторном масле / Д. М. Валиуллина, И. Д. Загустина, В. К. Козлов. – Текст : непосредственный // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2018. – № 4. – С. 25-29.

3. Козлов В. К. Особенности оптических характеристик трансформаторных масел различных марок / В. К. Козлов, М. Ш. Гарифуллин. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2015. – № 11-12. – С. 11-20.

4. Липштейн Р. А. Шведские трансформаторные масла фирмы «Nynas» марок Nitro 11GX и Nytro 10X / Р. А. Липштейн, Т. В. Глазунова, Е. Е. Довгополый. – Текст : непосредственный // Электрические станции. – 1998. – № 1. – С. 61-64.

5. Сравнительная оценка качеств товарных и синтетических трансформаторных масел / Р. З. Гасанова, М. Д. Ибрагимова, В. А. Нагиев, Н. Ф. Кафарова. – Текст : непосредственный // Мир нефтепродуктов. – 2021. – № 5. – С. 6-12.

УДК 620.9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЦИФРОВИЗАЦИИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РАЙОННОЙ ПОДСТАНЦИИ 110/10 КВ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕЕ РАБОТЫ

Гаврилов И. С., магистрант, vano186rusregion@gmail.com
Бузлуков А. П., магистрант, sashabuzlukov@mail.ru
Чиянов С. О., магистрант, chiyanov99@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Актуальность исследования заключается в том, что технологии информационно-коммуникационных систем и интернета вещей становятся все более совершенными, и в последние годы оцифровка подстанций 110/10 кВ также быстро прогрессирует. Таким образом, ожидается, что удобство использования подстанций улучшится за счет сочетания цифровых технологий с данными по техническому обслуживанию и ноу-хау, накопленными на сегодняшний день. Цель исследования – определить необходимость

использования элементов цифровизации в системе электроснабжения районной подстанции 110/10 кВ с целью повышения эффективности ее работы. Для характеристики элементов цифровизации в системе электроснабжения районной подстанции 110/10 кВ изучаются существующие методы и способы цифровизации подстанций, оцениваются достоинства их внедрения.

Ключевые слова: цифровизация, подстанция, система электроснабжения, повышение эффективности.

Подстанции напряжением 110/10 кВ предназначены для приема, преобразования, распределения и транзита электрической энергии трехфазного переменного тока промышленной частоты 50 Гц при номинальных напряжениях 110/10 кВ.

Подстанции 110/10 кВ необходимы для:

а) обеспечения переключения определенного количества высоковольтных линий, трансформаторов, автотрансформаторов и компенсирующих устройств с учетом перспективы развития подстанции;

б) обеспечения работы коммутационного оборудования при номинальном значении тока короткого замыкания с учетом требований по секционированию сети;

в) обеспечения возможности и безопасности проведения ремонтных и профилактических работ на отдельных элементах схемы;

г) обеспечения надежности, необходимой для работы коммутационного оборудования исходя из условий электроснабжения потребителей в соответствии с категорией потребителей электроэнергии, и обеспечении транзитного перетока электроэнергии через межсетевые и магистральные присоединения в нормальном режиме без ограничения мощности и в аварийном режиме с несколькими отключениями [3].

Важнейшей задачей работы подстанций является обеспечение надежной работы электрооборудования и бесперебойного электроснабжения потребителей. Тем не менее, достаточно часто на подстанциях случаются аварийные ситуации.

Аварии на подстанциях могут происходить в результате непредвиденного повреждения оборудования, выхода из строя оборудования из-за возможного перенапряжения или отказа устройств релейной защиты, автоматики управления, вторичных коммутационных аппаратов, а также неправильной работы персонала (служб эксплуатации, технического обслуживания и производства). Таким образом, необходимо разрабатывать направления, позволяющие снизить риски аварийных ситуаций. Одним из таких направлений является цифровизация подстанций

Цифровизация систем электроснабжения подстанций предполагает интеграцию функций защиты, контроля и сбора данных в минимальное количество платформ за счет устранения избыточного оборудования и баз

данных, тем самым снижая капитальные и эксплуатационные затраты, а также требования к площади панелей и диспетчерских.

Основными задачами, которые реализуются на цифровой подстанции, являются следующие:

- экономия труда при инспектировании и патрулировании подстанции;
- оптимизация режима работы оборудования;
- сокращение затрат на обслуживание и ремонт.

Оцифровка всех работ на подстанциях 110/10 кВ с целью повышения эффективности электроснабжения подстанции называется «концепцией цифровой подстанции». Благодаря использованию цифровых технологий из этих данных автоматически извлекаются данные о техническом обслуживании, спецификации оборудования и другие данные, относящиеся к оборудованию электроснабжения подстанции, легко интегрируются и анализируются, автоматизируются работы подстанции, такие как техническое обслуживание и планирование замены и ремонта оборудования. Такой новый цикл работы подстанции 110/10 кВ позволит повысить эффективность работ на подстанции и обеспечит экономию рабочей силы. Например, при использовании дронов, камер или датчиков вместо патрулирования /инспекции больше не требуются работы, которые ранее выполнял человек. Кроме того, можно заранее предупреждать об аномальных признаках работы, которые не могут быть обнаружены человеком [4].

Патрулирование оборудования анализируется и оценивается на основе данных о прошлых отказах и авариях, а содержимое тщательно пересматривается, чтобы отразить местоположение и фактическое состояние оборудования, сохраняя при этом уровень безопасности оборудования подстанции 110/10 кВ.

Что касается конфигурации системы, камера устанавливается в месте, где можно отслеживать состояние оборудования, а диагностика оборудования выполняется с помощью искусственного интеллекта на основе полученных изображений и видеозаписей [1].

Для экономии рабочей силы при проведении работ по техническому обслуживанию необходимо перейти от регулярных периодических проверок к проверкам в соответствии с состоянием оборудования и выявлять признаки неисправностей на ранней стадии. Поэтому к оборудованию подключаются различные датчики, и состояние оборудования отслеживается в режиме реального времени. Система мониторинга оборудования состоит из трех элементов. Одним из элементов является датчик, также блок мониторинга устройства, который отслеживает и диагностирует состояние устройства, получая информацию от датчиков. Третий элемент - это интерфейс пользователя, используемый для отображения информации. При выборе датчика особенно важно убедиться в том, что монтажная конструкция проста и ее легко заменить с учетом работ по монтажу и замене

существующего оборудования. Система может обнаруживать аномальные признаки, выполняя анализ тенденций, сравнивая не только оценку путем сравнения с пороговым значением, но и результаты прошлых операций, таких как размыкание автоматического выключателя [2].

Таким образом, реализация элементов цифровизации в электроснабжении районной подстанции за счет продвижения работ и экономии труда будет способствовать повышению эффективности работы подстанции 110/10 кВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковцова И. О. Обработка и передача данных для классических и цифровых электроподстанций / И.О. Ковцова. – Москва : Прометей, 2016. 236 с. – Текст : непосредственный.

2. Моржин Ю. И. Этапы внедрения технологии «Цифровая подстанция» на объектах ЕНЭС / Ю. И. Моржин, С. Г. Попов, Ю. В. Коржецкий, М. Д. Ильин. – Текст : непосредственный // Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем: материалы 4 Междунар. науч.-тех.конф. – Екатеринбург, 2013. – С. 36-43.

3. Симонов А. М. Цифровая подстанция и промышленные проблемы / А. М. Симонов, В. А. Паршин, А. Р. Нагиев. – Текст : непосредственный // Современные тенденции в науке, технике, образовании: материалы 3 Междунар. науч.-практ. конф. № 2. – Смоленск, 2018. – С. 83-84.

4. Цифровая подстанция : [сайт]. – URL : http://digitalsubstation.com (дата обращения 03.11.2023). – Текст : электронный.

УДК 621.311.6

КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ: ВЛИЯНИЕ ОТКЛОНЕНИЯ ЧАСТОТЫ НА ЭНЕРГОСИСТЕМУ И МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ

Горячев К. И., бакалавр, kostya.goryachev.1998@mail.ru
г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. Энергосистемы являются сложными сетями взаимосвязанных генераторов и потребителей, где стабильность частоты имеет ключевую роль в обеспечении стабильной работы всех системы и влияет на ее устойчивость в целом. В данной статье рассматриваются основные проблемы, возникающие при отклонении частоты от своего номинального значения, методы регулирования частоты, а также оценивается актуальность исследуемой проблемы.

Ключевые слова: частота, регулирование частоты, лавина, автоматическая частотная разгрузка, понижение частоты

Частота переменного тока – один из параметров, отвечающих за качество электроэнергии, он характеризуется отношением количества оборотов генератора в единицу времени. Номинально допустимые отклонения частоты в сети должны равняться ±0.2, а предельно допустимые ±0.4 [1]. При понижении частоты начнут замедляться генераторы электростанций, что повлечет за собой еще большее понижение частоты, такое явление называется лавиной частоты. Если же начнет повышаться, то начнет выходить оборудование энергоблоков. Понижение частоты происходит, когда мощность нагрузки больше, чем мощность генерации, в противном случае наблюдается повышение частоты [2].

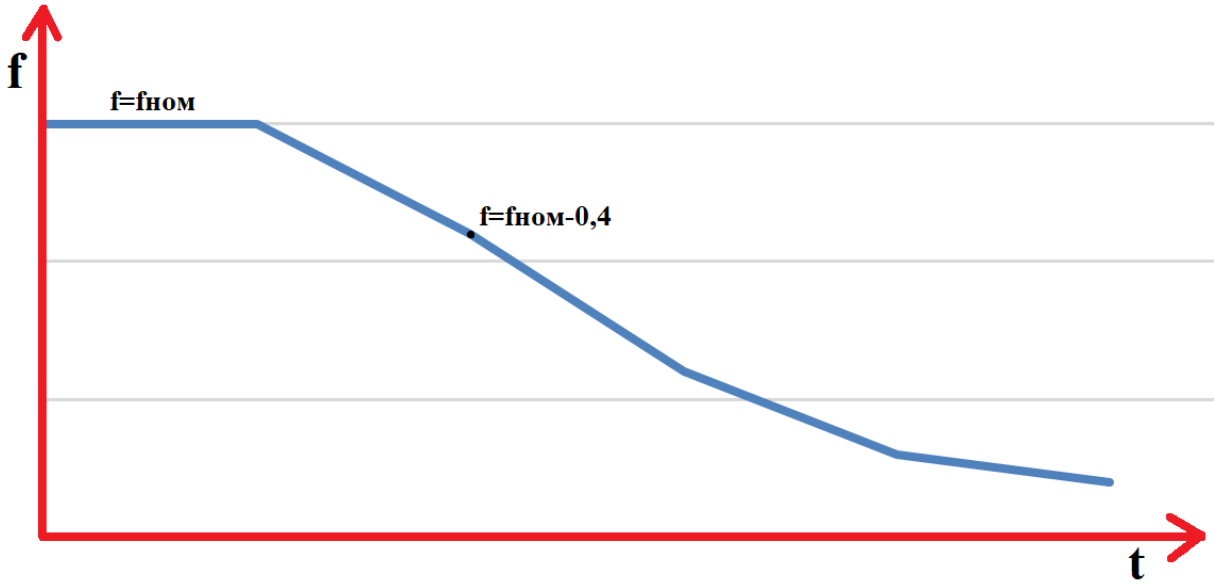


Рис. 1. Лавина частоты

Помимо лавины частоты, при снижении частоты могут возникать лавина напряжения, при которой увеличивается объем потребления реактивной мощности, а также механический резонанс турбины, при котором возможна поломка лопаток [3].

Значение частоты в данный момент времени показывает состояние баланса активной мощности генераторов и потребителей в энергосистеме. Во избежание серьезных повреждений на разных участках энергосистемы используется регулирование частоты. Оно разделается на три связанных между собой вида: первичное, которое в свое очередь подразделяется на общее и нормированное; вторичное и третичное.

Баланс активной мощности электроэнергетической системы:

$$\sum P_{Г} = \sum P_{П} + \sum P_{СН} + \Delta P, \quad (1)$$

где $P_г$ – активная генерируемая мощность, $P_п$ – активная мощность потребителя, $P_{сн}$ – активная мощность собственных нужд подстанций, ΔP – потери активной мощности.

Первичное регулирование частоты осуществляется автоматически в интервале от 5 до 120 секунд на турбине генератора. Такое регулирование достигается за счет изменения подачи энергоносителя, к примеру, перекрыть одну из турбин гидроэлектростанции или изменить ее направляющий аппарат. В целях обеспечения надежности при аварийных отключениях, общее первичное регулирование должно выполняться всеми электростанциями в энергосистемах, где действует параллельная работа. С другой стороны, нормированное первичное регулирование для обеспечения стабильности частоты должно осуществляться специально выделенными для этого электростанциями в энергосистемах, где действует параллельная работа, или в определенных районах регулирования [4].

Под понятием вторичного регулирования частоты понимается процесс восстановления частоты путем изменения выдаваемой мощности отдельно взятых электростанций. Такое регулирование позволяет достигнуть номинального значение частоты в энергосистеме, а также восстановить резерв первичного регулирования. Время осуществления вторичного регулирования занимает до 15 минут [4].

Третичное же регулирование используется для поддержания резерва первичного и вторичного регулирований. А также, иногда, является заменой вторичного в отдельных энергосистемах, которые не способны самостоятельно его обеспечить [4].

В случае резкого снижения частоты в сети применяется автоматическая частотная разгрузка (АЧР) – отключение потребителей в зависимости от их категории надежности для дальнейшего выравнивания частоты [5].

Помимо ликвидации последствий отклонения частоты, важно не допустить этого искажения. При повышении нагрузки потребителя требуется подключение дополнительного источника питания. Но при вводе в работу такого источника, его изначальная частота не совпадает с частотой уже работающей системы. Для достижения одинаковой частоты используется синхронизация генератора с сетью.

В заключении хотелось бы отметить, что частота является наиважнейшим показателем качества электроэнергии, ведь ее отклонение от номинального значения приводит не только к недопуску электроэнергии, но и к серьезным поломкам со стороны генерации, что является недопустимым в случае подключения потребителей 1 особой, 1 и 2 категорий надежности электроснабжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 июля 2013 г. № 400-ст: введен впервые : дата введения 2014-07-01 / разработан Обществом с ограниченной ответственностью «ЛИНВИТ» и Техническим комитетом по стандартизации ТК 30 «Электромагнитная совместимость технический средств». – Москва: Стандартинформ, 2014. – 16 с. – Текст: непосредственный

2. Павлов Г. М. Аварийная частотная разгрузка : учебное пособие / Г. М. Павлов, Г. В. Меркульев. – Санкт-Петербург : Центр подготовки кадров РАО "ЕЭС России", 1998. – 130 с. – Текст: непосредственный.

3. ЦентрЭнергоЭкспертизы : [сайт]. - URL: https://cenerg.ru/ (дата обращения: 14.11.2023). – Текст: электронный.

4. О повышении качества первичного и вторичного регулирования частоты электрического тока в ЕЭС России. - Текст : электронный // Акционерное общество «Системный оператор Единой энергетической системы» : [официальный сайт]. - 2023. - URL : https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/r-n-tpolitics/frequency/order_524/Prikaz (дата обращения : 15.11.2023).

5. OFaze : [сайт]. - URL: https://ofaze.ru/ (дата обращения: 15.11.2023). – Текст: электронный.

УДК 621.3

НЕОБХОДИМОСТЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ

Деревнина В. С., магистрант, vitoriaderevnina7962@gmail.com
г. Липецк, Липецкий государственный технический университет

Аннотация. Проектирование – один из самых важных этапов процессов при строительстве. Необходимо обеспечить предприятие высокой степенью надежности. Без стадии проектирования добиться правильной безаварийной работы оборудования предприятия невозможно. Из этого складывается актуальность нашей работы. Для того, чтобы рассмотреть стадии проектировании, необходимо описать выбор места расположения главной понизительной подстанции, определить расположение цехов на генеральном плане предприятия, выбрать марку и сечение кабелей. Также оборудование должно выбираться и устанавливаться в зависимости от климатических условий региона, в котором располагается предприятие и особенности расположения самого предприятия. Необходимо учи-

тывать степень защиты оборудования от влаги и пыли. Целью исследования является рассмотрение основных стадий проектирования и особенностей проектирования на каждом этапе. Для этого мы рассматриваем проектирование электроснабжения предприятия средней мощности и подбираем требуемое оборудование. В ходе работы мы опишем структуру расчетов и определения основных параметров электроснабжения. Проведем расчет кабеля, который идет от главной цеховой подстанции до распределительного пункта. Сделаем выводе о необходимости и целесообразности проектирования электроснабжения.

Ключевые слова: проектирование, электроснабжение, оборудование, подстанция.

Электроснабжение предприятия может осуществляться по принципу сверху вниз или снизу вверх. Наиболее частно используется расчет снизу вверх, то есть от нагрузки на предприятии на напряжение 0,4 кВ, до определения мощности главной понизительной подстанции (ГПП) и выбора соединения ГПП и внешней сети. Если на предприятии оборудование, например двигатели машин, питается от напряжения только 10 кВ, то устанавливается трансформатор ГПП 110/10 кВ, где наименьшее значение мощности соответствует требуемой. Электрические двигатели могут иметь номинальное напряжение от сотен вольт до десятков киловольт. [1]

Оборудование должно быть установлено в соответствии с климатическими условиями места, где оно находится. Также следует учитывать специфику работы самого предприятия, если, например это предприятие изготавливает хлебопекарную продукцию, то оборудование должно быть наиболее защищено чем при расположении в сухом месте без пыли. На предприятии отдельно устанавливают комплектную трансформаторную подстанцию на напряжении 10/0,4 кВ для питания освещения предприятия и розеточной сети предприятия. На территории кроме цехов устанавливают склад и административно-бытовой корпус для сотрудников.

В цеху располагается распределительная подстанция, на которую питание приходит с ГПП. Питание от распределительной подстанции идет на распределительный пункт и от него к каждой машине тянется свой кабель. Установка распределительных пунктов сократит необходимость тянуть длинный кабель к каждой машине от распределительной подстанции и повысит надежность электроснабжения, поскольку к каждому распределительному пункту будут идти по 2 линии от каждого трансформатора на распределительной подстанции, при условии, что планируется двухтрансформаторная распределительная подстанция. Для выбора кабельной линии необходимо рассчитать максимально возможный ток. Если питание осуществляется по двум взаимно резервируемым проводам, то ток будет иметь в два раза меньшее значение. Расчет ведется для одного провода по формуле (1):

$$I_{pi} = \frac{S_{рці}}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_н}, \quad (1)$$

где $S_{рці}$ – полная расчетная мощность цеха, кВт; $U_н$ – номинальное напряжение сети, кВ; n – количество кабельных линий.

Питание машин идет от двух трансформаторов 10/0,4 кВ. для защиты трансформатора устанавливается предохранитель. Также устанавливаются автоматические выключателя на низкую сторону трансформатора и на каждый отвод линии к распределительному пункту, административно-бытовому корпусу, складу и щиту освещения. Далее необходимо расположить главную понизительную подстанцию на генплане предприятия. Для этого необходимо учесть мощность всего цеха, АБК и склада. Далее нарисовать окружности, соответствующие этой мощности и зная их радиусы вычислить расположение ГПП. При этом ГПП не должна попадать в зону расположения здания или дороги, а также должна быть расположена на допустимом расстоянии от цеха. [2]. Если при расчётах она попадает на. Таким образом мы расположили главную понизительную подстанцию на генлане предприятия. Далее необходимо выбрать силовые трансформаторы на ГПП. Учитывается, что два трансформатора большей мощности экономически выгоднее чем три трансформатора меньшей мощности, как по стоимости закупки, так и по затратам на ремонт и обслуживание. [3] Выбор трансформаторов ГПП происходит аналогично трансформаторам на распределительной подстанции.

Таким образом, мы рассмотрели проектирование предприятия средней мощности. Это достаточно длительный и кропотливый процесс. Необходимо просчитать все возможные потери, возможные токи короткого замыкания для того, чтобы определить тип оборудования и марку, и сечение кабельных и воздушных линий. Ошибка в расчетах может в дальнейшем стать причиной ненадежного электроснабжения предприятия. Расчет сверху вниз происходит аналогичным образом, но проектировать начинают с ГПП и доходят в расчетах до выбора кабельных линий внутри цехов. Оба расчёта будут верны и решение по выбору метода принимается в каждом конкретном случае отдельно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудрин Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий / Б. И. Кудрин. – Москва : Интермет Инжиниринг, 2005 – 672 с. – Текст: непосредственный.

2. Шпиганович А. Н. Внутризаводское электроснабжение и режимы : учебник для студентов вузов / А. Н. Шпиганович, К. Д. Захаров. – Липецк : ЛГТУ, 2007. – 742 с. – Текст: непосредственный.

3. Федоров А. А. Основы электроснабжения промышленных предприятий : учебник для студентов вузов / А. А. Федеров, В. В. Каменева. – Москва : Энергия, 1979. – 408 с. – Текст: непосредственный.

УДК 621.31

РАБОТА РАСЧЕТНОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ НА РАЗВЕРТЫВАНИЕ КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ

Жуков Л. В., канд. техн. наук, ст. преподаватель, leonid-zhukov@rambler.ru
Дерышев В. Е., курсант, 89526708972@mail.ru
г. Тюмень, Тюменское высшее военно-инженерное командное училище имени маршала инженерных войск А.И. Прошлякова

Аннотация. В статье представлена алгоритм расчета для помощи в принятии решения инженерно-техническим персоналом по подбору кабеля для кабельной сети. Использование расчетной программы позволит повысить оперативность и качество выполнения задачи на развертывание сети и снизить время на принятие решения.

Ключевые слова: кабельная сеть, потребитель, расчетная программа.

Для помощи оказания начальнику (персоналу) электрохозяйства, в принятии решения на развертывание кабельной сети была разработана расчетная программа.

Программа обеспечивает:

- расчет общей мощности потребителей, сечения кабеля, предполагаемого к использованию для развертывания сети;
- вывод результатов расчета сечения кабеля, для выбора кабельной продукции;
- расчет стоимости кабельной сети с использованием выбранного кабеля;
- вывод результатов расчета стоимости кабельной продукции, для принятия решения на развертывание сети [1].

Для начала работы программы, необходимо из предложенного списка выбрать источники электрической энергии, которыми будет обеспечена планируемая развертываемая сеть (рис. 1).

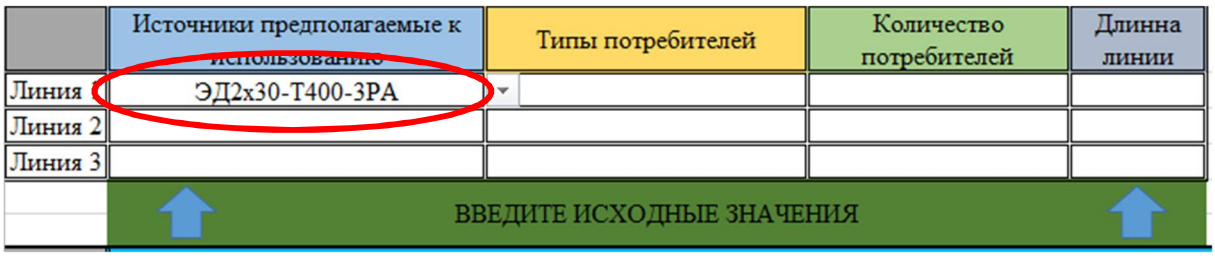


Рис. 1. Выбор источников электрической энергии

Далее, необходимо выбрать из предложенного списка потребители, которые предполагается использовать на пункте заготовки инженерных конструкций (рис. 2) [2].

	Источники предполагаемые к использованию	Типы потребителей	Количество потребителей	Длинна линии
Линия 1	ЭД2х30-Т400-3РА	Станок заточки свай		
Линия 2	ЭД2х30-Т400-3РА	Окорочный станок		
Линия 3	ЭД2х30-Т400-3РА	Электрическая лебедка		
	ВВЕДИТЕ ИСХОДНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ			

Рис. 2. Выбор потребителей

Следующим этапом, необходимо указать приблизительную длину кабеля, укладываемого от источников к потребителям (необходимо указывать значение с запасом – для снижения натяжения кабеля и дальнейшей его маскировки) (рис. 3).

	Источники предполагаемые к использованию	Типы потребителей	Количество потребителей	Длинна линии
Линия 1	ЭД2х30-Т400-3РА	Станок заточки свай	1	100
Линия 2	ЭД2х30-Т400-3РА	Окорочный станок	1	150
Линия 3	ЭД2х30-Т400-3РА	Электрическая лебедка	5	50
	ВВЕДИТЕ ИСХОДНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ			

Рис. 3. Указание длинны кабеля

Согласно характеристикам кабеля (сечение и количество жил), необходимо из предложенного списка выбрать соответствующий кабель (рис. 4) [3].

	ИТОГО				
	Сечение провода S (мм.кв.)	Кол-во жил (шт.)	Предлагаемый провод	Цена (руб.)	Стоимость (руб.)
1	0,5	5	ВВГ 5*1,5	,54638	16654,638
2	35	5	ВВГ 5*10	94,37184	149155,776
3	10	5	ВВГ 5*1,5	166,54638	8327,319
	СОГЛАСНО ХАРАКТЕРИСТИКАМ - ВЫБЕРИТЕ КАБЕЛЬ			ИТОГО	174137,733

Рис. 4. Выбор кабеля согласно характеристикам

Далее программа выведет значения стоимости кабеля на каждой линии и на объекте в целом (рис. 5).



	ИТОГО				
	Сечение провода S (мм.кв.)	Кол-во жил (шт.)	Предлагаемый провод	Цена (руб.)	Стоимость (руб.)
1	0,5	5	ВВГ 5*1,5	6,54638	16654,638
2	35	5	ВВГ 5*10	994,37184	149155,776
3	10	5	ВВГ 5*1,5	166,54638	8327,319
	СОГЛАСНО ХАРАКТЕРИСТИКАМ - ВЫБЕРИТЕ КАБЕЛЬ			ИТОГО	174137,73

Рис. 5. Вывод значения стоимости кабельной сети

Таким образом оперативность и качество выполнения задач повысится за счет разработанной программы через снижение времени на принятие решения инженерно-техническим персоналом при разворачивании новой кабельной сети или подборе кабеля при ликвидации аварийных ситуаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дерышев В. Е. Модернизация электроснабжения пункта заготовки инженерных конструкций : дипломная работа / В. Е. Дерышев ; ТВВИКУ. - Тюмень, 2023. - 65 с. – Текст : непосредственный.

2. Мещеряков Л. К. Электрификация и автоматизация военно-инженерных работ. Часть 2 / Л. К. Мещеряков, Б Ф. Ушаков. – Москва : Воениздат, 1980. – 320 с. – Текст: непосредственный.

3. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого изданий с изменениями и дополнениями : утверждены Министерством энергетики Российской Федерации от 08.07.02 : введены в действие 01.01.03. – Москва : Норматика, 2018. - 462 с. – Текст : непосредственный.

УДК 621.311

ОБЗОР СХЕМ ЗАМЕЩЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Зиновьев Д. С., магистрант, dan.ser130900@gmail.com
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В процессе развития современной электроэнергетической системы наблюдается тенденция к концентрации производства электроэнергии на мощных электростанциях и централизации электроснабжения от общей высоковольтной сети. Такое объединение электростанций и потребителей электрической энергии в энергосистемы позволяет повысить надежность работы, поскольку повреждения в энергосистемах могут привести к разрушению основного оборудования и недоотпуску электроэнергии потребителям. Важным аспектом обеспечения надежности энергосистем является учет опасных явлений, таких как короткие замыкания, возникающих при повреждениях в энергосистемах. В связи с этим, актуальной задачей является обзор математических моделей элементов

электроэнергетической системы, на которых могут произойти различные аварийные режимы.

Ключевые слова: режим электрической сети, математическая модель, трансформатор, электроэнергетическая система, схема замещения.

Основная цель этого исследования заключается в изучении математических моделей элементов электроэнергетической системы. Для анализа электрических процессов требуется заменить компоненты реальной сети эквивалентными схемами, что позволяет создать модель, определяющую режим работы сети. Параметры режима, такие как ток, напряжение, активная и реактивная мощности, рассчитываются на основе параметров схемы замещения элементов электрической сети. При проектировании и эксплуатации электрической сети необходимо учитывать параметры компонентов сети, проводить вычисление режимов работы и создавать схемы замещения сетей.

Схема замещения - условное представление элемента электрической сети, основанное на его параметрах. Следует отметить, что при вычислении токов короткого замыкания пренебрегают намагничивающими токами трансформаторов, а при расчёте токов при трёхфазных коротких замыканиях и в симметричных режимах допускается не указывать соединение обмоток трансформаторов. [4]

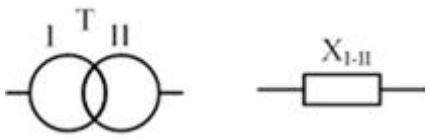


Рис. 1. Условное изображение двухобмоточного трансформатора (слева) и его схема замещения (справа) [3]

В задачах, которые связаны с расчетом установившихся режимов работы электрических сетей используются различные математические модели силовых трансформаторов. Активные сопротивления обмоток трансформатора показаны отдельно. Схемой, представленной на рисунке 2 можно представить трансформатор, не имеющий магнитопровода (воздушный). [5]

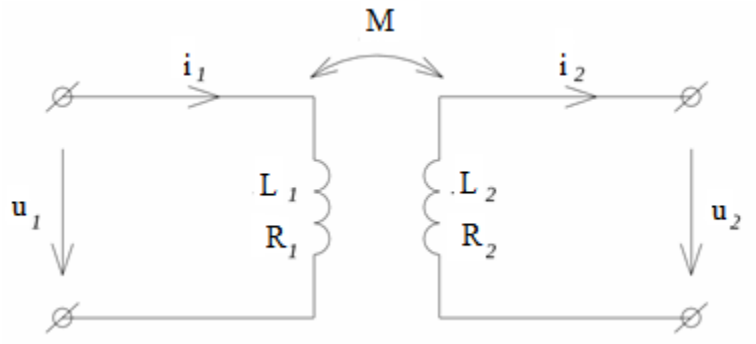


Рис. 2. Схема трансформатора без магнитопровода

Если обходить контуры по второму закону Кирхгофа в соответствие с установленными направлениями, то получаем уравнения:

$$\underline{U}_1 = R_1\underline{I}_1 + j\omega(L_1 - M)\underline{I}_1 + j\omega M(\underline{I}_1 - \underline{I}_2),$$
$$-\underline{U}_2 = R_2\underline{I}_2 + j\omega(L_2 - M)\underline{I}_2 - j\omega M(\underline{I}_1 - \underline{I}_2).$$

Схема замещения для этих уравнений показана на рисунке 3. Рисунок 2 говорит о том, что первичные и вторичных цепи трансформатора объединены гальванически, а не индуктивно. [5]

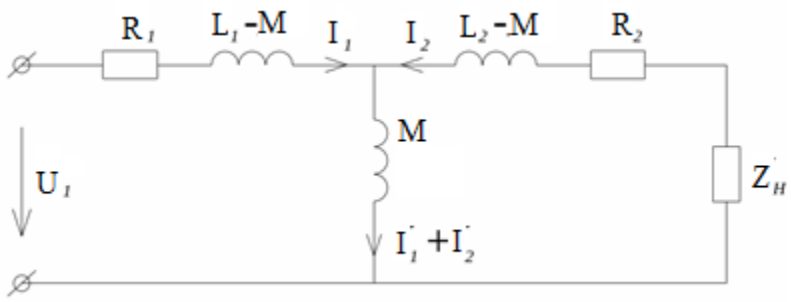


Рис. 3. Схема замещения трансформатора без магнитопровода

Если взять за основу математической модели трансформатора так называемый идеальный трансформатор с коэффициентом трансформации, для которого относительная магнитная проницаемость равна бесконечности и ток намагничивания равен нулю, то, добавив к нему элементы, учитывающие основные паразитные эффекты, можно получить полную схему замещения трансформатора (рис 4).

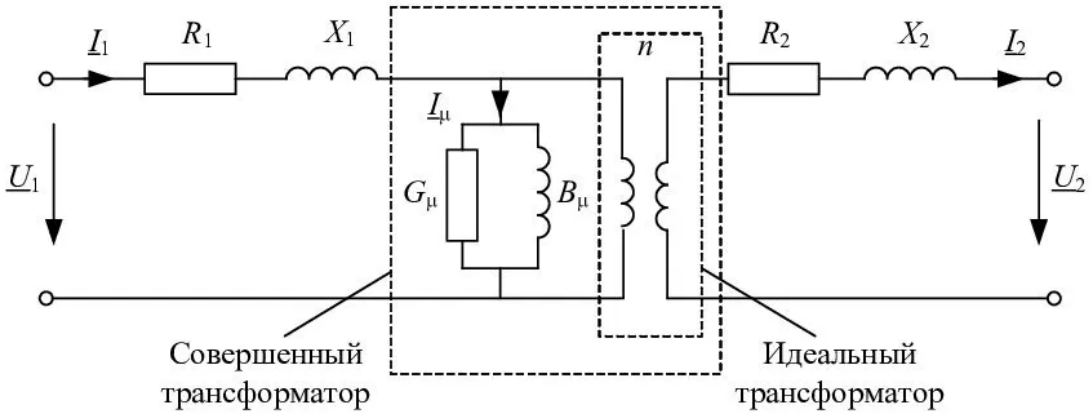


Рис. 4. Полная Т-образная схема замещения трансформатора

В силовых трансформаторах чаще используют схему Г-образного замещения, так как она имеет простые физические свойства и может быть измерена или вычислена. Следовательно, он получится таким образом:

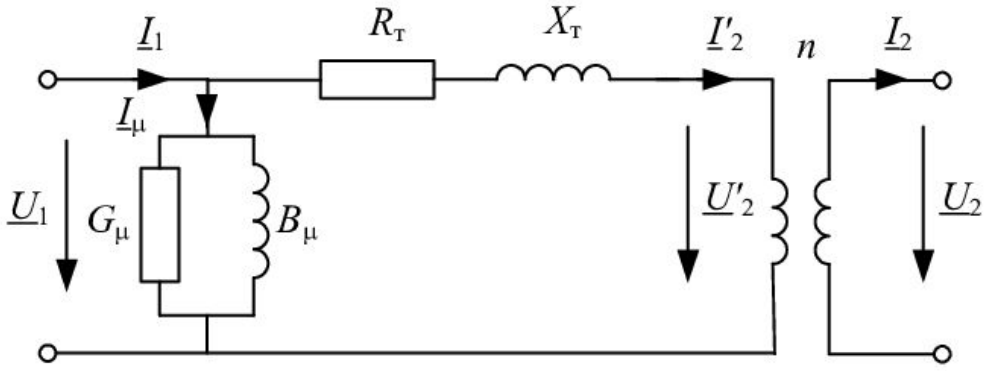


Рис. 5. Г-образная схема замещения трансформатора

Применяя полученную схему в расчетах, говорят о Г-образной схеме замещения трансформатора [2]. Она является упрощенной формой схемы для выполнения расчетов с помощью выражения ветви холостого хода как неизменных величин потерь активной и реактивной мощности на протяжении всего периода работы (рисунок 6). [2]

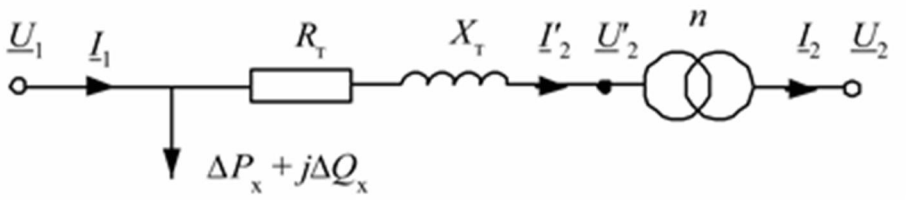


Рис. 6. Упрощенная Г-образная схема замещения трансформатора

Всё предшествующее, относящееся к однофазным трансформаторам, можно распространить на каждую фазу трёхфазного трансформатора.

Рассмотрим схемы замещения трёхфазного двухобмоточного трансформатора в системе координат прямой, обратной и нулевой последовательности. Рассмотрим трёхфазный двухобмоточный трансформатор с схемой соединения обмоток Y/Δ с 11-ой группой соединения обмотки. [1]

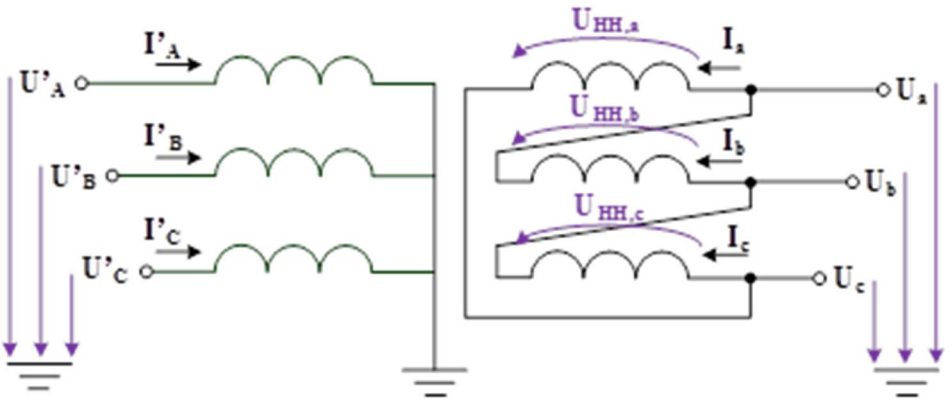


Рис. 7. Трехфазный двухобмоточный трансформатор со схемой соединения обмоток **Y/Δ**

В результате получаем систему уравнений, описывающую процессы, происходящие в трёхфазном двухобмоточном трансформаторе с схемой соединения обмоток Y/Δ (11 группа) в системе координат прямой, обратной и нулевой последовательности.

$$\begin{bmatrix} U'_{1A} \\ U'_{2A} \\ U'_{0A} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} U_{1a} \times (1-a) \\ U_{2a} \times (1-a^2) \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_T \times I'_{1A} \\ z_T \times I'_{2A} \\ z_T \times I'_{0A} \end{bmatrix}$$

По данной системе уравнений можно составить следующие схемы замещения трёхфазного двухобмоточного трансформатора с схемой соединения обмоток Y/Δ в системе координат прямой, обратной и нулевой последовательности (см. рисунок 8) [1].

Следует заметить, что если обмотка двухобмоточного трансформатора соединённая в звезду имеет изолированную нейтраль, то сопротивление трансформатора для нулевой последовательности представляет собой бесконечно большое сопротивление, т.к. в этом случае вообще исключается циркуляция токов нулевой последовательности в его обмотках.

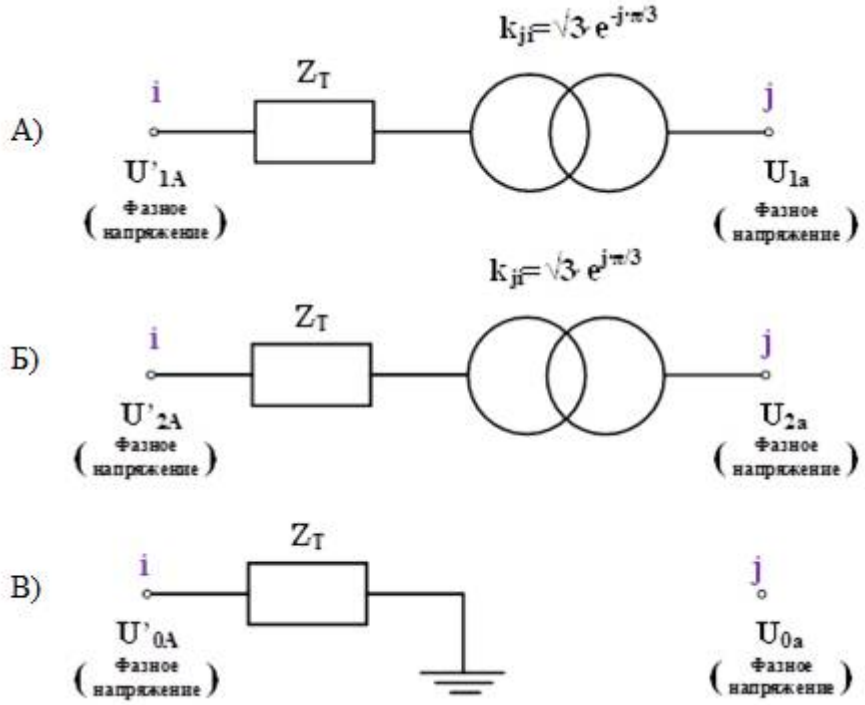


Рис. 8. Схемы замещения двухобмоточного трансформатора Y/Δ в системе координат прямой (а), обратной (б) и нулевой последовательности (в)

Таким образом, были рассмотрены математические модели трансформаторов, а также их схемы замещения, применяемые в практических расчетах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федоров А. А. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для вузов / А. А. Федоров, Э. М. Ристхейн. – Москва : Энергия, 1981. – 360 с. – Текст непосредственный.

1. Ополева Г. Н. Схемы и подстанции электроснабжения / Г. Н. Ополева. – Москва : ИНФРА-М, 2006. - 480 с. – Текст непосредственный.

3. Неклепаев Б. Н. Электрическая часть электростанций и подстанций : справочные материалы для курсового и дипломного проектирования / Б. Н. Неклепаев, И. П. Крючков. – Москва : Энергоатомиздат, 1989. – 608 с. – Текст непосредственный.

4. Ершов М. С. Устойчивость промышленных электротехнических систем / М. С. Ершов, А. В. Егоров, А. А. Трифонов. – Москва : ООО «Издательский дом «Недра», 2010. - 319 с. - Текст : непосредственный.

5. Вольдек А. И. Электрические машины. Машины переменного тока : учебник для вузов / А. И. Вольдек, В. В. Попов. – Санкт-Петербург : Питер, 2010. – 350 с. – Текст непосредственный.

Научный руководитель: Лосев Ф.А., канд. техн. наук, доцент

УДК 621.311

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЕМ В СЕТЯХ 6(10), 35 КВ НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Игнатьев М. А., магистрант, zolotoi199086@gmail.com
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В данной статье предлагаются современные методы и устройства для управления напряжением в распределительных сетях нефтяного месторождения.

Ключевые слова: регулирование напряжения, автоматический регулятор, асинхронный регулятор, шунтирующий реактор, шунтирующий конденсатор.

Сегодня актуальность надежного и качественного электроснабжения нефтяных месторождений неоспорима. В энергосистемах напряжение должно иметь стабильное действующее значение, что, очевидно, не так. Поэтому возникает необходимость его контролировать таким образом, чтобы оно оставалось стабильным в допустимых пределах [1]. Это связано с тем что большинство устройств на нефтяных месторождениях предназначены для работы при заданном напряжении. Значительные колебания напряжения могут привести к ошибкам в работе, сбоям в работе или ухудшению производительности.

Поэтому важно применять устройства и методы для регулирования напряжения в сетях 6(10), 35 кВ нефтяного месторождения [2]. Для улучшения регулирования напряжения в распределительных сетях нефтяного месторождения, что означает поддержание стабильного уровня напряжения в допустимом диапазоне, можно рассмотреть следующие методы:

1.Регулирование напряжения на подстанциях – внедрение системы автоматического регулирования напряжения на распределительных подстанциях. Системы автоматического регулирования отслеживают уровни напряжения и регулируют настройки отводов РПН на трансформаторах или линейных регуляторах напряжения для поддержания желаемого напряжения в заданных пределах [3].

2.Компенсация реактивной мощности – установка устройств компенсации реактивной мощности, такие как батареи конденсаторов, в стратегических местах по линии распределения. Батареи конденсаторов помогают компенсировать потребность нагрузок в реактивной мощности, тем самым уменьшая падение напряжения и улучшая регулирование напряжения.

Шунтирующие конденсаторы обычно устанавливаются на подстанциях приемного конца или вблизи промышленных нагрузок. Большинство промышленных нагрузок потребляют индуктивный ток, и поэтому коэффициент мощности имеет запаздывание (обычно от 0,3 до 0,6 запаздывания). Из-за этого запаздывающего тока в линии возникает падение напряжения. Включение шунтирующих конденсаторов компенсирует это индуктивное сопротивление, тем самым уменьшая падение. Таким образом, шунтирующие конденсаторы могут использоваться для регулирования линейного напряжения при высокой индуктивности нагрузки в сетях 6(10), 35 кВ нефтяного месторождения [4].

Синхронный компенсатор – это, по сути, перевозбужденный синхронный двигатель, работающий без нагрузки. Синхронные компенсаторы также называются синхронными модификаторами фазы. Синхронный компенсаторы расположен вблизи конца нагрузки и может вводить или поглощать реактивную мощность. И, таким образом, синхронный модификатор фазы улучшает профиль напряжения в сетях 6(10), 35 кВ нефтяного месторождения.

3. Регуляторы напряжения – использование регуляторов напряжения в критических точках распределительной системы. Эти регуляторы могут регулировать уровни напряжения в зависимости от условий нагрузки, компенсируя колебания напряжения и обеспечивая стабильную подачу напряжения.

Одним из современных устройств является асинхронный регулятор – это, по сути, электрическая машина, несколько похожая на асинхронный двигатель, за исключением того, что ротору не разрешается вращаться непрерывно. Ротор индукционного регулятора содержит первичную обмотку (возбуждения), которая подключена поперек (параллельно) питающему напряжению. Неподвижная вторичная обмотка подключена последовательно к линии, которая подлежит регулированию. С электрической точки зрения не имеет значения, вращается первичная обмотка или вторичная. Автоматический регулятор напряжения определяет напряжение на клеммах и сравнивает его с опорным напряжением. Разница между обнаруженным напряжением и заданным опорным напряжением называется напряжением ошибки. Затем регулятор регулирует напряжение возбуждения генератора переменного тока для устранения напряжения ошибки. Таким образом, автоматический регулятор напряжения регулирует напряжение, управляя возбуждением. Метод управления возбуждением удовлетворителен только для коротких линий. Для более длинных линий напряжение на клеммах генератора переменного тока должно широко варьироваться, чтобы напряжение на дальних концах оставалось постоянным. Очевидно, что этот метод не применим для более длинных линий.

4.Стандарты качества напряжения – установка и обеспечение соблюдения стандартов и правил качества напряжения, чтобы гарантировать, что

распределительная система работает в допустимых пределах напряжения. Соблюдение этих стандартов будет способствовать лучшему регулированию напряжения и общей производительности системы [1].

Правильно подобранные провода, трансформаторы и другое оборудование могут помочь минимизировать падение напряжения и улучшить регулирование напряжения.

Вывод. Реализация этих мер требует тщательного планирования, координации, а иногда и инвестиций. Желательно проконсультироваться с инженерами-электриками и профессионалами, имеющими опыт работы в системах распределения электроэнергии, чтобы оценить конкретные требования и разработать подходящие решения для улучшения регулирования напряжения в распределительной линии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 августа 2017 г. № 914-ст : введен впервые : дата введения 2018-01-01 / разработан ООО «Техречсервис». – Москва : Стандартинформ, 2013. - 19 с. – Текст : непосредственный.

2. Королев В. Г. Проблемы развития электроэнергетики в условиях перехода на инновационный путь развития экономики / В. Г. Королев. – Текст : непосредственный // Инновации и инвестиции. – 2020. – № 9. – С. 8-12.

3. Леонов Е. Н. Сетевая интеграция и коммуникационные технологии малых электротехнических систем / Е. Н. Леонов. – Текст : непосредственный // Новые технологии - нефтегазовому региону : Материалы Всероссийской с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Том 2. – Тюмень, 2014. – С. 189-191.

4. Управление качеством электроэнергии в распределительных сетях общего назначения / С. В. Каргин, А. Н. Краснова, Р. Р. Бекбулатов [и др.]. – Москва : НТФ "Энергопрогресс" "Энергетик", 2012. – 108 с. – Текст : непосредственный.

УДК 621.31

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЙ НА ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ 6-35 КВ ПРИ ПОМОЩИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Кожевников В. Е., магистрант, vovchik.e.k123@yandex.ru
Зацепина В. И. д-р техн. наук, профессор
г. Липецк, Липецкий государственный технический университет

Аннотация: Предположен способ поиска места повреждения на линиях электропередачи классом напряжения 6-35 кВ с изолированной нейтралью при помощи модернизированного беспилотного летательного аппарата. Модернизирован беспилотник при помощи специальных катушек, предназначенных для измерения тока нулевой последовательности в линиях. По измеренным значениям с них можно отыскать место повреждения. Далее был создан алгоритм для передвижения беспилотника и по алгоритму написана программа.

Ключевые слова: определение места повреждения, изолированная нейтраль, беспилотный летательный аппарат

В системе электроснабжения воздушные линии электропередачи не являются элементом, имеющим высокую надежность. Они имеют большую протяженность, поэтому повреждение может произойти в любом месте линии. Существующие способы определения места повреждения (ОМП) обычно делят на две большие группы – дистанционные и топографические, однако для линий электропередачи (ЛЭП) напряжением 6-35 кВ с изолированной нейтралью применить дистанционные способы непросто, так как их трудно реализовать [1-2] из-за имеющихся в сети ёмкостных токов. Поэтому, можно применить беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Такое ОМП является топографическим. Целью статьи является модернизация БПЛА при помощи установки специальных катушек и создание алгоритма его перемещения до точки повреждения.

Используемые на данный момент БПЛА для ОМП чаще всего проводят лишь визуальный осмотр линии [3,4]. Таким способом не всегда получается найти место повреждения на ЛЭП. Однако, если модернизировать БПЛА, можно уже будет искать любые малозаметные повреждения. Для модернизации необходимо сначала рассмотреть специальные приборы, которые использует выездная поисковая бригада. Они называются «Зонд», такие приборы измеряют токи нулевой последовательности в линии. В их основе лежат катушки, которые реагируют эти токи. Установка таких катушек на беспилотник позволит создать аппарат, который автоматически будет искать повреждения. Таким образом был получен модернизированный БПЛА.

После установки дополнительного оборудования, необходимо создать алгоритм движения беспилотника до места повреждения. Если увеличивается ток на измерительных катушках, то это значит, что БПЛА приближается ближе к месту повреждения. На основе этого был сделан алгоритм, который представлен на рисунке 1.

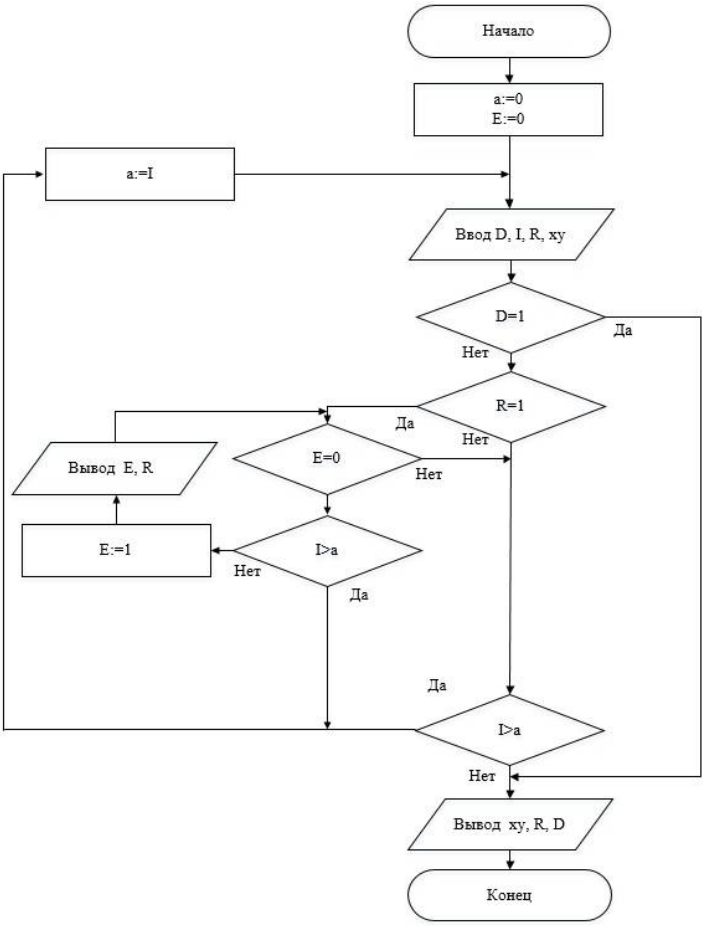


Рис. 1. Алгоритм передвижения беспилотного летательного аппарата

В начале алгоритма введены вспомогательные переменные a и E. Поступающими в систему являются следующие данные: I – полученный катушками ток нулевой последовательности; D – показание датчика, срабатывающего при резком уменьшении тока, что означает обрыв провода; xy – координаты беспилотника в пространстве. Далее, по этому алгоритму нужно написать программный код. Для написания был применен язык C++. Итоговый код приведен на рисунке 2.

Предложенный модернизированный БПЛА возможно применять только на воздушных линиях с изолированной нейтралью. Длительная работа при замыкании на линиях с глухозаземленной нейтралью не допустима, а на линиях с изолированной работа при замыкании на землю допускается.

```
#include<iostream>
int main() {
int xy, D, I, R, a, E;
a=0;
E=0;
prov:
std::cin >> xy;
std::cin >> D;
std::cin >> I;
std::cin >> R;
if (D==1) {
    A=P;
    goto ending;
}
if (R==1){
prove:
if (E==0){
 if (I>a) {
a=I;
goto prov;
}
else {
    E=1;
    goto prove;
}
else goto provi;
}
}
provi:
if (I>a) {
    a=I;
    goto prov;
}
ending:
std::cout << xy;
std::cout << R;
std::cout << D;
std::cout << E;
}
```

Рис. 2. Программа передвижения беспилотного летательного аппарата

Модернизированный беспилотник при возникновении повреждения позволит быстро определить проблемное место. Даже если повреждения произошло на ответвлении, то аппарат определит нужно направление для поисков. Недостатком предлагаемого БПЛА является невозможность его применения во время плохих погодных условий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Солдатов В. А. Определение повреждений в сетях 35 кВ по наведенному напряжению на антеннах при нагрузке / В. А. Солдатов, А. С. Яблоков. – Текст : непосредственный // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3. – С. 121-126.

2. Солдатов В. А. Определение места повреждения в электрических сетях 35 кВ по уравнениям относительно токов / В. А. Солдатов, В. А. Полонский. – Текст : непосредственный // Актуальные проблемы энергетики АПК : сборник статей. – Саратов, 2019. – С. 198-201.

3. Пугачева Е. А. Разработка методики использования летательного аппарата для диагностики объектов энергетики / Е. А. Пугачева, Д. А. Рогозина. – Текст : непосредственный // Ученые Омска – Региону : материалы конференции. – Омск, 2018. – С. 38-42.

4. Виноградов А. В. Компьютерная программа по выбору системы мониторинга технического состояния воздушных линий электропередачи /

А. В. Виноградов, А. Н. Синяков, А. Е. Семенов. – Текст : непосредственный // Агротехника и энергообеспечение. – 2016. – № 3 (12). – С. 52-61.

УДК 658.262

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Колесов В. И., канд. техн. наук, в.н.с., vikolesov@yandex.ru
Хмара Г.А., канд. техн. наук, зав. кафедрой, hmarga@tyuiu.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Статья ориентирована на синтез гармоничных энергосистем в рамках концепции Smart-энергетики. Исследованы концептуальные аспекты при решении прямых и обратных задач в предметных областях современной энергетики.

Ключевые слова: энергетика, сложные системы, системный анализ.

Современные электроэнергетические системы являются многофункциональными с высоким уровнем сложности. Развитие таких систем связано как с повышением уровня их сложности, так и с ростом числа вовлеченных предметных областей. Следовательно, возникает потребность в устойчивом развитии.

Устойчивое развитие электроэнергетической системы опирается на синергетическую теорию управления (СТУ) [1]. Предметом исследования СТУ являются открытые неравновесные стохастические системы, к разряду которых относится подавляющее большинство технических, социально-экономических и организационных систем. Несмотря на различие сфер обслуживания, эти системы имеют нечто общее. Во-первых, это единообразие структуры продуктов обмена: вещество, энергия и информация, а во-вторых, это единство базовых законов функционирования сложных систем.

Кроме того, всеобщий переход к цифровым системам управления трансформирует рассматриваемую предметную область в Smart-энергетику. Постановка и решение задач в этой сфере определяет видение разработчика, сформированное в системную парадигму.

Системная парадигма. Авторское видение в предметной области иллюстрируется рис.1.

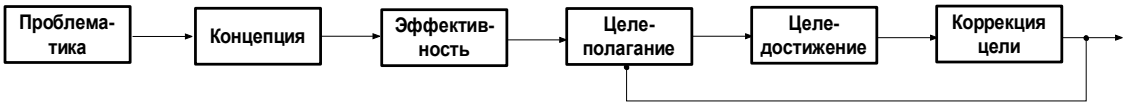


Рис.1. Системная парадигма

Блок «Проблематика». Его назначение – анализ базовых проблем в предметной области и выделение ключевой проблемы.

Блок «Концепция» характеризует специфику построения концептуальных моделей в предметной области.

Блок «Эффективность» трактует смысл, вкладываемый в это понятие.

Остальные блоки связаны с целеполаганием, целедостижением и с коррекцией цели в случае необходимости.

Концептуальные аспекты развития предметной области.

Решение возникающих проблем, как правило, реализуется однотипно (рис.2).

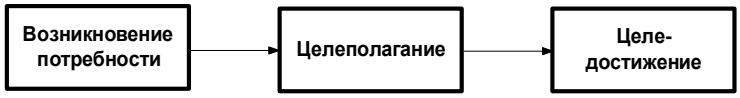


Рис.2. Решение проблем

Специфика решения проблем в области устойчивого развития электроэнергетических систем заключается в типе концептуальных моделей процесса и типе решаемых задач. Следовательно, требуется определить системные связи между компонентами системы на различных уровнях для решения прямой или обратной задачи для выявления показателей эффективности электроэнергетической системы либо оптимальные показатели режима ее работы.

В сфере цифровой энергетики полученные результаты имеют двойственное назначение: академическое (как системный взгляд на механизм взаимодействия триады: ресурс; цель; результат [2,3]) и прикладное (как элемент инженерной методологии синтеза сложных систем управления [4]). Основная цель выполненного исследования – демонстрация работы верхнего уровня пирамиды управления современной энергетикой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесников А. А. Синергетическая теория управления / А. А. Колесников. – Москва : Энергоатомиздат, 1994. - 344 с. - Текст : непосредственный.

2. Сороко Э. М. Золотые сечения, процессы самоорганизации и эволюции систем: Введение в общую теорию гармонии систем / Э. М. Сороко. - Москва : ЛИБРОКОМ, 2012. - 264 с. – Текст : непосредственный.

3. Колесов В. И. Взаимосвязь синергизма и эмерджентности сложных систем в Smart-урбанистике / В. И. Колесов. – Текст : непосредственный. // Актуальные вопросы устойчивого развития регионов, отраслей,

предприятий : материалы Международной научно-практической конференции. – Тюмень, 2023. – С. 472-478.

4. Колесов В. И. Функция общей полезности в логистических задачах / В. И. Колесов. - Текст : непосредственный // Логистический аудит транспорта и цепей поставок : материалы III международной научно-практической конференции. Том 2. – Тюмень, 2020. – С. 101-104.

УДК 004.896

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ КОНТРОЛЯ МАЛОГО СПЕКТРА МЕХАНИЧЕСКИХ ДЕФЕКТОВ МАГНИТОПРОВОДА ТРАНСФОРМАТОРА

Коновалов С. С., магистрант, sergey.konovalov.2000@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Работа посвящена решению проблемы контроля магнитопровода трансформатора – контроля малого спектра механических дефектов посредством разработки автоматизированной системы контроля механических дефектов магнитопровода трансформатора с более широким спектром контролируемых механических дефектов магнитопровода, чем в современных автоматизированных системах. В работе использовались методы исследования – моделирование и анализ. В результате работы разработана и описана структурная схема автоматизированной системы контроля магнитопровода трансформатора. В ходе работы выяснилось, что разработка нейронной сети и дальнейшее её обучение на определенных данных магнитопровода способно организовать автоматизированный контроль магнитопровода трансформатора с более широким спектром контролируемых механических дефектов магнитопровода, чем в ныне существующих автоматизированных системах.

Ключевые слова: трансформатор, контроль, автоматизация, дефекты, достоверность.

Надежность электроснабжения зависит от бесперебойности работы объектов электроснабжения. Силовой трансформатор является одним из важнейших объектов электроснабжения. Низкий ресурс силового трансформатора влечет за собой более частые нарушения работы трансформатора за условный промежуток времени, чем в случае высокого ресурса силового трансформатора. нарушения работы трансформатора повлекут за собой отключение секторов потребления электроэнергии, что в конечном итоге приведет к такому серьезному последствию, как нарушение работы объектов государственной важности.

Увеличение ресурса силовых трансформаторов способно уменьшить экономические затраты, влияющие на амортизацию основных средств предприятия-поставщика электроэнергии за условный временной период, а также уменьшить частоту аварийных отключений потребителей, связан-

ных с выходом из строя трансформатора по причине окончания его срока службы.

Опыт эксплуатации показывает, что примерно 15,71% от числа всех повреждений трансформатора являются повреждения, связанные с магнитопроводом. [1]

Анализ ряда источников [2-5] приводит к выводу, что у большинства современных автоматизированных систем контроля магнитопровода трансформатора присутствует только контроль прессовки магнитопровода что неверно, так как есть еще такие механические дефекты, как:

- Дефектность межлистовой изоляции;
- Местное замыкание пластин стали и «пожар» в стали;
- Ослабление прессовки стыков;
- Пробой или разрушение изолирующих прокладок в стыках;
- Увеличенные зазоры в стыках между пластинами активной части;
- Завышение толщины прокладок в стыках ярм и колонн в стыковом магнитопроводе;
- Самопроизвольное разболчивание и свободное колебание крепежных деталей;
- Колебание отстающих крайних листов стали в стержнях или ярмах.

Попадание этих механических дефектов в спектр контроля автоматизированной системы увеличит достоверность определения технического состояния трансформатора, что способствует увеличению срока его службы.

На данный момент разработана принципиальная блок-схема автоматизированной системы контроля магнитопровода, показанная на рис.1.



Рис. 1. Блок-схема автоматизированной системы контроля магнитопровода трансформатора

Магнитопровод является объектом контроля. Датчики являются устройствами регистрации сигналов. АЦП является устройством преобразования сигнала из аналогового в цифровой сигнал. Контроллер это устройство, которое представляет собой умный регулятор. Он служит звеном управления в электронных схемах. Модуль передачи информации на сервер представляет собой электронный модуль, который на выходе посылает сигнал, который пришел на входе по информационному каналу связи. Сервер это ЭВМ, предназначенная для постоянного выполнения опреде-

ленной программной задачи и хранения информации. База данных это совокупность структурированных данных. Нейронные сети представляют из себя обучающуюся математическую модель, которая на основе обучения на определенном массиве данных способна выполнять поставленные задачи. Решение о дефектности объекта представляет из себя ответ нейронной сети в виде диагноза. Оператор это специалист, который получает ответы от всех автоматизированных систем контроля объекта, анализирует их и составляет вывод о состоянии объекта.

Измерение аналогового вибросигнала магнитопровода происходит в трансформаторе. Далее аналоговый сигнал преобразуется в АЦП в цифровой сигнал. Цифровой сигнал идет в контроллер, где происходит процесс интеллектуального управления сигналом. Контроллер посылает сигнал в модуль передачи информации на сервер с помощью информационного канала. Далее, сигнал идет на сервер, где есть база данных нейронных сетей, каждая из которых обучена определять дефектность состояния в трансформаторах определенной модели. Далее, решение о дефектности или бездефектности отправляется оператору. Затем, оператор получает ответ автоматизированной системы и учитывает её решение при составлении вывода о техническом состоянии трансформатора.

В будущем планируется создание математической компьютерной модели трансформатора, с учетом всех физических полей, и последующее снятие массива данных магнитопровода как в дефектных, так и бездефектных вариантах, и последующее обучение нейронной сети для автоматизации контроля магнитопровода трансформатора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марков Е. В. Анализ повреждаемости силовых трансформаторов электроэнергетических систем / Е. В. Марков. – Текст : непосредственный // Исследования молодых ученых : материалы LII Междунар. науч. конф. – Казань, 2023. – С. 11-15.

2. Гайфуллин И. Л. Анализ систем мониторинга технического состояния трансформаторного оборудования / И. Л. Гайфуллин. – Текст : непосредственный // Тинчуринские чтения - 2022 «Энергетика и цифровая трансформация» : сборник статей по материалам конференции. – Казань, 2022. – С. 175-178.

3. Пат. 2615790 Российская Федерация, МПК H02H 7/04. Устройство для мониторинга силовых трансформаторов : № 2016102967 : заявл. 29.01.2016 : опубл. 11.04.2017 / Храмшин В. Р., Карандаев А. С., Храмшин Р. Р., Евдокимов С. А., Сарлыбаев А. А., Николаев А. А. ; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Магнитогорский государ-

ственный технический университет им. Г.И. Носова » (ФГБОУ ВПО «МГТУ »). - Текст : непосредственный.

4. Басенко В. Р. Контроль технического состояния магнитопровода трансформатора с использованием бесконтактного лазерного контрольно-измерительного комплекса / В. Р. Басенко, М. Ф. Низамиев. – Текст : непосредственный // Тинчуринские чтения - 2022 «Энергетика и цифровая трансформация». – Казань, 2022. - С. 173-175.

5. TDM – комплексная система мониторинга и диагностики состояния силовых трансформаторов. - Текст : электронный // dimrus.ru : официальный сайт. - 2023. - URL : https://dimrus.ru/tdm.html?ysclid=lo0gf8xwj0740259905 (дата обращения : 03.11.2023).

УДК 621.3.07

КОНЦЕПЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ

Копырин В. А., канд. техн. наук, доцент, kopyrinva@tyuiu.ru
Попов Е. И., ассистент, popovei72@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. На сегодняшний день электрический привод является неотъемлемой частью практически каждого технологического объекта или процесса, от правильного и надежного функционирования которого зависит финансовое благополучие компании. Усложнение технологических процессов приводит к ужесточению требований, предъявляемых к электрическим приводам и системам автоматического управления, к которым можно отнести быстродействие, точность, а самое важное, способность к быстрой адаптации и прогнозирование функционирования технической системы при изменении режимов работы. Классические системы автоматического управления на базе промышленных П-, ПИ-, ПИД-регуляторов и их модификаций не в полной мере отвечают указанным требованиям, так как объект управления, как правило, является многомерным, нелинейным и динамическим. В статье приведен концепт управления электроприводами на основе искусственных нейронных сетей и цифровых двойников.

Ключевые слова: бездатчиковое управление, математическое моделирование, машины реального времени, система автоматического управления, цифровой двойник.

В настоящее время при повсеместном усложнении технологических объектов за счет внедрения нового оборудования с целью повышения эффективности технологических процессов возникают конфликты между функциональными возможностями различных технических средств и их способностью функционировать с заданным качеством в заданном диапазоне измене-

ния параметров, при этом не создавая недопустимых помех другим техническим средствам. В связи с этим ужесточаются требования, предъявляемые к функционированию устройств, обеспечивающих нормальный технологический процесс. К данным требованиям можно отнести быстродействие, точность, а самое важное – способность к быстрой адаптации и прогнозирование функционирования технической системы при изменении режимов работы. Основной электромеханической системой практически в каждом технологическом процессе является электрический привод.

Классические системы автоматического управления (САУ) технологических процессов посредством электрического привода не всегда отвечают указанным выше требованиям, так как процессы являются многомерными, нелинейными и динамическими.

В мировой практике в современных киберфизических, интеллектуальных системах начинают применяться новые нетрадиционные методы управления, включающие нечёткую логику, нейронные сети, экспертные системы и другие управляющие средства с элементами искусственного интеллекта, применение которых наряду с традиционными позволяет найти несколько иное применение, связанное с созданием информационных систем, параллельных реальным и предназначенных для оценки текущего характера процессов управления и своевременного выявления отклонений, что может обеспечить существенное повышение эффективности производственных и других управляемых процессов.

В отличие от классических систем автоматического управления на базе традиционных регуляторов, САУ на базе нечетких или нелинейных регуляторов, нейросетевых регуляторов и других управляющих средств с элементами искусственного интеллекта может работать с неполностью описанными системами с неизвестной динамикой, так как для них не требуется априорная математическая модель объекта управления. Тем не менее, использование в САУ регуляторов на основе искусственной нейронной сети (ИНС) имеет ряд проблем, связанных с алгоритмами обучения ИНС в реальном времени и формированию для этого адекватной информации.

С повышением вычислительной мощности электронных вычислительных машин данные проблемы могут быть решены путем использования элементов цифровизации, созданием цифровых двойников/моделей объектов, входящих в состав технологического процесса.

Стоит отметить, что использование цифровых двойников в САУ электроприводом позволяет расширить фазовое пространство системы «объект-нейросеть-внешняя среда» до «объект-цифровой двойник-нейросеть-внешняя среда» и управлять в реальном времени объектом с помощью цифровой модели, прогнозируя как поведет себя реальный объект управления при различных внешних воздействиях. Предложенный подход позволит повысить быстродействие, точность регулирования технологического процесса, а также

адаптивность к изменениям режимов работы, так как обучение ИНС придает адаптивные свойства системам управления.

Очевидно, что расширение фазового пространства системы «объект-нейросеть-внешняя среда» до «объект-цифровой двойник-нейросеть-внешняя среда» требует разработки новых подходов и схемно-алгоритмических решений для существующих систем управления. Само создание цифровой модели электрического привода, посредством которой будет осуществляться управление реальным электроприводом, является нетривиальной и актуальной задачей.

Стоит отметить, что авторы статьи понимают под цифровым двойником/моделью электропривода не просто математическую модель или виртуальный аналог. Цифровым двойником может быть классическая математическая модель, но с наличием взаимосвязей в реальном времени между цифровым двойником и реальным электроприводом. В связи с этим, цифровой двойник является виртуальной моделью, представляющую физический аналог, который непрерывно взаимодействует с реальным объектом.

Применительно к системам управления электроприводами цифровой двойник включает три отдельные части, а именно: физический объект (непосредственно сам электропривод), цифровую модель и связи между отдельными частями. Основная идея заключается в том, что электропривод связан с цифровым двойником таким образом, что данные из реальной системы поступают в виртуальную. Информация, представленная в цифровом виде, доступна для понимания и прогнозирования эволюции реальной системы, и позволяет воздействовать на электропривод, чтобы изменить режим его работы. Таким образом, оба объекта взаимодействуют между собой, что позволяет получить более точную математическую модель и соответствующим образом сформировать требуемый режим работы электропривода.

Используя данный подход при разработке современных структур и алгоритмов управления электроприводами технологических комплексов, цифровой двойник, по мнению авторов статьи, должен быть представлен динамической, а не статической моделью реального электропривода. В этом случае, при эксплуатации реального электропривода информация с датчиков должна непрерывно передаваться цифровому двойнику, посредством которого делаются прогнозы, используемые для улучшения работы электропривода. Данный подход можно осуществить, используя методы динамической идентификации для комплексной оценки вектора переменных состояний электропривода [1-3].

Исследование выполнено в рамках финансовой помощи Некоммерческой организации «Благотворительный фонд «ЛУКОЙЛ»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боловин Е. В. Метод идентификации параметров погружных асинхронных электродвигателей установок электроприводных центробежных насосов для добычи нефти / Е. В. Боловин, А. С. Глазырин. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2017. – Т. 328, № 1. – С. 123-131.

2. 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.

3. Глазырин А. С. Метод идентификации параметров асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором на основе разностных схем / А. С. Глазырин, Е. В. Боловин. – Текст : непосредственный // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2013. – № 8 (79). – С. 178-185.

УДК 621.391

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ ДЛЯ ПОДКЛЮЧЕННОГО ДОМА

Кудрявцев А. Е., аспирант, tembich001@mail.ru
Зацепина В. И., д-р техн. наук, доцент, vizatsepina@yandex.ru
г. Липецк, Липецкий государственный технический университет

Аннотация. Интернет вещей (IoT) стимулирует растущий спрос на IoT-устройства или объекты в подключенном цифровом доме для улучшения таких аспектов, как управление энергоэффективностью, комфорт, безопасность периметра, системы ухода или телемедицины, расширенные мультимедийные услуги и др. Однако большое разнообразие альтернатив, различия между типами беспроводных сетей, недостаточный уровень безопасности и конфиденциальности данных или сложность реализации затрудняют проектирование и создание IoT-объектов, которые вписываются в существующие на рынке IoT-платформы. В данной статье анализируется, какие аспекты необходимы для осуществления построения и разработки IoT-объекта, который должен гарантировать, помимо надежности, масштабируемости и гибкости в конфигурировании и развертывании, безопасность с точки зрения передачи данных и надежность с точки зрения защиты обрабатываемых персональных данных. Будут описаны этапы создания простого IoT-объекта, состоящего из умного замка, и его последующей интеграции в экосистему IoT.

Ключевые слова: фотоэлектрические системы, энергоэффективность, профилактика, обслуживание, надежность системы.

В данной статье рассматривается задача создания объекта Интернета вещей, гарантирующего такие свойства, как надежность, масштабируемость и гибкость в конфигурировании и развертывании, а также учитывающего в качестве основополагающих аспектов безопасность в части передачи и защиты данных. Для этого мы анализируем, каким должен быть процесс создания объекта Интернета вещей и его интеграции в экосистемы IoT, присутствующие в "подключенном цифровом доме". Процесс создания IoT-объекта требует объединения таких аспектов, как электронный дизайн, механический дизайн, производство аппаратного обеспечения, разработка программ контроллеров, подключение цифрового дома и его интеграция в экосистему IoT, а также оценка концептуальной идеи IoT-объекта и бизнес-возможностей, которые он предлагает, как и любой другой продукт потребительской электроники [1].

Существует несколько вариантов определения процесса создания и развития объекта Интернета вещей, которые существенно зависят от процедуры интеграции IoT-объекта в экосистему IoT [2]. По сути, можно выделить два основных этапа: проектирование и создание самого объекта Интернета вещей и его интеграция в экосистему Интернета вещей. Создание IoT-объекта включает в себя ряд этапов, которые начинаются с описания функций, ожидаемых от нового IoT-объекта, электронного проектирования (выбор печатной платы (PCB), пассивных компонентов), механического проектирования, которое требует герметизации датчиков или исполнительных механизмов или механики самого объекта, интеграции различных аппаратных элементов (микроконтроллер, датчики, исполнительные механизмы) с учетом выполненного электронного проектирования, и, наконец, программирования программного обеспечения [3].

После разработки объекта Интернета вещей важно изучить, как конечный продукт будет интегрирован с экосистемой Интернета вещей, которая используется в качестве основы. Для этого необходимо определить дополнительные элементы, которые следует учесть, чтобы IoT-объект мог открыто демонстрировать свою функциональность в Интернете и, следовательно, быть доступным для любого клиента, работающего на компьютере или мобильном устройстве [4]. Более подробно различные подэтапы будут рассмотрены позже, когда будет определена эталонная архитектура. Возможность подключения IoT-объекта имеет большое значение, поскольку IoT-объект должен быть открыт для возможного доступа, который может осуществляться приложениями или сервисами, потребляющими IoT-объект, из любой точки мира и в любой момент времени. В домашних условиях используются различные типы протоколов связи, в основном беспроводные, в зависимости от необходимости автономности, энергопотребления, дальности, частоты и скорости передачи. Коммуникационные протоколы на базе TCP/IP используют один и тот же протокол как для частных, так и для локальных и глобальных сетей. Это упрощает доступ из

широкополосных сетей, а также из мобильных сетей, таких как 4G [5]. Парадигма "запрос/ответ" является наиболее распространенной и, в частности, использует протокол HTTP (Hypertext Transfer Protocol). Однако протоколы на основе публикации/подписки могут сократить обмен сообщениями, особенно при отправке небольших пакетов, как это происходит при передаче данных датчиков или их срабатывании [6]. В этом смысле CoAP (Constrained Application Protocol) и MQTT являются хорошими кандидатами для "цифрового дома", поскольку это очень легкие протоколы по сравнению с классическим HTTP. MQTT, в частности, гарантирует надежность связи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ли С. Интернет вещей: обзор / С. Ли, Л. Да Сюй, С. Чжао. – Текст: непосредственный // Информационные системы. - 2015. - № 17. - С. 243-259.

2. Щербинина М. Ю. Концепция интернет вещей / М. Ю. Щербинина, Н. А. Стефанова. – Текст: непосредственный // Креативная экономика. - 2016. - № 11. - С. 1323-1336.

3. Шорина А. А. Инновации, меняющие будущее / А. А. Шорина, Н. А. Стефанова. – Текст: непосредственный // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. - 2015. - № 9-1. - С. 78-80.

4. Бубнова М. Ю. Социальные клиентоориентированные технологии в деятельности современных компаний / М. Ю. Бубнова, А. А. Крюкова. – Текст: непосредственный // Экономика и социум. - 2014. - № 3-4. - С. 65-67.

5. Андреева О. Ю. Лидеры инноваций: потребители интернета вещей / О. Ю. Андреева, Я. К Батуева. – Текст: непосредственный // Шумпетеровские чтения. - 2014. - № 1. - С. 89-94.

6. Колтынюк Б. А. Электронный бизнес и электронные предприятия в постиндустриальной экономике / Б. А. Колтынюк, М. Б. Вольфсон. – Текст: непосредственный // Проблемы современной экономики. - 2012. - № 2. - С. 166-168.

УДК 681.51.015

МОНИТОРИНГ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫВОДА НА ОСНОВЕ ПРЕЦЕДЕНТОВ

Кузяков О. Н., д-р техн. наук, зав. кафедрой, kuzjakovon@tyuiu.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы мониторинга технологических объектов, в частности, газоперекачивающих агрегатов, предложен алгоритм принятия решений на основе прецедентного подхода. Результаты работы могут быть использованы для подготовки методических рекомендаций по применению методов мониторинга энергетических объектов.

Ключевые слова: мониторинг, прецедент, газоперекачивающий агрегат, база кейсов, принятие решений, нештатная ситуация.

Сегодня наибольшее развитие получили системы искусственного интеллекта, построенные на базе средств вычислительной техники и предназначенные для восприятия, обработки и хранения информации, а также мониторинга различных технологических объектов (газоперекачи-вающих агрегатов, компрессорных установок, дожимных насосных станций и др.) с целью формирования решений по целесообразному поведению в различных ситуациях. Применение прецедентного подхода (Case-Based Reasoning - метода рассуждения на основе прецедентов) [1,2] позволяет вместо проведения нового поиска применять решение, ранее уже принятое в той или похожей предаварийной или нештатной ситуации. В CBR-системах пары <ситуация (S), разрешение (R)> составляют кейсы, которые хранятся в специальной базе кейсов (CB) [3,4]. Она представляет собой следующее:

$$CB = \{<Sit, R, M > /k = 1,..., n\}, \quad (1)$$

где n - число случаев в CB, Sit - ситуация (структурированное описание некоторого состояния в исследуемой системе), которая представляет собой набор технических параметров {x1, x2, x3,..., xi,}, R – решение для определенной ситуации, которое можно представить в виде совокупности: R1 – описание текущей ситуации, включающее особенности состояние объекта, соответствующие конкретной ситуации Sit, R2 – идентификатор типа ситуации (обычная, аварийная, потенциально аварийная), R3 – предписывающая аналитика); M – это ссылки на случаи в CB, связанные с текущим случаем. Так, применительно к анализу состояния ГПА имеем следующее описание текущей ситуации

$$Sit_{раб} = \{<Defect1..Defectk, Defect\_pos1..Defect\_posk>\}, \quad (2)$$

где $Sit_{раб}$ - описание текущей ситуации, состоящее из описаний дефектов технологического оборудования Defect1..Defectk и их вероятностей Defect_pos1..Defect_posk.

При наличии на входе данных о текущей ситуации $Sit_{раб}$ запускается алгоритм анализа ситуации и принятия решения, который включает в себя следующие этапы: идентификацию $Sit_{раб}$, поиск в базе кейсов СВ похожих ситуаций и выбор ситуации S, аналогичной $Sit_{раб}$, извлечение решения R, являющегося составной частью пары <S, R>.

Риски принятия решений на основе анализа и выбора идентичной ситуации $Sit_{раб}$ могут быть связаны как с дефицитом времени в ходе управления состоянием объекта, так и с новой, не встречавшейся ранее нештатной ситуацией.

Последовательность действий при работе и использовании CBR-метода для анализа состояния технологического объекта поясняет рис.1.

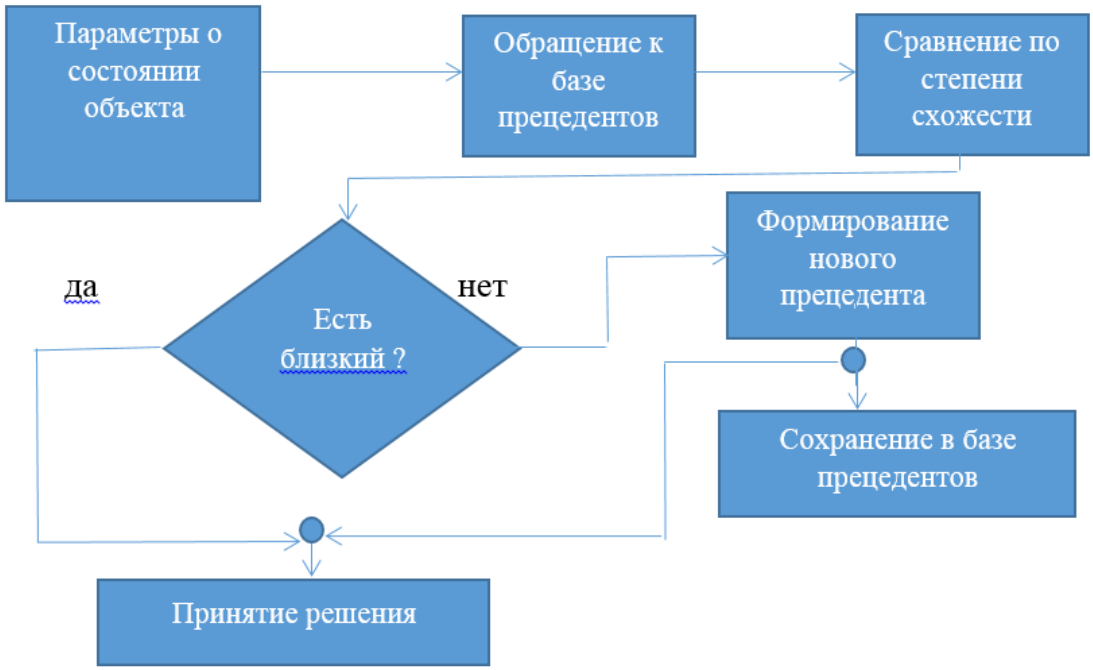


Рис. 1. Алгоритм работы системы с механизмом CBR

Для описания состояния объекта, в частности ГПА, требуется множество параметров, которые необходимо получить, обработать и отправить для анализа ситуации и последующего принятия решения [5]. Структура системы управления для ГПА показана на рис. 2.

Нижний уровень системы управления представлен интеллектуальными датчиками, данные с которых посредством HART- мультиплексора передаются на аналоговые и цифровые модули контроллера.

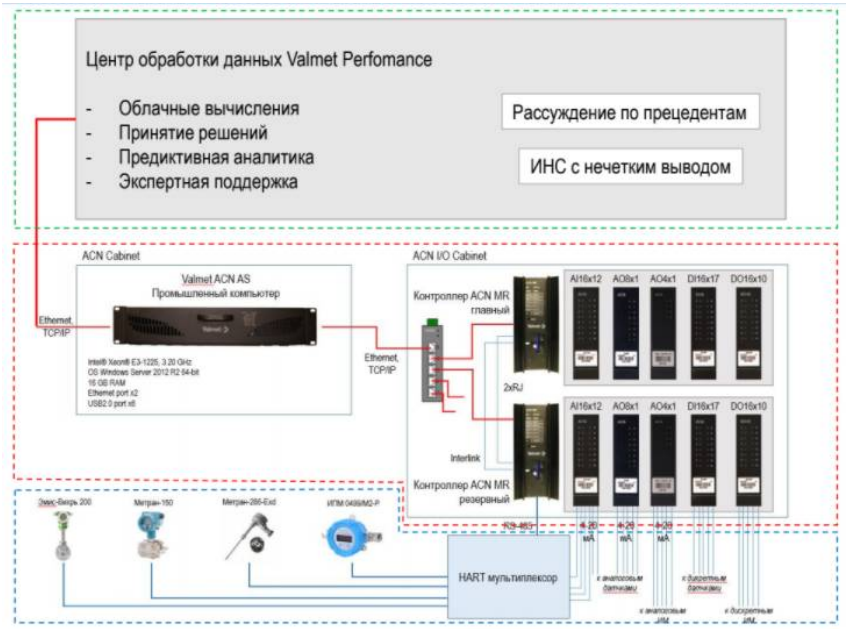


Рис. 2. Структура системы для выявления предвестников аварийных остановов ГПА

Данные модули используются для управления полевыми устройствами, в т.ч. интеллектуальными датчиками. Промышленный контроллер Valmet ACN обеспечивает платформу для всех средств управления и внешних подключений, он поддерживает современные входы/выходы и основные отраслевые шины: PROFINET, PROFIBUS, Ethernet/I и др.

Но с учетом проводимой в России политики импортозамещения вместо описанного выше контроллера в системе управления предложено использование отечественного контроллера K15.CPU.LX1, реализуемого ГК «Кастом», которая осуществляет разработку и производство контроллеров для АСУ ТП, выпускаемых под брендом «К15». Контроллер включает высокопроизводительный 64-битный 6-ядерный процессор RK 3399 с тактовой частотой до 1,8гГц и с операционной системой реального времени Linux Ubuntu 18.04, оперативной памятью 4 Гигабайта типа DDR3 и 32 Гигабайта встроенной высокоскоростной памяти, имеет также хорошие коммуникационные характеристики: 2 x Ethernet 10/100 Base-T, 3 x RS-485 с гальванической развязкой (до 115200), 1 x RS-232 с гальванической развязкой (до 115200), протоколы Modbus RTU, DCON (ADAM) и другие (опционально), наличие двух портов USB 3.0, видеовыход HDMI V2.0, имеется наличие встроенных каналов ввода-вывода 3 x DI, 2 x DO, он масштабируется модулями ввода вывода серии «K15.XXX» посредством шины T-BUS.

Разработанный механизм выявления предвестников аварийных остановов должен быть реализован на верхнем уровне системы, то есть присутствовать в качестве интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ИСППР), которая выполняется на удаленном сервере.

Сформированная таким образом задача о состоянии объекта поступает в систему, где производится выбор прецедента по установленным критериям схожести либо формирование нового прецедента, после чего происходит процедура принятия решения и сохранения, при необходимости, нового прецедента в базе знаний системы.

Очевидно, что для реализации более сложного структурирования прецедентов и оперативного извлечения (формирования) прецедента требуется применение искусственной нейронной сети (ИНС) [6], что позволяет также ускорить процесс анализа и принятия решений по описанному алгоритму.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Башлыков А. А. Применение методов теории прецедентов в системах поддержки принятия решений при управлении трубопроводными системами / А. А. Башлыков. – Текст : непосредственный // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2016. – № 1. – С. 23–32.

2. Варшавский П. Р. Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений / П. Р. Варшавский, А. П. Еремеев. – Текст : непосредственный // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2009. - № 2. – С.45-57.

3. Кузяков О. Н. Интеллектуальный мониторинг состояния промыслового нефтепровода с выводом решений на основе прецедентов / О. Н. Кузяков, И. Н. Глухих, И. В. Гапанович. – Текст : непосредственный // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности –2019. – № 3. – С. 31–36.

4. Глухих И. Н. Гибридный CBR-подход в системах мониторинга и поддержки принятия решений на сложных технологических объектах / И. Н. Глухих, Д. И. Глухих. – Текст : непосредственный // The scientific heritage. – 2021. - № 72-1. – С. 24-29.

5. Владимиров В. А. Алгоритм выявления предвестников аварийных остановов газоперекачивающих агрегатов: 05.13.01: автореф. дис. … канд. техн. наук / В. А. Владимиров; ТюмГНГУ - Тюмень: 2011. - 16 с. – Текст : непосредственный.

6. Килин Г. А. Разработка математической модели газотурбинной электростанции на основе технологии нейронных сетей / Г. А. Килин, Б. В Кавалеров. – Текст : непосредственный // Климовские чтения: перспективные направления развития двигателестроения : материалы научной конференции. – Санкт-Петербург, 2016. – С. 229-233.

УДК 621.3.018.33

СПОСОБЫ БОРЬБЫ С ГАРМОНИКАМИ В СЕТЯХ ВЫСШЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

Кустов Р. Ю., бакалавр, kyctob8@mail.ru
г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. Актуальность: проблема гармоник в сетях высшего напряжения становится всё серьезнее, с каждым днем количество нелинейных потребителей увеличивается. Цель работы: обобщить доступную информацию, проанализировать её, вынести вердикт. Выводы: необходимо использовать комплексный подход, объединяющий технические решения, стандарты и системы мониторинга для минимизации воздействия гармоник на электроэнергетические системы высокого напряжения.

Ключевые слова: сети, фильтры, трансформаторы, мониторинг.

Сети высшего напряжения играют ключевую роль в передаче электроэнергии, обеспечивая стабильное энергоснабжение. Однако, с увеличением использования электроники и нелинейных устройств, проблема гармоник становится все более актуальной. Гармоники – это синусоидальные колебания, частота которых подобна промышленной частоте электрической сети 50 Гц. Они могут вызывать существенные негативные последствия, такие как искажение напряжения, перегрев оборудования и даже потерю эффективности системы.

Фильтры гармоник: одним из основных методов устранения гармоник является использование фильтров. Эти устройства предназначены для устранения нежелательных гармонических составляющих из сети, обеспечивая более чистое напряжение. Концептуально различают два вида фильтров активные и пассивные. [1]

Активные фильтры создают ток с такой же синусоидой, как и гармоника, только в противофазе. Таким образом искажение гасится, и качество электроэнергии улучшается. [1]

Пассивные фильтры устроены проще, на частоте которую необходимо устранить создается низкое сопротивление и таким образом гармоника отводится в сторону и рассеивается, превращаясь в тепло. [1]

Существуют различные варианты установки фильтров. Например, можно установить активный фильтр высокой мощности, который будет устранять все гармоники и выдавать напряжение без искажений, но стоимость такого фильтра будет очень высока и зачастую можно будет обойти более дешевыми решениями. Например, провести анализ сети, определив наиболее интенсивные гармоники, и настроить активный фильтр только на необходимые частоты.

Пассивный фильтр работает с одной гармоникой и может «гасить» только её. Его использование целесообразно только когда необходимо устранить одну частоту, основные достоинства стоимость и надежность. [2]

Использование Специальных Трансформаторов: трансформаторы, спроектированные с учетом уменьшения влияния гармоник, могут быть эффективным средством снижения их уровня в системе. Специализированные трансформаторы с фильтрами и низкими потерями могут существенно улучшить качество электроэнергии. В настоящее время очень распространены пассивные фильтры. Однако их установка на линии 110 и 220 КВ требует больших денежных затрат. Поэтому целесообразнее разместить их на обмотках низкого напряжения трехобмоточного трансформатора, рассмотренного в статье [3]. Такое решение имеет свои недостатки: частотные характеристики пассивных фильтров искажаются из-за влияния индуктивностей обмоток трансформатора. В статье [4] произведен расчет методом «синтеза пассивных фильтров», который включает индуктивность третьей обмотки трансформатора в схему фильтра.

Обучение и Мониторинг: Внедрение систем мониторинга и обучения позволяет быстро реагировать на проблемы и предпринимать необходимые меры.

Заключение: устранение гармоник в сетях требует комплексного подхода. Использование технических решений и систем мониторинга совместно позволяет минимизировать воздействие гармоник на электроэнергетические системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лютаревич А. Г. Оценка эффективности использования активного фильтра гармоник в системах электроснабжения для улучшения качества электроэнергии / А. Г. Лютаревич, С. Ю. Долингер. – Текст : непосредственный // Омский научный вестник. - 2010. - №1. - С. 133-136.

2. Атаманов М. Н. расчёт параметров и анализ работы пассивного фильтра гармоник / М. Н. Атаманов, Н. М. Дрей, А. Г. Зиганшин, Г. М. Михеев. – Текст : непосредственный // Вестник Чувашского университета. - 2020. - №1. - С. 17–25.

3. Ding T. A. Filtering scheme to reduce the penetration of harmonics into transmission systems / T.A. Ding, W. Xu. – Direct text // IEEE Transactions on power delivery. - 2016. - Vol. 31, №1. - P. 59-66.

4. Боярская Н. П. Пассивные фильтры для компенсации гармоник в линиях электропередачи высокого напряжения / Н. П. Боярская, В. П. Довгун, Д. Э. Егоров, А. Ф. Синяговский. – Текст : непосредственный // Вестник Казанского государственного энергетического университета. - 2023. - Т.15, №1. - С. 144-151.

УДК 621.316

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕРНЕТА ЭНЕРГИИ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИЕЙ

Леонов Е. Н., канд. техн. наук, доцент, leonoven@tyuiu.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Современная система управления производства и потребления электрической энергией с распределенной генерацией имеет достаточно сложную структуру. В статье рассмотрены возможности использования интернета энергии для мониторинга и контроля таких сетей для оптимизации их режимов, повышения надежности и эффективности.

Ключевые слова: Интернет энергии, распределенная генерация, система управления энергопотреблением, предиктивный контроль.

Интернет энергии (ИЭ) представляет собой инновационную концепцию расширения возможностей электрической сети в форме связи производства, распределения и хранения энергии с мониторингом сети и связью с использованием концепций Интернета. Это требует мониторинга и интеллектуального управления генерацией и потреблением энергии [1].

Сбор информации может осуществляться на всех уровнях энергетических систем, от локальных отдельных устройств до национального и международного уровней.

Систему технической поддержки ИЭ можно разделить на пять частей: конфигурация системы, источники энергии, информация и связь, администрирование и планирование, а также информационная защита [2].

Несколько ключевых особенностей ИЭ заключаются в следующем:

1) Интеллектуальное управление энергопотреблением должно быть одной из главных характеристик энергосистем следующего поколения. Информационно-коммуникационные технологии будут играть важную роль в обеспечении функционирования интеллектуальной электросети. Для контроля таким системам требуются датчики и исполнительные механизмы на базе ИЭ, которые отслеживают состояние сети как на стороне потребителя, так и на стороне генерации.

ИЭ связывает данные с датчиков распределенной генерации, нагрузки и устройств хранения энергии для создания энергетической сети с потоками электроэнергии и информации в двух направлениях. Внедрение ИЭ позволяет реализовать подход «снизу вверх» для определения и планирования глобального состояния энергосистемы в нормальных, утяжеленных и послеаварийных режимах, которые были ранее определялись в режиме «сверху вниз». Обычно целью энергосистемы является обеспечение досту-

па к распределенной генерации, а не объединение ее в сеть, что затрудняет глобальное управление режимами.

2) Упреждающий (предиктивный) контроль, основанный на информации выступает в качестве необходимой функции ИЭ. Он состоит из двух частей: предвосхищения будущих состояний и интеллектуального принятия решений, основанного на этом предвосхищении.

Сочетание сетевых технологий и упреждающего управления дает нам возможность прогнозирования состояния энергосистем. Важным моментом при использовании этой функции является более глубокое видение будущего состояния по сравнению с традиционными альтернативами, которые используют информацию о текущем состоянии для управления системой. Такое управление эффективно для повышения качества электроэнергии и решения проблем надежности, также такое управление распределением электроэнергии обеспечит более низкие затраты на техническое обслуживание.

3) Управление с обратной связью на основе интероперабельности (функциональной совместимости), превращает ИЭ в самоорганизующуюся систему. Динамичный доступ к ИЭ является общим атрибутом каждой части сети. Огромное количество распределенных микросетей образуют единый ИЭ, все они могут взаимодействовать друг с другом с помощью стандартных протоколов связи и способов коммуникации.

Установка или отключение источников энергии или энергетических узлов оказывает незначительное влияние на нормальную работу сети с ИЭ. Имея стандартную информацию о ее структуре и составе, устройства, подключенные к сети, могут получать доступ к информации о состоянии других устройств и отправлять команды для обеспечения энергией в соответствии с местными потребностями.

Интероперабельность обеспечивает устройствам в ИЭ возможность распознавать друг друга. Предлагаемый подход – это коммуникационный протокол для иерархической передачи сообщений и мощности между различными уровнями, например, между конечными потребителями, локальными микросетями или различными уровнями. Благодаря этому может быть повышены надежность и безопасность коммуникации в ИЭ.

4) Преимущества производства энергии на больших энергоустановках в основном проявляются в ее эффективности, при распределенной генерации это может компенсироваться эксплуатацией изолированных установок вблизи потребителя, но при этом все равно необходимо использовать систему распределения электроэнергии. Таким образом подключение распределенной генерации создает множество технических, коммерческих проблем и проблем безопасности, они должны быть решены при доступе к энергетической сети, состоящей из микросетей за счёт технологии ИЭ.

Кроме того, внедрение распределенных возобновляемых источников энергии требует корректировки колебаний потребления в соответствии с

колебаниями генерации и ценами на электрическую энергию. В ИЭ должны появиться новые модели управления и бизнес-модели с изменяемой ценовой политикой.

5) Накопление энергии. В настоящее время доступно несколько технологий накопления энергии: аккумуляторы, суперконденсаторы, маховики, устройства со сверхпроводимостью и т.д. Накопители энергии предоставляют ИЭ абсолютно новые функции по сравнению с существующей энергосистемой. С одной стороны, накопление энергии может улучшить качество электроэнергии и помочь поддерживать стабильную работу системы. С другой стороны, у него есть функция распределения энергии, которая при необходимости может помочь достичь максимальной мощности и выходной мощности на выходе. При традиционной форме электроснабжения редко используются устройства для накопления энергии, и это вынуждает операторов электросетей постоянно согласовывать спрос и предложение. Кроме того, без накопления энергии нет энергетического буфера для локальной выдачи мощности в сеть, с помощью которого сети могут немедленно выполнять функцию самовосстановления при аварийном отключении электроэнергии [3]. Если энергия могла бы храниться в энергосистеме распределенным образом и при необходимости отдавалась дешево, это значительно повысило бы эффективность и надежность энергосистемы.

Ожидается, что при объединении энергетической инфраструктуры с помощью ИЭ, энергосистема войдет в идеальное состояние баланса между генерацией на электростанциях и потреблением. Это поможет определить интервалы времени в которые электроэнергия будет дешевле, а также сможет снизить нагрузку на энергосистему, повысить надежность и безопасность систем с установками с распределенной генерацией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наумов В. А. От автоматизированной электроэнергетики к интернету энергии / В. А. Наумов, В. А. Матисон. – Текст : непосредственный // Энергия единой сети. – 2019. – № 2(44). – С. 36-44.

2. Чаусов И. С. Архитектура Интернета энергии (IDEA) / И. С. Чаусов, Д. В. Холкин, И. А. Бурдин. – Текст : непосредственный // Энергоэксперт. – 2019. – № 4(72). – С. 28-31.

3. Степанов О. А. Исследование влияния накопителей электрической энергии на параметры качества переходных процессов в гибридных энергосистемах с ветроэлектрическими установками / О. А. Степанов, М. Н. Чекардовский, Г. А. Хмара, В. Р. Махмутова. – Текст : непосредственный // Промышленная энергетика. – 2023. – № 10. – С. 25-33.

УДК 621.45.018.2

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ С РАЗЛИЧНЫМИ ДЛИНАМИ ВОЛН НА БИОПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ

Малаева Е. Д., бакалавр, malaeva_eva01@mail.ru
г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В современном мире создание оптимальных условий для растений является ключевой задачей в земледелии и сельском хозяйстве. При этом одним из основных факторов, влияющих на рост и развитие растений, является свет. Однако для того, чтобы растение развивалось оптимально, важно не только наличие световой энергии, но и спектр света, а также длительность светового периода, когда растение бодрствует, и темного периода, когда оно отдыхает. Именно поэтому в ходе выполнения данной работы были проведены исследования влияния искусственного освещения с различными длинами волн на рост растений, с одинаковыми образцами. Проведенные исследования позволяют выявить наиболее благоприятный тип освещения и применить результаты в производственных масштабах.

Ключевые слова: фитолампы, искусственное освещение, лабораторная установка, реле времени.

Современные технологии позволяют создавать среду, идеально подходящую для выращивания растений внутри помещений. Одним из основных факторов, влияющих на рост и развитие растений, является искусственное освещение, которое может имитировать естественный цикл света и темноты.

Проектирование среды для выращивания растений внутри помещений должно учитывать различные факторы, включая тип и мощность искусственного освещения, длину волны света, продолжительность светового дня и температуру. Важно также подбирать подходящие сорта растений для определенных условий.

В нашем проекте использовался практический метод, в котором проводились три эксперимента с различными растениями - горох, черенки традесканции и микрозелень. Мы создали лабораторную установку, которая состоит из фитоламп (3 шт), опорной конструкции, светоотражающего материала (фольга алюминиевая), а также были использованы термометр и колориметр.



Рис. 1. Готовая лабораторная установка в КГЭУ

Для предотвращения смешения света фитоламп, расположенных рядом, были установлены вертикальные перегородки. На перегородки был прикреплен светоотражающий материал (фольга алюминиевая). Длительность воздействия фитоосвещения на образцы осуществлялось с помощью автоматического реле времени.

В научно-исследовательской лаборатории «Световые технологии и вспомогательные приборы светотехники» при Казанском государственном энергетическом университете с помощью колориметра КФК-3 мы зафиксировали для каждого спектра их максимум и построили графики.

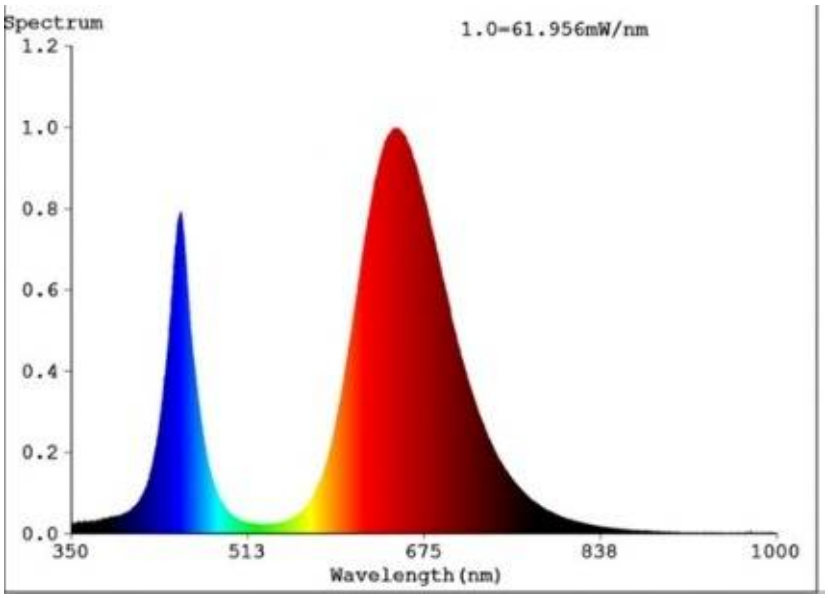


Рис. 2. График пиков различных спектров

Была проведена проба растений среди сотрудников – при красном спектре чувствовалась горечь, при естественном освещении – сухость и «безвкусие», при смещении красного и синего спектра – отсутствие горечи и сухости, при синем – некоторые заметили безвкусие, остальные отметили этот вариант наиболее предпочтительным.

В результате каждого эксперимента было обнаружено, что все виды растений растут быстрее при синем спектре (460 нм).

Спектр излучения влияет не только на рост растений, но и на вкус. При недостатке света рост растений замедляется, листья становятся бледными, растения вытягиваются, становятся слабыми, теряют прочность, престают цвести и могут погибнуть. При достаточном освещении они хорошо развиваются, у них появляются новые листья, растения быстро растут. Поэтому в работе поднимается актуальная агропромышленная проблема – при выращивании растений в осенний, зимний и весенний период при низком естественном освещении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поезжалов В. М. Исследование эффективности светодиодного освещения для закрытого грунта / В. М. Поезжалов. – Текст : непосредственный // Достижения науки - агро-промышленному производству : материалы LIV Международной научно-технической конференции – Челябинск, 2015. – С. 50-56.

2. Nitrogen and irradiance levels affecting net photosynthesis and growth of young coffee plants (Coffea arabica L.) / J. I. Fahl, M. L. C. Carelli, J. Vega, A. C. Magalhães. - Direct text // Journal of Horticultural Science. - 1994. - Vol. 69, Is. 1. - P. 161-169.

3. Федулов Ю. П. Фотосинтез и дыхание растений : учебное пособие для вузов / Ю. П. Федулов, Ю. В. Подушин. – Краснодар : КубГАУ, 2019. - 145 с. – Текст : непосредственный.

4. Свет для растений : [сайт]. – URL : https://www.promgidroponica.ru/svet_dlja_rastenij?ysclid=lfsauakpd365139099 (дата обращения: 26.10.2023). – Текст : электронный.

УДК 621.3.048

РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ КОМПЛЕКСНОГО ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ

Малаева Е. Д., бакалавр, malaeva_eva01@mail.ru
Любишев А. А., аспирант, s.lyubishev@yandex.ru
г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. Диагностика высоковольтных диэлектрических элементов является актуальной задачей для энергетических компаний, так как долговременная и экономичная работа электрической системы в основном определяется изоляцией электрооборудования. В статье предложена методика диагностики диэлектрических элементов на основе динамической регистрации электромагнитного излучения. Методика заключается в периодическом измерении набора диагностических параметров, необходимых для достоверной оценки рабочего состояния высоковольтного диэлектрического оборудования и сравнения их с эталонными значениями.

Ключевые слова: диагностика изоляционных элементов, электрофизические процессы, твердые диэлектрики, частичные разряды, компьютерная обработка сигналов, надежность, дистанционный контроль, система мониторинга

Надежная, долговременная и экономичная работа электрической системы в основном определяется изоляцией электрооборудования и других звеньев системы. В общей стоимости высоковольтного оборудования изоляционная составляющая занимает более 60% [1], кроме того, разрушение и повреждение изоляции являются главными причинами аварий: перекрытия изоляции, короткие замыкания и замыкания на землю, и т.д. В связи с этим диагностика высоковольтных диэлектрических элементов является наиболее актуальной для энергетических компаний. [2]

Частичные разряды (ЧР) являются основным показателем старения и разрушения твердых изоляционных материалов, подвергающихся высоким напряжениям. Поэтому измерение и анализ ЧР является перспективным методом диагностики изоляции для любого вида электрооборудования. ЧР являются результатом возникновения в процессе эксплуатации локальных повышений напряженности электрического поля, которые могут превышать электрическую прочность высоковольтных изоляционных элементов. Использование метода обнаружения ЧР в качестве средства неразрушающего контроля состояния энергосистем получило широкое распространение. Так как наличие ЧР сопровождается различными физическими явлениями: акустическое излучение, электромагнитное, тепловое, то на основе этих явлений существуют соответствующие способы обнаружения разря-

дов, например, ультразвуковой метод, радиочастотный, тепловизионный и методы электрического контакта. [3]

Основным преимуществом использования радиочастот для диагностики по сравнению с другими упомянутыми способами является большая защищенность от помех, поскольку основные источники известны (телекоммуникационные станции) и могут быть легко изолированы. Метод предлагает лучшую практическую применимость, так как он не требует точного наведения на источник дефекта, в отличие от ультразвукового метода.

Целью данного исследования является разработка методологических принципов комплексного дистанционного мониторинга и бесконтактного диагностического устройства (БДУ) для контроля технического состояния и выявления остаточного ресурса высоковольтных диэлектрических элементов.

Задачей данного исследования является: разработка математической модели определения дефектного изолятора воздушной линии, разработка диагностического устройства регистрации импульсов частичных разрядов, проведение лабораторных испытаний.

В данной работе предлагается методика диагностики высоковольтных диэлектрических элементов в процессе эксплуатации на основе динамической регистрации электромагнитного излучения. Методика, описанная в разделе 1, состоит из трех этапов: 1 – лабораторное определение эталонных параметров изоляционных элементов (устанавливаются типовые эталонные значения для трех технических состояний: бездефектное, предефектное и дефектное), 2 – реальные измерения изоляционных элементов, 3 – сравнение полученных диагностических параметров с эталонными значениями, заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе.

Для контроля технического состояния и выявления остаточного ресурса высоковольтных диэлектрических элементов в работе используются разработанные БДУ, которые проводят дистанционные периодические измерения набора диагностических параметров, необходимых для достоверной оценки рабочего состояния высоковольтного диэлектрического оборудования в данный момент эксплуатации и определение его остаточного ресурса. Анализ набора необходимых диагностических параметров позволяет формировать заключение о степени работоспособности диэлектрических элементов.

Для измерения СВЧ-излучения зачастую используются приемные антенны, скомпонованные в различные формы и антенные решетки. Далее с помощью математических методов производится триангуляция местоположения события частичного разряда в 3-х измерениях.

На данный момент БДУ адаптировано для контроля линейных высоковольтных изоляторов (ВИ), устанавливается на каждый фазный провод и работает на линиях электропередач от 10 кВ.

Устройства и методика разработаны в лаборатории Казанского государственного энергетического университета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Comparative study of partial discharge localization based on uhf detection methods. / H. Chai, In Sh. Lu, B.T. Phung, S. Mitchell. – Direct text // 25th International Conference on Electricity Distribution. - Madrid, Spain, 2019. - P. 1076-1080.

2. Ilkhechi H. Generation of acoustic phase-resolved partial discharge patterns by utilizing UHF signals / H. Ilkhech, M. Samimi, R. Youse. – Direct text // International Journal of Electrical Power and Energy Systems. – 2019. - Vol. 113. – P. 906-915.

3. Iorkyase E. T. Low-complexity wireless sensor system for partial discharge localisation. / E. T. Iorkyase, Ch. Tachtatzis, P. Lazaridis. – Direct text // IET Wireless Sensor Systems. - 2019. - Vol 9, Is. 3. – P. 158-165.

УДК 621.315.66

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ОПОР ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ МЕТОДОМ ВИБРОДИАГНОСТИКИ

Махмутов А. Д., магистрант, phenomen.cfg@mail.ru
г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В данной работе проведена оценка прочности опор линий электропередач, которая характеризует несущую способность, основанная на методе измерения собственных частот свободных колебаний. Также показан процесс, методика и полученные результаты измерения. По выявленному пределу прочности опор, норматив которой задан для центрифугированных стоек, найдено дефектное значение собственной частоты железобетонных опор линий электропередач.

Ключевые слова: вибродиагностика, опора, ЛЭП, свободные колебания.

Вибрационная диагностика основывается на оценке технического состояния оборудования, здания, сооружения, позволяющей предоставить большую вероятность точного обнаружении дефекта. Кроме того, данный процесс наиболее применим при эксплуатации гражданских и промышленных зданий, мостов и т.д. Вибродиагностика необходима для мониторинга зданий и сооружений по техническому состоянию. Основным параметром выступает частота собственных колебаний. В нормативной документации рекомендуется определять период колебаний, значение которой обратно частоте. При измерении периода в данном ГОСТе необходимо фиксировать соб-

ственные колебания, которые вызваны естественными динамическими природно-техногенными фонами, таким образом, в дополнительных нагрузках нет смысла [1].

Воздушная линия электропередач (ВЛ) – это один из важных элементов электроэнергетики и его эффективность напрямую зависит от 3 основных сооружений ВЛ – опор, проводов и изоляции. Перечисленные компоненты зависят от состояния окружающей среды так, например, в связи с частыми осадками – возникает коррозия и старение материала. В следствии чего, металл, бетон и изоляционный материал разрушается и возникает аварийная ситуация на воздушных линиях и сбои в электроснабжении. Амортизационный срок службы становится выше, соответственно, появляется немаловажная задача, заключающаяся в неразрушимом контроле технического состояния сооружений [2].

На сегодняшний день воздушные линии при оценке их технического состояния проходят визуальный осмотр и метрические измерения их положения и размеров проявленных дефектов. При помощи специальных инструментов производится «неразрушающий контроль марки бетона железобетонных стоек склерометром и ультразвуковыми приборами». К таким инструментам относится склерометр, показанный на рис.1, и ультразвуковой прибор, показанный на рис.2 [3].



Рис. 1. Склерометр



Рис. 2. Ультразвуковой прибор

При помощи вибродиагностики открываются возможности произвести интегральную оценку механического состояния опоры линий электропередач, включая при этом закрепление в грунте, разрушение или отсутствие некоторых компонентов, надежность механических связей между элементами и т.д. Именно поэтому к визуальному и приборному методу контроля необходимо добавить вибрационную диагностику [4].

Все имеющиеся рекомендации, необходимые для ремонта всех элементов включают в себя методы и последовательность работ, которые устанавливают некоторые требования к материалам для ремонта и техническим средствам для выполнения данных работ.

Результаты технического состояния элементов ЛЭП подразделяются на 4 группы, которые показаны в табл. 1.

Таблица 1

Категория технического состояния конструкция стоек опор линий электропередач

Категория	Описание	Необходимые действия
1 категория – нормальное состояние	Нет видимых дефектов, которые бы могли привести к понижению несущей способности. Проведение ремонтно-восстановительных работ не нужно	Плановая техническая диагностика.
2 категория – удовлетворительное состояние	Незначительные дефекты. Необходим текущий ремонт, с устранением дефектов в определенном месте, исключая при этом необходимость усиления	Плановая техническая диагностика, профилактический ремонт.

	конструкции.	
3 категория – неудовлетворительное состояние	Имеются значительные повреждения, которые приводят к снижению несущей способности.	Полная техническая диагностика, адресный ремонт, замена отдельных элементов.
4 категория – предаварийное, аварийное состояние	Существенные дефекты, которые приводят к выходу из строя оборудования.	Демонтаж, полная замена конструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вагапов Г. В. Вибрации в проводах линий электропередач / Г. В. Вагапов, А. Д. Махмутов. – Текст : непосредственный // Тинчуринские чтения – 2023 «Энергетика и цифровая трансформация» : материалы Междунар. молодежной науч.-практ. конф. – Казань, 2023. – С.796-799.

2. Махмутов А. Д. Колебания в линиях электропередач / А. Д. Махмутов. – Текст : непосредственный // Тинчуринские чтения – 2023 «Энергетика и цифровая трансформация» : материалы Междунар. молодежной науч.-практ. конф. – Казань, 2023. – С.799-802.

3. Вагапов Г. В. Техническое диагностирование воздушных линий электропередач / Г. В. Вагапов, А. Д. Махмутов. – Текст : непосредственный // XXVI Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный дню энергетика : материалы докладов семинара. – Казань, 2023. – С.21-23.

4. Гатиятов И. З. Способы и установки контроля опор из трубчатых стержней, применяемых в энергетическом строительстве при воздействии на них статических и динамических нагрузок / И. З. Гатиятов, Л. С. Сабитов. - Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. –2018. - №4. – С. 93-101

УДК 621.313.8

КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ИСКАЖЕНИЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СЕТИ 110КВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Михейко М. С., магистрант, milena260400@yandex.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Данная статья рассматривает комбинированный метод оценки искажений качества электрической энергии в сети напряжением 110 кВ с использованием ортогональных преобразований. Оценка качества электроэнергии важна для обеспечения ста-

бильности энергосистемы и эффективного функционирования электрооборудования. В статье представлен подробный анализ метода, включая его теоретическую основу и практическое применение. Комбинация ортогональных преобразований позволяет эффективно выявлять и анализировать искажения в сигналах электрической энергии. Исследование представляет собой ценный вклад в область оценки и контроля качества электрической энергии, что имеет важное значение для надежности и эффективности электроэнергетических систем на напряжении 110 кВ и выше.

Ключевые слова: эффективность электроэнергетических систем, диагностика качества энергии, ортогональные преобразования, надежность энергосистемы.

Исследуя состояние современного качества энергоуслуг и процесса транспортировки энергоресурсов потребителям (предприятиям, организациям и различным учреждениям), можно отметить, что переход к современному потреблению электроэнергии в сети напряжением 110 кВ с использованием различных технологий является целесообразным и качественным не только с точки зрения потребления электрических услуг на рынке электроэнергии, но и с точки зрения транспортировки электрической энергии [1]. Способ передачи электроресурсов потребителю в современных условиях выгоден тем, что нет необходимости отключать и включать электрическую сеть при перегрузках. Современные устройства делают это автоматически с помощью специальных переключателей и преобразователей. Регулировка мощности управляема и не требует постоянных дополнительных регулировок в режиме реального времени. Расположение современных станций вблизи объекта удобно не только с точки зрения надежного и бесперебойного электроснабжения, но и с точки зрения оказания сервисных услуг в случае возможного повреждения приборов или оборудования объекта.

Современные технологии позволяют четко обозначить объем потребления энергии объектом, снижая риск потерь не только для поставщика, но и для потребителя. Обеспечивая надежную и бесперебойную поставку энергетических услуг, энергетическая компания снизит затраты на приобретение энергоресурсов, тем самым сэкономив средства на приобретение дополнительного энергоэффективного оборудования.

Все потребители электрической энергии эффективнее всего работают при номинальном напряжении. Однако каждый проводник имеет определенное сопротивление, и при прохождении по нему электрического тока возникают потери напряжения, поэтому к потребителям подается напряжение отличное частично от номинального.

Качество электрической энергии – это соответствие основных показателей установленным нормам при производстве, передаче и распределении электрической энергии общего назначения [3]. К основным причинам, снижающим качество электрической энергии, относят:

1) изменение структуры энергоносителей;

2) увеличение числа мощных приемников электрической энергии;

3) действие нелинейных нагрузок;

4) усиление взаимного воздействия разных видов электрооборудования.

Разница между действительным напряжением, подаваемым к потребителю, и номинальным напряжением называется отклонением напряжения.

Отклонение напряжения вдоль магистрали будет разным (рис. 1). В начале линии (точка а) напряжение наибольшее, а в конце (точка с) – наименьшее.

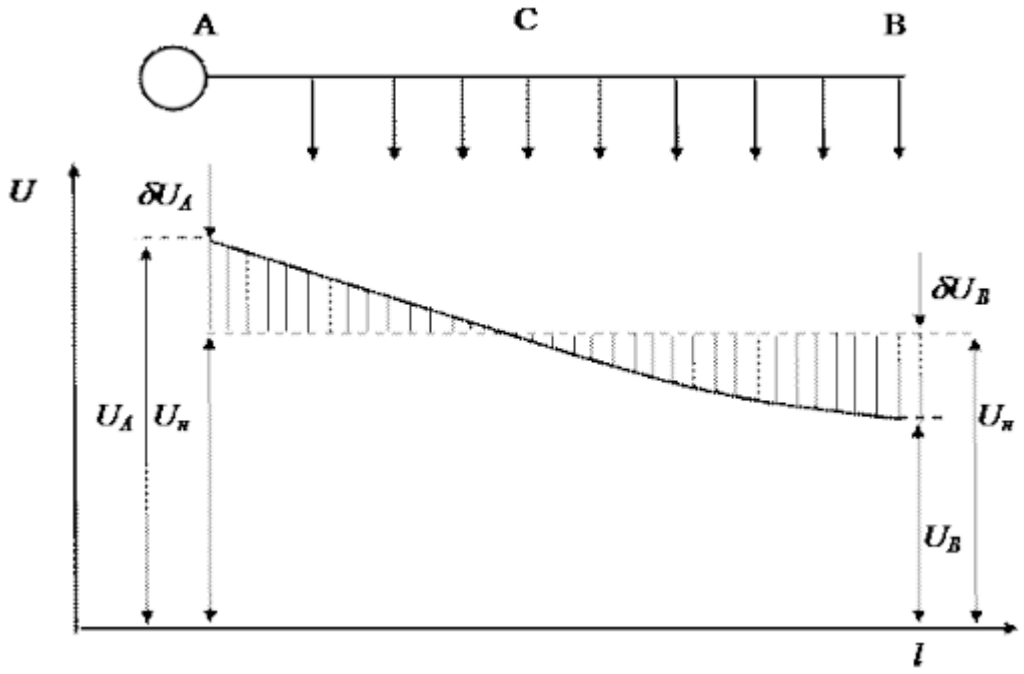


Рис. 1. График распределения напряжения вдоль линии с равномерной нагрузкой [6]

Отклонение напряжения для точки а:

$$Y_{\text{а}} = U_{\text{а}} - U_{\text{ном}} \tag{1.1}$$

для точки с:

$$Y_{\text{с}} = U_{\text{с}} - U_{\text{ном}} \tag{1.2}$$

Номинальное напряжение будет только в точке 0.

Следует отметить, что соответствующие устройства, контролирующие надежность и бесперебойность электроснабжения, за счет векторного регулирования электроэнергии, а также современных технологий передачи переменного тока, обеспечивают регулирование в системе как реактивной мощности, так и активной мощности (из-за угла фазового напряжения). Благодаря гибкой системе управления данная система имеет ряд преиму-

ществ перед традиционными системами распределения электрической энергии, а именно:

1) Возможность управления мощностью и пропускной способностью линий электропередачи;

2) Управление электропитанием при аварийных режимах или нештатных ситуациях, возникающих непосредственно у потребителя энергии;

3) Контролировать напряжение, мощность (угол фаз напряжения) и частоту в системе электроснабжения без ограничений.

Оценка и анализ искажений качества электрической энергии в сети 110 кВ становятся все более важными задачами для обеспечения стабильности и эффективности работы электроэнергетических систем. Методы оценки качества электроэнергии позволяют выявлять и анализировать аномалии в сигналах электрической энергии, которые могут приводить к негативным последствиям, таким как перегрузки оборудования, потери энергии и снижение надежности системы.

Одним из эффективных методов оценки искажения качества электроэнергии являются ортогональные преобразования, такие как дискретное преобразование Фурье (DFT) и ортогональное преобразование [5]. Эти методы позволяют разложить сигналы электроэнергии на составляющие с разными частотами и амплитудами, что делает возможным выявление гармоник, интергармоник и субгармоник.

Графическое представление ортогональных преобразований выглядит следующим образом:

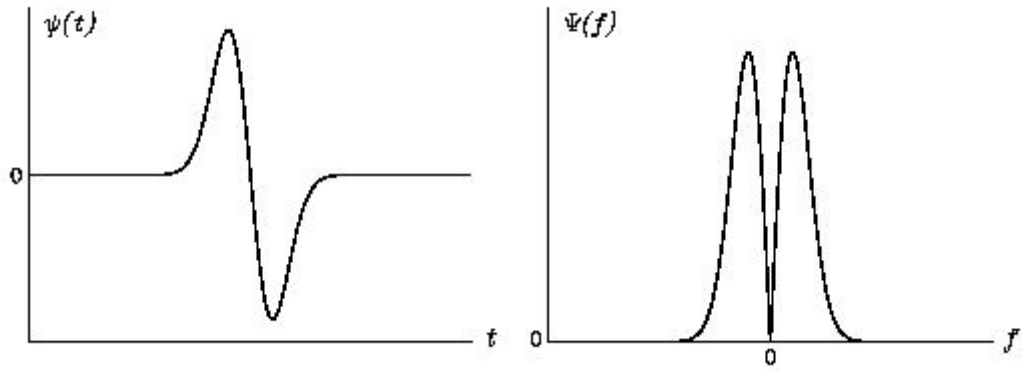


Рис. 2. Временное и спектральное представление преобразования

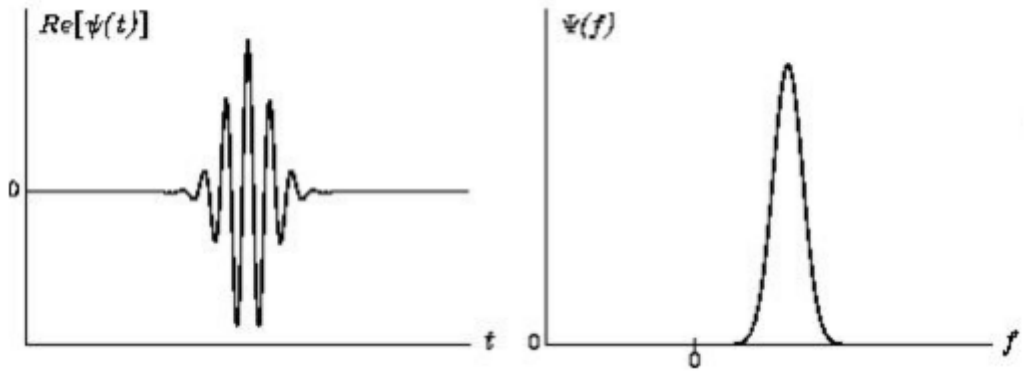


Рис. 3. Временное и спектральное представление преобразования

Для проверки адекватности теоретического решения и его практической значимости был проведен сравнительный анализ результатов обработки сигналов. Были рассмотрены модели двух характерных видов сигналов. Первый – это наличие скачков первого рода. Второй – одновременное наличие в сигнале нескольких гармоник – третьей и пятой

В результате анализа ортогональные-преобразования обладают рядом преимуществ:

– высокая разрешающая способность: они позволяют точно определить частоты и амплитуды искажений в сигналах, что позволяет выявить даже небольшие аномалии;

– эффективность в вычислениях: ортогональные преобразования могут быть вычислены с использованием быстрых алгоритмов, что обеспечивает высокую скорость обработки данных;

– подходят для широкого спектра аномалий: они могут использоваться для выявления различных видов искажений, включая гармоники, интергармоники, субгармоники и др.

Однако, чтобы повысить эффективность оценки качества электроэнергии, часто применяют комбинированный метод, который включает в себя несколько ортогональных преобразований. Этот подход позволяет более полно исследовать спектр искажений и точнее определять их характеристики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бохан А. Н. Проектирование подстанций систем электроснабжения: учеб. пособие / А. Н. Бохан. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2017. – 311 с. – Текст : непосредственный.

2. Григорьян Л. Р. Аппаратурная реализация фазовых анализаторов с ортогональным преобразованием сигналов / Л. Р. Григорьян, Н. М. Богатов, Р. Л. Григорьян. – Текст : непосредственный // Проектирование и технология электронных средств. – 2022. – № 4. – С. 21-28.

3. Евминов Л. И. Электромагнитные переходные процессы в системах электроснабжения : учебное пособие для вузов / Л. И. Евминов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2003. – 300 с. – Текст : непосредственный.

4. Калмыков И. А. Ортогональная обработка сигналов с использованием математических моделей целочисленных вейвлет-преобразований, реализованных в модулярных кодах классов вычетов / И. А. Калмыков, Н. К. Чистоусов, Н. И. Калмыкова, Д. В. Духовный. – Текст : непосредственный // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 3 (99). – С. 182-202.

5. Почаевец В. С. Электрические подстанции : учебник / В. С. Почаевец. – Москва : ФГБОУ «Учебно-методические центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2012. – 491 с. – Текст : непосредственный.

6. Справочник по электрическим сетям 0,4–35 кВ и 110–1150 кВ / под общ. ред. В. В. Дрозда. – Москва : Альвис, 2011. – Т. 12. – 640 с. – Текст : непосредственный.

УДК 620.9

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА НЕФТЯНЫХ ПРОМЫСЛАХ

Николаев Л. А., магистрант, nikolaevla@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Актуальность заключается в том, что одним из главных условий сохранения ведущих позиций нефтегазовой компании помимо увеличения объемов добычи является снижение себестоимости продукции. А важный элемент снижения себестоимости продукции – энергосбережение, то есть сокращение энергопотребления. Цель исследования - предложить варианты энергоэффективных технологических процессов на нефтяных промыслах. Методы исследования - теоретические методы изучения технологических процессов на нефтяных промыслах, анализ информационно-технологических подходов к разработке энергоэффективных технологий. Результатом исследования является разработка программы энергоэффективности технологических процессов на нефтяных промыслах.

Ключевые слова: технологические процессы, энергоэффективность, нефтяные промыслы.

На нефтепромысле основными задачами являются сбор нефти из скважин через сборные станции в центральные технологические сооружения, обработка нефти и газа и хранение сырой нефти в резервуарах перед транспортировкой сырой нефти по трубопроводам.

В этой системе необходимы насосы или компрессоры, поскольку нефть, добываемая из скважин, может нуждаться в нагнетании и транспортировке в систему обработки. В некоторых случаях требуется тепло, по-

скольку нефть необходимо подогревать, чтобы повысить ее подвижность. Для системы переработки нефть должна перерабатываться для получения коммерческих продуктов. Потребление энергии на нефтяных месторождениях относительно велико, за исключением бурения, энергия требуется для транспортировки сырой нефти, обработки кислым газом и обезвоживания газа. Однако, учитывая низкий уровень стратегии управления энергопотреблением на некоторых нефтяных месторождениях, эффективность использования энергии имеет большой потенциал для повышения.

Что касается процессов сбора, то основное внимание уделяется снижению затрат на насосы и компрессоры для экономии энергии. Насосы и компрессоры являются основным оборудованием, используемым на месторождении для повышения давления нефти, и они занимают более высокую долю в расходах [2, с.324].

В современных условиях задачи повышения энергоэффективности и энергосбережения на нефтяных промыслах могут быть отнесены к стратегическим и включают, прежде всего, решение задач по повышению энергоэффективности системы энергоснабжения. Это достигается за счет снижения потерь, сокращения необоснованного потребления, использования энергосберегающего оборудования и передовых технологических процессов.

Помимо повышения качества энергоснабжения, сокращение энергопотребления может быть достигнуто за счет снижения потребления топливно-энергетических ресурсов, удельного расхода углеводородов в зависимости от собственных технологических потребностей и объема дегазации [4, с.84].

Наконец, энергосбережению можно способствовать путем создания жизненного цикла управления энергосберегающим производственным процессом. Например, оборудование можно поддерживать в определенном техническом режиме, по возможности переходя на режим ремонта «по состоянию». Установив автоматические системы измерения потребления и подачи тепла и электроэнергии, можно регулировать энергопотребление практически в режиме реального времени, исходя из текущих потребностей, а не из нормативов. Кроме того, работу энергоустановок можно оптимизировать в соответствии с технологическим режимом добычи нефти.

Информационно-технологический подход для эффективного решения этих проблем заключается в создании интегрированной системы управления энергосбережением. Для построения такой системы необходимо проведение энергетических аудитов, разработка и дальнейшая координация программ энергосбережения.

Система включает в себя сбор и интеграцию показателей энергопотребления с системами управления технологическими процессами автоматизации производства, интеграцию с системами технического ремонта и обслуживания (ТОиР), системы расчета норм расхода топливно-

энергетических ресурсов (ТЭР), системы мониторинга и анализа энергопотребления, формирование и управление программами энергосбережения системы и подсистем.

Наибольший вклад в энергопотребление нефтегазовых компаний вносят добыча нефти, эксплуатация скважинного оборудования для добычи нефти и закачка воды.

Поэтому на нефтяных промыслах необходимо снижать энергопотребление только для процесса добычи нефти и поддержания пластового давления (ППД) [1, с.160].

Так, системы сбора данных должны собирать технологические и энергетические данные вместе в режиме реального времени или близко к нему. Помимо стандартных параметров процесса, в системе должны собираться данные о потреблении энергии (коэффициент загрузки электродвигателя, суточное потребление энергии, общая эффективность установки, удельное потребление энергии, потери напора в штуцере). До недавнего времени во многих нефтегазовых компаниях эти данные собирались отдельно по каждой системе без возможности совместного анализа.

Подсистема мониторинга и анализа технических режимов систем добычи нефти включает модули для детального анализа причин отклонений от режима работы скважины с учетом состояния энергосистемы; автоматические инструменты для правильного выбора оборудования с учетом энергопотребления и вносимых в энергосистему искажений.

С целью повышения энергоэффективности работы оборудования систему технологического ремонта и обслуживания (ТоиР) следует дополнить средством ранжирования объектов нефтедобычи по уровню энергопотребления и обеспечить корректировку планов ТОиР с учетом уровня энергопотребления скважин и объектов нефтедобычи.

Важным элементом программы энергосбережения является управление нормами расхода топливно-энергетических ресурсов. Создав подсистемы расчета норм расхода топлива и энергии, расчета норм расхода электроэнергии на перекачку, анализа эффективности насосных агрегатов и автоматизации выборочного анализа ряда показателей, характеризующих эффективность использования энергии, можно снизить расходы на топливно-энергетические ресурсы [3, с.112].

Важнейшим условием энергосбережения является скоординированная и единая для всей компании программа мероприятий. Эта программа включает в себя ранжирование предложений и проектов, планирование и прогнозирование производственных, финансово-экономических параметров (расширенное и детализированное), оптимизацию портфеля проектов и формирование единой программы энергосбережения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комков В. А. Энергосбережение в нефтегазовой отрасли / В. А. Комков, Н. С. Тимахова. – Москва : ИНФРА-М, 2018. - 320 с. – Текст : непосредственный.

2. Лисенко В. Г. Хрестоматия Энергосбережения / В. Г. Лисенко, Я. М. Щелоков, М. Г. Ладышев. – Москва : Теплоэнергетик, 2019. - 699 с. – Текст : непосредственный.

3. Протасевич А. М. Энергосбережение в производственных системах / А. М. Протасевич. – Москва : Инфра-М, Новое знание, 2019. - 288 с. – Текст : непосредственный.

4. Сибикин Ю. Д. Технология энергосбережения / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. – Москва : Форум, 2020. - 352 с. – Текст : непосредственный.

УДК 621.3.011.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ С МЕХАНИЧЕСКИМ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕМ

Павлов В. Д., канд. техн. наук, доцент, pavlov.val.75@mail.ru
г. Владимир, Владимирский государственный университет
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых

Аннотация. Аккумулятор механической энергии может быть выполнен в виде электрической машины постоянного тока или вентильной, на валу которой закреплен супермаховик. Аккумулятор механической энергии можно трактовать как искусственный электрический конденсатор, который запасает не энергию электрического поля, а кинетическую энергию вращения супермаховика. В настоящее время существуют конструкции супермаховиков, способные запасать значительную кинетическую энергию.

Ключевые слова: тягач, нагрузка, буксировка, прицеп, аккумулятор, энергия, электрическая машина.

Кратковременные пиковые нагрузки машин и механизмов порождают необходимость в аккумулировании механической энергии для ее последующего импульсного использования. Это вполне актуально, например, для тягачей на стартовом этапе буксировки тяжелых прицепов [1-3]. Применение аккумулятора механической энергии позволит уменьшить мощность двигателя тягача.

Аккумулятор механической энергии может быть выполнен в виде электрической машины постоянного тока или вентильной [4], на валу которой закреплен супермаховик.

При подключении машины к источнику питания возникает нестационарный процесс, описываемый следующими выражениями.

$$\begin{cases} J\dfrac{d^2\varphi}{dt^2}+k\dfrac{d\varphi}{dt}=B2lw\dfrac{D}{2}i \\ B2lw\dfrac{D}{2}\dfrac{d\varphi}{dt}+Ri=U \end{cases},$$

где J – момент инерции супермаховика в совокупности с собственным моментом инерции электрической машины, φ – угловое положение ротора, k – коэффициент вязкого трения, B – значение магнитной индукции, $2l$ – рабочая длина витка якорной обмотки, w – число витков якорной обмотки, D – диаметр якоря, R – активное сопротивление электрической цепи, U – напряжение источника питания.

Для компактности вводится обозначение

$$BlwD=Y. \tag{1}$$

Очевидные начальные условия

$$\varphi(0)=\varphi_0,\ \frac{d\varphi}{dt}(0)=\omega_0. \tag{2}$$

Из второго выражения системы уравнений вытекает

$$\frac{d\varphi}{dt}=-\frac{R}{Y}i+\frac{U}{Y}, \tag{3}$$

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2}=-\frac{R}{Y}\frac{di}{dt}.$$

При подстановке в первое выражение системы уравнений получается

$$-\frac{JR}{Y}\frac{di}{dt}-\frac{kR}{Y}i+\frac{kU}{Y}=Yi,$$

$$\frac{di}{dt}+\left(\frac{Y^2}{JR}+\frac{k}{J}\right)i=\frac{k}{J}\frac{U}{R}.$$

Для компактности вводятся обозначения

$$\frac{Y^2}{JR}+\frac{k}{J}=A,$$

$$\frac{k}{J}\frac{U}{R}=B.$$

В соответствии с этим

$$\frac{di}{dt}+Ai=B. \tag{4}$$

Общее решение этого уравнения имеет вид:

$$i_1=C_1e^{-At}.$$

Частное решение –

$$i_2=C_2.$$

Из этого в сочетании с (4) следует

$$0 + AC_2 = B,$$

$$C_2 = \frac{B}{A}.$$

Ток в цепи имеет вид:

$$i = i_1 + i_2 = C_1 e^{-At} + \frac{B}{A}. \quad (5)$$

Имея в виду (2) и (3),

$$i(0) = \frac{U}{R} - \frac{Y\omega_0}{R}.$$

Из этого в сочетании с (5) следует

$$C_1 = \frac{U}{R} - \frac{Y\omega_0}{R} - \frac{B}{A}.$$

$$i = \left(\frac{U}{R} - \frac{Y\omega_0}{R} - \frac{B}{A}\right)e^{-At} + \frac{B}{A}.$$

$$i = \left(\frac{U - Y\omega_0}{R} - \frac{U}{Y^2/k + R}\right)e^{-t/\tau} + \frac{U}{Y^2/k + R} =$$

$$= \left(\frac{U - E_0}{R} - \frac{U}{R_k + R}\right)e^{-t/\tau} + \frac{U}{R_k + R}. \quad (6)$$

Здесь $E_0 = Y\omega_0$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов И. П. Автопоезд с упруго деформируемыми тягово-сцепными устройствами / И. П. Попов. – Текст : непосредственный // Автомобильная промышленность. – 2023. – № 4. – С. 18-22.

2. Попов И. П. Тягово-сцепные устройства многозвенного транспортного средства / И. П. Попов. – Текст : непосредственный // Известия МГТУ МАМИ. – 2023. – Т. 17, № 1. – С. 35-42.

3. Попов И. П. Модель трогания тяжёлого состава / И. П. Попов. – Текст : непосредственный // Мир транспорта. – 2021. – Т. 19, № 2 (93). – С. 19–24.

4. Павлов В. Д. Немеханический момент инерции в системе ориентирования космического аппарата / В. Д. Павлов. – Текст : непосредственный // Прикладная физика и математика. – 2022. – № 3. – С. 03–05.

УДК 621.3.011.4

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЕМКОСТЬ С МЕХАНИЧЕСКИМ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕМ

Павлов В. Д., канд. техн. наук, доцент, pavlov.val.75@mail.ru
г. Владимир, Владимирский государственный университет
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых

Аннотация. Аккумулятор механической энергии может быть выполнен в виде электрической машины постоянного тока или вентильной, на валу которой закреплен супермаховик. Аккумулятор механической энергии можно трактовать как искусственный электрический конденсатор, который запасает не энергию электрического поля, а кинетическую энергию вращения супермаховика. В настоящее время существуют конструкции супермаховиков, способные запасать значительную кинетическую энергию.

Ключевые слова: тягач, нагрузка, буксировка, прицеп, аккумулятор, энергия, электрическая машина.

Ток аккумулятора механической энергии равен

$$i = \left(\frac{U - E_0}{R} - \frac{U}{R_k + R} \right) e^{-t/\tau} + \frac{U}{R_k + R}. \qquad (6)$$

Здесь $E_0 = Y\omega_0$.

$$\frac{1}{\tau} = \frac{1}{R \quad J/Y^2} + \frac{1}{J/k} = \frac{1}{R \quad J/Y^2} + \frac{1}{\left(J/Y^2\right)\left(Y^2/k\right)} =$$

$$= \frac{1}{RC_J} + \frac{1}{R_k C_J} = \frac{1}{\tau_e} + \frac{1}{\tau_m}. \qquad (7)$$

Если $k = 0,\ R_k = \infty$, то

$$i = \frac{U - E_0}{R} e^{-t/\tau}, \qquad (8)$$

$$\tau = \frac{RJ}{Y^2} = RC_J. \qquad (9)$$

Выражения (8), (9) повторяют соотношения для зарядки электрического конденсатора.

Если соединить между собой концы якорной обмотки, то

$$i = \frac{-E_0}{R} e^{-t/\tau}.$$

Это выражение повторяет соотношение для разрядки электрического конденсатора.

Из формул 6) – (9) следует, что для электрической цепи рассматриваемый аккумулятор механической энергии неотличим от электрического конденсатора [1].

Из этого следует, что в данном случае можно вести речь об искусственной электрическая емкости, которая равна

$$C_J = \frac{J}{Y^2}.$$

Кроме того, возникает искусственное электрическое сопротивление (которое не связано с удельным сопротивлением, длиной и площадью сечения проводников)

$$R_k = \frac{Y^2}{k}.$$

Аккумулятор механической энергии накапливает энергию

$$W = \frac{C_J U^2}{2} = \frac{JU^2}{2Y^2} = \frac{J\omega^2}{2}.$$

Эквивалентная электрическая схема аккумулятора механической энергии представлена на рисунке 1.

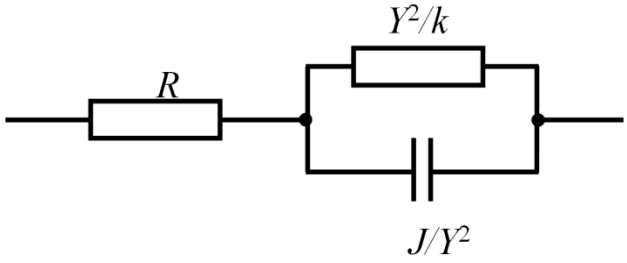


Рис. 1. Электрическая схема аккумулятора механической энергии

На рисунке 2 показан график тока зарядки/разрядки искусственной электрическая емкости

В связи с изложенным аккумулятор механической энергии можно трактовать как искусственный электрический конденсатор, который запасает не энергию электрического поля, а кинетическую энергию вращения супермаховика.

Существуют конструкции супермаховиков, способные запасать существенную кинетическую энергию. Изучалась даже возможность установки их на легковом транспорте. В этом смысле массивные тягачи имеют бесспорное преимущество [2-4], поскольку увеличение веса для них не только не проблематично, но в некоторых случаях желательно.

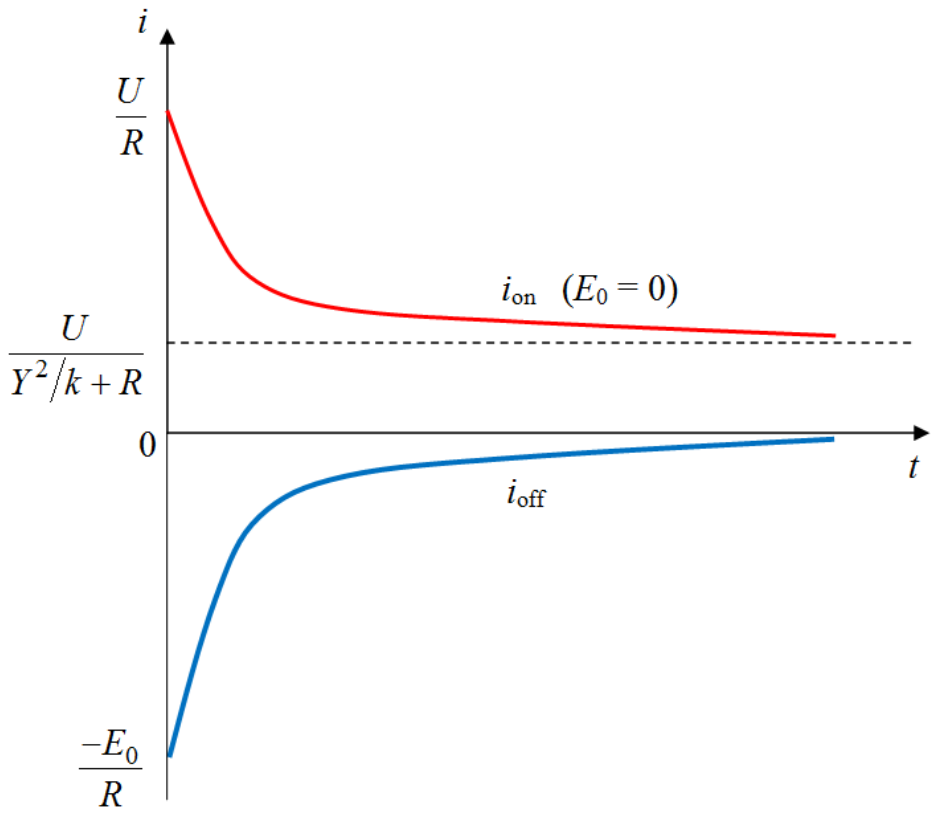


Рис. 2. Характер тока при зарядке и разрядке искусственной электрической емкости

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павлов В. Д. Немеханический момент инерции в системе ориентирования космического аппарата / В. Д. Павлов. – Текст : непосредственный // Прикладная физика и математика. – 2022. – № 3. – С. 03–05.

2. Попов И. П. Автопоезд с упруго деформируемыми тягово-сцепными устройствами / И. П. Попов. – Текст : непосредственный // Автомобильная промышленность. – 2023. – № 4. – С. 18-22.

3. Попов И. П. Тягово-сцепные устройства многозвенного транспортного средства / И. П. Попов. – Текст : непосредственный // Известия МГТУ МАМИ. – 2023. – Т. 17, № 1. – С. 35-42.

4. Попов И. П. Модель трогания тяжёлого состава / И. П. Попов. – Текст : непосредственный // Мир транспорта. – 2021. – Т. 19, № 2 (93). – С. 19–24.

УДК 621.3.011.71

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ НАГРУЗКИ

Пермяков М. О., бакалавр, perm03.03@mail.ru
Чамин Д. Е., бакалавр, chamindima5@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Целью статьи является исследование переходных процессов в кабельной линии при подключении нагрузки. В статье рассмотрена Г – образная схема замещения, которая является расчетным эквивалентом энергетических и электромагнитных параметров реальной кабельной линии. Для принятой Г – образной схемы замещения составлены системы дифференциальных уравнений в нормальной форме Коши при различных характерах нагрузки. Получены графики переходных процессов в кабельной линии при подключении нагрузки.

Ключевые слова: Г – образная схема замещения, переходные процессы, законы Кирхгофа, нормальная форма Коши, кабельная линия

Рассмотрим классическую Г - образную схему замещения кабельной линии (Рис.1). Приведенная Г - образная схема замещения является расчетным эквивалентом энергетических и электромагнитных параметров реальной кабельной линии, которая позволяет исследовать как статические, так и динамические режимы работы.

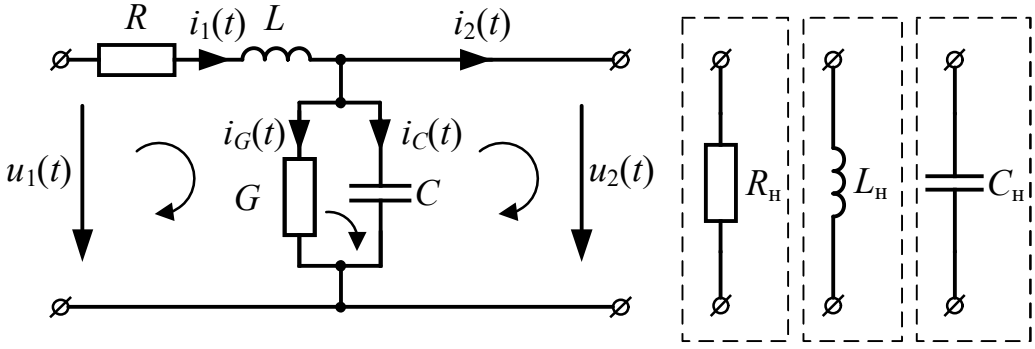


Рис. 1. Г – образная схема замещения кабельной линии

где $u_1(t)$, $u_2(t)$ – мгновенное входное и выходное напряжения соответственно; $i_1(t)$, $i_2(t)$ – мгновенные токи на входе и выходе соответственно; R, L – продольные активное сопротивление и индуктивность соответственно; $i_G(t)$, $i_C(t)$ – активная и индуктивная составляющие тока; g, C – проводимость изоляции и емкость соответственно; $R_н$, $L_н$, $C_н$ – активное сопротивление, индуктивность, емкость, характеризующие характер нагрузки соответственно.

1. Рассмотрим кабельную линию, к концу которой подключена активная нагрузка. Составим систему дифференциальных уравнений по I и II законам Кирхгофа в нормальной форме Коши:

$$\begin{cases} \dfrac{di_1(t)}{dt} = \dfrac{u_1(t) - i_1(t)\cdot R - u_2(t)}{L} \\ \dfrac{du_2(t)}{dt} = \dfrac{i_1(t) - u_2(t)\cdot g - \dfrac{u_2(t)}{R_н}}{C} \end{cases}. \quad (1)$$

2. Рассмотрим кабельную линию, к концу которой подключена индуктивная нагрузка. Составим систему дифференциальных уравнений по I и II законам Кирхгофа в нормальной форме Коши:

$$\begin{cases} \dfrac{di_1(t)}{dt} = \dfrac{u_1(t) - i_1(t)\cdot R - u_2(t)}{L} \\ \dfrac{du_2(t)}{dt} = \dfrac{i_1(t) - i_2(t) - u_2(t)\cdot g}{C} \\ \dfrac{di_2(t)}{dt} = \dfrac{u_2(t)}{L_н} \end{cases}. \quad (2)$$

3. Рассмотрим кабельную линию, к концу которой подключена емкостная нагрузка. Составим систему дифференциальных уравнений по I и II законам Кирхгофа в нормальной форме Коши:

$$\begin{cases} \dfrac{di_1(t)}{dt} = \dfrac{u_1(t) - i_1(t)\cdot R - u_2(t)}{L} \\ \dfrac{du_2(t)}{dt} = \dfrac{i_1(t) - u_2(t)\cdot g}{C + C_н} \end{cases}. \quad (3)$$

В рамках исследований приняты следующие параметры схемы замещения кабельной линии: R=5 Ом, L=1мГн, C=1 мкФ, G=10 мСм

С целью оценки влияния характера нагрузки на переходные процессы в кабельной линии в режиме пуска к ее выходу были подключены попеременно активное сопротивление $R_н$=10 Ом, индуктивность $L_н$=31,8 мГн, емкость $C_н$=318,5 мкФ, а на вход подано переменное напряжение частотой 50 Гц, действующее значение которого 220 В.

На Рис. 2 и Рис. 3 приведены переходные характеристики тока на входе и напряжения на выходе кабельной линии при различных характерах нагрузки. Решение задачи Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений (1), (2) и (3) применительно к данному исследованию выполнено численным методом решения Рунге-Кутты 4 порядка.

При подключении индуктивной нагрузки наблюдается увеличение тока на входе кабельной линии, который с течением времени снижается до

установившегося значения. При подключении активной нагрузки явного переходного процесса не наблюдается при принятых параметрах кабельной линии и нагрузки.

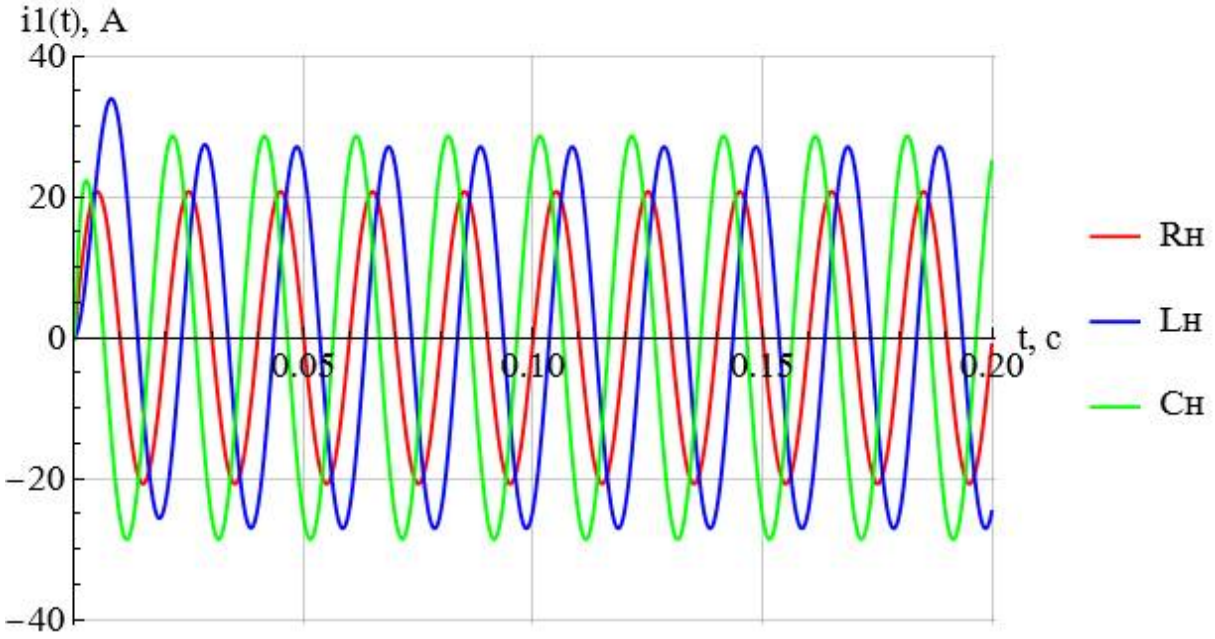


Рис. 2. Переходные характеристики тока на входе кабельной линии при различных характерах нагрузки

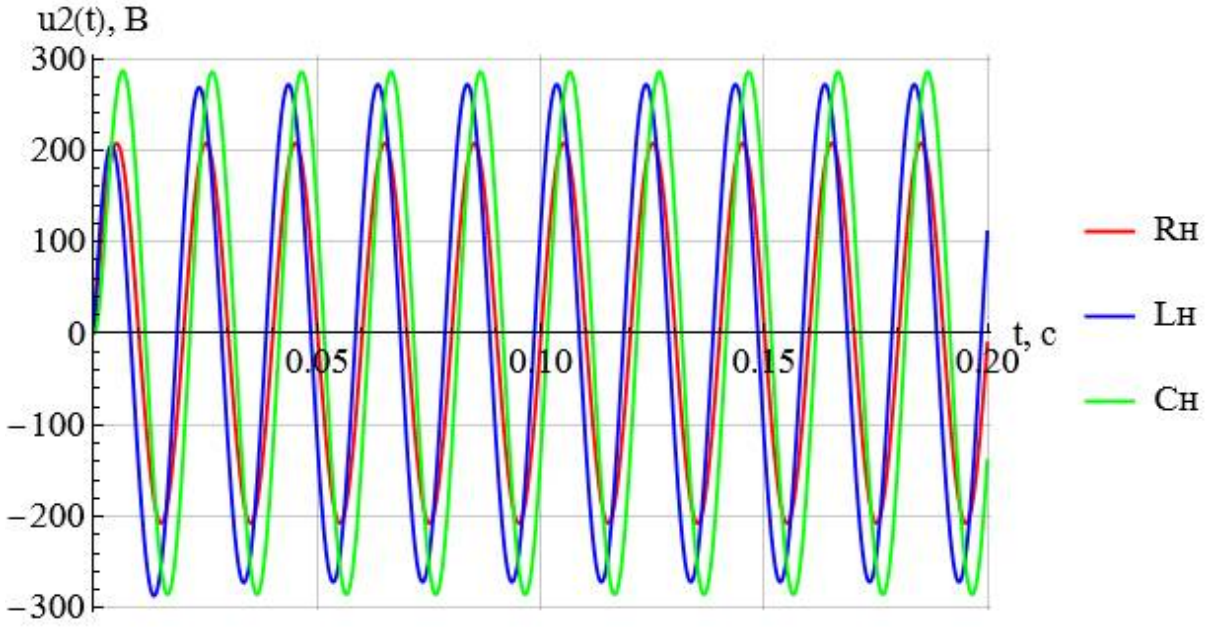


Рис. 3. Переходные характеристики напряжения на выходе кабельной линии при различных характерах нагрузки

Такие образом, получены характеристики переходных процессов тока на входе кабельной линии и напряжение на выходе кабельной линии при различных характерах нагрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Переходные процессы в электротехническом комплексе добывающей скважины с внутрискважинным компенсатором реактивной мощности / А. С. Глазырин, Ю. Н. Исаев, В. А. Копырин [и др.]. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического универ-ситета. Инжиниринг георесурсов. – 2023. – Т. 334, № 5. – С. 168-180.

2. Оптимизация порядка редуцированной динамической модели ненагруженного нефтепогружного кабеля на основе аппроксимации амплитудно-частотной характеристики / А. С. Глазырин, Ю. Н. Исаев, С. Н. Кладиев [и др.]. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332, № 9. – С. 154-167.

3. Определение погонных электротехнических параметров нефтепогружного кабеля / А. С. Глазырин, Ю. Н. Исаев, С. Н. Кладиев [и др.]. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332, № 6. – С. 186-197.

Научный руководитель: Копырин В.А., канд. техн. наук, доцент

УДК 621.316.925

РАЗРАБОТКА ФИЛЬТРА СИММЕТРИЧНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ДЛЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ РЗА

Покидов О. А., магистрант, pokidov.oleg@mail.ru
Зацепина В. И., д-р техн. наук, профессор
г. Липецк, Липецкий государственный технический университет

Аннотация. В данной статье представлено моделирование фильтра симметричных составляющих для устройств релейной защиты и автоматики. Фильтр симметричных составляющих широко используется в электроэнергетических системах для обнаружения и локализации несимметричных и гармонических составляющих тока и напряжения.

Ключевые слова: фильтры, симметричные составляющие, короткоезамыкание, релейная защита

Для борьбы с ассиметричным нарушением работы трёхфазной системы электроснабжения, при возникновении некоторых типов короткого

замыкания (КЗ), принято использовать устройства, которые служат для выделения составляющих токов и напряжений.

В данном исследовании планируется создать модель фильтра, который может быть применён в устройствах релейной защиты.

В ходе были определены следующие задачи:

1. Определить математические формулы симметричных составляющих

2. Смоделировать фильтр на основе этих формул

Метод симметричных составляющих - представляет собой расчёт асимметричной электрической системы, который основан на её разложении на три симметричные (прямую, обратную, нулевую). Преимуществом данного метода является снижение размерности системы уравнений, в случае, когда взаимные междуфазные индуктивности и фазное активное сопротивление и сопротивление самоиндукции равных. На основе математических формул симметричных составляющих, был смоделирован фильтр в Simulink. Структурная схема представлена на рис. 1.

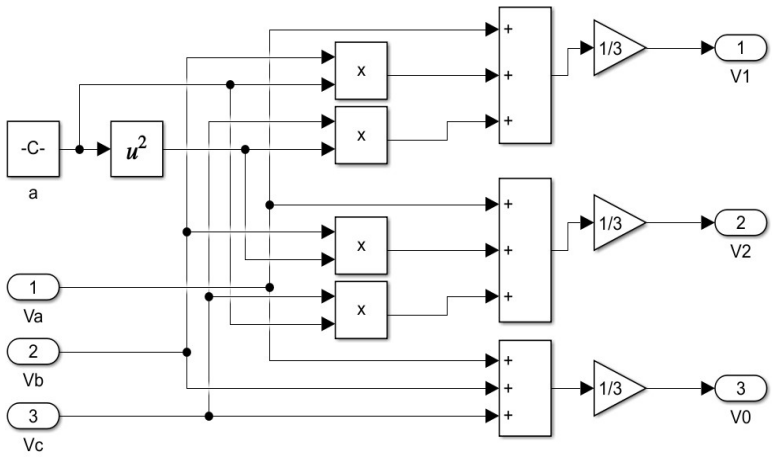


Рис. 1. Смоделированный фильтр

В момент короткого замыкания, значения напряжения всех трёх фаз поступают на фильтр и выводят вектор прямой обратной и нулевой последовательности на дисплей.

Данный фильтр можно использовать в микропроцессорных устройствах РЗА, для получения быстродействием и высокой чувствительностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ушакова Н. Ю. Метод симметричных составляющих / Н. Ю. Ушакова, Л. В. Быковская. – Оренбург : ИПК ГОУ ОГУ, 2010. - 59 с. – Текст : непосредственный.

2. Дьяконов В. П. Matlab и Simulink для радиоинженеров / В. П. Дьяконов. - Саратов : Профобразование, 2017. - 976 с. – Текст : непосредственный.

3. Герман-Галкин С. Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК / С. Г. Герман-Галкин. - Санкт-Петербург : Корона Век, 2017. - 368 с. – Текст : непосредственный.

УДК 621.311

ВАРИАНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ, ВЛИЯНИЕ И ВЫГОДЫ ОТ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Пронин К. М., аспирант, graboidd@mail.ru
Зацепина В. И., д-р техн. наук, профессор, vizatsepina@yandex.ru
г. Липецк, Липецкий государственный технический университет

Аннотация. В настоящее время искусственный интеллект развивается стремительными темпами, оптимизируя привычные процессы. Перед электроэнергетикой встают такие проблемы, как: ограниченность в полезных ископаемых и их негативное влияние на окружающую среду. Исследования в области искусственного интеллекта вселяют огромные надежды в преобразовании энергетической отросли. Из статистических данных, заинтересованность энергетических корпораций к искусственному интеллекту, растет в геометрической прогрессии, а мировой рынок электроэнергии с применением искусственного интеллекта к 2024 году достигнет 8 млрд долларов.

Ключевые слова: искусственный интеллект, энергетическая сфера, электроэнергетика, прогнозирование, устойчивость, окружающая среда.

В наше время искусственный интеллект (ИИ) играет ключевую роль в различных сферах человеческой деятельности, и электроэнергетика не является исключением. Современные технологии ИИ предоставляют уникальные возможности для улучшения эффективности, надежности и устойчивости энергосистем, а также содействуют переходу к более чистой и экологически устойчивой производственной парадигме [1]. В данной статье будет рассмотрено применение новых технологий к отраслевым процессам различного рода и способы получения пользы от искусственного интеллекта в энергетической сфере, а также будут рассмотрены успешные проекты по внедрению ИИ в рабочие процессы.

Точное прогнозирование электропотребления способствует загрузке более эффективных или разгрузке менее эффективных станций с учетом области потребления и времени [2]. Искусственный интеллект способен предсказать периоды возможного использования того или иного возобновляемого источника энергии, такого как солнце, ветер, прилив, отлив и т.д. Все это позволяет производителям повысить стратегию планирования и

применять наиболее устойчивые энергоресурсы [3]. Снижая излишек вырабатываемой электроэнергии и оперируя режимами работы различных станций, достигается снижение выбросов CO2 в окружающую среду.

Возможность определения технического состояния оборудования и различных узлов при помощи искусственного интеллекта может дать четкий прогноз по датам проведения ремонтов [2], а также позволяет выявить незначительные неисправности на ранней стадии, что позволяет в дальнейшем избежать не только крупнозатратного ремонта, но и избежать аварий. Снижение затрат на ремонтную компанию производителей электроэнергии благотворительно сказывается на определение самой цены на данный товар, тем самым повышая привлекательность для конечных потребителей.

Несмотря на то, что ИИ способен вывести компании энергетической сферы на новый уровень, стоит понимать, что для достижения желаемого результата компании необходимо обладать такими критериями, как современная инфраструктура и кибербезопасность, высококвалифицированный персонал, и техническая грамотность в области искусственного интеллекта [4]. Нежелание развиваться, внедрять новые производственные процессы, а также инвестировать в область искусственного интеллекта ставит на этом крест уже на этапе формирования инициативы. Отсутствие квалифицированного персонала, обладающего навыками в областях искусственного интеллекта и энергетики, не позволит реализовать весь возможный потенциал, и скорее всего в дальнейшем приведет к сворачиванию данного проекта. Сбор и хранение данных является завершающим этапом, но отнюдь не менее важным, поскольку отсутствие входных статистических данных не позволит строить достоверные прогнозы, а неудовлетворительный уровень кибербезопасности приведет не только к утечке данных, но и к возможности их подмены.

Среди значимых применений искусственного интеллекта в энергетической сфере выделяются [5]:

1. Управление данными и аналитика: Энергетические компании собирают обширные объемы данных, но искусственный интеллект помогает эффективно анализировать и классифицировать информацию, выявлять закономерности и аномалии, что улучшает процессы управления данными.

2. Разработка оборудования и сооружений: Цифровые двойники создают интерактивные модели, позволяя лучше планировать и проектировать оборудование и сооружения, а также проводить эксперименты в различных условиях [6].

3. Управление оборудованием: Искусственный интеллект может оптимизировать работу оборудования, предлагая настройки для максимальной производительности, например, угол наклона лопастей ветряной турбины.

4. Хранение и утилизация отходов: ИИ помогает анализировать и оценивать воздействие радиоактивных веществ, улучшая безопасность объектов хранения радиоактивных отходов и методы утилизации.

5. Энергетика из возобновляемых источников: ИИ идентифицирует ценные материалы в вышедшем из строя оборудовании и предлагает способы их повторного использования.

6. Обучение сотрудников: Чат-боты на базе ИИ сделали процесс обучения более интересным и продуктивным для сотрудников, помогая им оставаться в курсе отраслевых новостей и знаний.

Искусственный интеллект играет важную роль в различных аспектах деятельности крупных энергетических компаний, таких как Shell, Chevron и Saudi Aramco. Вот более подробное описание того, как каждая из этих компаний использует искусственный интеллект уже сегодня:

1. Shell активно применяет искусственный интеллект в производственных процессах. У компании более 100 приложений с ИИ, которые помогают в планировании спроса на складские запасы, сокращении потерь продуктов и снижении времени простоя оборудования. ИИ также используется для профилактического обслуживания оборудования, и в настоящее время контролирует 10 000 единиц оборудования в компании.

2. Chevron использует искусственный интеллект для создания цифровых двойников своих объектов, что позволяет сотрудникам быстро получать доступ к данным и проводить профилактическое обслуживание и оптимизацию оборудования. Искусственный интеллект также применяется для ускорения геологических исследований, позволяя снизить количество необходимых бурений и делать точные прогнозы на основе исторических данных, что также способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду.

3. Saudi Aramco ставит перед собой цель стать ведущей цифровой энергетической компанией и активно использует искусственный интеллект в различных процессах. Он применяется на крупнейшем нефтеперерабатывающем предприятии Abqaiq для автоматического регулирования процесса стабилизации масла, повышая производительность и снижая выбросы CO2. Искусственный интеллект также используется для прогнозирования сжигания углеводородного газа на факелах, что позволяет компании принимать меры для снижения выбросов.

Все эти компании показывают, как искусственный интеллект способствует улучшению эффективности, снижению негативного воздействия на окружающую среду и оптимизации процессов в энергетической отрасли.

Искусственный интеллект стал незаменимым инструментом в электроэнергетике, оказывая глубокое воздействие на весь сектор [4]. В данной статье мы рассмотрели, как ИИ улучшает производительность, надежность и устойчивость энергосистем, способствует оптимизации ресурсов и сни-

жению негативного воздействия на окружающую среду. Подводя итог, можно с уверенностью сказать, что использование искусственного интеллекта в электроэнергетике сегодня – это не просто необходимость, но и стратегическое решение, которое содействует развитию отрасли, экологической устойчивости и обеспечению потребителей энергией более качественным образом. С учетом быстрого развития технологий ИИ, дальнейший прогресс в электроэнергетике обещает быть захватывающим, и внимательное использование этих инноваций будет являться ключевым элементом достижения целей устойчивости и процветания в данной отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Егоров А. А. Основные направления применения технологий искусственного интеллекта в электроэнергетике: зачем он нужен и на что способен / А. А. Егоров. – Текст : непосредственный // Автоматизация и IT в энергетике. – 2023. – № 10 (171). – С. 6-14.

2. Бершадский И. А. Использование искусственного интеллекта для прогнозирования электропотребления энергосбытовой компании / И. А. Бершадский, С. Г. Джура, А. А. Чурсинова. – Текст : непосредственный // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2020. – № 4 (80). – С. 7-16.

3. Зубова Н. В. Оптимизация вырабатываемой мощности ветроэнергетической установки на основе нейронных сетей / Н. В. Зубова, А. А. Ачитаев, А. А. Бурдун. – Текст : непосредственный // Новое в российской электроэнергетике. – 2018. – № 3. – С. 40-49.

4. Унижаев Н. В. Особенности внедрения нейросетей и систем искусственного интеллекта на предприятиях электроэнергетики / Н. В. Унижаев. – Текст : непосредственный // Вопросы инновационной экономики. – 2023. – Т. 13, № 1. – С. 215-232.

5. Хренников А. Ю. Принципы построения систем искусственного интеллекта и их применение в электроэнергетике / А. Ю. Хренников, А. Ю. Хренников, Ю. Я. Любарский. – Текст : непосредственный // Энергетик. – 2022. – № 3. – С. 22-30.

6. Савина Н. В. Применение технологии цифровых двойников на цифровых подстанциях / Н. В. Савина, Д. С. Покровский. – Текст : непосредственный // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. – 2023. – № 101. – С. 83-87.

УДК 658.51

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАК ОСНОВА УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Руднева Л. Н., д-р экон. наук, профессор, rudnevaln@tyuiu.ru
Иванов Г. Г., магистрант, g.g.ivanov@novatek-e.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Предложен подход к комплексной оценке энергоэфективности производства нефтегазодобывающего предприятия, результаты которого положены в основу формирования системы беззатратных, мало затратных и затратных мероприятий по обеспечению энергосбережения и повышения энергоэффективности.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, комплексная оценка, энергосберегающие мероприятия.

Актуальность проблемы повышения энергоэффективности ТЭК определяется высокой энергоемкостью процесса добычи углеводородного сырья, негативным воздействием объектов энергетики на окружающую природную среду, ростом стоимости энергетических ресурсов, что в совокупности оказывает значительное влияние на устойчивость развития нефтегазовых компаний [1].

Оценка использования энергетических ресурсов ООО «РН-Уватнефтегаз» показала, что в последние годы темпы роста объема потребления электроэнергии существенно превосходят темпы роста выручки от реализации продукции. Это обуславливает необходимость выявления проблем в области использования энергетических ресурсов и активного поиска инновационных решений, обеспечивающих энергосбережение.

К настоящему времени сложилось два подхода к комплексной оценке энергоэффективности производства на предприятиях топливно-энергетического комплекса. Первый подход связан с комплексной оценкой энергоэффективности с позиции рациональности и результативности использования энергетических ресурсов в процессе производственной деятельности [2], второй - с позиции различных составляющих процесса энергопотребления на предприятии [3]. Выбор конкретного подхода зависит от решаемых в процессе оценки задач. Если результаты оценки должны составить основу принятия управленческих решений, направленных на энергосбережение и повышение энергоэффективности, то целесообразным представляется использование второго подхода. В этом случае авторы предлагают проведение балльной комплексной оценки энергоэффективности с выделением производственного и управленческих блоков (организационного, экономического и социально-психологического).

Каждый из перечисленных блоков характеризуется определенным набором показателей и диапазоном их балльной оценки. К числу показателей производственного блока относятся: удельный расход электроэнергии, доля утилизации попутного нефтяного газа, удельный вес внедренных инновационных технологий из числа применимых в Обществе и предусмотренных справочником «Наилучшие доступные технологии в области повышения энергоэффективности и энергосбережения», разработанного ПАО «НК-Роснефть». Организационный блок отражает взаимодействие структурных подразделений и работников предприятия по вопросам, касающимся исследуемой области, степень нормирования потребления и охват приборами учета всех видов энергоресурсов, качество ведения документации в рассматриваемой области. Экономический блок учитывает экономию энергоресурсов в результате проведенных мероприятий по энергосбережению, долю стимулирующих выплат за экономию энергоресурсов в фонде оплаты труда, удельный вес инвестиций в энергосберегающие проекты в общем объеме инвестиционных затрат. Показателями социально-психологического блока являются: удельный вес вовлеченных в процесс энергосбережения сотрудников в общей численности работающих; количество работников, прошедших обучение на курсах по энергосбережению в расчете на 100 работающих.

Комплексная оценка энергоэффективности ООО «РН-Уватнефтегаз», проведенная с привлечением профильных специалистов, составила 52 балла, что интерпретируется как удовлетворительная. Она позволила установить, что мероприятия по энергосбережению и повышению энергоэффективности должны быть в первую очередь связаны с производственным блоком. Кроме того, требуется улучшение оценочных показателей экономического и социально-психологического блоков. С учетом этого на Рис. 1 представлена предлагаемая совокупность мероприятий, классифицированных по затратам на их осуществление.

Реализация беззатратных мероприятий позволит улучшить межструктурные и межличностные коммуникации в рассматриваемой сфере, усовершенствовать планирование потребления энергоресурсов, создаст информационную базу для использования передовых разработок. Мало затратные мероприятия направлены на оперативное реагирование на отклонения в технологическом процессе, повышение активности и грамотности персонала в вопросах энергосбережения и повышения энергоэффективности.

Для отбора затратных мероприятий из числа возможных и предварительно отобранных была проведена оценка их экономической эффективности с последующим ранжированием по индексу рентабельности и сроку окупаемости.



Рис.1. Классификация мероприятий в области энергосбережения и повышения энергоэффективности по затратам на их реализацию

Реализация представленных мероприятий позволит повысить комплексную оценку до 78 баллов, что означает переход от удовлетворительной оценки к хорошей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шевелева А. В. Повышение энергоэффективности нефтегазового комплекса России как условие его устойчивого развития: возможности восприятия европейского опыта / А. В. Шевелева. – Текст : непосредственный // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12. – С. 2621-2625.

2. Руднева Л. Н. Методические аспекты оценки энергоэффективности производства предприятий нефтегазовой отрасли / Л. Н. Руднева, О. В. Руденок. – Текст : непосредственный // Фундаментальные исследования. – 2021. – № 4. – С. 78-82.

3. Холодионова А. С. Комплексная оценка эффективности использования энергетических ресурсов на газодобывающем предприятии / А. С. Холодионова. – Текст : непосредственный // Сегодня и завтра российской экономики. Серия: Отраслевая наука. – 2016. - № 75-76. - С. 67-70.

УДК 621.316

АВТОМАТИЗАЦИЯ СБОРА И ВЕРИФИКАЦИИ СКВАЖИННЫХ ДАННЫХ, ИНТЕРАКТИВНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДИНАМИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ PYTHON

Семенов А. Ю, аспирант aysemenov9@gmail.com
Кузяков О. Н., д-р техн. наук, зав. кафедрой, kuzyakovon@tyuiu.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В целях повышения энергоэффективности нефтегазодобывающих предприятий предлагается посредством цифровизации и автоматизации повысить контроль за энергетическими установками месторождения. К внедрению предлагается ПО для автоматизации сбора промысловых скважинных данных, их анализа, и принятия решения об оптимизации режимов работы добывающих (ЭЦН) и нагнетательных (ДНС) скважин. Кроме того, промысловые данные тесно связаны с адаптацией гидродинамических моделей и прогнозировании показателей разработки. Реализованы алгоритмы верификации данных в полуавтоматическом режиме, автоматическая подготовка данных для занесения в ГДМ, а также интерактивная визуализация работы скважин с наложением множества скважин на одном графике для оценки взаимовлияния скважин. Сопоставительные графики разных источников данных: ШТР, МЭР, сводки ЦПС, интегрально и поскважинно. Произведена интеграция с картами разработки в ПО Isoline.

Ключевые слова: системный анализ, энергосбережение, автоматизация.

В данный момент верификация и анализ исходных данных занимают весомую часть рабочего времени специалиста по разработке, особенно остро стоит вопрос с месторождениями с большим фондом скважин и длительной историей разработки, где требуется анализ больших объемов разнородных геологических и технологических данных. В связи с вышеприведенными фактами, улучшение качества и скорости работы с исходными данными является актуальным на большинстве активов и позволит разгрузить специалистов, что приведет к более качественному проведению анализа, принятию оперативных решений и проведении расчетов по оптимизации режимов [1]. Что в свою очередь приведет к большему энергосбережению за счет оптимизации работы технологических установок (ЭЦН, ДНС) работающих от электричества, и снижению операционных затрат. Данная методика создана и опробирована на данных ВосточноТарко-Салинского месторождения. В данный момент методика активно используется при адаптации ГДМ, анализе разработки и подготовке материалов для обоснования ГТМ и оптимизации режимов работы. Данная методика показала свою эффективность при обработке данных 235 скважин с историей работы до 30 лет. Достоверность и обоснованность выводов: поэтапно при реализации проекта производились поскважинный контроль дан-

ных и сверка их с существующей историей, собираемой в ручном режиме в течение многих лет (устоявшейся методикой). На рисунке 1 представлен алгоритм работы:

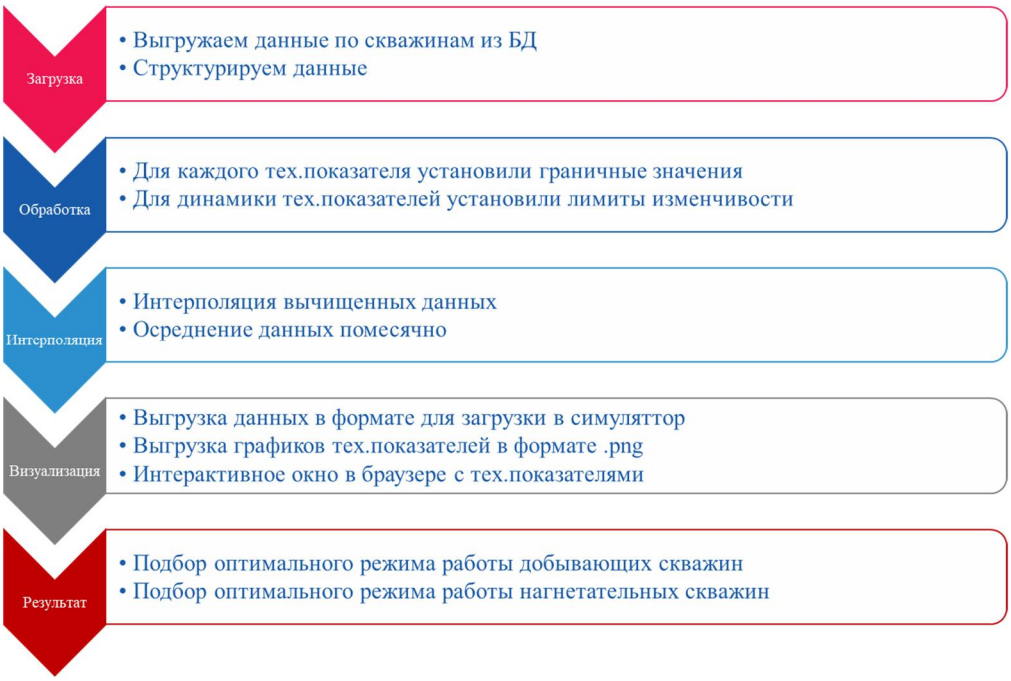


Рис.1. Алгоритм работы

Согласно алгоритма специалист делает запрос к базе данных (БД) и затем приводит их к установленному формату для дальнейшей обработки скриптом [2, с.572]. На вход подаются технологические показатели работы всего фонда скважин за всю историю порядка 500 000 строк и 60 колонок. Для каждой скважины скриптом строится осредненный тренд для каждого параметра. Верифицируются данные не соответствующие динамике работы скважины, путем создания логических правил по отклонению замеренного параметра от скользящего среднего тренда. Так, например, для дебита жидкости введены критерии по отклонению от тренда: не более 200м3/сут, не более 80%. Данные критерии подобраны опытным путем для каждого наблюдаемого параметра, до удовлетворительной сходимости с трендами полученными при экспертной обработке специалистом [3, с.115]. Далее проводилась интерполяция вычищенных данных. Для целей моделирования и более удобного представления данные усреднялись помесячно. Обработанные данные возможно выгрузить как в специальном формате для симулятора, так и отобразить в интерактивном окне в браузере. Мониторинг работы скважин в интерактивном окне позволяет оперативно отслеживать отклонение технологических показателей от оптимальных, и при необходимости оперативно оптимизировать работу скважин. Так, например, можно увидеть динамику роста давления на приеме насоса, проанали-

зировать показатели работы установки (ток загрузки, частоту, температуру) и самой скважины (обводненность, газовый фактор, дебиты), проанализировать работу нагнетательных скважин ближайшего окружения. И в результате анализа специалист может оперативно принять решение о необходимости оптимизации работы наблюдаемой скважины и влияющей скважины ППД. Эти предиктивные мероприятия помогут повысить энергоэффективность работы ЭЦН, и уберечь от преждевременного отказа. Помогут определить оптимальный режим ППД, тем самым увеличить удельный показатель закачки (количество добываемой нефти/количество закаченной воды), что тоже положительно скажется на энергоэффективности ДНС.

Выводы: таким образом оперативный мониторинг и минимизация человеческого фактора посредством системного анализа большого объема данных позволит достичь большей энергоэффективности технологических установок на месторождении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евсюткин И. В. Интеллектуальная информационная система для управления фондом скважин нефтегазодобывающего предприятия: 05.13.01 : автореф. дис. канд. техн. наук / И. В. Евсюткин; ТПУ. - Томск, 2021. - 21 с. – Текст : непосредственный.

2. Лутц М. Изучаем Python / М. Лутц. – Санкт-Петербург : ООО “Диалектика”,2019. — 832 с. – Текст : непосредственный.

3. Оразбаев Б. Б. Теория и методы системного анализа : учебное пособие / Б. Б. Оразбаев, Л. Т. Курмангазиева, Ш. К. Коданова. – Москва : Издательский дом Академии Естествознания, 2017. – 248 с. – Текст : непосредственный.

УДК 62-523

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИНХРОНИЗАЦИИ ПРИ ДВИЖЕНИИ МНОГОПРИВОДНОЙ СИСТЕМЫ ИСПОЛЬЗУЕМОЙ НА МЕХАНИЗМАХ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗОВ

Синюков А. В., аспирант, zeitsn@yandex.ru
Синюкова Т. В., канд. техн. наук, доцент, stw0411@mail.ru
г. Липецк, Липецкий государственный технический университет

Аннотация. Осуществление процесса перемещения грузов напрямую зависит от его агрегатного состояния. Так как зачастую возникает необходимость контроля происходящего с целью предотвращения нежелательных явлений, таких как просыпание или расплескивание перемещаемого груза на пути, по которому осуществляется передвижение. Дан-

ное обстоятельство формирует предъявление к системам управления механизмами перемещения определенных требований. При пуске многодвигательного механизма необходимо предотвратить проскальзывание колес, которое может привезти к негативно сказывающимся на всех показателях системы управления и механической части колебательным явлениям в виде толчков. Предлагаемый метод позволяет снизить описанное негативное явление, он подразумевает внедрение в систему управления электроприводами регулятора, состоящего из регуляторов пропорционального и пропорционально-интергального типов и блока, выполняющего коррекцию по разности скоростей.

Ключевые слова: электропривод, регулятор, система управления.

На текущий момент корректировка систем управления механизмами является актуальной темой для исследования. Данные разработки позволяют усовершенствовать механизмы, являющиеся частью технологического процесса, приведя к ускорению динамики происходящих в системе управления электроприводом процессов и повышению их качества [1, 2, 3,]. Механизмы перемещающие груз нашли широкое применение во всех сферах деятельности человека [4, 5]. Перемещаемый груз, при этом имеет как жидкое, так и твердое состояние. В процессе пуска устройства, перемещаемый груз, является дополнительной нагрузкой, что может вызвать пробуксовку колес механизма перемещения, и как следствие, привести к расплескиванию или рассыпанию груза на пути, по которым объект перемещается. На первоначальном этапе исследования были сформированы зависимости скорости и моментов от времени в реальном механизме, базируясь на его исходных характеристиках и цикле работы. По полученным данным о параметрах пусковых и тормозных моментов, показателей скорости в установившемся режиме было определено время переходного процесса на каждом этапе движения, согласно технологическому процессу механизма перемещения груза, при наличии и отсутствии груза на механизме.

Далее, на основании исходных данных о двигателях и системе управления ими была рассчитана двухмассовая система, упругого характера, состоящая из двух вращающихся масс с моментами инерции, позволяющая учитывать деформации, оказывающие влияния на объект и систему управления им.

Методом подбора коэффициента демпфирования была отлажена исходная система управления при моделировании процесса разгона механизма, служащего для перемещения груза. При этом были полученные следующие данные, изменение коэффициента демпфирования снижает колебательность системы интенсивнее, чем регулирование жесткости скоростной характеристики разгона двигателя

Предлагаемая для решения рассматриваемой проблемы методика содержит регулятор с перекрестными связями, который формирует данные для контура тока электроприводов передней и задней оси (Рис. 1). Вход-

ными сигналами регулятора являются два параметра: значение, полученное в результате вычитания из заданной частоты вращения текущей частоты вращения; значение, являющееся разницей моментов вращения двигателей.

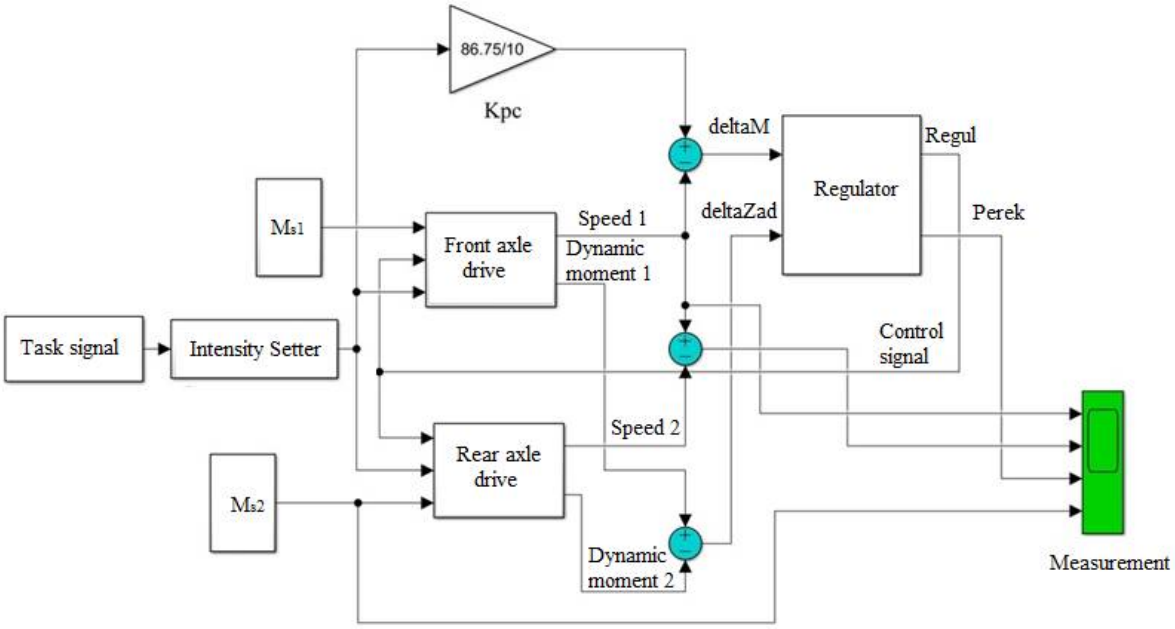


Рис. 1. Система с регулятором с перекрестными связями

Отличительной особенностью предлагаемого регулятора от регулятора тока и регулятора, служащий для выравнивания нагрузок между приводами, является то, что в разработанном регуляторе у каждого контура регулирования свой коэффициент пропорциональности. Контур частоты вращения, рассчитан на работу, когда разница заданной частоты вращения и текущей меньше значения уставки, а контур момента, когда разница больше. В регуляторе присутствует возможность осуществления компенсации статической ошибки, имеющей место при работе контура скорости.

Устройство регулятора представлено на Рис. 2.

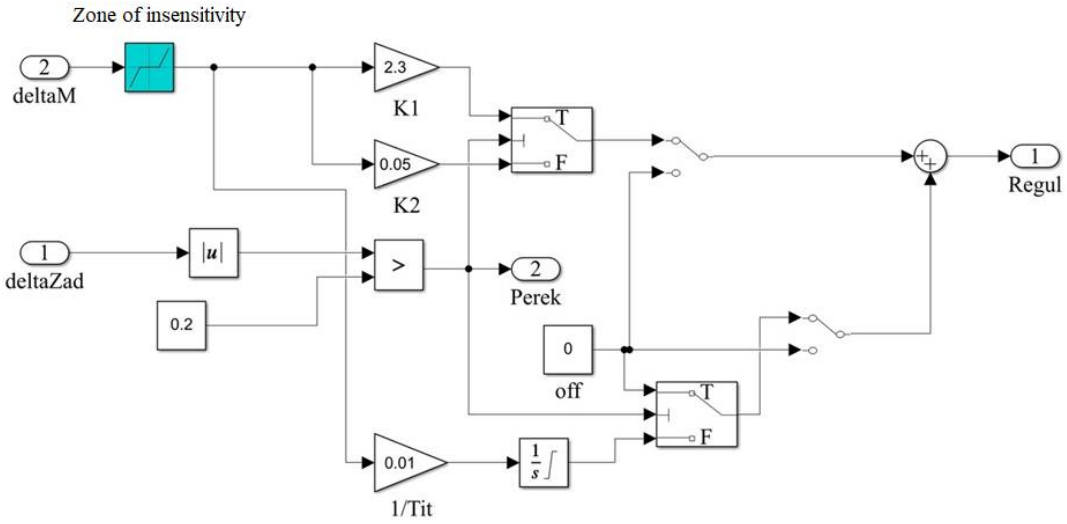


Рис. 2. Структура регулятора

Входным сигналом системы является задание на скорость, которое формируется согласно технологическому процессу. При моделировании предлагаемой системы в среде Matlab были получены следующие результаты. В результате переключения контуров импульсы переключения имеют вид коротких промежутков времени, так как параметры имеют незначительные отклонения от сигнала задания (Рис. 3).

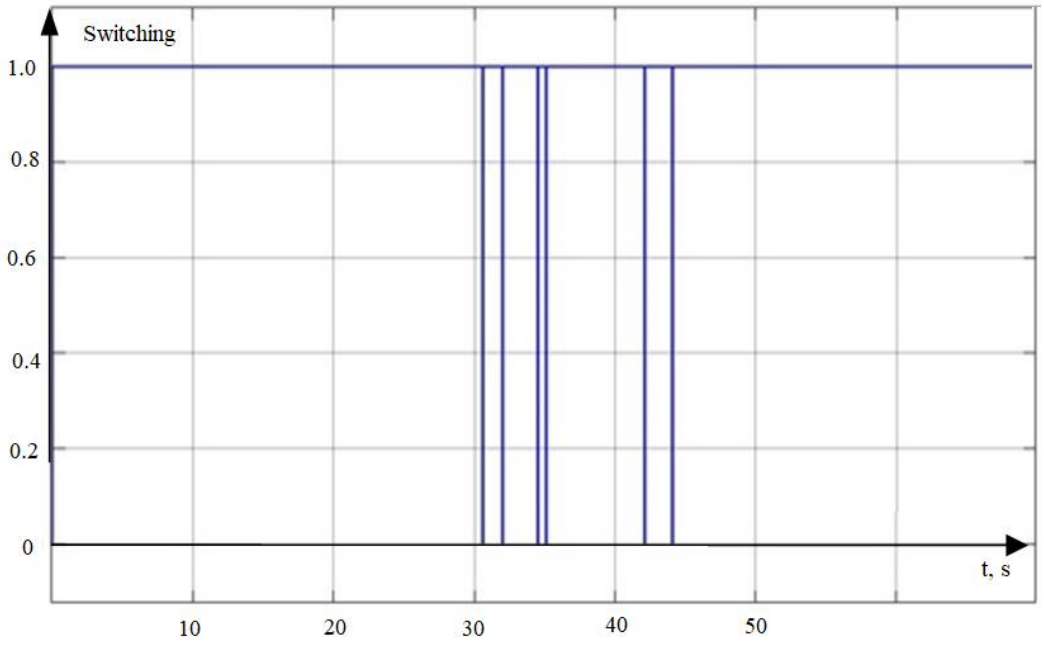


Рис. 3. График импульсов переключения

Статический момент представлен при использовании предлагаемого регулятора в виде затухающих колебаний на промежутке 0…14 секунды, при этом максимальная его амплитуда составила 285 Нм, в последующем

график момента переходит в прямую линию и выходит на установившееся значение 243 Нм (Рис. 4).

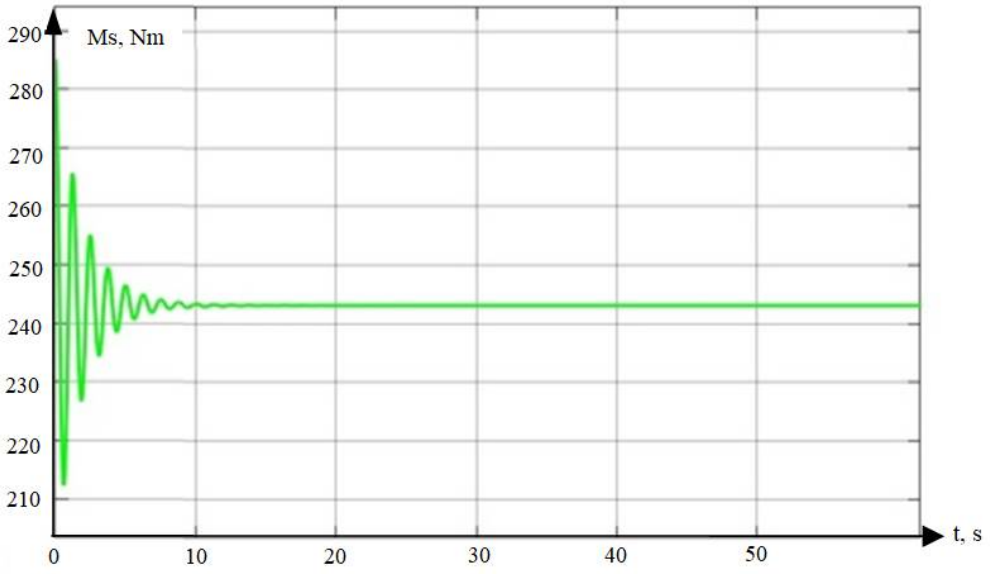


Рис. 4. График формирования момента

Использование предлагаемой методики актуально как при исследовании динамических процессов, так и при статическом характере процесса, в связи отсутствием в структуре системы управления компенсирующих контуров. Для практической реализации предложенного метода управления следует лишь внести изменения в программу управления контроллером.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вдовин В. В. Синтез адаптивного наблюдателя координат бездатчикового асинхронного электропривода / В. В. Вдовин, В. В. Панкратов. – Текст : непосредственный // Известия томского политехнического университета. - 2012. - Т. 320, № 4 . - С. 147-153.

2. Оптимизированные бездатчиковые системы управления механизмами перемещения грузов / А. В. Синюков, Т. В. Синюкова, Е. И. Грачева [и др.]. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. - 2021. - Т. 23, 6. - С. 87-98.

3. Динамика электропривода с нечетким регулятором / С. В. Ланграф, А. И. Сапожников, А. С. Глазырин [и др.]. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. – 2010. - Т. 316. №4. - С. 168-173.

4. Козярук А. Е. Современные эффективные электроприводы производственных и транспортных механизмов / А. Е. Козярук. – Текст : непосредственный // Электротехника. - 2019. - № 3. - С. 33-37.

УДК 621.34-52

ОБСЛУЖИВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИЯ И КОНТАКТНОЙ СЕТИ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

Снежинская Е. С., магистрант, s.theses@mail.ru
Абдуллина А. Р., магистрант, 77aida77@gmail.com
г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. Исследование посвящено обеспечению надежности и эффективности высокоскоростных железнодорожных магистралей, где энергия передается поездам. Работа фокусируется на контроле и обслуживании систем передачи электроэнергии, с использованием передовых лазерных систем для измерения контактного провода на высоких скоростях. Результаты подчеркивают важность регулярного обслуживания контактной сети, особенно при скоростях более 200 км/ч, где вибрации и другие факторы могут вызвать износ и повреждения. Рассматриваются также технологии замены контактного провода, с акцентом на комплексную замену для поддержания качества токосъема. Исследование предоставляет важную информацию для повышения надежности и безопасности высокоскоростных железнодорожных систем.

Ключевые слова: электроснабжение, контактная сеть, лазерные системы измерения.

На высокоскоростных железнодорожных магистралях, где энергия передается на движущийся поезд, тяговые подстанции оборудованы передовой техникой для надежности и эффективности. Управление ими осуществляется удаленно с центрального поста, и они функционируют в автоматическом режиме, без постоянного присутствия персонала.

Высоковольтные контакторы и переключатели - элементы, подверженные износу, подвергаются замене и обслуживанию согласно предписаниям производителя, аналогично тому, как это делается с тяговыми трансформаторами.

Контактная сеть на железнодорожных магистралях высокой скорости требует постоянного внимания, регулярного обслуживания и настройки. Под долгосрочным воздействием токоприемников контактный провод изнашивается [1]. Скорость износа зависит от множества факторов, включая скорость движения поездов, интенсивность движения, давление, с которым контактируют токоприемники, и тип используемых вставок. Например, японские стандарты Синкансэн указывают на то, что после 10

000 проходов токоприемников износ контактного провода составляет приблизительно 0,01 мм на высоту [2].

Участки с секционированием и сниженным натяжением провода могут привести к увеличенному износу. При скоростях более 200 км/ч, вибрации, вызванные различными факторами, такими как взаимодействие токоприемников с контактной сетью, аэродинамические воздействия и образование наледи, могут ослабить крепления и даже привести к ломке элементов подвески. Вибрации также могут возникнуть под воздействием ветра. Поэтому регулярный контроль контактного провода и подвески имеет решающее значение для предотвращения потенциальных проблем, включая разрушение контактной сети или токоприемников.

На высокоскоростных железнодорожных магистралях, где энергия передается движущимся поездам, существует критическая необходимость в надежном контроле и обслуживании систем передачи электроэнергии. Несмотря на активные исследования и разработки в этой области, ключевым аспектом обеспечения бесперебойной работы контактной сети является систематический мониторинг и регулировка всех ее компонентов.

Инструментальный контроль состояния контактной сети неотъемлемая часть этого процесса. Основные методы контроля осуществляются с помощью специализированных измерительных и инспекционных поездов, которые периодически оценивают состояние контактной сети.

Для проверки динамических характеристик системы электроснабжения используется специализированное оборудование в составе инспекционных вагонов. Важно отметить, что контроль работы токоприемников и проведение необходимых измерений производятся при максимальной скорости движения, установленной для данной магистрали.

Информация, полученная от инструментов измерительных вагонов, включает в себя следующие параметры контактного провода:

1. Высота подвески.
2. Диапазон высоты подвешивания.
3. Уклоны контактного провода и их изменения со временем.
4. Отклонения или "зигзаг" контактного провода.
5. Износ контактного провода, измеряется остаточным диаметром.

Измеренные данные переводятся в цифровой формат и автоматически записываются в базу данных инспекционных поездов. Затем эти данные передаются в центр управления, где они используются для уточнения планов технического обслуживания [3].

До недавнего времени, измерение остаточного диаметра контактного провода выполнялось с использованием механических систем, включающих измерительные ролики и стержни. Однако эти системы имели свои ограничения, такие как ограничение скорости измерения и погрешности [4].

Сегодня применяются передовые лазерные системы для измерения контактного провода на высокоскоростных железнодорожных магистралях. Эти системы обеспечивают высокую точность и могут работать на скоростях до 270 км/ч с интервалом измерения в 5 см.

Лазерный луч, исходящий от твердотельного лазера, направляется через систему призм и зеркал непосредственно на контактный провод. Затем лазерный луч сканирует участок провода в направлении движения поезда, обеспечивая сканирование каждые 5 см при скорости 270 км/ч. Отраженный луч попадает на фотоумножитель, и полученный сигнал переводится в цифровой формат. Эти данные сохраняются в базе данных инспекционного поезда вместе с координатами измерения [4].

На высокоскоростных магистралях, где проводится замена примерно 450 км контактного провода ежегодно, частичная замена на коротких участках оказывается неэффективной, так как новый провод делает подвеску более жесткой, что негативно сказывается на качестве токосъема. Поэтому чаще всего применяется комплексная замена провода.

Современные технологические процессы замены контактного провода базируются на специализированной технике и высококвалифицированных сотрудниках. Работы проводятся в ночное время, в строго заданные временные рамки, с высокой степенью точности, включая съемку и удаление старого провода, установку и натяжение нового с использованием специальных механизмов [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Левшунов В. П. Высокоскоростная железнодорожная магистраль Москва-Казань (ВСМ-2): инновации в проектировании и строительстве / В. П. Левшунов, С. В. Бушуев. −Текст: непосредственный // Инновационный транспорт. – 2018. – №. 4. – С. 9-18.

2. Чернышова Л. И. Роль ресурсосбережения в оптимизации затрат предприятий железнодорожного транспорта / Л. И. Чернышова. − Текст: непосредственный // Управление экономическими системами: электроннный научный журнал. – 2016. – №. 11 (93). – С. 20.

3. Литвиненко А. Р. Пропускная способность инфраструктуры городского электротранспорта / А. Р. Литвиненко, М. В. Ферапонтова, Р. С. Литвиненко. − Текст: непосредственный // Электротехнические комплексы и системы. – 2018. - № 4. – С. 158-163.

4. Сычугов А. Н. Применение машинного обучения для анализа технических характеристик и параметров эксплуатируемого подвижного состава на высокоскоростных железнодорожных магистралях / А. Н. Сычугов. − Текст: непосредственный // Бюллетень результатов научных исследований. – 2023. – №. 2. – С. 171-180.

5. Методика определения интегрального показателя надежности разрабатываемой электротехнической системы / Р. С. Литвиненко, А. Э. Аухадеев, Б. И. Сафиуллин [и др.]. −Текст: непосредственный // Электротехнические системы и комплексы. – 2021. – №. 1 (50). – С. 50-57.

УДК 004.942, 621.311.4

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ SIMULINK ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ УСТРОЙСТВ РЗА СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Сороченко П. А., аспирант, sorochenko.pavel48@gmail.com
Зацепина В. И., д-р техн. наук, профессор
г. Липецк, Липецкий государственный технический университет

Аннотация. Большинство программ моделирования работы устройств РЗА выполняют функцию расчета по заданным алгоритмам, что практически исключает возможность влияния цспециалиста на порядок расчета. Применение подобных программ также не позволяет моделировать новые алгоритмы защит и автоматик, отличные от встроенных в то или иное ПО. С учетом данных факторов в рамках данной работы был проведен анализ возможностей ПО Simulink при моделировании работы алгоритмов защит и автоматик, на примере разработанной модели устройства РЗА силового трансформатора 35/10 кВ.

Ключевые слова: моделирование, устройства РЗА, подстанции, Simulink.

Устройства защиты силовых трансформаторов являются одними из наиболее важных в системе РЗА подстанций. Это обусловлено не только высокой стоимостью защищаемого оборудования, но и требованиями к надежности электроснабжения потребителей. Основываясь на этом, в рамках данной работы рассматривается разработанная модель устройства РЗА силового трансформатора, которая позволяет задавать абсолютно любой алгоритм, используя встроенные блоки Simulink, а также отслеживать параметры работы системы в процессе моделирования, и, в случае необходимости, вносить корректировки в уставки устройства РЗА.

Для анализа возможностей Simulink используется разработанная модель, однолинейная схема которой представлена на рис. 1.

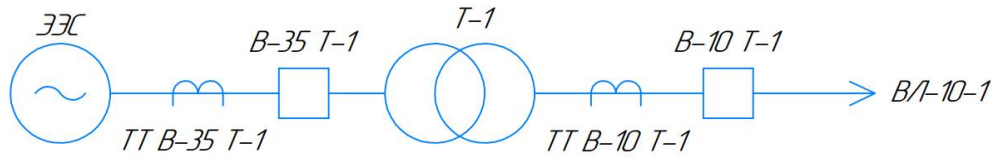


Рис. 1. Однолинейная схема модели

По сути, ПО Simulink, представляет собой большой набор блоков, большинство из которых являются простыми, т.е. расчет по эквивалентным формулам не составит труда. Это позволяет моделировать практически любые алгоритмы, в том числе и устройства РЗА.

Данная особенность является крайне важной на фоне остальных программ, которые способны моделировать только изначально заданные алгоритмы в уже сформированных блоках. Такие программы не позволяют привносить какие-либо изменения в модель устройств РЗА.

На рис. 2 представлена модель трансформатора с устройством РЗА.

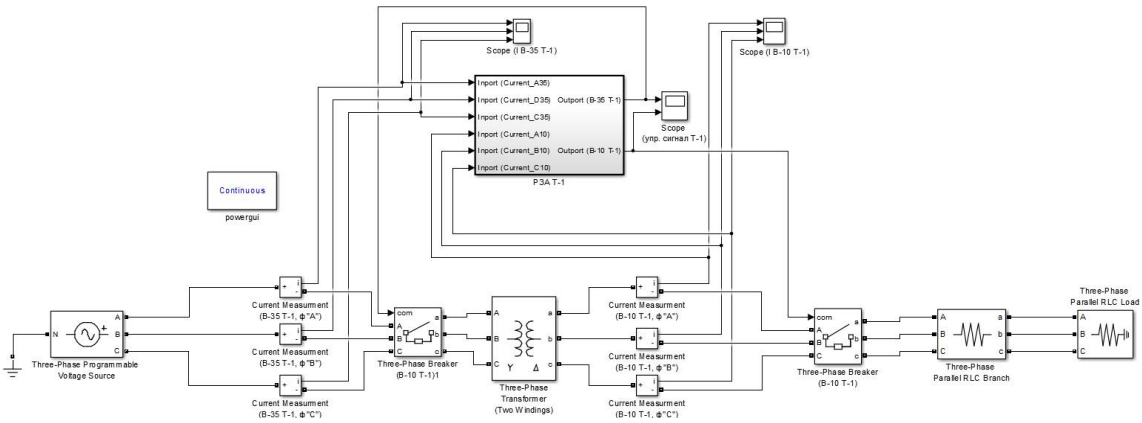


Рис. 2. Модель силового трансформатора с устройством РЗА

Основным объектом исследования в рамках данной работы является устройство РЗА силового трансформатора, алгоритм которого задан таким образом, чтобы моделировались основные и резервные защиты трансформатора и вводных выключателей, а именно: дифференциальная защита трансформатора (ДЗТ), максимальная токовая защита (МТЗ) В-35 Т-1, максимальная токовая защита (МТЗ) В-10 Т-1.

На рис. 3 представлена схема блока РЗА Т-1.

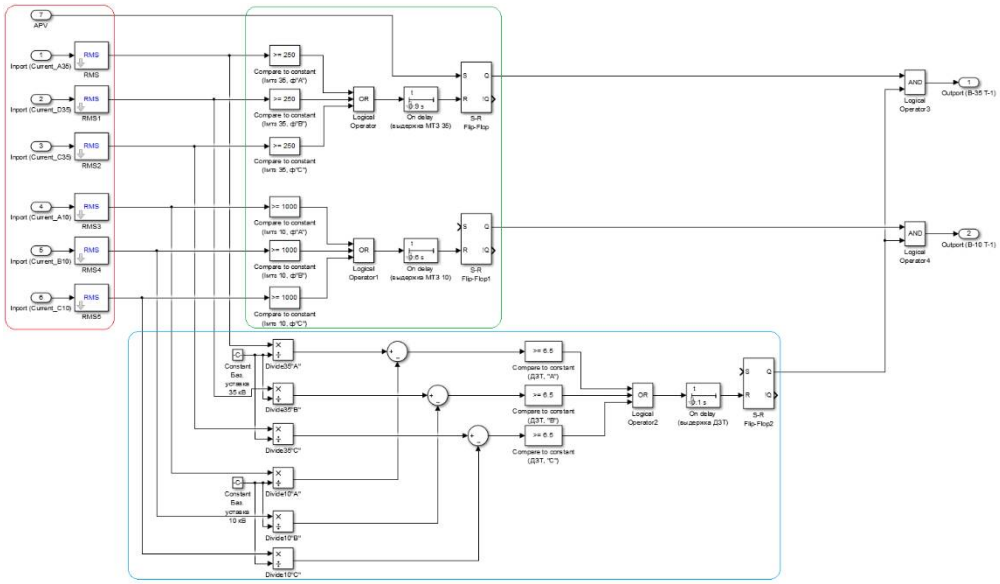


Рис. 3. Схема блока «РЗА Т-1»

Красным цветом выделена измерительная часть блока, которая преобразует мгновенные значения токов в действующие, для дальнейшей работы блока, зеленым – логическая часть МТЗ В-35 Т-1 и В-10 Т-1, синим – логическая часть блока, отвечающая за работу ДЗТ.

Расчет уставок защит выполнялись классическим методом, с применением общепризнанных формул.

В качестве примера осциллограмм, полученных в процессе моделирования, приводятся значения измерительных блоков при продолжительном трехфазном коротком замыкании на ошиновке 35 кВ, которое возникает на 1 с моделирования, уставка ДЗТ по току – 6,5 о.е., по времени – 0,1 с.

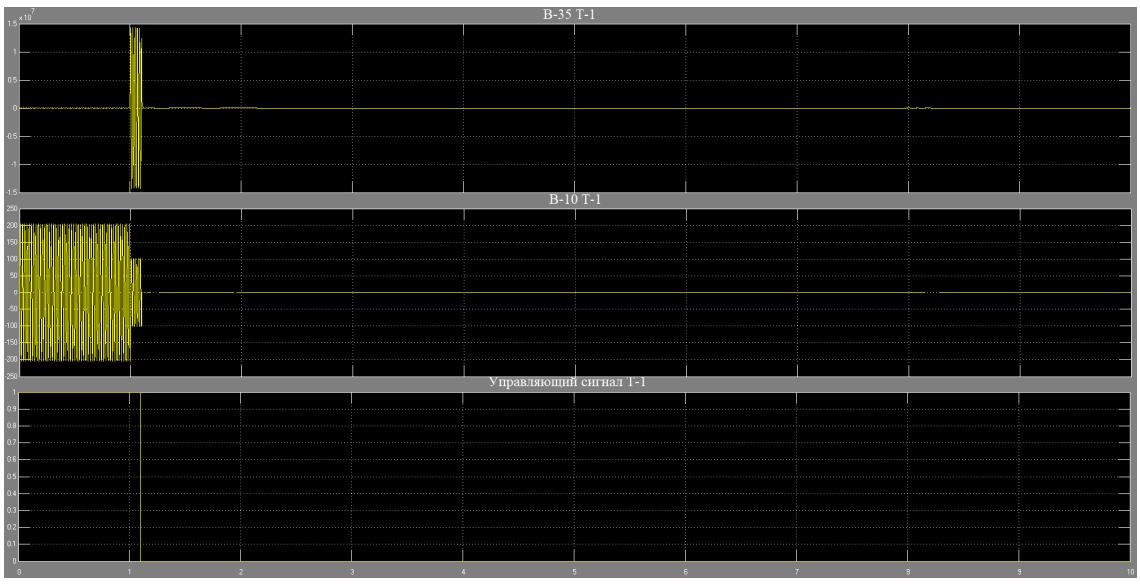


Рис. 4. Осциллограммы при моделировании КЗ на ошиновке 35 кВ

Для анализа используются осциллограммы с ТТ В-35 Т-1, ТТ В-10 Т-1 и управляющий сигнал выключателями В-35 Т-1 и В-10 Т-1. Как видно, Simulink позволяет отследить значения параметров в любой момент эксперимента с высокой точностью.

Анализируя осциллограммы можно сделать вывод, что ДЗТ в данном опыте отработала корректно, что подтверждает адекватность модели устройства РЗА силового трансформатора в части ДЗТ.

Помимо этого, на основе данной модели были выполнены еще несколько опытов, результаты которых приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты проведения опытов

Место КЗ	Защита	Результат
На конце ВЛ-10-1	МТЗ В-10 Т-1	Успешно
Шины 10 кВ (за ТТ В-10 Т-1)	МТЗ В-10 Т-1	Успешно
Шины 10 кВ (в зоне действия ДЗТ)	ДЗТ Т-1	Успешно

На основе результатов проведения опытов, в различных режимах работы сети, можно сделать вывод, что адекватность модели устройства РЗА находится на высоком уровне, т.к. все алгоритмы отработали корректно, с учетом основных принципов РЗА.

Заключение. В ходе выполнения работы разработана модель устройства РЗА силового трансформатора, которая продемонстрировала высокие показатели адекватности в части моделирования устройства РЗА.

Отличительной особенностью данной модели, является возможность вносить корректировки в алгоритмы работы устройства, в результате чего можно повысить точность настройки уставок применительно к реальным объектам. Помимо этого, возможность корректировки позволяет моделировать новые алгоритмы РЗА без материальных затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьяконов В. П. Simulink 5/6/7: Самоучитель. / В. П. Дьяконов. – Москва : ДМК Пресс, 2008. – 784 с. – Текст : непосредственный.

2. Методические указания по выбору параметров срабатывания устройств РЗА подстанционного оборудования производства ООО НПП «ЭКРА» : СТО 56947007-29.120.70.99-2011 : утв. ОАО «ФСК ЕЭС» 13.09.2011 : ввод в действие с 13.09.2011. – Москва : ОАО «ФСК ЕЭС»; 2011. – 216 с. - Текст : непосредственный.

3. Костюченко Л. П. Имитационное моделирование систем электроснабжения в программе MATLAB: учебное пособие / Л. П. Костюченко. - Красноярск, 2012. – 215 с. - Текст : непосредственный.

4. Шабад М. А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей / М. А. Шабад. – Санкт-Петербург : ПЭИПК, 2003. – 350 с. - Текст : непосредственный.

5. Андреев А. В. Релейная защита систем электроснабжения в примерах и задачах / А. В. Андреев. - Ульяновск: УлГТУ, 2007. - 231 с. - Текст : непосредственный.

УДК 621.31

РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ И СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Сухачев И. С., канд. техн. наук, доцент, suhachevis@tyuiu.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Работа посвящена разработке средств выявления неисправностей электрооборудования электротехнических комплексов и систем на основе машинного обучения. Описана необходимость разработки тепловой модели оборудования для отображения и анализа распределения температуры внутри объекта при различных рабочих режимах и обнаружения его неисправностей.

Ключевые слова: электротехнический комплекс, диагностика, импульсные перенапряжения, тепловая модель, машинное обучение.

Общеизвестно, что надежность любых сложных систем определяется надежностью наиболее слабого элемента [1, 2]. В случае силовых трансформаторов, являющихся наиболее важными и дорогостоящими устройствами в составе электротехнических комплексов и систем, а также состоящих из магнитопровода, обмоток, каркаса для обмоток, изоляции, системы охлаждения, прочих элементов (для монтажа, доступа к выводам обмоток, защиты трансформатора и т. п.), наиболее подверженными износу являются элементы изоляции и охлаждения.

Раннее обнаружение внутренних неисправностей трансформатора снижает затраты на технологические простои и ремонт за счет планирования процедуры ремонтных работ для исключения аварийного отказа. Тепловые повреждения - это виды внутренних повреждений, которые приводят к повышению температуры в трансформаторе, вызывающему ускоренное старение изоляции.

Температурные реакции при разных режимах работы в силу своей универсальности возникают на всех этапах эксплуатации электротехниче-

ского оборудования. Существенный расход ресурса оборудования происходит при воздействии импульсных перенапряжений.

Для анализа распределения температуры внутри трансформатора при различных рабочих режимах и обнаружения его неисправностей актуальным является разработка тепловой модели трансформатора [3]. Точность такой модели зависит от моделирования электрической схемы питания, геометрических параметров конструкции, моделирования теплопередачи и граничных условий.

Структура современных систем диагностирования и прогнозирования остаточного ресурса оборудования в общем виде может состоять из четырех основных составляющих [2, 4]: датасета - исходного набора данных, на основе которого выполняется система диагностирования и прогнозирования; базы знаний - набор знаний в виде структурированных правил обработки датасета, включающих в себя экспертный опыт; математического аппарата, с помощью которого описывается механизм работы системы диагностирования и прогнозирования; результатов в виде отчета с рекомендациями о дальнейшей эксплуатации оцениваемого оборудования.

Таким образом, рассмотрен подход к разработке средств выявления неисправностей электрооборудования электротехнических комплексов и систем, отмечена особенность структуры современных систем диагностирования и прогнозирования на основе машинного обучения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Некоммерческой организации «Благотворительный фонд «ЛУКОЙЛ».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романов В. С. К вопросу о повреждаемости, обслуживании и ремонтах погружного электрооборудования нефтедобычи / В. С. Романов, В. Г. Гольдштейн. – Текст: непосредственный // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. - 2020. - Т. 28, № 2 (66). - С. 111-123.

2. Сухачев И. С. Цифровая система диагностики технического ресурса асинхронных электродвигателей при импульсных перенапряжениях / И. С. Сухачев. – Текст : непосредственный // Новые технологии - нефтегазовому региону : материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Тюмень, 2023. – С. 57-58.

3. Bouhaddiche R. Thermal modelling of power transformer / R. Bouhaddiche, S. Bouazabia, I. Fofana. – Direct text // 19th International Conference on Dielectric Liquids. - Manchester, 2017. - P. 1–4.

4. Пат. 2655948 Российская Федерация, МПК G01R 31/00. Устройство регистрации, идентификации перенапряжений и оценки остаточного

ресурса изоляции погружных электродвигателей : № 2017109534 : заявл. 21.03.2017 : опубл. 30.05.2018 / Сушков В.В., Сухачев И.С. ; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тюменский индустриальный университет» (ТИУ). - Текст : непосредственный.

УДК 628.97

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ОСВЕЩЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЦЕХА ОРГАНИЗАЦИИ ООО «ГАЗПРОМНЕФТЬ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ»

Сычев И. А, обучающийся, igor.sychev89@mail.ru
г. Ноябрьск, Ноябрьский колледж профессиональных и информационных технологий

Аннотация. Тенденция к энергосбережению является неотъемлемой составляющей на производстве. Проектирование системы освещения на энергосберегающих осветительных электроустановках в долгосрочной перспективе значительно снизит затраты на электроэнергию. Целью работы является расчет и формирование осветительной системы на светодиодных светильниках. Методами исследования являются анализ, синтез. В результате работы спланировано и рассчитано рабочее освещение для исследуемого объекта.

Ключевые слова: освещение, светильник, энергоэффективность.

В качестве объекта проектирования рабочего освещения выступает ремонтно-механического цеха, участок службы высоковольтных линий (СВЛ) организации “Газпромнефть Энергосистемы” ПрЭО “Холмогорнефть”. Основными источниками литературы выступают материалы по гигиеническим основам освещения и нормативные материалы в области электроэнергетики.

Рабочее освещение представляет собой освещение, обеспечивающее нормируемые световые условия, то есть интенсивность и качество освещения в помещении и на рабочем месте. Оно может быть общим, комбинированным и местным [4]. Габариты исследуемого участка составляют 16х12х9м (АхВхН).

В качестве источника освещения предложен промышленный пылевлагозащищенный светодиодный светильник ДСП 1319 48Вт с номинальным световым потоком 4800Лм. Выбор LED лампы связан с небольшим потреблением количеством электроэнергии, безопасностью и энергоэффективностью. С учетом времени окупаемости и длительностью эксплуатации они дают возможность сэкономить на электрической энергии.

Расчетная часть заключается в определении характеристик помещения и осветительных электроустановок, их количества и суммарной мощности.

Площадь помещения рассчитывается по формуле (1):

$$S = A * B = 16 * 12 = 192 м^2 \quad (1)$$

Индекс помещения определяется по формуле (2):

$$i = \frac{S}{(A+B) * H} = \frac{192}{(16*12) * 9} = 0,76 \quad (2)$$

Для определения коэффициента использования светового потока необходимо руководствоваться показателем отражения света, который зависит от цвета или материла стен, полов, потолка, а также индексом помещения. Чем выше значение коэффициента использования, тем эффективней используется световой поток осветительной электроустановки [1]. Показатель отражения p_c поверхности стен составляет 0,5 или 50%, так как они окрашены в светло-зеленый, показатель отражения поверхности пола составляет p_n 70%, цвет светло-желтый. Материал потолка – бетон, p_p 30% [2]. В результате коэффициент использования светового потока **η равен 47% или 0,47.**

При расчете предварительно примем, что количество светильников равно *N = 30*. Световой поток лампы определяется по формуле (3):

$$F_л = \frac{E_{нор} * K * S * Z}{\eta * N} = \frac{200 * 1,5 * 192 * 1,15}{0,47 * 30} = 4697 Лм \quad (3)$$

где, $E_{нор}$ - нормируемая освещенность, K – коэффициент запаса, S – площадь помещения, Z – отношение средней освещенности к минимальной, η – коэффициент использования светового потока, N – первоначальное количество светильников.

При расчете светового потока лампы необходимо руководствоваться сводом правил СП, в котором приведены требования норм освещенности помещений. Общий уровень освещенности по участку службы высотных линий составляет $E_{нор}$ 200Лк. Коэффициент запаса K зависит от запыленности помещения, является табличным значением и для исследуемого участка составляет 1,5. Отношение средней освещенности к минимальной Z принимается для светодиодных ламп равным 1,15 [3].

Правильность выбора количества светильников проверяется по формуле (4):

$$\frac{F_л}{F_{табл}} = \frac{4697}{4800} = 0,97 \quad (4)$$

Это удовлетворяет условию (0,9…1,2), увеличивать число подходящих ламп не требуется, отклонение составляет не более 5%.

Определим потребляемую суммарную мощность всех светильников по формуле (5):

$$P_{сум} = p * N * n = 48 * 30 * 1 = 1440 Вт \quad (5)$$

где, p – мощность лампы, N – количество светильников, n – количество ламп в светильнике.

В результате работы спроектирована осветительная система на основе энергоэффективных светодиодных светильниках, был произведен расчет рабочего освещения с учетом норм производственного освещения и определено необходимое количество светильников для ремонтно-механического цеха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гончаров А. Д. Универсальный метод расчета коэффициента использования светового потока осветительных приборов / А. Д. Гончаров, В. И. Туев. – Текст : электронный // Доклады ТУСУР. - 2017. - № 2. – URL : https://cyberleninka.ru/article/n/universalnyy-metod-rascheta-koeffitsienta-ispolzovaniya-svetovogo-potoka-osvetitelnyh-priborov (дата обращения: 20.10.2023).

2. Данилов Н. И. Основы энергосбережения : учебник / Н. И. Данилов, Я. М. Щелоков. – Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. - 564 с. - Текст: непосредственный.

3. Естественное и искусственное освещение : СП 52.13330.2016 : утв. М-вом строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации 07.11.2016 : ввод в действие с 08.05.2017. – Москва : Минстрой России, 2016. – Текст: непосредственный.

4. Жукова Е. В. Гигиенические основы производственного освещения. Методы обследования и гигиеническая оценка световой среды на рабочих местах : учебное пособие / Е. В. Жукова, Г. В. Куренкова. – Иркутск : ИГМУ, 2021. - 51 с. - Текст: непосредственный.

УДК 004.8+621.31

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ «ФАБРИКА ДАННЫХ» В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Терентьев П. В., канд. техн. наук, доцент, terentyevpv@inbox.ru
Евстифеева Е. В., магистрант, rockcraz@yandex.ru
Мартюхин Д. А., обучающийся, daniilmartyukhin@mail.ru
г. Нижний Новгород, Нижегородский государственный агротехнологический университет

Аннотация: В данной научной статье описывается современный подход к развитию электроэнергетической системы Российской Федерации, который включает использование структурированных и облачных технологий для управления базами данных и бизнес-аналитикой. Основным элементом этого подхода является фабрика данных, которая представляет собой централизованную систему обработки массивов данных, использующую методы искусственного интеллекта и машинного обучения для прогнозирования спроса на ресурсы и оптимизации работы электросетевого оборудования. Для создания такой системы используется отечественная облачная платформа Yandex Cloud. Результаты работы фабрики данных передаются пользователям системы, что позволяет повысить эффективность управления электроэнергетическим бизнесом.

Ключевые слова: облачные технологии, цифровизация, электроэнергетика.

Современный подход к развитию единой электроэнергетической системы Российской Федерации предполагает внедрение и применение структурированных и облачных технологий, позволяющих управлять базами данных и бизнес-аналитикой посредством обработки огромных массивов данных с использованием методов искусственного интеллекта и машинного обучения на основании методологии, которая используется для создания, развертывания и управления сетями связи. Данное направление, представленное в концепции одной из крупнейших в мире электросетевых холдингов ПАО «Россети» – «Цифровая трансформация 2030», является ключевым. Ожидаемый эффект от внедрения – повышение эффективности управления электросетевым бизнесом [3, 4].

Фабрика данных (англ. Data Fabric – DF) в электроэнергетическом комплексе – централизованная система обработки массивов данных, основной целью которой является повышение эффективности работы электроэнергетических холдингов за счет высокоточного прогнозирования спроса на ресурсы и оптимизации работы электросетевого оборудования. Технология позволяет собирать данные потребления и генерации электроэнергии с различных источников, включая датчики, системы мониторинга и управления. Далее собранные данные обрабатываются и анализируются с использованием алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта для выявления закономерностей, тенденций и аномалий в работе

электрических сетей. Результат анализа позволяет прогнозировать поведение электрических сетей и оптимизировать их работу [1, 2].

Структура данной технологии делает возможным интеграцию внешних систем – хранилище данных, система обработки естественного языка, машинное обучение, большие данные. DF имеет требования: необходимо иметь большой объем структурированных данных; обеспечение высокой производительности и эффективности работы посредством высокой скорости обработки данных; гарантия сохранности и конфиденциальности данных; гибкость и масштабируемость системы [5].

Для создания централизованной системы используется отечественная облачная платформа Yandex Cloud. Алгоритм создания DF представлен на схеме (Рис. 1).

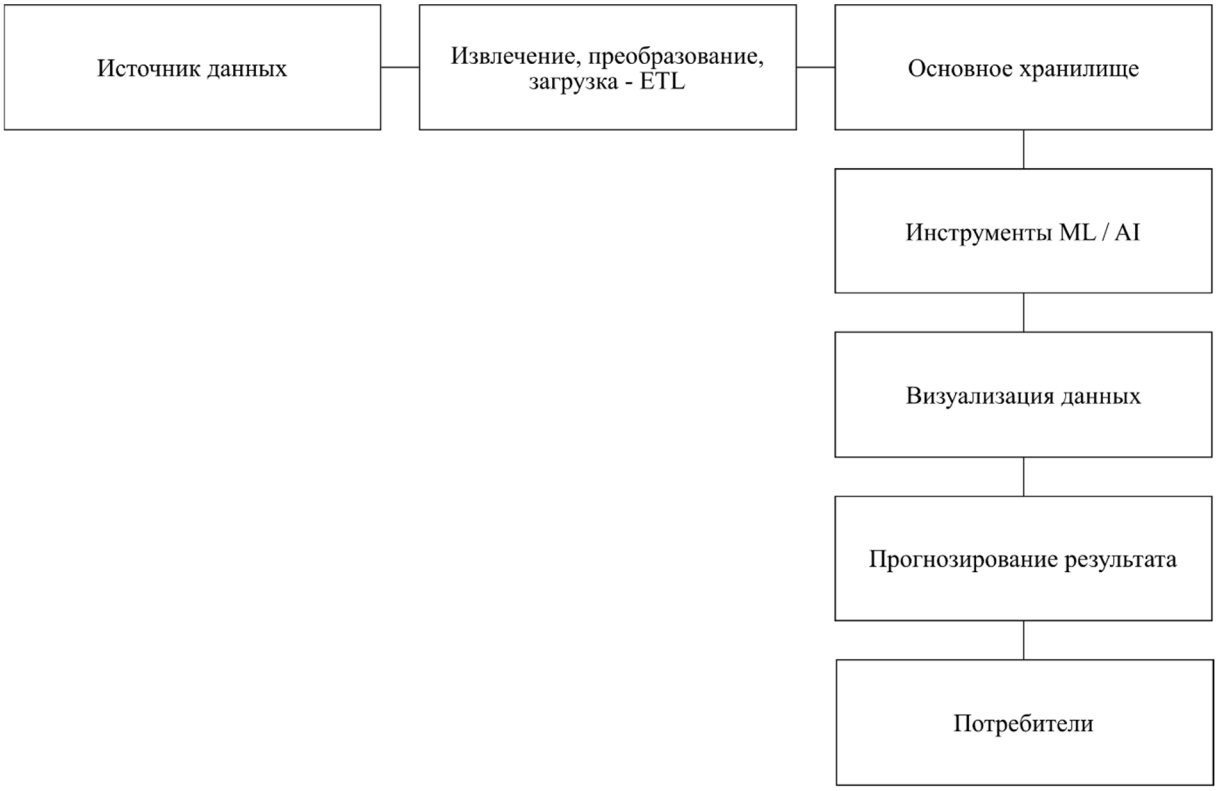


Рис. 1. Алгоритм создания DF через облачную платформу Yandex Cloud

ETL-процессы позволяют извлекать данные из различных источников, а затем преобразовывать их в формат, который должен быть загружен и обработан с применением специализированных инструментов. Обработанные данные переходят в основное хранилище. Инструменты ML / AI – инструменты, которые используются для анализа данных и выявления закономерностей в процессе обработки, позволяют автоматизировать процессы обработки данных и повысить эффективность работы системы управления электроэнергетической инфраструктурой. На основании анализа данных о потреблении за прошлые периоды, алгоритмы ML позволяют

выявить тенденции и сделать прогнозы на будущие периоды. Заключительным этапом является передача результатов пользователям системы.

Результат данной научной статьи заключается в создании современного подхода развития единой электроэнергетической системы Российской Федерации. Использование отечественных облачных платформ, таких как Yandex Cloud, позволяет создавать централизованную систему DF с высокой производительностью и обеспечением надежности защиты данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вьюгин В. В. Математические основы машинного обучения и прогнозирования / В. В. Вьюгин. – Москва : МЦНМО, 2018. – 484 с. – Текст : непосредственный.

2. Крылов В. В. Большие Данные и их приложения в электроэнергетике. От бизнес-аналитики до виртуальных электростанций / В. В. Крылов, С. В. Крылов. – Москва : 2014. – 166 с. – Текст : непосредственный.

3. Концепция. Цифровая трансформация 2030. - Текст : электронный // Группа «Россети» : [официальный сайт]. - 2023. - URL : https://www.rosseti.ru/investment/Kontseptsiya_Tsifrovaya_transformatsiya_2030 (дата обращения : 08.11.2023).

4. Агравал А. Искусственный интеллект на службе бизнеса. Как машинное прогнозирование помогает принимать решения / А. Агравал, А. Голдфарб, Д. Ганс. – Москва : 2019. – 336 с. – Текст : непосредственный.

5. Гудфеллоу Я. Глубокое обучение / Я. Гудфеллоу, И. Бенджио, А. Курвилль. – Москва : ДМК Пресс, 2018. – 652 с. – Текст : непосредственный.

УДК 621.3

ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Угрюмов М. А., магистрант, mishaugr22951@gmail.com
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье приведен способ применения машинного обучения, основанного на статистических данных температуры окружающей среды и потребленной электроэнергии, а также регрессионная математическая модель для прогнозирования электропотребления нефтеперекачивающего предприятия.

Ключевые слова: прогнозирование электропотребления, машинное обучение, модель, XGBRegressor, градиентный бустинг, градиентный спуск, ансамбль моделей.

Машинное обучение — это область искусственного интеллекта, которая занимается разработкой алгоритмов и моделей, которые могут "обучаться" на основе данных и автоматически улучшать свою производительность без явного программирования. Оно позволяет компьютерам "учиться" на основе опыта и использовать полученные знания для прогнозирования результатов, принятия решений или выполнения задач.

Обучение с учителем: В этом случае модель обучается на основе размеченных данных, где имеются входные данные (признаки) и соответствующие им правильные ответы (целевые значения).

XGBRegressor — это модель машинного обучения [1], которая используется для решения задачи предсказания числовых значений (регрессии). Она основана на методе градиентного бустинга.

В представленной работе входными данными для обучения являются 'Значение температуры окружающей среды', 'Год', 'Месяц', 'День', 'Час' с соответствующими им числовыми значениями о расходе электроэнергии. XGBRegressor строит модель, используя много слабых моделей, называемых решающими деревьями. Каждое дерево предсказывает какую-то часть значения, а затем все эти предсказания объединяются вместе, чтобы получить окончательное предсказание.

Особенность XGBRegressor заключается в том, что каждое новое дерево в модели исправляет ошибки, допущенные предыдущими деревьями. То есть, если одно дерево недооценило значение, следующее дерево будет пытаться исправить эту ошибку, и так далее. Это позволяет модели становиться все более точной по мере добавления новых деревьев.

Градиентный бустинг — это метод машинного обучения, который используется для создания сильной и предсказательной модели на основе множества слабых моделей. Градиентный бустинг строит модель, состоящую из множества слабых моделей (обычно решающих деревьев), которые называются «слабыми», потому что они дают неполные или неточные предсказания [2]. Сначала, модель строит одно дерево и делает предсказания на основе имеющихся данных. Затем, сравнивает эти предсказания с фактическими значениями и находит ошибки модели. Для исправления этих ошибок модель добавляет следующее дерево, которое фокусируется на предсказании этих ошибок. Этот процесс повторяется множество раз, каждый раз строя новое дерево, чтобы исправить ошибки предыдущих деревьев. Постепенно, с добавлением новых деревьев, модель становится все точнее и способна предсказывать целевые значения более точно. Это происходит потому, что каждое новое дерево учитывает ошибки предыдущих деревьев и пытается исправить их.

В основе градиентного бустинга лежит комбинация двух ключевых концепций: градиентного спуска и ансамблей моделей.

Градиентный спуск — это оптимизационный алгоритм, который используется для нахождения минимума (или максимума) функции. Он работает путем итеративного обновления параметров модели в направлении наискорейшего убывания (или возрастания) функции потерь. В контексте градиентного бустинга градиентный спуск используется для минимизации функции потерь, которая измеряет разницу между предсказанными значениями модели и фактическими значениями.

Ансамбль моделей — это подход, при котором несколько слабых моделей (таких как решающие деревья) объединяются вместе, чтобы создать более сильную и предсказательную модель. Каждая слабая модель может давать неполные или неточные предсказания [3], но комбинирование их предсказаний позволяет улучшить общую точность и способность модели к обобщению на новые данные. В градиентном бустинге ансамбль моделей строится последовательно, где каждая новая модель исправляет ошибки, допущенные предыдущими моделями.

Применив данный способ машинного обучения, были получены сравнительные данные, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительные показания предсказанного и фактического значения потребленной электроэнергии нефтеперекачивающего предприятия

№ п/п сравнения	Предсказанное значение, кВт	Фактическое значение, кВт	Погрешность прогноза, %
3817	495.049957	494	0.21
1075	497.964020	505	1.4
296	506.210083	505	0.34
2045	52.388406	52	0.8
1703	61.635326	62	0.6
4614	79.407166	76	4.48
3673	534.899506	540	0.95
3458	491.773590	489	0.5
1345	249.229645	253	1.5
2088	61.571915	61	0.93

Из таблицы 1 можно сделать вывод, что предсказанное значения потребления электроэнергии максимально близко к фактическому. Расхождение между значениями предсказанного и фактического электропотребления составляет не более 4,48%. Результаты краткосрочного прогнозирования электропотребления на базе машинного обучения подтверждают большую степень сходимости предсказанных и фактических значений, адекватность разработанной методики и ее эффективность в вопросе прогнозирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Старкова Г. С. Комплекс экономико-математических моделей прогнозирования потребления электроэнергии в регионах РФ и его инструментальная реализация : 08.00.13 : дис. … канд. техн. наук / Г. С. Старкова ; ПГНИУ. – Пермь, 2014. – 153 с. – Текст : непосредственный.

2. Сенчило Н. Д. Прогнозирование электропотребления компрессорных станций с применением систем накопления электроэнергии : 05.09.03 : автореф.дис. … канд. техн. наук / Н. Д. Сенчило ; СПГУ. – Санкт-Петербург, 2022. – 22 с. – Текст : непосредственный.

3. Ярыгина Е. А. Разработка методики краткосрочного прогнозирования электропотребления системы собственных нужд ТЭЦ : 05.14.02 : дис. … канд. техн. наук / Е. А. Ярыгина ; СГТУ. – Самара, 2021. – 125 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Хмара Г.А., канд. тех. наук, доцент

УДК 621.317.3

РАЗМЕЩЕНИЕ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ В МЕГАПОЛИСЕ

Филина О. А., ст. преподаватель, olga_yuminova83@mail.ru
Дюндина В. П., бакалавр, dyundina.lera@bk.ru
г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: в этой статье будет рассмотрена проблема размещения зарядных устройств для электромобильного транспорта. Сейчас на рынке такой вид транспорта не просто начал появляться, а уже набирает большую популярность. Следовательно начинает возрастать вопрос о зарядный станциях для электромобилей. Мы рассмотрим какие станции оборудовали в городах, как они выглядят, какие сети их оборудовали, что стоит иметь с собой водителю электромобиля, в чём плюс обустройства электрозаправки и через какое расстояние лучше всего устанавливать зарядные станции.

Ключевые слова: зарядные станции, электромобиль, зарядная инфраструктура.

В настоящее время электромобили начинают набирать огромную популярность. Многие выбирают их вместо обычных автомобилей на ДВС. Самый главный плюс электромобиля, который у всех на слуху – это экологичность данного транспорта, меньше вредных выбросов в атмосферу. Использование электрической энергии для заряда, вместо нефти (плохо возобновляемого источника энергии). Тут возникает вопрос: как выглядит и «из чего состоит» зарядная станция такого рода, как от нее заряжать машину? Заряжать электромобиль удобно тем, у кого есть собственный дом

или место в паркинге, где можно установить зарядную станцию. Но есть и другие варианты [1]:

Отдельно стоящие зарядные станции. В Москве и области самые крупные сети — «Мосэнерго», «Россети», «Энергия Москвы», «Пункт Е», itCharge. В Санкт-Петербурге и Калининграде распространены «Россети», а в крупных городах восточной Сибири — «Русгидро».

Зарядные станции, которые оборудовали на некоторых обычных заправках. Такие есть у сетей «Роснефть» и «Лукойл». Для них водителю необходим свой кабель Type 2 — Type 2 (пример на Рис.1), но есть станции со встроенными кабелями. Платят за зарядку через приложение для смартфона.



Рис. 1. Кабель Type 2 — Type 2, он понадобится для зарядки на некоторых типах ЭЗС

Большой плюс обустройства электрозаправки – куда меньшие затраты на строительство комплекса. В отличие от АЗС, реализующей бензин или дизельное топливо, не понадобится получать большое количество разрешений, строить специальный резервуар для хранения топлива, решать юридические аспекты работы под франшизой топливной компании. Соответственно нет необходимости привязки к определенному местоположению – для открытия электрозаправки подойдет куда меньший по площади участок.

Но при размещении электрозаправки стоит учитывать еще один важный момент – далеко не все модели электромобилей могут похвастаться хорошим запасом хода. Да, топовые варианты вроде Tesla Model S способны отвезти своего обладателя и за 500 км от электрозарядки. Однако большинству моделей масс-сегмента такой «дальнобой» не по зубам. Усугубит ситуацию с километражем минусовая температура. Например, зимой во время тест-драйва, только вышедшего лет 7 назад отечественного электромобиля Lada Ellada водителю удалось проехать только на 20 километров от салона – при этом уже половина изначально полной батареи была разряжена. [2]

Расстояние между зарядными станциями для электромобилей зависит от нескольких факторов [3]:

1. Емкость аккумулятора электромобиля: Чем больше емкость аккумулятора, тем дальше может проехать электромобиль на одном заряде. Следовательно, если электромобили с более крупными аккумуляторами часто проезжают большие расстояния, то зарядные станции должны быть размещены на большем расстоянии друг от друга.

2. Скорость зарядки: Различные типы зарядных станций предлагают разные скорости зарядки. Быстрые зарядные станции могут заряжать электромобиль значительно быстрее, чем медленные. Если большинство электромобилей используют быстрые зарядные станции, то расстояние между ними может быть больше.

3. Плотность населения и дорожная инфраструктура: в густонаселенных городах и на загруженных дорогах может потребоваться большее количество зарядных станций, чтобы обеспечить удобство и доступность для владельцев электромобилей.

4. Стратегия развития зарядной инфраструктуры: Каждая страна или регион может иметь свою стратегию развития зарядной инфраструктуры. Некоторые страны могут предпочесть более плотное размещение зарядных станций, чтобы обеспечить максимальное покрытие, в то время как другие могут сосредоточиться на размещении зарядных станций на основных магистралях и автомагистралях.

В целом, оптимальное расстояние между зарядными станциями для электромобилей может варьироваться от нескольких десятков до нескольких сотен километров в зависимости от вышеперечисленных факторов и конкретных условий каждого региона.

Таким образом, в этой статье были рассмотрены важные аспекты и особенности размещения зарядных станций для электромобильного транспорта в населенных пунктах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика статической оценки эксплуатационных параметров энергосбережения тяговых электродвигателей / Р. Г. Идиятуллин, А. Э. Аухадеев, С. В. Колесников, В. Н. Водолазов. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. - 2005. - № 3-4. - С. 14-20.

2. Попов А. В. Методика расчета надежности обмоток высоковольтных асинхронных электродвигателей / А. В. Попов, Р. Г. Идиятуллин, А. Э. Аухадеев. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. - 2016. - № 5-6. - С. 94-98.

3. Современная эколого-антропологическая методология развития городского электрического транспорта / А. Э. Аухадеев, П. П. Павлов, А.

П. Соловьева, Д. В. Фандеев. – Текст : непосредственный // Современные проблемы безопасности жизнедеятельности: настоящее и будущее : материалы III Международной научно-практической конференции. – Казань, 2014. - С. 36-39.

4. Подход к определению интегрального показателя надежности технических систем на этапе разработки / Р. С. Литвиненко, А. Э. Аухадеев, А. Н. Хуснутдинов [и др.]. – Текст : непосредственный // Вопросы электротехнологии. – 2021. – № 1(30). – С. 52-61.

5. Саляхиев Р. Р. Современные электроприводы электромобилей / Р. Р. Саляхиев. – Текст : непосредственный // Тинчуринские чтения - 2023 "Энергетика и цифровая трансформация" : Материалы Международной молодежной научной конференции. Том 1. – Казань, 2023. – С. 490-492.

6. Урванцев К. Д. Синхронный реактивный электродвигатель с независимым возбуждением как перспективная ветвь развития электромобиля / К. Д. Урванцев, В. А. Сунин. – Текст : непосредственный // Тинчуринские чтения - 2023 "Энергетика и цифровая трансформация : материалы Международной молодежной научной конференции. Том 1. – Казань, 2023. – С. 511-513.

7. Техническая диагностика и методы технического диагностирования / О. А. Филина, А. А. Сидорова, А. Х. Мукимов, В. С. Спургис. – Текст : непосредственный // Эксперт года 2019 : сборник статей Международного научно-исследовательского конкурса. – Казань, 2019. - С. 48-52.

УДК 621.31

УМНАЯ ЖИДКОСТЬ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Хамитова Н. П., обучающийся, natalyahamitova@yandex.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В данной статье рассматриваются инновационные жидкости, способные менять своё агрегатное состояние при подводе к ним электрического тока и их применение. Так же представлены описания классов жидкостей, приведены режимы их работы и потенциальное применение электрореологической жидкости в гибкой электронике. Пример коммерческих электрореологических жидкостей на основе безводной дисперсии полиуретановых частиц в силиконовом масле.

Ключевые слова: умная жидкость, электрическое поле, ток, вязкость.

Умная жидкость, также называемая электрореологической жидкостью, представляет собой жидкую суспензию металлов или цеолитов, которая переходит в твердое состояние при подаче на нее электрического тока и снова становится жидкой при отключении тока.

Обычно эти жидкости применяются в быстродействующих гидравлических клапанах и муфтах, с расстоянием между пластинами порядка 1 мм и приложенным потенциалом порядка 1 кВ, в тормозах и в амортизаторах.

Существует много новых применений для этих жидкостей. Потенциальное применение в качестве тактильных контроллеров и тактильных дисплеев, а также для точной абразивной полировки.

Также было предложено потенциальное применение электрореологической жидкости в гибкой электронике, при этом жидкость встраивается в такие элементы, как сворачиваемые экраны и клавиатуры, в которых изменяющие вязкость свойства жидкости позволяют сворачиваемым элементам становиться жесткими для использования и гибкими для втягивания и сворачивания для хранения, когда они не используются.

Умные жидкости можно разделить на четыре основных класса:

1) электрореологические жидкости(ЭРЖ);

2) магнитореологические жидкости (МРЖ);

3) магнитореологические эластомерные жидкости (МРЭЖ);

4) электросопряженные жидкости (ЭСЖ).

С 1960 года инженеры пытались разработать новые устройства на основе умных электрореологических жидкостей (гаситель вибрации, волны управления потоком и т. д.), но без существенных результатов. Поворотный момент наступил в 1990 году, после открытия «умной» магнитореологической жидкости: действительно, в 2002 году были обнаружены амортизационные стойки подвески автомобиля модели «Cadillac Seville STS» (на основе «умных жидкостей») и перспектива создания нового устройства на основе «умных жидкостей» вполне реальна и интерес к новым технологиям значителен.

Электрореологические жидкости обычно имеют кинематическую вязкость в диапазоне 10–50 сСт. В его несущей жидкости диспергированы полупроводниковые частицы диаметром в пределах 5 – 50 мм. Жидкость электрореологическая заключена между подходящим расположением электродов, и при приложении электрического поля достаточной интенсивности электрореологическая жидкость активирует свою способность. Электрическое поле вызывает поляризацию частиц и цепочечную структуру между частицами: это явление вызывает значительное увеличение сопротивления потоку электрореологической жидкости (практически мгновенное и полностью обратимое). Электрическое поле, необходимое для запуска явления, составляет до 4 кВ в межэлектродном промежутке, размеры которого обычно находятся в пределах 0,5–2,0 мм.

Пример коммерческих электрореологических жидкостей на основе безводной дисперсии полиуретановых частиц в силиконовом масле продается немецкой химической компанией «Bayer AG». Хотя указанные уровни предела текучести оказались скромными (максимум около 4 кПа), а

напряженность электрического поля высокой (до 5 кВ) межэлектродного промежутка, это интересно некоторым коммерческим организациям.

Жидкости магнитореологические представляют собой суспензию магнитомягких частиц в жидкости-носителе из минерального или силиконового масла способные быстро и обратимо изменять свои физико-механические свойства под действием внешнего магнитного поля. Размеры частиц в диапазоне 0,1–10 мм (меньше, чем те, которые используются в электрореологических жидкостях.

Ключом к хорошей магнитореологической жидкости являются частицы с большой намагниченностью насыщения. Наилучшими доступными твердыми частицами являются сплавы железа и кобальта (с намагниченностью около 2,4 Тл). Однако эти сплавы имеют непомерно высокую стоимость, поэтому частицы чистого железа неизменно используются в коммерческих магнитореологических жидкостях. Частицы чистого железа имеют намагниченность насыщения около 2,15 Тл.

Наиболее широкое распространение получили магнитореологические жидкости и магнитореологические эластомеры, которые получаются путем добавления в несущую среду частиц магнито-мягкого материала (например, карбонильного железа) микронных размеров (1-10 мкм). С ростом напряженности магнитного поля вязкость магнитореологических жидкостей возрастает, а жесткость магнитореологичсеких эластомеров увеличивается более чем на 40%.

Умные жидкости могут работать в трех режимах работы:

1) Режим потока/клапана: интеллектуальные жидкости могут свободно течь между парой неподвижных электродов или полюсов (ЭРЖ или МРЖ). Физические свойства жидкости контролируются путем изменения электрического или магнитного поля на электродах или полюсах;

2) Сдвиговый режим: допускается относительное движение, как вращательное, так и поступательное, под углом 90° к направлению приложенного поля. Таким образом, умная жидкость подвергается сдвигу. Этот режим лежит в основе множества инженерных устройств, поскольку характеристики напряжения сдвига можно непрерывно контролировать с помощью приложенного поля;

3) Режимы сжатия потока: электроды (или полюса) могут свободно перемещаться в параллельном направлении приложенного поля. Умная жидкость подвергается поочередному сжатию или растяжению.

Описанная выше пригодность интеллектуальных жидкостей позволила провести широкомасштабные исследования и разработки множества различных систем, включая амортизаторы транспортных средств, интеллектуальные гидравлические системы, опоры для контроля вибрации и интеллектуальных роботов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электрореологические жидкости. Теоретические и экспериментальные подходы к их описанию / Ю. Г. Яновский, В. Э. Згаевский, Ю. Н. Карнет, И. Ф. Образцов. – Текст : непосредственный // Физическая мезомеханика. – 2003. – №6. – С. 61-69.

2. Найгерт К. В. Прикладные свойства магнитореологических жидкостей: учебное пособие / К. В. Найгерт, В. А. Целищев. – Уфа : УГАТУ, 2021. – Текст : электронный. – URL : https://www.ugatu.su/media/uploads/MainSite/Ob%20universitete/Izdateli/El_izd/2021-81 (дата обращения: 03.11.2023).

3. Коровкин Ю. В. Экспериментальные исследования динамических свойств магнитореологических эластомеров / Ю. В. Коровкин, А. Я. Минаев, Г. В. Степанов. – Текст : непосредственный // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2015. – № 2 (4). – С. 789-792.

УДК 336.64

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Чеботарев Д. А., обучающийся, chebotarev_dima01@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В данной статье рассматриваются актуальные проблемы электроэнергетики и возможные пути их решения. Основные проблемы включают ограниченность ресурсов, негативное воздействие на окружающую среду, нестабильность энергосистемы и рост энергопотребления. Для решения данных проблем предлагается использовать альтернативные источники энергии, внедрять энергоэффективные технологии, улучшать управление энергосетями и разрабатывать современные системы хранения энергии.

Ключевые слова: электроэнергетика, ресурсы, энергия, энергосистемы.

Электроэнергетика является одной из основных отраслей нашей жизни, без которой современное общество не может существовать. Сегодня актуальными проблемами в этой сфере являются эффективное использование ресурсов, увеличение производства электроэнергии, сокращение негативного воздействия на окружающую среду и обеспечение стабильной работы электроэнергетической системы.

Актуальность проблем электроэнергетики заключается в том, что в условиях постоянного роста населения, развития промышленности и технологий потребление электроэнергии постоянно возрастает. Однако, ограниченность ресурсов, экологические ограничения и нестабильность работы

электроэнергетических систем создают серьезные проблемы, которые требуют немедленного решения.

Одной из основных проблем электроэнергетики является недостаток ресурсов. С каждым годом потребление энергии только увеличивается, а запасы природных ископаемых, таких как уголь, нефть и газ, ограничены. Это приводит к увеличению стоимости производства электроэнергии, а также создает угрозу энергетической безопасности.

Для решения проблемы недостатка ресурсов необходимо искать альтернативные источники энергии. Например, развитие энергии ветра, солнца и воды может стать эффективным способом сокращения зависимости от ископаемых видов топлива. Кроме того, энергоэффективные технологии и системы также могут помочь увеличить эффективность использования ресурсов.

Ещё одной актуальной проблемой электроэнергетики является негативное воздействие на окружающую среду. Производство электроэнергии с использованием ископаемых видов топлива сопровождается выбросами парниковых газов и загрязнением природных ресурсов. Это приводит к изменению климата, загрязнению воздуха и воды, а также ухудшению здоровья людей.

Для решения проблемы негативного воздействия на окружающую среду необходимо сокращать использование ископаемых видов топлива и переходить на более экологически чистые источники энергии. Развитие возобновляемых источников энергии, таких как солнце, ветер, геотермальная и гидроэнергетика, может помочь снизить выбросы парниковых газов и загрязнение окружающей среды.

В будущем электроэнергетике предстоит столкнуться с рядом новых проблем, связанных с ростом энергопотребления, стабильностью энергосистемы и развитием новых технологий.

1) Рост энергопотребления: с ростом населения и развитием технологий потребление электроэнергии будет только увеличиваться. Для решения этой проблемы необходимо разработать энергоэффективные технологии, стимулировать энергосбережение и изменить поведение потребителей путем повышения их осознанности о важности энергосбережения.

2) Интеграция новых технологий: развитие новых технологий, таких как электромобили, умный дом и умные города, представляет новые вызовы для электроэнергетики. Новые технологии требуют дополнительной электроэнергии и инфраструктуры для их поддержки. Для успешной интеграции этих новых технологий необходимо разрабатывать гибкие и эволюционирующие системы энергоснабжения, способные адаптироваться к меняющимся потребностям и требованиям.

3) Устойчивость энергосистемы: в условиях растущей угрозы кибератак и природных катастроф, обеспечение устойчивости энергосистемы становится ключевой задачей. Для защиты энергосистемы от кибератак

необходимо разрабатывать современные системы кибербезопасности. Кроме того, развитие распределенных и микросетей позволит создать более устойчивую и гибкую энергосистему.

Проблемы электроэнергетики требуют комплексного подхода и постоянного поиска новых решений. Развитие альтернативных источников энергии, повышение энергоэффективности и снижение негативного воздействия на окружающую среду являются неотъемлемыми частями этого процесса. Решение данных проблем позволит обеспечить стабильное и эффективное функционирование электроэнергетической системы и сохранение окружающей среды для будущих поколений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Суглобов А. Е. Роль и место электроэнергетики в топливно-энергетическом комплексе и экономике России / А. Е. Суглобов, С. Р. Древинг, В. А. Петренко. – Текст : непосредственный // Региональная экономика: теория и практика. – 2009. - № 13 – С. 2-13.

2. Агкацева Л. В. Проблематика топливно-энергетического комплекса России / Л. В. Агкацева, А. О. Хамикоева. – Текст : непосредственный // Теория и практика современной науки. – 2017. - № 1 (19). – С. 37-39.

3. Хондошко Ю. В. Технологически изолированные энергосистемы России / Ю. В. Хондошко, А. А Воробьев. – Текст : непосредственный // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. – 2023. - № 101. – С. 88-91.

УДК 621.316.925

УЧЕТ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ХАРАКТЕРА ТОКА НУЛЕВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ МЕСТА ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

Шабанов В. А., канд. техн. наук, профессор, vitaliiy123@yandex.ru
Кульсарина А. И., бакалавр, lina.kulsarina.02@mail.ru
Степанова В. Д., бакалавр, sanflo2302@gmail.com
г. Уфа, Уфимский государственный нефтяной технический университет

Аннотация. Однофазные замыкания на землю (ОЗЗ) в сетях напряжением 6-35 кВ являются наиболее частым видом повреждения. Они не сопровождаются током короткого замыкания, но опасны для изоляции электродвигателей и кабельных линий, а также представляют угрозу безопасности человека. Поэтому определение места повреждения (ОМП) в электрических сетях 6-35 кВ является актуальной задачей. В последние годы много внимания уделяется определению места однофазного замыкания по параметрам

аварийного режима с использованием тока нулевой последовательности (НП). В сетях с изолированной нейтралью напряжением 6-35 кВ на точность определения места повреждения существенное влияние может оказывать распределенный характера тока НП. В статье исследуется алгоритм ОМП, в котором учитывается распределенный характер собственного тока НП поврежденной линии. Получено выражение для оценки погрешности ОМП от не учета распределенного тока НП.

Ключевые слова: место замыкания, ток нулевой последовательности.

Дистанционные методы ОМП по параметрам аварийного режима основаны на использовании фазного напряжения поврежденной фазы, которое при ОЗЗ записывается в виде [1, 2]:

$$U_{Ф} = Z_{УД} \cdot L_{К} \cdot \left(I_{Ф} + kI_{0}\right) + 3R_{П}I_{0К}, \quad (1)$$

где $U_Ф$ и $I_Ф$ – фазное напряжение и фазный ток поврежденной фазы в месте установки устройства ОМП (в начале линии); I_0 – ток нулевой последовательности (НП) в месте установки устройства ОМП; k – коэффициент компенсации; $Z_{УД}$ – удельное сопротивление защищаемой линии прямой последовательности; $L_К$ – расстояние до места повреждения; $R_П$ – переходное сопротивление; $I_{0К}$ – ток НП в месте замыкания.

Непосредственное определение расстояния $L_К$ из уравнения (1) невозможно из-за неизвестных значений переходного сопротивления $R_П$ и тока $I_{0К}$ в месте замыкания. Поэтому уравнение (1) преобразуется так, чтобы исключить переходное сопротивление. Для этого обе части уравнения (1) разделим на ток НП I_0 [3]. Получим:

$$\frac{U_{Ф}}{I_{0}} = Z_{УД} \cdot L_{К} \cdot \frac{I_{Ф} + kI_{0}}{I_{0}} + 3R_{П} \cdot \frac{I_{0К}}{I_{0}}. \quad (2)$$

Приравняем мнимые части левой и правой частей уравнения (2), принимая, что токи I_0 и $I_{0К}$ совпадают по фазе, получим

$$\mathrm{Im}\left(\frac{U_{Ф}}{I_{0}}\right) = L_{К} \cdot \mathrm{Im}\left(Z_{УД} \cdot \frac{I_{Ф} + kI_{0}}{I_{0}}\right) \quad (3)$$

Из выражения (3) находим расстояние до места однофазного ЗНЗ:

$$L_{К} = \frac{\mathrm{Im}\left(\frac{U_{Ф}}{I_{0}}\right)}{\mathrm{Im}\left(Z_{УД} \cdot \frac{I_{Ф} + kI_{0}}{I_{0}}\right)}. \quad (4)$$

Выражение (4) не содержит переходного сопротивления и позволяет определить расстояние до места однофазного ЗНЗ без влияния переходного сопротивления на точность измерения. Однако в сетях с изолированной нейтралью этот алгоритм имеет методическую погрешность, в связи с тем, что в нем не учитывается распределенный характер тока НП. Не учитывается, что по мере приближения к точке повреждения ток НП I_0 увеличива-

ется. Поэтому расстояние в алгоритме (4) отличается от фактического. Назовем его измеренным, и обозначим $L_{КИ}$.

Для устранения этого недостатка ток I_0 в составе компенсированного фазного тока следует определять, как сумму тока НП, измеряемого в начале линии $I_{0Н}$, и собственного емкостного тока $I_{0С}$ поврежденной линии:

$$I_0 = I_{0H} + I_{0C}. \tag{5}$$

Собственный ток НП поврежденной линии линейно возрастает от нуля в начале линии до значения $I_{0.L}$ на расстоянии L:

$$I_{O.L} = I_{0.УД} \cdot L, \tag{6}$$

где $I_{0.УД}$ – удельное значение тока НП поврежденной линии на единицу длины.

Заменим равномерно распределенный собственный ток НП его средним значением $0{,}5I_{0.УД} \cdot L$. Тогда формула (3) примет вид:

$$\mathrm{Im}\left(\frac{U_Ф}{I_0}\right) = L_K \cdot \mathrm{Im}\left(Z_{УД} \cdot \frac{I_Ф + k(I_{0H} + 0{,}5I_{0.УД} \cdot L)}{I_{0H}}\right). \tag{7}$$

Откуда

$$L_K = \frac{\mathrm{Im}\left(\frac{U_Ф}{I_{0H}}\right)}{\mathrm{Im}\left(Z_{УД} \cdot \frac{I_Ф + kI_{0H} + 0{,}5kI_{0.УД} \cdot L}{I_{0H}}\right)}. \tag{8}$$

В уравнении (8) по сравнению с (4) появилось неизвестное значение – расстояние L. При L=0 алгоритм (8) превращается в алгоритм (4). Найденное по (4) значение $L_{КИ}$ подставляется в уравнение (8) вместо L и получаем, при условии $\mathrm{Im}\left(\frac{U_Ф}{I_0}\right) \neq 0$, уточненное значение расстояния $L_{КУ}$:

$$L_{КУ} = \frac{1}{\frac{1}{L_{КИ}} + \frac{\mathrm{Im}\left(Z_{УД} \cdot \frac{0{,}5kI_{0.УД} \cdot L_{КИ}}{I_{0H}}\right)}{\mathrm{Im}\left(\frac{U_Ф}{I_{0H}}\right)}}. \tag{9}$$

Для исследования погрешности от не учета распределенного тока НП при вычислении расстояния по алгоритму (4) преобразуем уравнение (9) к виду:

$$\frac{L_{КУ}}{L_{КИ}} = 1 - \frac{(L_{КУ} \cdot L_{КИ}) \cdot \mathrm{Im}\left(Z_{УД} \cdot \frac{0{,}5kI_{0.УД}}{I_{0H}}\right)}{\mathrm{Im}\left(\frac{U_Ф}{I_{0H}}\right)}. \tag{10}$$

В соответствии с (10) расстояние $L_{КИ}$, измеряемое по известному алгоритму (4), отличается от уточненного расстояния $L_{КУ}$ по уравнению (9)

на величину второго слагаемого в правой части выражения (10). Это слагаемое представляет собой методическую ошибку, которую вносит не учет распределенного характера тока НП. Уравнение (10) позволяет определять величину методической ошибки и исследовать факторы, влияющие на отличие расстояния по алгоритму (4) от уточненного значения $L_{КУ}$ по алгоритму (9). Методическая ошибка тем больше, чем дальше от начала линии расположено место повреждения (чем больше $L_{КИ}$ и $L_{КУ}$ и чем меньше напряжение $U_Ф$) и чем больше удельный ток нулевой НП поврежденной линии $I_{0.УД}$. Модуль тока НП в начале линии $I_{0Н}$ можно вынести из-под знака мнимой части в числителе и знаменателе дроби в уравнении (10) и сократить. Поэтому от модуля тока НП в начале линии $I_{0Н}$ методическая погрешность алгоритма (4) по сравнению с алгоритмом (9) не зависит.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аржанников Е. А. Дистанционный принцип в релейной защите и автоматике линий при замыканиях на землю / Е. А. Аржанников. – Москва : Энергоатомиздат, 1985. – 175 с. – Текст: непосредственный.

2. Мирошник В. Ю. Методы и алгоритмы для определения места однофазного замыкания на землю в сетях 6-35 кВ с использованием параметров аварийного режима / В. Ю. Мирошник, Д. В. Багулько, А. А. Ляшков. – Текст: непосредственный // Омский научный вестник. - 2017. - № 1 (151). - С.62-66.

3. Шабанов В. А. Алгоритмы дистанционного определения расстояния до места однофазного замыкания с использованием тока нулевой последовательности в качестве опорного тока / В. А. Шабанов, А. В. Сорокин. – Текст: непосредственный // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2021. - № 1. – Т. 17. - С. 33-43.

УДК 621.316.925

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ НА АРГУМЕНТ НАПРЯЖЕНИЯ ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ФАЗЫ ПРИ ОДНОФАЗНОМ ЗАМЫКАНИИ НА ЗЕМЛЮ

Шабанов В. А., канд. техн. наук, профессор, vitaliiy123@yandex.ru
Степанова В. Д., бакалавр, sanflo2302@gmail.com
Кульсарина А. И., бакалавр, lina.kulsarina.02@mail.ru
г. Уфа, Уфимский государственный нефтяной технический университет

Аннотация. В сетях напряжением 6-35 кВ с изолированной нейтралью определение поврежденной фазы при однофазных замыканиях на землю (ОЗЗ) основано на выявлении

фазы с наименьшим значением фазного напряжения. Однако при замыкании через значительное переходное сопротивление выбор поврежденной фазы по наименьшему значению фазного напряжения может работать не корректно. Поэтому актуальной является разработка других принципов выполнения избирателей поврежденной фазы. В статье исследуется один из признаков поврежденной фазы в сетях с изолированной нейтралью при ОЗЗ через переходное сопротивление, основанный на контроле аргумента напряжения опережающей фазы по отношению к поврежденной.

Ключевые слова: замыкание на землю, фазное напряжение.

Критериями поврежденных фаз при коротких замыканиях являются фазовые соотношения между токами или их симметричными составляющими [1]. Признаками поврежденной фазы при ОЗЗ являются либо значения модулей фазных напряжений, либо угловые соотношения между векторами фазных напряжений. Для проверки селективности признаков поврежденной фазы актуальным является их исследование при ОЗЗ через переходное сопротивление. В статье исследуется влияние переходного сопротивления на вектор напряжения фазы, опережающей поврежденную при ОЗЗ.

Исследование фазных напряжений непосредственно в функции переходного сопротивления возможно только для конкретной электрической сети [2]. Поэтому для выполнения анализа в общем виде без привязки к конкретной сети целесообразно использовать промежуточную переменную, которая зависит от значения переходного сопротивления, но не зависит от параметров электрической сети. В качестве такой переменной удобно принять α [3]:

$$\alpha = \arg\frac{\dot{U}_0}{-\dot{U}_{ФН}}, \tag{1}$$

где U_0 – напряжение нулевой последовательности; $U_{ФН}$ – фазное напряжение поврежденной фазы в нормальном режиме.

При замыкании на землю фазы А опережающей по отношению к ней является фаза С. Исследование угла α на модуль напряжения U_C фазы С выполнено в [3] по векторной диаграмме фазных напряжений и уравнению:

$$U_C = U_{CH} \cdot \sqrt{1 + 2\cos^2\alpha + \sqrt{3}\sin\alpha\cos\alpha}\,. \tag{2}$$

В уравнении (2) U_{CH} – модуль напряжения фазы С в нормальном режиме. Для исследования угла α на аргумент напряжения фазы С введем обозначение:

$$\beta_C = \arg\frac{\dot{U}_C}{\dot{U}_0}. \tag{3}$$

Представим угол β в функции модулей напряжений. Из треугольника, образованного напряжениями U_C, U_{CH} и U_0 на векторной диаграмме

фазных напряжений, приведенной в [3], может быть получено следующее уравнение для модуля угла β_C:

$$|\beta_C| = \text{Arccos}\frac{U_0^2 + U_C^2 - U_{CH}^2}{2U_N U_C}, \quad (4)$$

где U_0 – модуль напряжения нулевой последовательности.

При изменении переходного сопротивления угол α по (2) изменяется от нуля до 90^0. При этом в зависимости от значения α угол β_C может быть либо отрицательным, либо положительным. Приравняем $\beta_C = 0$ и после преобразований получим из (4):

$$(U_N - U_C)^2 = U_{CH}^2. \quad (5)$$

У этого уравнения два решения: $U_N - U_C = U_{CH}$ и $U_C - U_N = U_{CH}$. Так как $U_C > U_N$ независимо от значения переходного сопротивления [1], то первое решение не имеет физического смысла и решением уравнения (5) будет: $U_C = = U_{CH} + U$. Если $U_C < U_{CH} + U_N$, то угол $\beta_C < 0$ и, если $U_C > U_{CH} + U_N$, то $\beta_C > 0$. При этом уравнение (4) принимает вид:

$$\beta_C = \pm\text{Arccos}\frac{U_N^2 + U_C^2 - U_{CH}^2}{2U_N U_C}, \quad (6)$$

где при $U_C < (U_{CH} + U_N)$ угол $\beta_C < 0$; при $U_C > (U_{CH} + U_N)$ угол $\beta_C > 0$ и при $U_C = = U_{CN} + U_N$ угол $\beta_C = 0$.

Графики для модуля напряжения фазы С по (2) в относительных единицах и для угла β_C по (6) при замыкании на землю фазы «А» в функции угла α приведены на Рис. 1.

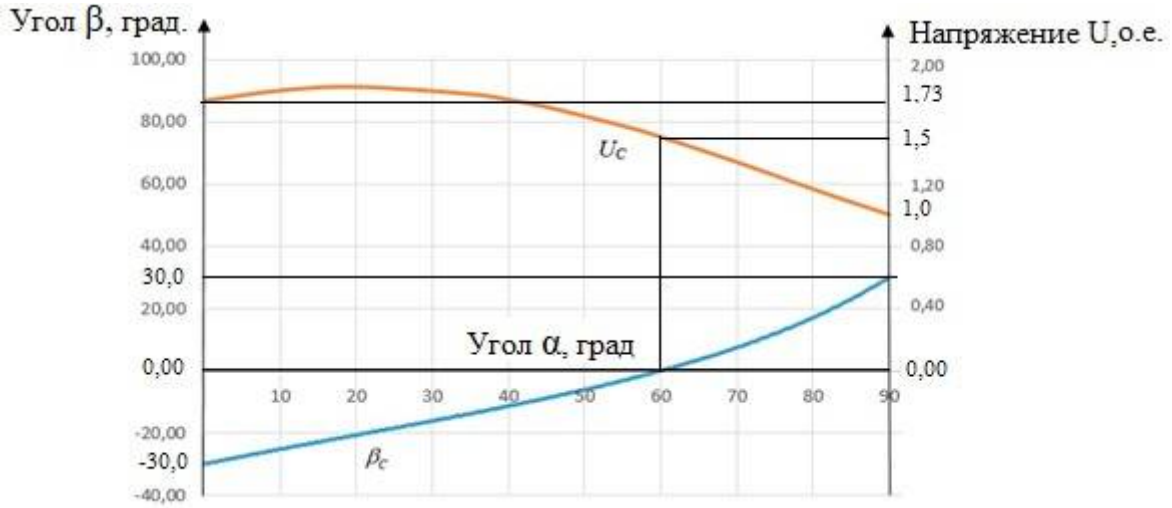


Рис. 1. Графики для модуля и аргумента напряжения фазы «С»

Из графиков на Рис. 1 следует, что:

$$-30^0 < \arg\frac{\dot{U}_C}{\dot{U}_0} < 0^0 \text{ при } U_C > 1{,}5 \text{ и } 0^0 < \arg\frac{\dot{U}_C}{\dot{U}_0} < 30^0 \text{ при } U_C < 1{,}5. \quad (7)$$

Таким образом, если при ОЗЗ для одной из фаз А, В или С выполняются неравенства

$$-30^0 < \arg\frac{\dot{U}_\Phi}{\dot{U}_0} < 0^0 \text{ при } U_\Phi > 1{,}5 \text{ или } 0^0 < \arg\frac{\dot{U}_\Phi}{\dot{U}_0} < 30^0 \text{ при } 1 < U_\Phi < 1{,}5,$$

то поврежденной является фаза, отстающая по отношению к этой фазе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Любарский Д. Р. Определение вида повреждения и поврежденных фаз / Д. Р. Любарский, М. Ш. Мисриханов, А. С. Саухатас. – Текст: непосредственный // Вестник ИГЭУ. - 2006. - Вып.4. - С.1-3.

2. Кучумов Л. А. Переходное сопротивление в месте ОЗЗ. Влияние на режимные параметры и рабочие сигналы защит от ОЗЗ / Л. А. Кучумов, А. А. Кузнецов, Д. П. Червочков. – Текст: непосредственный // Новости ЭлектроТехники. - 2017. - № 4 (106). - С. 24-27.

3. Шабанов В. А. Графоаналитическое исследование режимов однофазного замыкания на землю / В. А. Шабанов, В. Д Степанова. – Текст: непосредственный // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2023. - № 2. - Т. 19. - С. 123-134.

УДК 621.31

ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ В ПРАВИЛАХ ПОДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ РФ В 2022-2023 ГОДАХ

Юсупов Р. З., ст. преподаватель, yusupovrz@bk.ru
Резник Е. С., ст. преподаватель, reznikes@yandex.ru
г. Уфа, Уфимский государственный нефтяной технический университет

Аннотация. В статье выполнен анализ требований к подготовке персонала потребителей электрической энергии согласно действующим с 2023 года нормативно-техническим документам.

Ключевые слова: подготовка персонала, эксплуатация электрооборудования, нормативно-техническая документация.

Приказом Минэнерго РФ от 12 августа 2022 г. № 811 утверждены правила технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии (далее ПТЭЭПЭЭ 2022) [1] взамен Правил технической

эксплуатации электроустановок потребителей от 13 января 2003 г. (далее ПТЭЭП 2003) [2], которые действовали 20 лет.

Новые правила вступили в силу с 07 января 2023 г. Правила устанавливают требования к организации и осуществлению технической эксплуатации электроустановок потребителей. Объем правил изменился на порядок - 274 листа сокращены до 27 листов.

ПТЭЭП 2003 достаточно подробно регламентировали требования к подготовке персонала. В новой редакции ПТЭЭПЭЭ 2022 подробных требований нет, приведены ссылки на другие нормативные документы. В связи с этим в эксплуатирующих организациях часто возникает непонимание по требованиям к подготовке персонала потребителей электрической энергии.

В данной статье проведен анализ требований к подготовке персонала потребителей электрической энергии согласно действующим с 2023 года нормативно-техническим документам.

Требования к персоналу потребителей электрической энергии в настоящее время регламентируют:

- ПТЭЭПЭЭ 2022;
- Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденные приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 15 декабря 2020 г. № 903, в ред. Приказа Минтруда РФ от 29 апреля 2022 г. № 279н (далее ПОТЭЭ) [3];
- Правила работы с персоналом в организациях электроэнергетики РФ, утвержденные приказом Министерства энергетики РФ от 22 сентября 2020 г. № 796, в ред. Приказа Минэнерго РФ от 30 ноября 2022 г. № 1271 (далее Правила работы с персоналом № 796) [4].

ПТЭЭПЭЭ 2022 в главе IV п.39 указывают, что при эксплуатации электроустановок потребители должны обеспечить подготовку своих работников в соответствии с Правилами работы с персоналом № 796.

ПОТЭЭ в п.2.4 указывает, что группа по электробезопасности (за исключением I группы) присваивается по результатам проверки знаний в объеме, определенном в соответствии с Правилами работы с персоналом № 796.

Из чего можно заключить, что основным документом, регламентирующим требования к подготовке персонала потребителей электрической энергии, являются Правила работы с персоналом № 796.

Согласно п.50, 51 приказа Минэнерго России от 22.09.2020 № 796 для проведения проверки знаний персонала, организация должна создавать постоянно действующую комиссию (ПДК) по проверке знаний. Комиссия должна состоять не менее чем из пяти человек. Аналогичные требования к ПДК были в ПТЭЭП 2003 п.1.4.30.

Рассмотрим наиболее интересные новые требования к работе ПДК, установленные Правилами работы с персоналом № 796, для удобства анализ выполним в табличном виде.

Таблица 1

№ п/п	Требование приказа Минэнерго России от 22.09.2020 № 796	Анализ и разъяснения
1.	п.52. В отношении председателя, заместителя председателя и двух членов центральной постоянно действующей комиссии по проверке знаний организации, определенных организационно-распорядительным документом организации, проверка знаний проводится руководителем или заместителем руководителя организации, прошедшим аттестацию по вопросам безопасности в сфере электроэнергетики в соответствии с нормативными правовыми актами по вопросам аттестации, за исключением случаев, если в отношении указанных лиц в соответствии с пунктом 41 Правил предполагается присвоение (подтверждение) группы по электробезопасности.	1. Указанные требования к ПДК относятся к проверке знаний персонала без присвоения (подтверждения группы по электробезопасности). 2. В случае, если не предполагается присвоение (подтверждение) группы по электробезопасности, руководитель или заместитель руководителя организации должен пройти аттестацию по промышленной безопасности (для потребителей ЭЭ – область Г.1.1 Эксплуатация электроустановок).
2.	п.58. В случае если в состав задач комиссии по проверке знаний входит присвоение (подтверждение) группы по электробезопасности, то в состав такой комиссии должны включаться не менее трех работников, имеющих группу по электробезопасности, один из которых должен иметь группу по электробезопасности не ниже группы, присваиваемой (подтверждаемой) работнику, проверка знаний которого осуществляется.	1. В соответствии с п.51 ПДК должна состоять не менее чем из пяти человек. Соответственно, если в состав задач комиссии по проверке знаний входит присвоение (подтверждение) группы по электробезопасности трое из членов комиссии должны иметь группу по электробезопасности. 2. Важным нововведением в данном вопросе является отсутствие требования по проверке знаний членов комиссии в территориальном органе Ростехнадзора. В ПТЭЭП 2003 в п.1.4.31 было требование об обязательной проверке знаний председателя и не менее двух членов комиссии в комиссии Ростехнадзора. В действующих с 2023 года нормативных документах такого требования нет. Получается, что в случае наличия в организации ПДК, организованной по старым правилам с действующими удостоверениями по электробезопасности на не менее чем трех работников, приказом по организации создается новая ПДК, которая в

№ п/п	Требование приказа Минэнерго России от 22.09.2020 № 796	Анализ и разъяснения
		свою очередь проведет проверку знаний персонала, а по истечении срока действия удостоверений членов ПДК, может быть создана новая ПДК с новыми членами с действующими удостоверениями. 3. В случае создания ПДК в организации не имеющей ПДК по старым правилам, необходимо пройти проверку знаний не менее чем трех работников с присвоением группы по электробезопасности в территориальном органе Ростехнадзора. 4. Имеется неясность по необходимости прохождения руководителем или заместителем руководителя организации, аттестацию по вопросам безопасности в сфере электроэнергетики в случае проверки знаний персонала с присвоением группы по электробезопасности. Учитывая опыт работы с представителями Ростехнадзора, рекомендуется председателю ПДК пройти аттестацию по промышленной безопасности (для потребителей ЭЭ – область Г.1.1 Эксплуатация электроустановок). В таком случае легитимность ПДК не может быть оспорена.
3.	п.42. Проверка знаний работников подразделяется на первичную, очередную и внеочередную п.43. Первичная проверка знаний должна проводиться у работников: - впервые поступивших на работу в организацию; - при перерыве в работе более трех лет.	1. В удостоверениях по электробезопасности и протоколе проверки знаний в соответствующей графе указывается причина проверки. Имеются противоречия в Правилах работы с персоналом № 796 и ПТЭЭПЭЭ 2022 по первичной проверке знаний. В соответствии с ПТЭЭПЭЭ 2022 п.43: Первичная проверка знаний проводится у работников, впервые поступивших на работу, связанную с обслуживанием электроустановок, или при перерыве в работе более 3 лет. 2. К примеру, для опытного работника с действующим удостоверением по электробезопасности при смене места работы в удостоверении выданной новой организацией согласно Правил работы с персоналом № 796 - делается запись «Первичная», а согласно ПТЭЭПЭЭ 2022 - делается запись «Очередная» или «Внеочередная». Данный вопрос является важным, так как при неправильно оформленных документах персонал не допускается к обслуживанию электроустановки. 3. Опыт работы с Ростехнадзором показывает, что при оформлении документов Ростехнадзор в данном вопросе руководствуется требованиями Правил работы с персоналом № 796.

Проведенный анализ показывает, что в научно-технических документах, регламентирующих проверку знаний персонала в электроэнергетике, имеются противоречия. Также в статье даны рекомендации по вопросам проверки знаний персонала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии : утв. М-вом энергетики Рос. Федерации 12.08.22 : ввод. в действие с 07.01.23. – Новосибирск : Норматика, 2023. – 28 с. – Текст : непосредственный.

2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей : утв. М-вом энергетики Рос. Федерации 13.01.03 : ввод. в действие с 01.07.03. – Москва : ЭНАС-КНИГА, 2016. – 288 с. – Текст : непосредственный.

3. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок : утв. М-вом труда и социальной защиты Рос. Федерации 15.12.20 : ввод. в действие с 01.01.21. – Новосибирск : Норматика, 2022. – 96 с. – Текст : непосредственный.

4. Правила работы с персоналом в организациях электроэнергетики Российской Федерации : утв. М-вом энергетики Рос. Федерации 22.09.20 : в ред. от 30.11.22 : ввод. в действие с 07.03.23. – Новосибирск : Норматика, 2023. – 36 с. – Текст : непосредственный.

УДК 621.31

ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ В ПРАВИЛАХ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В 2023 ГОДУ

Юсупов Р. З., ст. преподаватель, yusupovrz@bk.ru
Резник Е. С., ст. преподаватель, reznikes@yandex.ru
г. Уфа, Уфимский государственный нефтяной технический университет

Аннотация. В статье выполнен анализ требований к объему и нормам испытаний электрооборудования потребителей электрической энергии согласно действующим с 2023 года нормативно-техническим документам.

Ключевые слова: эксплуатация электрооборудования, испытания электрооборудования, нормативно-техническая документация.

Приказом Минэнерго РФ от 12 августа 2022 г. № 811 утверждены правила технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии (далее ПТЭЭПЭЭ 2022) [1] взамен Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей от 13 января 2003 г. (далее ПТЭЭП 2003) [2], которые действовали 20 лет.

Новые правила вступили в силу с 07 января 2023 г. Правила устанавливают требования к организации и осуществлению технической эксплуатации электроустановок потребителей. Объем правил изменился на порядок - 274 листа сокращены до 27 листов.

ПТЭЭП 2003 достаточно подробно регламентировали объем и нормы испытаний электрооборудования. В новой редакции ПТЭЭПЭЭ 2022 подробных требований нет. В связи с этим в эксплуатирующих организациях часто возникает непонимание по объемам и нормам испытаний электрооборудования потребителей электрической энергии.

В данной статье проведен анализ требований к объемам и нормам испытаний электрооборудования потребителей электрической энергии согласно действующим с 2023 года нормативно-техническим документам.

Объем и нормы испытания электрооборудования на вновь сооружаемые и реконструируемые электроустановки регламентируются Правилами устройства электроустановок 7 изд. п.1.8 [3].

Объем и нормы испытания электрооборудования потребителей, находящегося в эксплуатации, регламентировались ПТЭЭП 2003, но с введением ПТЭЭПЭЭ 2022, в котором были исключены разделы, по вопросу, каким документом руководствоваться - однозначного ответа нет.

В ПТЭЭПЭЭ 2022 п.24 указано, что при эксплуатации электрооборудования и электроустановок общего назначения потребители, потребители должны выполнять требования в объеме, предусмотренном Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей.

Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ утверждены приказом Минэнерго России от 04 октября 2022 г. № 1070 и действуют с 04 марта 2023 г. (далее ПТЭЭС 2022) [4]. В ПТЭЭС 2022 нет объемов и норм испытаний электрооборудования и нет прямых ссылок на нормативный документ, по которому требуется проводить испытания.

В п.29 ПТЭЭС 2022 есть указание о необходимости выполнения технического обслуживания и ремонта в соответствии с «Правилами организации технического обслуживания и ремонта объектов электроэнергетики», утвержденными приказом Минэнерго России от 25 октября 2017 г. № 1013, однако в данных правилах нет объемов и норм испытания электрооборудования.

В п.8 ПТЭЭС 2022 есть указание о проведении технического освидетельствования объектов, подлежащих техническому освидетельствованию в соответствии с Правилами проведения технического освидетельствования оборудования, зданий и сооружений объектов электроэнергетики,

утвержденными приказом Минэнерго России от 14 мая 2019 г. № 465 [5], в данных правилах также нет объемов и норм испытания электрооборудования.

Получается, что нет нормативного межотраслевого документа, регламентирующего объем и нормы испытания электрооборудования при эксплуатации.

В ПАО «Россети» имеется стандарт организации СТО 34.01-23.1-001-2017 «Объем и нормы испытаний электрооборудования», утвержденный Распоряжением ПАО «Россети» от 29 мая 2017 г. № 280р [6]. Его область применения следующая: он предназначен для инженерно-технического персонала, занимающегося наладкой, эксплуатацией, техническим диагностированием, техническим обслуживанием и ремонтом электрооборудования электрических станций и сетей.

Соответственно, испытания на объектах электрических станций и сетей необходимо проводить согласно СТО 34.01-23.1-001-2017 «Объем и нормы испытаний электрооборудования», утвержденному Распоряжением ПАО «Россети» от 29 мая 2017 г. № 280р.

Таким образом делается вывод, что согласно ПТЭЭПЭЭ 2022 п.24, испытания на объектах потребителей электрической энергии необходимо проводить согласно СТО 34.01-23.1-001-2017 «Объем и нормы испытаний электрооборудования».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии : утв. М-вом энергетики Рос. Федерации 12.08.22 : ввод. в действие с 07.01.23. – Новосибирск : Норматика, 2023. – 28 с. – Текст : непосредственный.

2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей : утв. М-вом энергетики Рос. Федерации 13.01.03 : ввод. в действие с 01.07.03. – Москва : ЭНАС-КНИГА, 2016. – 288 с. – Текст : непосредственный.

3. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого изданий с изменениями и дополнениями : утверждены Министерством энергетики Российской Федерации от 08.07.02 : введены в действие 01.01.03. – Москва : Норматика, 2018. - 462 с. – Текст : непосредственный.

4. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации : утв. М-вом энергетики Рос. Федерации 04.10.22 : ввод. в действие с 04.03.23. – Москва : Проспект, 2023. – 192 с. – Текст : непосредственный.

5. Правила проведения технического освидетельствования оборудования, зданий и сооружений объектов электроэнергетики : утв. М-вом

энергетики Рос. Федерации 14.05.19 : ввод. в действие с 17.01.20. – Москва : Центрмаг, 2023. – 16 с. – Текст : непосредственный.

6. Объем и нормы испытаний электрооборудования : СТО 34.01-23.1-001-2017 : утв. ПАО «Россети» 29.05.17 : ввод. в действие с 29.05.17. – Санкт-Петербург : ДЕАН, 2021. – 416 с. – Текст : непосредственный.

Научное издание

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ
И ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИИ
В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ

В авторской редакции

Подписано в печать____. Формат 60х90 1/16. Печ. л.____.
Тираж __ экз. Заказ №____

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.