Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Вятский государственный университет»

ОБЩЕСТВО. НАУКА. ИННОВАЦИИ (НПК-2024)

Сборник материалов

**XXIV Всероссийской (национальной)
научно-практической конференции,
23 апреля – 25 апреля 2024 г.**

**Том 2
Технические и естественные науки**

**Киров
2024**

ББК Ч215.16(082)
О-285

Печатается по рекомендации Научного совета
Вятского государственного университета

Програмный комитет конференции:
В. Н. Пугач, канд. экон. наук, доц., ректор (председатель оргкомитета); **С. Г. Литвинец**, канд. с.-х. наук, доц., проректор по науке и инновациям (зам. председателя оргкомитета); **А. Н. Чикишева**, канд. экон. наук, начальник Отдела аспирантуры, докторантуры и НИРС (секретарь); **А. Г. Чистяков**, канд.техн. наук, директор Института математики и информационных систем; **Е. А. Мартинсон**, канд. техн. наук, доц., директор Института биологии и биотехнологии; **Д. А. Козулин**, канд. хим. наук, директор Института химии и экологии; **О. А. Рублева**, д-р. техн. наук, директор Политехнического института; **О. В. Кошкин**, и. о. директора Института математики и информационных систем; **А. А. Костин**, канд. ист. наук, доц., директор Института гуманитарных и социальных наук; **Г. И. Симонова**, д-р пед. наук, доц., директор Педагогического института; **Н. К. Савельева**, д-р. экон. наук, директор Института экономики и менеджмента; **М. С. Ившин**, канд. экон. наук, директор Юридического института.

Редакционная коллегия сборника:
Адамович Т. А., канд. геогр. наук, **Бояринцева Н. А.**, канд. пед. наук, **Байкова О. В.**, д-р филол. наук, **Бушкова-Шиклина Э. В.**, канд. соц. наук, **Быкова Е. В.**, канд. культурологии, **Гребнев И. А.**, канд. биол. наук, **Горностаева Е. А.**, канд. техн. наук, **Гмызина Э. В.**, канд. культурологии, **Динер Е. В.**, д-р пед. наук, **Зырянова А. В.**, канд. ист. наук, **Исупов К. С.**, канд. техн. наук, **Калинина Л. В.**, д-р филол. наук, **Каранина Е. В.**, д-р экон. наук, **Караулов В. М.**, канд. физ.-мат. наук, **Коновалова А. Б.**, канд. юрид. наук, **Котельников Е. В.**, д-р техн. наук, **Кушова И. А.**, канд. филос. наук, **Лесников В. А.**, канд. техн. наук, **Лицарева К. С.**, канд. филол. наук, **Малиновская О. А.**, канд. экон. наук, **Мартинсон Е. А.**, канд. техн. наук, **Полевщиков А. С.**, канд. техн. наук, **Разова Е. В.**, канд. пед. наук, **Росина М. А.**, канд. ист. наук, **Рублева О. А.**, д-р техн. наук, **С.занов А. В.**, канд. биол. наук, **Смирнова А. А.**, канд. ист. наук, **Снигирева Г. Д.**, канд. экон. наук, **Тарбеева Н. А.**, канд. техн. наук, **Титова Е. И.**, канд. ист. наук, **Товстик Е. В.**, канд. биол. наук, **Трубин И. С.**, д-р техн. наук, **Фокина А. И.**, канд. хим. наук, **Хмелькова Е. В.**, канд. пед. наук, **Черниговский Д. Н.**, д-р филол. наук, **Шестаков А. В.**, канд. техн. наук.

О-285 Общество. Наука. Инновации (НПК-2024) : сб. материалов : XXIV Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. 23 апр. – 25 апр. 2024 г. : [в 2 т.] Т. 2. Технические и естественные науки. – Киров : Вятский государственный университет, 2024. – 392 с. – URL: http://vestnik43.ru/assets/mgr/docs/conferences/NPK-2024-tom-2.pdf. – ISBN 978-5-98228-282-8. – ISBN 978-5-98228-281-1 (Т. 2). – Текст : электронный.
ББК Ч215.16(082)

Минимальные системные требования
Браузер Internet Explorer и др.;
скорость подключения к сети Интернет 1 мбит/сек и выше;
Acrobat Reader и др.

ISBN 978-5-98228-281-1 (Т. 2)
ISBN 978-5-98228-282-8

© Вятский государственный университет (ВятГУ), 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ЭЛЕКТРО- И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

Басманов Владислав Геннадьевич, Жаворонков Максим Александрович, Давыдов Денис Андреевич, Шихов Иван Андреевич. Применение VR-технологий в учебном процессе при подготовке студентов и сотрудников-энергетиков на примере сценария работы по оперативным переключениям на подстанции 110/10 кВ 8

Басманов Владислав Геннадьевич, Помелов Михаил Дмитриевич. Особенности применения мультикамерных разрядников для защиты от перенапряжений 13

Бессолицын Алексей Витальевич, Вальс Роман Павлович. Опыт использования автомобильного генератора в лабораторных работах дисциплины «Режимы работы и эксплуатация электрооборудования электрических станций» 19

Братухин Алексей Викторович. Анализ внеплановых отключений и травматизма в электрических сетях напряжением 6–35 кВ 23

Братухин Алексей Викторович. Результаты анализа электронных средств защиты, используемых при обслуживании воздушных линий электропередачи 28

Братухин Алексей Викторович, Фоминых Антон Анатольевич, Ивонина Валентина Дмитриевна, Абрамович Анна Сергеевна. Оценка надежности работы сигнализатора напряжения «ИВА-Н» 33

Головенкин Валерий Алексеевич, Абрамов Алексей Андреевича, Зуев Александр Валерьевич. Исследование МДС срабатывания электромагнитного привода с повышенной динамической стойкостью 37

Дюкин Ильяс Рафаилевич, Ермолаев Андрей Вячеславович, Братухин Алексей Викторович. Режим работы нейтрали с точки зрения электробезопасности 42

Изотов Анатолий Иванович, Изотов Сергей Анатольевич, Фоминых Антон Анатольевич, Харин Алексей Николаевич. Исследование эффективности применения мазеобразных электропроводящих консистентных смазок в узле скользящего токосъема электрической машины МШУ2.2-230 47

Кузнецов Валерий Александрович, Дерендяева Людмила Витальевна. Роботизированные системы для сельского хозяйства 52

Кушкова Елена Игоревна, Петров Николай Васильевич. Оценка возможности организации неполнофазного нагрузочного режима воздушной линии электропередачи, питающей подстанции с отделителями и короткозамыкателями 56

Новиков Алексей Викторович, Злобин Александр Иванович, Хорошинина Елена Николаевна. Проблемы физического моделирования резонансно-заземленных сетей напряжением 6–35 кВ при замыкании фазы на землю 59

Новиков Алексей Викторович, Злобин Александр Иванович, Хорошинина Елена Николаевна. Изучение работы трансформатора напряжения с обмоткой «разомкнутый треугольник» и физической модели сетей напряжением 6–35 кВ с изолированной нейтралью при аномальных режимах 64

Новиков Алексей Викторович, Хорошинина Елена Николаевна, Ворожцов Константин Сергеевич, Чулков Илья Андреевич. Альтернативные источники энергии в Кировской области: история и перспективы использования 69

Суворов Дмитрий Михайлович, Якимкин Тимофей Сергеевич. Эффективность турбин ТЭЦ при работе с уплотненными РД ЧНД по электрическому графику 74

Татаринова Наталья Владимировна, Шилова Ирина Олеговна, Дружинин Антон Алексеевич. Методы и модели оценки энергетического эффекта и углеродного следа применительно к раздельной и комбинированной выработке тепловой и электрической энергии 78

Тимошенко Вячеслав Николаевич, Тимина Наталья Владимировна, Лукиных Максим Николаевич. Создание 3D-моделей элементов электрических машин.....82

Хорошавин Валерий Степанович, Грудинин Виктор Степанович, Гордиенко Михаил Владимирович. Синтез оптимальной системы с нечеткой логикой 86

Чумаров Сергей Геннадьевич, Бабин Дмитрий Олегович, Григорьев Иван Сергеевич. Оценка электромагнитных помех на порту линии связи шкафов релейной защиты и автоматики.....91

Чумаров Сергей Геннадьевич, Бабин Дмитрий Олегович, Титов Александр Михайлович. Оценка электромагнитных помех на порту электропитания шкафов релейной защиты 94

Шестаков Александр Вячеславович, Мальцев Роман Александрович. Оптимизация массогабаритных показателей коллекторного двигателя переменного тока для привода ручного электроинструмента 97

Шестаков Александр Вячеславович, Пятин Кирилл Олегович. Оптимизация и исследование энергетических и динамических характеристик асинхронного двигателя общепромышленного назначения.....102

Шураков Иван Александрович, Пономарев Юрий Геннадьевич, Охапкин Сергей Иванович. Бездатчиковый вентильный электропривод.....106

Юдин Сергей Алексеевич. Влияние способов формирования ШИМ на коэффициент гармонических искажений тока статора электродвигателя 110

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ

Ведерников Ярослав Дми триевич, Рублева Ольга Анатольевна, Тарбеева Наталья Александровна, Рублева Елизавета Сергеевна. Сравнительный анализ устройств для обработки материалов давлением 115

Козлов Евгений Владимирович, Гагаринов Георгий Дмитриевич, Зырянов Дмитрий Андреевич, Лазарева Яна Олеговна, Невиницына Валерия Сергеевна, Савельев Сергей Михайлович. Металлографическое исследование металлических составляющих каретки линейного перемещения HIWIN HGH15 CAZAH.....118

Плотников Сергей Александрович, Зыков Евгений Георгиевич, Кузнецов Данил Сергеевич. Анализ возможностей улучшения пусковых свойств дизеля.....123

Плотников Сергей Александрович, Клуонис Александр Сергеевич. Определение периода стойкости режущих инструментов, участвующих в технологическом процессе механической обработки детали «Крыльчатка» 127

Плотников Сергей Александрович, Смольников Михаил Владимирович, Гневашев Павел Вячеславович. Сравнение теоретических и экспериментальных данных показателей рабочего процесса дизеля 4ЧН 11,0/12,5 132

Рублева Елизавета Сергеевна, Рублева Ольга Анатольевна, Тарбеева Наталья Александровна, Ведерников Ярослав Дмитриевич. Анализ актуальных методов переработки низколиквидной древесины 136

Серёгин Алхан Иванович, Юркин Юрий Викторович. Потеря прочности кладочного раствора при добавлении золы.....142

Сиков Никита Евгеньевич, Юркин Юрий Викторович. Методологическая программа использования полимеров полиэтилентерефталата в стеклофибробетоне: сопоставление физико-механических и физико-технических характеристик.....145

Симонов Максим Васильевич, Дёмшин Сергей Леонидович, Дёмшин Константин Сергеевич. Демпферно-предохранительное устройство дисковой фрезы почвообрабатывающего агрегата.....150

Симонов Максим Васильевич, Дёмшин Сергей Леонидович, Дёмшин Константин Сергеевич. Исследование демпферного устройства дисковой фрезы посредством компьютерного моделирования 155

Симонов Максим Васильевич, Остальцева Дарья Владимировна. Анализ механизма причин износа молотков зернодробилок 160

Тарбеева Наталья Александровна, Рублева Ольга Анатольевна, Ведерников Ярослав Дмитриевич, Рублева Елизавета Сергеевна. Направления совершенствования комбинированной технологии модифицирования низколиквидной древесины 164

Удалов Александр Викторович, Норин Евгений Георгиевич. Параметры процесса измерения твердости по Виккерсу 169

Удалов Александр Викторович, Норин Евгений Георгиевич. Параметры процесса измерения твердости по Бринеллю 173

Удалов Александр Викторович, Норин Евгений Георгиевич. Твердость конструкционных сталей без учета упрочнения в процессе статического индентирования 177

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Ашихмин Станислав Эдуардович, Тюкалов Юрий Яковлевич. Анализ напряженно-деформированного состояния стыка сборных железобетонных элементов с использованием соединительных муфт 181

Безверхов Геннадий Михайлович. Современное образование и творческие концепции в архитектуре и градостроительстве 185

Брызгалова Ксения Валерьевна, Пономарева Елизавета Дмитриевна, Филиппова Марина Сергеевна. История строительства архитектурного ансамбля Губернских Присутственных мест в г. Вятке 189

Дружкова Наталья Владимировна. К вопросу обучения проектной деятельности студентов ФСА Политехнического института 193

Нижегородцева Юлия Евгеньевна, Дрофа Илья Валентинович. Сравнение отечественной и зарубежной храмовой архитектуры на примере Центральной части России и Северной Америки 196

ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Бузиков Шамиль Викторович, Донских Владимир Александрович. Использование современных технологий с применением ИИ в области охраны труда 203

Бузиков Шамиль Викторович, Овчинникова Анастасия Константиновна. Автоматизация документооборота медицинских осмотров работников МУП «Водоканал» 207

Владыкин Анатолий Анатольевич, Мезенцева Дарья Сергеевна. Автоматизированные сортировочные комплексы ТБО в России: реальность или утопия? 211

Калегина Юлия Владимировна, Кооль Наталья Владимировна. Расчет уровня культуры пожарной безопасности с применением фактора страхования 215

Куликов Андрей Викторович, Бузиков Шамиль Викторович. Этапы перехода на Единые типовые нормы выдачи СИЗ в организации ООО «Клевер Восток» 220

Мазеина Вера Алексеевна, Бузиков Шамиль Викторович. Актуальные проблемы промышленной безопасности при работах с газовым оборудованием 224

Мотовилова Марина Владимировна, Домнин Савелий Николаевич. Влияние освещения на работоспособность человека 227

Мотовилова Марина Владимировна, Кадигроб Дарья Андреевна.
Действие аммиака и меры по предотвращению воздействия на организм человека
на промышленных предприятиях 231
Мотовилова Марина Владимировна, Козловских Карина Евгеньевна. Методы исследования
средств индивидуальной защиты для сотрудников пожарного подразделения 235
Мотовилова Марина Владимировна, Латыпов Павел Рафилевич. Роль психологического
комфорта на рабочем месте в предотвращении травм и заболеваний 239
Мотовилова Марина Владимировна, Левковская Елизавета Сергеевна.
Средства индивидуальной защиты в районах Крайнего Севера и арктической зоны 243
Мотовилова Марина Владимировна, Паньков Матвей Александрович. Опасные объекты
нефтеперерабатывающего производства и обеспечение промышленной безопасности 247
Мотовилова Марина Владимировна, Трофимов Олег Александрович.
Обеспечение пожарной безопасности на предприятиях 251
*Переверзева Кристина Денисовна, Казаков Алексей Павлович,
Горностаева Елена Анатольевна*. Методические рекомендации
по трудоустройству студентов и выпускников 255
Тертышник Никита Владимирович, Бузиков Шамиль Викторович.
Внедрение цифровизации в охрану труда посредством применения
программного обеспечения 259
Устюжанин Иван Андреевич, Зыкин Андрей Александрович. Разработка умной конфорки
газовой плиты на основе термоактивных гигроскопических материалов
с системой блокировки и оповещения утечки газа 263

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Ануфриев Данил Сергеевич, Макушев Владимир Юрьевич,
Якурнова Лада Николаевна, Грачев Сергей Павлович*.
Методика разработки обучающего промышленного VR-симулятора 268
Батенков Кирилл Александрович. Оценка погрешности измерения
сигнала синхронизации в цифровых телекоммуникационных сетях 273
Земцов Антон Валерьевич, Прозоров Дмитрий Евгеньевич.
Оценка качества биометрических данных в системе васкулярной аутентификации 276
Зимулько Илья Вадимович, Сучкова Лариса Иннокентьевна. Проектирование редактора
сценариев для создания интерактивных мультимедийных образовательных ресурсов 285
Козлов Андрей Анатольевич, Частиков Александр Вениаминович.
Показатели качества цифровой системы АРУ 290
*Коржавина Анастасия Сергеевна, Бикметов Игорь Русланович,
Терещенко Тимофей Леонидович*. Применение модулей специального вида
для снижения аппаратных затрат при проектировании модулярных умножителей 295
*Лаптев Дмитрий Александрович, Бызов Виктор Александрович,
Котельников Евгений Вячеславович*. Применение нейросетевых моделей
для исправления грамматических ошибок в тексте 300
Левашов Александр Павлович, Бурдукова Анна Андреевна. Принцип Гаусса
в обобщённых координатах в задачах динамики твёрдого тела 304
Медведева Елена Викторовна, Ляпин Даниил Владимирович.
Обзор методов помехоустойчивого кодирования в современных системах связи 308
Поливаев Илья Анатольевич, Якунин Алексей Григорьевич.
Разработка потоковых алгоритмов нелинейной фильтрации данных
для их последующего сжатия в системах температурного мониторинга 314

Сергеева Татьяна Владиславовна. Программное обеспечение
для моделирования работы лесосечных машин.....319
Харина Наталья Леонидовна, Чернядьев Сергей Юрьевич. Алгоритм сегментации сосудов
склеры для системы биометрической аутентификации.....325
Хлебов Алексей Георгиевич. Электронные состояния,
обусловленные дислокациями в сульфиде кадмия.....330
Шапошников Антон Валерьевич, Сучкова Лариса Иннокентьевна. Проектирование классов
голосового ассистента для поддержки работы на компьютере лиц с нарушением зрения....333

ХИМИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Беличева Татьяна Васильевна, Постников Николай Константинович,
Колупаев Александр Андреевич, Рябова Анна Николаевна*.
Анализ морфофункциональных показателей студентов высшего учебного заведения 337
Власова Юлия Валерьевна, Ковязина Галина Викторовна. Оценка функционального
состояния позвоночника и осанки у юных фигуристов 7–9 лет 341
Дормидонтова Софья Михайловна, Широких Ирина Геннадьевна.
Антибиотикорезистентность актиномицетов из техногенных почв.....345
*Земцова Екатерина Анатольевна, Мусихина Татьяна Анатольевна,
Корякин Павел Андреевич*. Исследование возможности формования
и упрочнения сорбционных материалов на базе лигнина.....350
*Коновалова Ирина Александровна, Алалыкин Александр Алексеевич,
Душина Елена Эдуардовна, Скоробогатая Мария Николаевна*.
Клеточная культура люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) – перспективный
ингредиент косметических средств и функциональных продуктов питания 355
*Конышев Илья Владимирович, Загоскин Максим Андреевич,
Дудина Любовь Геннадьевна, Белозеров Владислав Сергеевич*.
Методы химической сорбции белков на поверхности твёрдой фазы.....359
Кривоногов Артем Дмитриевич, Ефимов Егор Олегович.
Влияние большого тенниса на жизнь спортсмена. Основные проблемы
при выборе данного вида спорта как основного.....363
Кузнецова Дарья Александровна, Беспятых Олег Юрьевич.
Влияние условий Севера на функциональное состояние и здоровье подростков.....368
Лыскова Кристина Александровна, Ковязина Галина Викторона. Современный подход
к вопросам мотивации к физической активности у детей младшего школьного возраста
с нарушением интеллекта посредством занятий физической культурой с элементами игры 374
Нилова Алиса Борисовна, Козачок София Сергеевна, Сазанов Александр Викторович.
Определение суммы антиоксидантов зерномицелия Ежовика гребенчатого
(Hericium erinaceus) в экстракте на основе этилового спирта.....377
*Фоминых Елена Геннадьевна, Блинова Валерия Вадимовна,
Марущак Ксения Максимовна, Царькова Дарья Ивановна*.
Сравнительная оценка различных видов кофе как источника антиоксидантов и кофеина ...381
Шестаков Андрей Николаевич, Ичетовкина Виктория Андреевна, Бервицкая Ольга
Сергеевна. Влияние метода синтеза материла $La_{0,9}Sr_{0,1}Sc_{0,4}Mn_{0,6}O_{(3\pm\delta)}$ на микроструктуру..386

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

*Пупышева Светлана Анатольевна, Платунов Андрей Романович,
Бадикова Арина Дмитриевна*. Исследование аэропалинологического спектра
воздушной среды города Кирова.....389

ЭЛЕКТРО- И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

Применение VR-технологий в учебном процессе при подготовке студентов и сотрудников-энергетиков на примере сценария работы по оперативным переключениям на подстанции 110/10 кВ

Басманов Владислав Геннадьевич[a], кандидат технических наук,
доцент, заведующий кафедрой
Жаворонков Максим Александрович[b]
Давыдов Денис Андреевич[c]
Шихов Иван Андреевич[d]
студенты группы ЭиЭм-1801-01-00
Вятский государственный университет [a, b, c, d], Киров

Аннотация: в данном исследовании рассматривается использование VR-технологий для обучения оперативным переключениям на трансформаторной подстанции 110/10 кВ. Главная цель работы заключается в создании виртуальной лабораторной работы, которая поможет работникам энергетических предприятий эффективно освоить практические навыки работы с высоковольтным электрооборудованием. Преимущества применения VR-технологий включают безопасность при обучении студентов на реальных электроустановках и возможность практической отработки навыков в условиях, максимально приближенных к реальной работе.

Ключевые термины: виртуальная реальность, оперативные переключения, трансформаторная подстанция.

Введение. Для эффективной подготовки специалистов в области энергетики необходимо улучшить практические навыки работы с электрооборудованием. Однако из-за требований по электробезопасности и непостоянному доступу к электроустановкам, многие работники испытывают затруднения с доступом к выполнению работ в электроустановках. Применение VR-технологий может помочь в решении этой проблемы. Виртуальная реальность позволяет имитировать реалистичные ситуации, включая воздействие и реакции на воздействие. Объекты в виртуальной реальности ведут себя схоже с объектами реального мира, позволяя пользователю воздействовать на них соблюдая физические законы [1].

Ведущий подход. Благодаря использованию бинокулярного зрения, мы можем определять глубину и расстояние до объектов, чтобы избегать столкновений. VR-шлемы оснащены мониторами, которые показывают разные изображения для каждого глаза, а линзы помогают правильно сфокусировать взгляд.

Контроллеры управляют игрой или приложением, а камеры используются для считывания движений игрока и обеспечения безопасности. В данной работе используется виртуальное моделирование ситуаций, возникающих при работе на подстанции 110/10 кВ [2].

Для достижения цели необходимо:

– разработать VR модель подстанции,

– провести апробацию

– внести корректировки по результатам тестирования

Результаты исследования. Для реализации проекта с использованием VR-технологий была выбрана схема подстанции 110/10 кВ, которая включает в себя четырехугольник с двумя параллельно работающими трансформаторами. Эта схема была взята из источника [3].

С использованием данной схемы была разработана VR модель подстанции 110/10 кВ, которая по результатам многократных апробаций, претерпела существенные доработки. Конечный результат – обновленная VR модель подстанции, о которой будет рассказано далее.

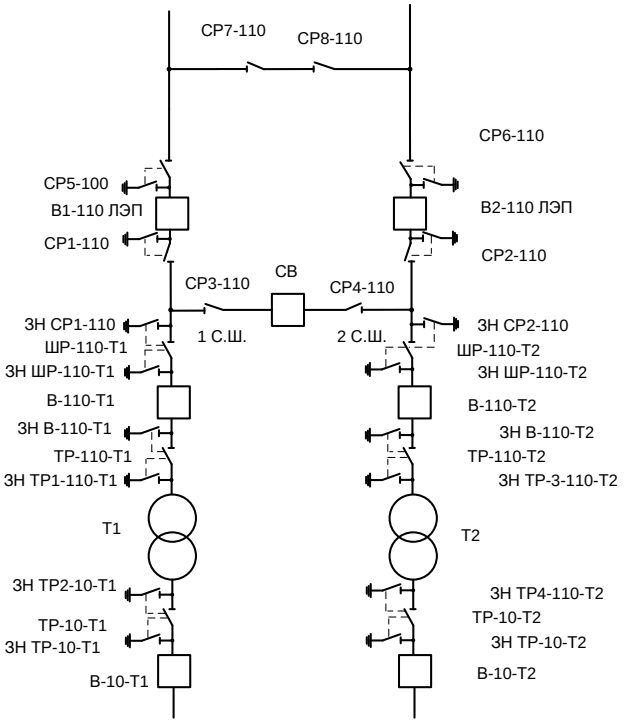
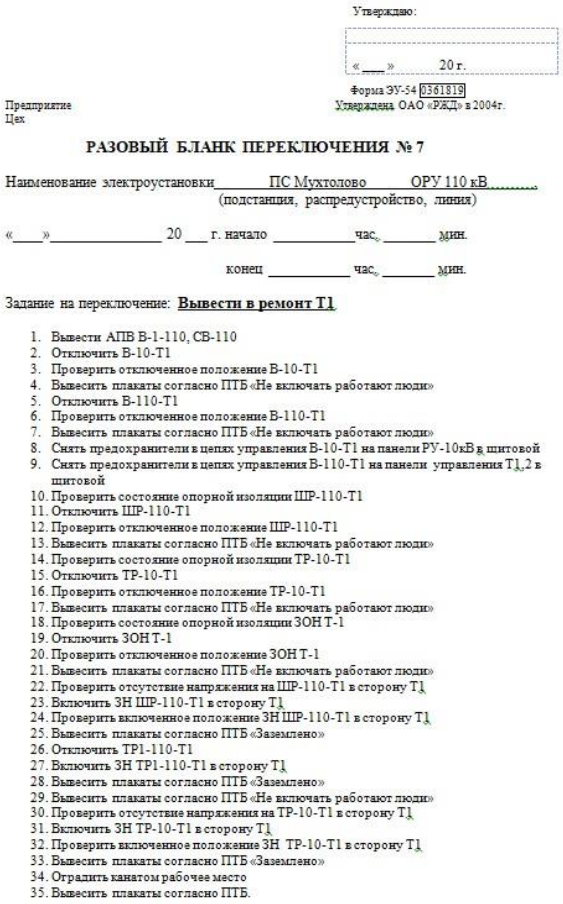


Рисунок 1. Схема подстанции 110/10 кВ

Для проведения оперативных переключений необходимо использовать стандартный бланк переключений [4, 5], пример такого бланка, предоставлен-

ный с реального объекта, показан на рисунке 2. Этот бланк стал основой для сценариев объекта.



Утверждаю:

«___» 20 г.

Форма ЭУ-54 0361819
Утверждена ОАО «РЖД» в 2004г.

Предприятие
Цех

РАЗОВЫЙ БЛАНК ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ № 7

Наименование электроустановки ПС Мухтолово ОРУ 110 кВ
(подстанция, распредустройство, линия)

«___»_____ 20 ___ г. начало _____час._____мин.

конец _____ час._____мин.

Задание на переключение: **Вывести в ремонт Т1**

1. Вывести АПВ В-1-110, СВ-110
2. Отключить В-10-Т1
3. Проверить отключенное положение В-10-Т1
4. Вывесить плакаты согласно ПТБ «Не включать работают люди»
5. Отключить В-110-Т1
6. Проверить отключенное положение В-110-Т1
7. Вывесить плакаты согласно ПТБ «Не включать работают люди»
8. Снять предохранители в цепях управления В-10-Т1 на панели РУ-10кВ в щитовой
9. Снять предохранители в цепях управления В-110-Т1 на панели управления Т1,2 в щитовой
10. Проверить состояние опорной изоляции ШР-110-Т1
11. Отключить ШР-110-Т1
12. Проверить отключенное положение ШР-110-Т1
13. Вывесить плакаты согласно ПТБ «Не включать работают люди»
14. Проверить состояние опорной изоляции ТР-10-Т1
15. Отключить ТР-10-Т1
16. Проверить отключенное положение ТР-10-Т1
17. Вывесить плакаты согласно ПТБ «Не включать работают люди»
18. Проверить состояние опорной изоляции ЗОН Т-1
19. Отключить ЗОН Т-1
20. Проверить отключенное положение ЗОН Т-1
21. Вывесить плакаты согласно ПТБ «Не включать работают люди»
22. Проверить отсутствие напряжения на ШР-110-Т1 в сторону Т1
23. Включить ЗН ШР-110-Т1 в сторону Т1
24. Проверить включенное положение ЗН ШР-110-Т1 в сторону Т1
25. Вывесить плакаты согласно ПТБ «Заземлено»
26. Отключить ТР1-110-Т1
27. Включить ЗН ТР1-110-Т1 в сторону Т1
28. Вывесить плакаты согласно ПТБ «Заземлено»
29. Вывесить плакаты согласно ПТБ «Не включать работают люди»
30. Проверить отсутствие напряжения на ТР-10-Т1 в сторону Т1
31. Включить ЗН ТР-10-Т1 в сторону Т1
32. Проверить включенное положение ЗН ТР-10-Т1 в сторону Т1
33. Вывесить плакаты согласно ПТБ «Заземлено»
34. Оградить канатом рабочее место
35. Вывесить плакаты согласно ПТБ.

Рисунок 2. Бланк переключений

Цель этих переключений – вывод в ремонт трансформатора Т1. Процесс начинается с включения технологии и загрузки локации, активации оборудования. После надевания шлема и взятия контроллеров вы оказываетесь в комнате оперативного персонала, где получаете звонок от диспетчера электросетей о необходимости вывода трансформатора на ремонт. Этот момент предварительно согласовывается с руководством для получения разрешения на выполнение работ. Затем начинается выполнение последовательности переключений, следуя инструкциям на планшете, где указано конкретное задание.

Этот проект предоставляет возможность проводить как тренировочные, так и экзаменационные сессии. Сценарии тренажера разработаны в соответствии с инструкциями, регламентами, бланками и программами переключений. Благодаря этому при обучении сотрудники погружаются в реалистичную среду и отрабатывают все действия до автоматизма. Это позволяет повысить уровень

их осознанности при работе на реальном оборудовании и снизить риски возникновения инцидентов и аварийных ситуаций. Сотрудники организаций или обучающиеся студенты могут проходить сценарии в кабинетах и учебных аудиториях. Результаты обучения и тестирования персонала автоматически формируются в отчет, который получает руководитель, а видеозаписи сессий обучения предназначены для проработки ошибок.

В рамках проекта были проведены значительные доработки качества 3D-моделей, была увеличена детализация объектов, что придало моделям более реалистичный вид. В результате всех этих усовершенствований модели стали более качественными и привлекательными для зрителей и пользователей проекта.

На рисунке 3 представлен внешний вид подстанции, которая воспроизведена с помощью VR-технологии.

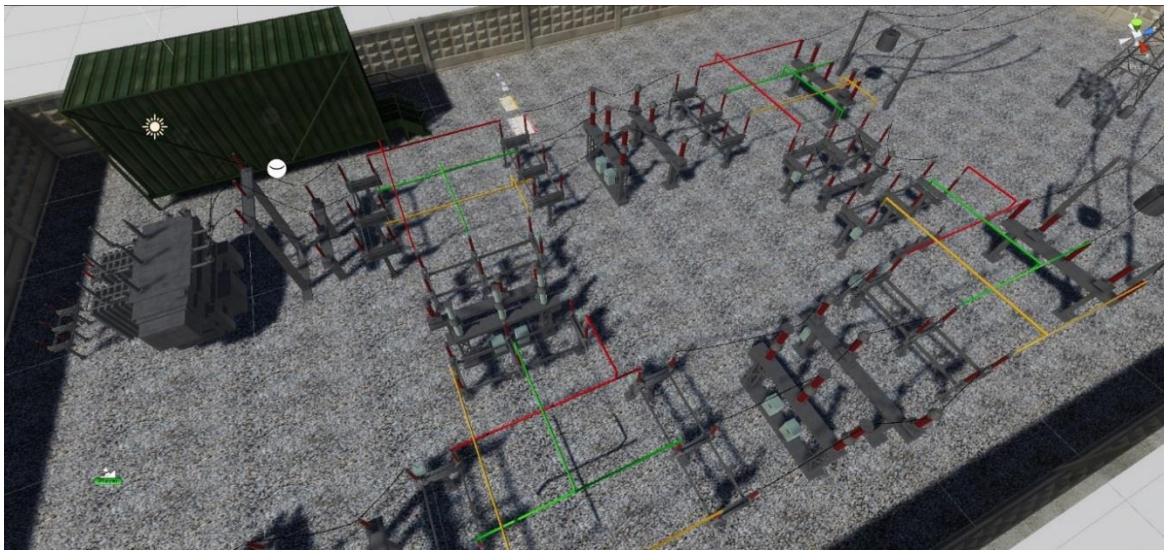


Рисунок 3. Внешний вид подстанции

Выводы. Была разработана VR модель подстанции 110/10 кВ. Проработаны этапы взаимодействия с электрооборудованием, соответствуя бланку оперативных переключений. Таким образом, в результате работы была произведена разработка виртуальной среды, которая повышает эффективность получения навыков практической работы с высоковольтным электрооборудованием. Также были созданы тренировочные и экзаменационные режимы. Данный проект позволяет эффективно проверять и улучшать знания и навыки пользователей, а также повышать общее качество обучения и подготовки персонала.

Библиографический список

1. Басманов В. Г., Жаворонков М. А. Применение VR-технологий в учебном процессе при подготовке студентов энергетиков на примере лабораторной работы по оперативным переключениям на подстанции 110/10кВ // Актуальные вопросы и современные тенденции развития электроэнергетики и электротехники. Киров, 2023. С. 40–44.

2. Что такое VR, какие VR-шлемы бывают и стоит ли их покупать. URL: https://skillbox.ru/media/gamedev/chto_takoe_vr/ (дата обращения 21.03.2024).

3. Электрооборудование электрических станций и подстанций : учеб. для студ. учреждений сред. проф. образования / Л. Д. Рожкова, Л. К. Карнеева, Т. В. Чиркова. 10-е изд., стер. М. : Изд. центр «Академия», 2013. 448 с.

4. Об утверждении Правил переключений в электроустановках**:** приказ Минэнерго РФ от 13.09.2018 № 757**.** Редакция от 04.10.2022**.** Действует с 06.03.2023. URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=446030 (дата обращения 21.03.2024).

5. ГОСТ Р 55608-2018. Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Оперативно-диспетчерское управление. Переключения в электроустановках. Общие требования: принят 09.10.2018; действ. с 01.03.2019. М., 2018. URL: https://protect.gost.ru/default.aspx/v.aspx?control=7&id=231689 (дата обращения 21.03.2024).

6. Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок: приказ Минтруда РФ от 15.12.2020 N 903Н. Редакция от 29.04.2022. Действует с 01.09.2022. URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=430799 (дата обращения 21.03.2024).

Особенности применения мультикамерных разрядников для защиты от перенапряжений

Басманов Владислав Геннадьевич[a], кандидат технических наук,
доцент, заведующий кафедрой
Помелов Михаил Дмитриевич[b], студент
Вятский государственный университет [a, b], Киров

Аннотация: в данной работе исследуются особенности применения мультикамерных разрядников для защиты от перенапряжений в электрических системах.

Ключевые слова: мультикамерные раздрядники, защита.

Введение. Мультикамерные разрядники представляют собой устройства, предназначенные для снижения воздействия перенапряжений на оборудование и сети электроснабжения. В работе рассматриваются основные принципы работы мультикамерных разрядников и их преимущества и недостатки, а также особенности применения в системах защиты от перенапряжений. Актуальность статьи заключается в том, чтобы правильно выбрать оборудование, для обеспечения надежной защиты от перенапряжений.

Задачи:

1. Изучение материала про оборудование от защиты от перенапряжений.

2. Сравнение вентильных и мультикамерных разрядников.

Методы исследования:

1. Анализ литературных источников по теме, включая научные статьи, книги и технические спецификации мультикамерных разрядников.

2. Сравнительный анализ эффективности мультикамерных и вентильных разрядников в защите от перенапряжений.

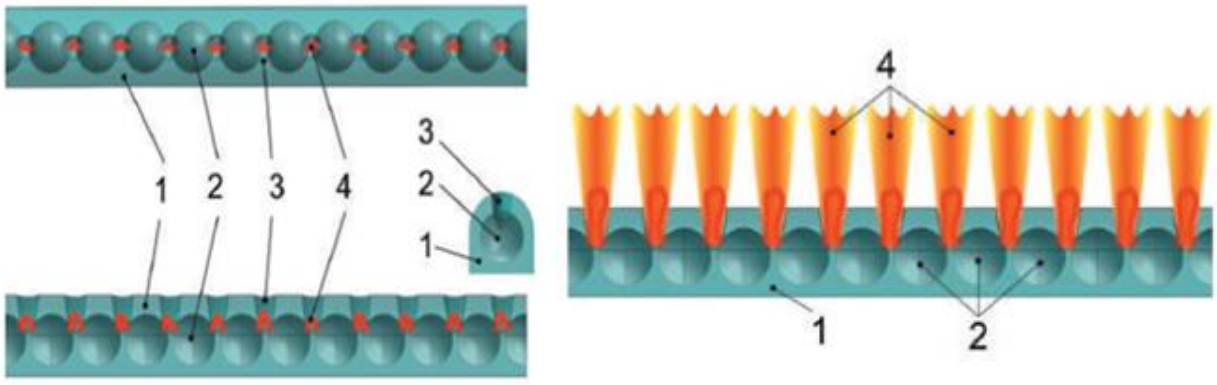
Эти методы позволят получить полное представление об особенностях применения мультикамерных разрядников для защиты от перенапряжений и определить наиболее эффективные способы их использования

Результаты исследований

Вентильные разрядники	Преимущества	Недостатки
	Надежная защита от перенапряжений:	Высокая стоимость
	Длительный срок службы.	Ограниченная способность к обработке энергии

	Способность к многократному использованию	Возможные проблемы с высокими токами
Мультикамерные разрядники	Преимущества	Недостатки
	Высокая надежность защиты	Высокая стоимость
	Возможность работы при различных условиях окружающей среды	Более сложная установка и обслуживание
	Обладают высокой мощностью разрядки	

Мультикамерная система (см. рис. 1) состоит из большого числа электродов, вмонтированных в профиль из силиконовой резины. Между электродами выполнены отверстия, выходящие наружу профиля. Эти отверстия образуют миниатюрные газоразрядные камеры. При воздействии на разрядник импульса грозового перенапряжения пробиваются промежутки между электродами. Благодаря тому, что разряды между промежуточными электродами происходят внутри камер, объёмы которых весьма малы, при расширении канала создается высокое давление, под действием которого каналы искровых разрядов между электродами перемещаются к поверхности изоляционного тела и далее выдуваются наружу в окружающий разрядник воздух. Вследствие возникающего дутья и удлинения каналов между электродами каналы разрядов охлаждаются, суммарное сопротивление всех каналов увеличивается, т. е. общее сопративление раззрядника возрастает, и происходит ограничение импульсного тока грозового перенапряжения.



а) схема, поясняющая начальный момент развития разрядов

б) схема, поясняющая завершающий момент развития разрядов

Рисунок 1. Мультикамерная система (МКС): 1 – профиль из силиконовой резины; 2 – промежуточные электроды; 3 – дугогасящая камера ; 4 – канал разряда

По окончании импульса грозового перенапряжения к разряднику остаётся приложенным напряжение промышленной частоты. Как показали проведённые исследования, в разрядниках с МКС возможны два типа гашения искрового разряда:

1) при переходе сопровождающего тока 50 Гц через ноль (в дальнейшем такой тип гашения называется «гашением в нуле»);

2) при снижении мгновенного значения импульса грозового перенапряжения до определённого значения большего или равного мгновенному значению напряжения промышленной частоты, т. е. осуществляется гашение тока импульса грозового перенапряжения без сопровождающего тока сети (в дальнейшем такой тип гашения называется «гашением в импульсе»).

Механизм гашения искрового разряда в МКС напоминает механизм гашения дугового разряда в трубчатом разряднике. Существенное отличие состоит в том, что внутри трубчатого разрядника достаточно долго (до 10 мс, т. е. до 10 000 мкс) горит дуга. Она выжигает стенки газогенерирующей трубки, и образовавшиеся от теплового разрушения газы выдувают канал разряда наружу. В случае «гашения в нуле» МКС дуга начинается в дугогасящих камерах, а затем большая её часть выдувается наружу в открытое пространство. Длительность протекания сопровождающего тока в таком случае составляет не более 10 мс. Во время протекания сопровождающего тока по МКС на разряднике существует падение напряжения– остающееся напряжение. Оно обусловлено активным сопротивлением дуги, благодаря наличию активного сопротивления, можно не учитывать апериодическую составляющую тока короткого замыкания, а ориентироваться только на установившееся значение расчетного тока короткого замыкания.

Материал камер не газогенерирующий, дутьё образуется просто за счёт расширения канала разряда, поэтому эрозия стенок камер незначительная.

В случае «гашения в импульсе», длительность которого составляет десятки микросекунд, эрозии практически нет даже после многократных срабатываний МКС.

МКС испытаны на электродинамическую устойчивость импульсами тока с максимальным значением 100-110 кА.

2. **РМК-20-IV-УХЛ1**

Разрядник предназначен для защиты воздушных линий электропередачи напряжением 6–20 кВ трехфазного переменного тока с защищёнными и неизолированными проводами от индуктированных грозовых перенапряжений и таких негативных последствий, как отключение ВЛ и пережог провода, и рассчитан для работы на открытом воздухе при температуре от минус 60°С до плюс 50°С в течение 30 лет.

Рисунок 2. Внешний вид РМК-20- IV-УХЛ1

Прост в установке, не требует технического обслуживания. Многократно выдерживает воздействие прямого удара молнии без разрушения. Принцип работы Основными элементами РМК-20 являются: – мультикамерная система (МКС), – несущий стеклопластиковый стержень, – узел крепления разрядника к стержню изолятора. Разрядник устанавливается на металлический стержень изолятора с искровым воздушным промежутком между верхним концом разрядника и проводом. При воздействии грозового перенапряжения сначала пробивается искровой воздушный промежуток, а затем – МКС разрядника. Для изолированного провода необходимо использовать прокусывающий зажим.

Для голого провода также рекомендуется применение зажима. МКС обладает уникальной способностью рассеивать энергию протекающих токов в окружающем пространстве, что делает её конструкцию устойчивой к динамическим и термическим воздействиям импульсного тока прямого удара молнии.

При прямом попадании молнии в линию электропередач пробиваются воздушные промежутки внутри МКС, затем дуга выходит за пределы МКС и горит снаружи, не повреждая разрядник. Для защиты от индуктированных пе-

ренапряжений разрядники устанавливаются по одному на опору с чередованием фаз. При этом токи промышленной частоты, сопровождающие многофазные замыкания, вызванные грозовыми перенапряжениями, протекают по контурам, включающим в себя сопротивления заземления опор.

Эффективность гашения сопровождающих токов тем выше, чем меньше они по величине, а наличие сопротивлений заземления опор в контуре замыкания благоприятным образом влияет на снижение величины сопровождающих токов.

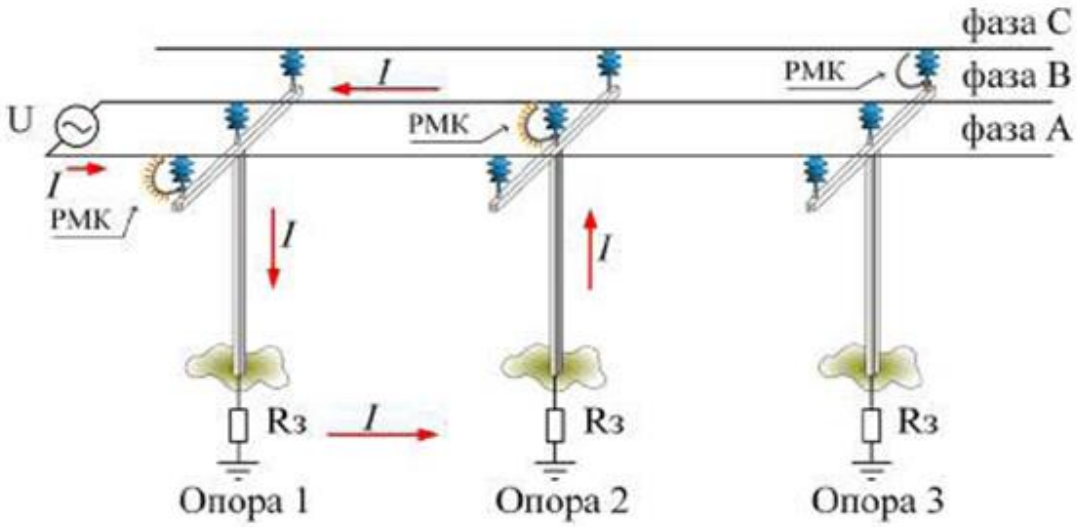


Рис. 3. Схема подключения РМК-20-IV-УХЛ1

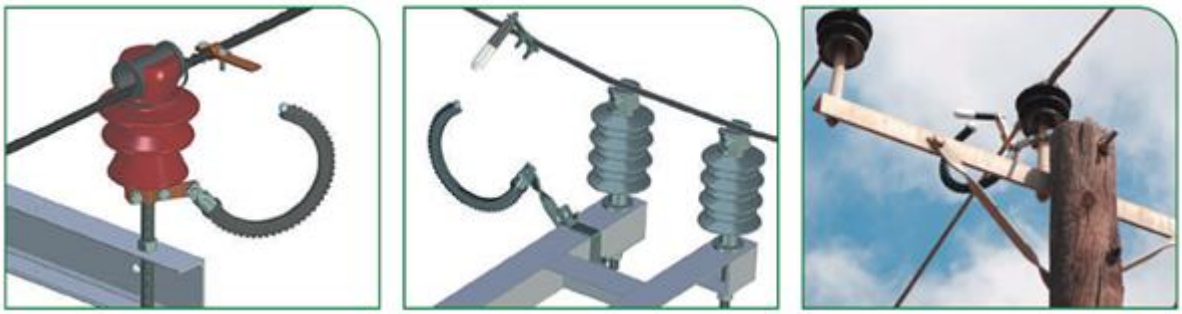


Рис. 4. Примеры установки

Обсуждение. Основные особенности применения мультикамерных разрядников для защиты от перенапряжений:

1. Высокая эффективность: мультикамерные разрядники обладают большей способностью к разрядке перенапряжений по сравнению с однокамерными разрядниками. Это позволяет им более надежно защищать системы от повреждений.

2. Надежность: благодаря наличию нескольких камер в мультикамерных разрядниках, они обеспечивают стабильную и надежную работу в широком диапазоне условий эксплуатации.

3. Долговечность: мультикамерные разрядники обычно имеют более длительный срок службы и требуют меньше обслуживания по сравнению с другими типами разрядников.

4. Гибкость: мультикамерные разрядники могут быть настроены на работу в различных режимах и условиях, что делает их универсальным решением для защиты от перенапряжений.

Выводы. Исходя из изученного материала можно сделать выводы:

1. Применение мультикамерных разрядников обеспечивает более надежную защиту от перенапряжений по сравнению с другими видами разрядников.

2. При сравнении мультикамерных и вентильных разрядников, можно сказать, что мультикамерные разрядники являются более надежными и долговечными, но более дорогостоящими. Выбор между мультикамерными и вентильными разрядниками должен быть основан на требованиях конкретной системы и условиях их применения. Обе категории разрядников обладают своими уникальными характеристиками, и их выбор зависит от конкретной ситуации и требований.

Библиографический список

1. URL: https://e.vyatsu.ru/mod/page/view.php?id=14101

2. Титков В. В., Халилов Ф. Х. Перенапряжения и молниезащита : учеб. пособие. 2-е изд., стер. СПб. : Издательство «Лань», 2016 224 с.

3. Перенапряжения в электрических системах и защита от них : учеб. / А. С. Серебряков, Д. Е. Дулепов, В. Л. Осокин ; под общ. ред. А. С. Серебрякова. Старый Оскол : ТИТ, 2021. 264 с.

Опыт использования автомобильного генератора в лабораторных работах дисциплины «Режимы работы и эксплуатация электрооборудования электрических станций»

Бессолицын Алексей Витальевич[a], кандидат технических наук, доцент
Вальс Роман Павлович[b], аспирант
Вятский государственный университет [a, b], Киров

Аннотация: в настоящей статье оценивается целесообразность применения автомобильного генератора при конструировании лабораторного стенда для исследования режимов работы электрооборудования электростанций. Проведен натурный эксперимент с конкретным оборудованием; построена характеристика холостого хода. На основании полученных данных установлено, что рассматриваемый подход оправдан и соответствует учебным целям. Результаты исследования могут быть применены в лабораторных работах при подготовке специалистов электроэнергетической отрасли.

Ключевые слова: синхронный генератор, лабораторный стенд, исследование режимов.

Введение. Синхронные генераторы переменного тока остаются основными электрическими машинами, предназначенными для производства электроэнергии в энергосистемах Российской Федерации и большинства стран мира. Поэтому при подготовке будущих специалистов особое внимание уделяется таким вопросам, как включение генераторов на параллельную работу с сетью и ведение их режимов. Для более глубокого усвоения учебного материала целесообразно построение макета электрической станции, на котором возможны отработка типовых операций и исследование характерных процессов, связанных с работой генератора в сети.

Более сорока лет назад на кафедре электрических станций ВятГУ была создана лабораторная установка, состоящая из двух синхронных генераторов мощностью 12 кВт и 3,6 кВт, привод которых осуществляется двигателями постоянного тока [1]. Опыт эксплуатации можно охарактеризовать как положительный, однако, был выявлен ряд негативных особенностей.

– замена отработавших свой ресурс электрических машин такой мощности и используемого с ними оборудования – силовых трансформаторов, выпрямительной установки, коммутационной аппаратуры связана с заметными капитальными вложениями.

– техническое обслуживание подобных агрегатов должно осуществляться квалифицированными специалистами в заводских условиях.

– размеры такой лабораторной установки обуславливают необходимость выделения отдельного помещения.

– правила техники безопасности и охраны труда требуют размещение машинного зала в подвальном помещении, что приводит к значительному удлинению измерительных цепей и цепей управления.

Предлагаемые технические решения. Указанные недостатки можно свести к минимуму, если использовать электрические машины малой мощности. Промышленностью широко выпускаются генераторы мощностью порядка одного киловатта, предназначенные к работе в различном транспорте, в частности, автомобилях.

Типовой автомобильный генератор представляет собой явнополюсную синхронную трехфазную машину. Выдача в бортовую сеть постоянного тока обеспечивается за счет использования трехфазного полупроводникового выпрямителя. Демонтаж данного узла позволяет использовать автомобильный генератор в качестве основы лабораторного стенда, моделирующего работу синхронных генераторов на электрических станциях. Причем возможно использование автомобильных генераторов, вышедших из строя по причине отказа выпрямителя или реле-регулятора.

Однако попытка использовать автомобильный генератор для включения на параллельную работу с сетью промышленной частоты связана со следующими проблемами:

– номинальное переменное напряжение обмотки статора автомобильных генераторов до выпрямления не превышает 10 В, что требует использование трансформаторов с большим коэффициентом трансформации для подключения к трёхфазной сети 380 В.

– автомобильные генераторы предназначены для работы при частоте вращения вала в несколько тысяч оборотов в минуту, но из-за того, что ротор большинства генераторов имеет шесть пар полюсов, синхронизация с сетью промышленной частоты предполагает вращение вала с частотой 500 оборотов в минуту, что подразумевает увеличение тока возбуждения для создания требуемой ЭДС.

В 2024 году на кафедре электрических станций был начат монтаж лабораторной установки на базе автомобильного генератора AT3G3181, $U_{ном}=12$ *В,* $I_{ном}=120$ *А*. Встроенный трехфазный выпрямитель был удален. Исходно обмотка статора данного генератора была выполнена по схеме «двойной треугольник». Для повышения выходного напряжения без существенного увеличения тока возбуждения и нагрузки на щеточный узел, схема обмотки была изменена на «звезду» с последовательным соединением секций, как показано на рисунке 1.

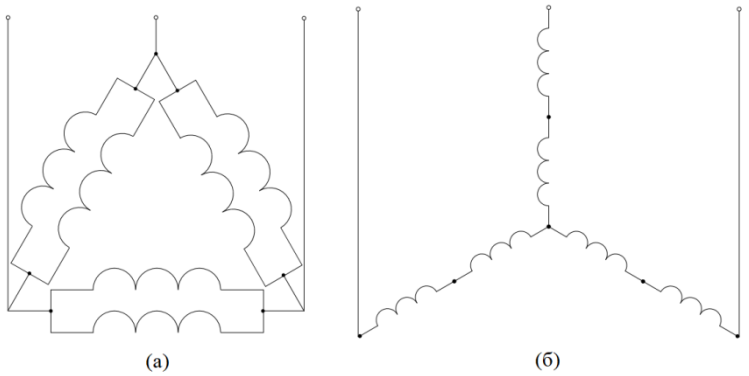


Рисунок 1. Схемы соединения обмоток статора автомобильного генератора AT3G3181: (а) – исходная схема; (б) – модифицированная схема

Методы исследования. Для установления факта отсутствия насыщения используемого генератора, и наличия возможности управления режимом по реактивной мощности, был проведен натурный эксперимент. В качестве источника возбуждения применялся аппаратно-программный комплекс РЕТОМ-61. По данным, полученным для различных величин тока возбуждения, была построена характеристика холостого хода.

Результаты исследований, их обсуждение. Снятая характеристика холостого хода на частоте 50 Гц, приведенная на рисунке 2, свидетельствует о том, что используемый автомобильный генератор позволяет достичь величины линейного напряжения 12 В при частоте вращения 500 об/мин без существенных признаков насыщения магнитной системы и при умеренном токе возбуждения. С учетом полученной величины напряжения возможно осуществление связи с сетью 380 В посредством трехфазной группы из трех серийных трансформаторов ТС-100, предназначенных для питания бытовой радиоаппаратуры, без перемотки обмоток [2].

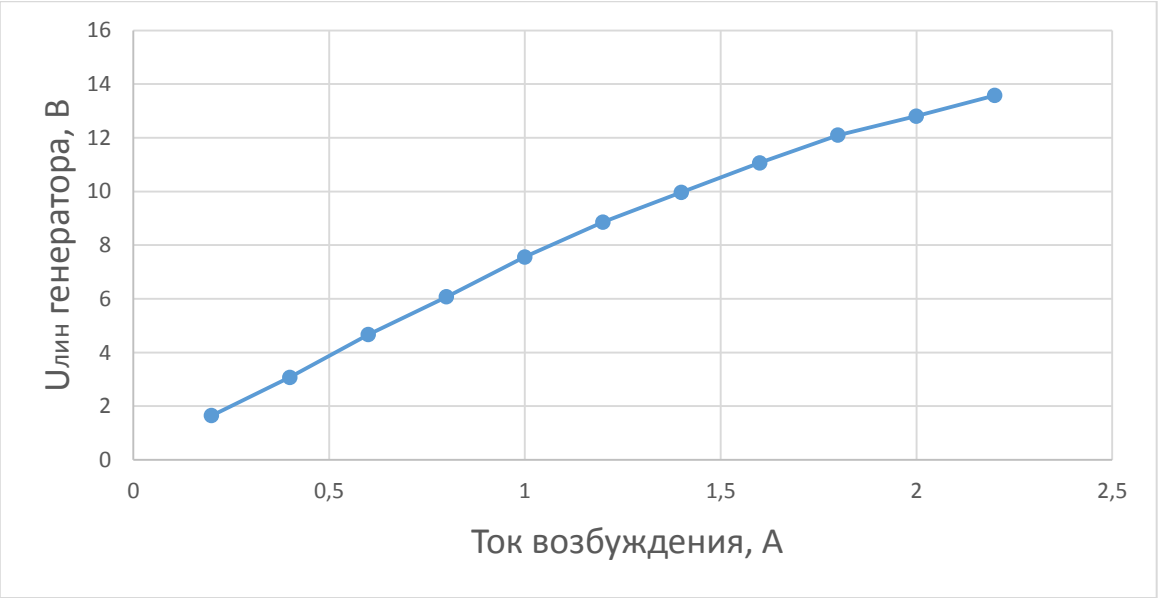


Рисунок 2. Зависимость линейного напряжения на выводах генератора от тока возбуждения

Синхронизация генератора с сетью осуществляется за счет коммутации на стороне низшего напряжения, что соответствует схеме «блок генератор-трансформатор с генераторным выключателем». Роль генераторного выключателя выполняет трехфазный малогабаритный контактор КМИ-11810 с электромагнитным управлением.

Выводы. Описанная в статье установка была успешно опробована и неоднократно включалась на параллельную работу с сетью в ходе лабораторных работ дисциплины «Режимы работы и эксплуатация электрооборудования электрических станций». Это показывает, что использование автомобильных генераторов вполне возможно для построения простых и дешевых лабораторных стендов, моделирующих режимы работы синхронных генераторов электрических станций, при выполнении некоторых модификаций, описанных в данной работе.

Библиографический список

1. Режимы работы синхронных генераторов на электрических станциях : учеб. пособие для студентов направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профилей подготовки «Электрические станции» и «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» всех форм обучения, а также студентов, обучающихся по программам магистратуры 13.04.02 / А. П. Пушков, О. А. Новоселова ; ВятГУ, КирПИ, ЭТФ, каф. ЭС. Киров: ВятГУ, 2016. 155 с. URL: https://lib.vyatsu.ru

2. Сидоров И. Н., Скорняков С. В. Трансформаторы бытовой радиоэлектронной аппаратуры : справ. М. : Радио и связь, 1994. 320 с.

Анализ внеплановых отключений и травматизма в электрических сетях напряжением 6–35 кВ

Братухин Алексей Викторович, старший преподаватель
Вятский государственный университет, Киров

Аннотация. В статье приведены данные о внеплановых отключениях за период 2020–2022 гг. Определены наиболее повреждаемые виды электроустановок (ЭУ). Выявлена динамика роста числа внеплановых отключений. Показано, что большой объем аварийно-восстановительных работ увеличивает нагрузку на обслуживающий персонал и служит дополнительным опасным фактором.

Ключевые слова: аварийные отключения, воздушные линии электропередачи, деревянные опоры, опасный фактор, травматизм.

Введение. Воздушные линии электропередачи (ВЛ) напряжением 0,4-110 кВ являются основными сетями для распределения электрической энергии. Длина их составляет более 2,3 млн км, что составляет примерно 95 % от протяженности всех линий электропередачи [1].

По опубликованным данным около 85 % всех повреждений происходит в сетях напряжением 6-35 кВ [2]. Наиболее распространённые виды повреждений, ведущие к отключению электроэнергии, связаны с пробоем изоляторов, обрывом проводов, падением опор ВЛ, несанкционированной валкой деревьев в охранной зоне ВЛ посторонними лицами, повреждением опор или проводов ВЛ крупногабаритным автотранспортом.

Внеплановые отключения электроэнергии могут быть неотложными или аварийными [3]. Неотложное отключение связано с необходимостью устранения обнаруженных дефектов, чтобы не допустить возникновения аварийных ситуаций. Основными причинами аварийных отключений являются внешние факторы (метеорологические воздействия, механические повреждения, пожары и т. д.) и изношенность оборудования. В таких ситуациях на место направляется бригада для выяснения причины отключения и ее устранения.

При обслуживании ВЛ на персонал воздействуют неблагоприятные производственные факторы, которые могут привести к несчастному случаю (НС). К ним относятся поражение электрическим током и электрической дугой, работа на высоте.

Цель анализа заключается в определении наиболее повреждаемых и травмоопасных видов ЭУ. Задачей исследования является поиск причин роста числа внеплановых отключений и травматизма при их устранении.

Результаты исследования. Анализ внеплановых отключений оборудования напряжением 6-35 кВ, происшедших в сетевых организациях Филиала ПАО «Россети Центр и Приволжье» – »Кировэнерго», за период 2020–2022 гг. показал, что всего произошло 8785 отключений, из которых 85 % пришлось на аварийные отключения, а 15 % – на неотложные.

На рис. 1 представлена диаграмма количества внеплановых отключений за период 2020–2022 гг. Количество отключений ВЛ 6-35 кВ от числа отключений всех ЭУ составило 8413 (96 %). Остальные 372 (4 %) отключения пришлись на подстанции, распределительные пункты, трансформаторы и другое оборудование. Число отключений отдельно по ВЛ 10 кВ составило 8083 (92 %).

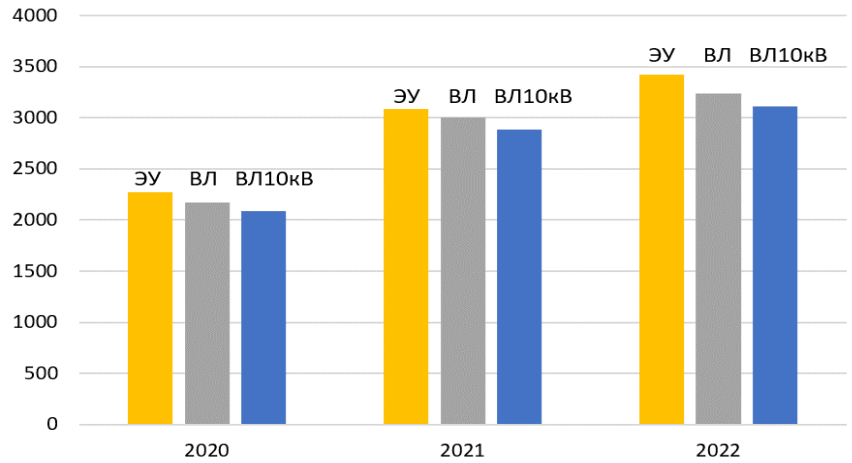


Рисунок 1. Распределение внеплановых отключений в сетевых организациях Филиала ПАО «Россети Центр и Приволжье» – «Кировэнерго» за период 2020–2022 гг.

Нужно отметить рост внеплановых отключений по всем видам ЭУ. Например, на ВЛ 10 кВ с 2020 по 2022 год число отключений выросло в 1,5 раза (с 2090 до 3108), а для ВЛ 35 кВ – в 3,1 раза (с 24 до 74). При этом общее число аварийных отключений увеличилось в 1,7 раза (с 1826 до 2974), а неотложных практически не изменилось.

Если проанализировать данные об отключениях за 2022 г., приведенные к длине ВЛ (табл. 1), то ВЛ 6-10 кВ также окажутся менее надежными. Число отключений ВЛ 6-10 кВ на 100 км длины в 6,4 раза больше, чем у ВЛ 35 кВ.

Таблица 1

Число отключений
в Филиале ПАО «Россети Центр и Приволжье» – «Кировэнерго» за 2022 гг.

Вид ВЛ	Длина, км	Число отключений	Число отключений на 100 км длины
ВЛ 6-10 кВ	17274	3164	18,3
ВЛ 35 кВ	2583	74	2,9

Деревянные опоры являются основными при монтаже ВЛ 0,4-10 кВ, например, по данным на начало 2023 г. в сетевых организациях Филиала ПАО «Россети Центр и Приволжье» – «Кировэнерго» количество опор в таких сетях было почти 450 тыс. шт., что составляет 77 % от числа всех опор (при этом, более 99 % из них с железобетонной приставкой). Деревянные опоры имеют хорошие изоляционные свойства, удобны в обработке и монтаже конструкций, недорогие. Вместе с тем такие опоры имеют ограниченную длину, что ведет к сокращению расстояния (длины пролета) между ними по сравнению с ВЛ на железобетонных или металлических опорах, и небольшой срок службы.

В табл. 2 приведены данные о количестве опор и средней длине пролетов для ВЛ на начало 2023 г. в Филиале ПАО «Россети Центр и Приволжье» – «Кировэнерго». Протяженность ВЛ на деревянных опорах составляет 61,2 % от длины всех ВЛ, в тоже время доля количества деревянных опор от всех опор составляет 72,8 %. Доля деревянных опор на ВЛ 0,4 кВ еще выше и составляет 86,5 %. В то же время средняя длина пролета между деревянными опорами ВЛ 0,4 кВ составляет 32 м, а для ВЛ 6-10 кВ – 61 м. Это, соответственно, в 6,5 и 3,3 раза чаще, чем на ВЛ 110 кВ. Высокое число опор увеличивает объем ремонтно-восстановительных работ.

Таблица 2

Протяженность и количество опор ВЛ 0,4-110 кВ
в Филиале ПАО «Россети Центр и Приволжье» – «Кировэнерго»

Вид ВЛ	Количество опор			Длина ВЛ			Средняя длина пролета	
	общая	дерев.	%	общая	на дерев. опорах	%	общая	дерев. опор
	шт	шт		км	км		м	м
ВЛ 0,4	308529	258331	83,7	9754,29	8441,01	86,5	33	32
ВЛ 6-10	274287	190719	69,5	17273,64	11713,54	67,8	63	61
ВЛ 35	18258	239	1,3	2582,92	29,95	1,2	141	125
ВЛ 110	16302	0	0	3389,76	0	0	208	–
Всего	617376	449289	72,8	33000,61	20184,5	61,2	–	–

Большой объем работ подразумевает дополнительную нагрузку на обслуживающий персонал, что ведет к увеличению интенсивности труда, утомляемости персонала. Это снижает концентрацию при проведении работ и может служить дополнительным опасным фактором.

Многолетние данные статистики из разных источников [4, 5] подтверждают, что на предприятиях электрических сетей электротравматизм, в т. ч. со смертельным исходом, остается высоким. Например, в 2022 г. на предприятиях ПАО «Россети Центр и Приволжье» произошло 13 НС со смертельным исходом. При этом доля поражения электрическим током составляла 61,5 %, а из-за падения опоры – 7,7 %.

Высокий травматизм напрямую связан с нарушениями правил охраны труда, что подтверждают данные ПАО «Россети Центр и Приволжье» за период 2018–2022 гг., по которым определено, что:

– 75 % НС получено при аварийно-восстановительных и внеплановых работах;

– 60 % НС связано с неудовлетворительной организацией рабочего процесса;

– 25 % работающих (из 20 тыс. чел) нарушали правила охраны труда, (по результатам анонимного анкетирования).

Выводы:

1) Наименее надежным электрооборудованием являются ВЛ 10 кВ, имеющие наибольшую протяженность. Большой объём аварийно-восстановительных работ подтверждается ростом внеплановых отключений.

2) Одной из причин низкого технического состояния ВЛ 0,4-10 кВ является использование деревянных опор, что увеличивает нагрузку на обслуживающий персонал. Работы с подъёмом на опору сопровождаются дополнительным риском её падения и получения травмы.

3) Высокий травматизм в электрических сетях объясняется несоблюдением правил охраны труда и технической эксплуатации ЭУ.

Библиографический список

1. Красных А. А. Электрозащитные средства и устройства контроля опасных факторов : учеб. пособие. Киров : ВятГУ, 2013. 218 с.

2. Наумов И. В., Карамов Д. Н. К вопросу о повреждаемости воздушных линий электропередачи в системах электроснабжения // Надежность и безопасность энергетики. 2021. Т. 14. № 2. С. 92–99.

3. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ Утверждены приказом Министерства энергетики РФ от 4 октября 2022 г. № 1070. М. : ЦентрМАГ, 2024. 232 с.

4. Анализ аварийности и травматизма в электроэнергетике Российской Федерации / А. Б. Тряпицын, И. М. Кирпичникова, В. Ф. Бухтояров, Г. А. Круглов // Вестник ЮУрГУ. Серия: Энергетика. 2018. Т. 18. № 4. С. 30–40.

5. Каримов Т. М., Гаврилов А. А. Анализ причин несчастных случаев со смертельным исходом на объектах, поднадзорных Ростехнадзору // Научный Лидер. 2021. № 15. С. 123–128.

Результаты анализа электронных средств защиты, используемых при обслуживании воздушных линий электропередачи

Братухин Алексей Викторович, старший преподаватель
Вятский государственный университет, Киров

Аннотация: в статье приведены результаты анализа качества электронных электрозащитных средств (ЭЗС), используемых при обслуживании воздушных линий электропередачи (ВЛ). Рассмотрены различные виды, выявлены характерные недостатки ЭЗС. Определены направления их совершенствования.

Ключевые слова: травматизм, воздушные линии электропередачи, электрозащитные средства, указатели напряжения, сигнализаторы напряжения.

Введение. В настоящее время при эксплуатации ВЛ широко используются такие электронные ЭЗС как указатели напряжения (УН) и сигнализаторы напряжения (СН), которые не всегда обеспечивают требуемое качество, в частности, надежность работы, четкость распознавания сигнала опасности, простоту и удобство использования.

Статистика травматизма показывает, что значительное число несчастных случаев (НС) происходит из-за неприменения или неисправности ЭЗС, одной из причин чего является трудоёмкость их использования и несовершенство.

Цель исследования заключается в оценке качества электронных ЭЗС, используемых при эксплуатации ВЛ. Задачей исследования является определение недостатков ЭЗС и направлений их совершенствования.

Результаты исследования. УН делятся на две группы: до 1000 В и выше 1000 В. В сетях до 1000 В предпочтение отдано двухполюсным УН [1]. С развитием электроники появились универсальные УН (рис. 1 а), обеспечивающие, помимо проверки наличия/отсутствия напряжения, возможность определения рода тока, уровня и полярности напряжения, выявление фазного провода, контроль целостности электрической цепи и др. В электрических сетях выше 1000 В разрешается применять только однополюсные УН (рис. 1 б).

а)

б)

Рисунок 1. Указатели напряжения, используемые при обслуживании ВЛ:
а – универсальный УН до 1000 В: УНК-0,4 Р, ООО «Электроприбор»;
б – УН выше 1000 В: УВНУ 6-35 Д, ООО ПК «Диэлектрик»

Многообразие конструкций УН, отсутствие достоверной информации об их достоинствах и недостатках осложняет задачу выбора наиболее надежных и удобных изделий. Определяющим критерием при закупках, зачастую является их стоимость. В 2010 г., с целью оценки качества ЭЗС, ОАО «Холдинг МРСК» (с 2015 г. – ПАО »Россети») провел в Воронеже смотр-конкурс. В частности, было представлено 53 типа УН. В результате почти 60 % из них не были рекомендованы к применению из-за выявленных недостатков.

Подобные смотры-конкурсы в дельнейшем долго не проводились, и только в 2020 г. по инициативе уже ПАО «Россети» в Балашихе был проведен смотр-конкурс средств защиты. Целью его была выработка предложений по определению технических требований к средствам защиты, оценка соответствия нормативным требованиям. На смотр-конкурс были представлены 14 видов УН. По итогам работы комиссии были сформулированы общие замечания:

– слабая звуковая и световая индикация;

– отсутствие самопроверки рабочих и индикаторных частей УН;

– недостаточное удобство и комфорт применения.

Появившиеся в конце 90-х гг. СН предназначены для дистанционного контроля наличия напряжения. СН разделяют на индивидуальные (СНИ) и стационарные (СНС). По принципу работы СНИ выпускаются двух типов: неавтоматические и автоматические. Неавтоматические СНИ (рис. 2 а), предназначены для определения с земли напряжения на проводах ВЛ от 6 кВ и выше.

а) б) в)

Рисунок 2. Сигнализаторы напряжения, используемые при обслуживании ВЛ:
а – неавтоматический СНИ: ИСОН-К, ООО «Квазар»;
б – автоматический СНИ: касочный СНИУ.Д, ООО «Антиток»;
в – бесконтактный СНС-6-10-У2-»Кристалл-С», ООО «Энергосигнал»

Автоматические СНИ предназначены для осуществления непрерывного контроля наличия напряжения или его появления на предварительно отключенной ВЛ. Они также позволяют контролировать соблюдение безопасного расстояния от человека до проводов, находящихся под напряжением. Как правило такие СНИ (рис. 2 б) крепятся на защитную каску и называются касочными (СНК). По итогам смотра-конкурса в Воронеже (2010 г.) 50 % представленных СНК не были рекомендованы к применению из-за следующих недостатков:

– недостаточная надежность крепления;

– недостаточная стабильность параметров работы;

– несоответствие параметрам, заявленным в технической документации.

СНС устанавливаются на элементы электроустановок и предназначены для предупреждения персонала о наличии напряжения на токоведущих частях. По принципу работы СНС подразделяют на контактные и бесконтактные. Контактные крепятся непосредственно на токоведущие шины (рис. 3). Бесконтактные СНС монтируются на конструктивных элементах: ограждениях, дверках ячеек. Они должны подавать сигнал при попытке доступа персонала к находящимся под напряжением токоведущим частям (рис. 2 в).

В связи с большим числом НС, связанных с поражением электрическим током, в [2] поставлена задача оснащения электроустановок СНС, в соответствии с которой в Белгороде (2022 г.) был проведён смотр-конкурс СНС, устанавливаемых в ячейках 10 кВ на предприятиях ПАО «Россети». По итогам опытной эксплуатации и экспертиз, рекомендованным к применению оказался

только один из 5 представленных, разработанный в НПЦ «Электробезопасность» ВятГУ СНС 6-35 «Пульс-В» (рис. 3).

Рисунок 3. Контактный СНС 6-35 кВ «Пульс-В», ВятГУ

Анализ неблагоприятных производственных факторов и особенностей эксплуатации средств защиты при обслуживании ВЛ позволил составить схему (рис. 4), поясняющую процесс контроля опасных и вредных факторов.

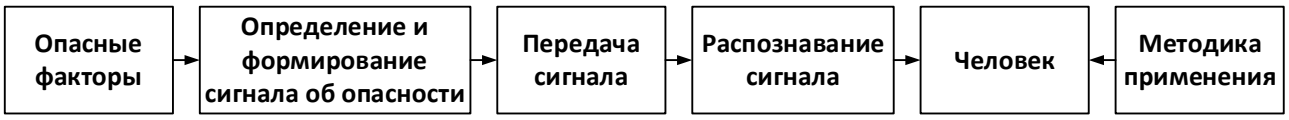


Рисунок 4. Схема контроля опасных факторов при помощи электронных ЭЗС

В соответствии с этой схемой определены направления по совершенствованию электронных ЭЗС, часть которых представлена ниже:

1. Для надежного срабатывания измерительные датчики ЭЗС следует располагать в зоне максимальной концентрации поля, например, в верхней части защитной каски. Для исключения ошибки выбор режима работы устройства должен осуществляться автоматически, без использования переключателей.

2. Для обеспечения надежности питания и увеличения срока службы необходимо использовать элементы питания с широким температурным диапазоном, а при возможности – энергию электромагнитного поля электроустановки.

3. В [1] указано требование по обеспечению четкости распознавания сигнала опасности. Вариантом решения этого является приближение источника сигнала к оператору, например, с использованием беспроводных каналов связи. Повысить распознавание сигнала позволит также формирование и направление светового или звукового потока в сторону органов чувств оператора, например,

направление звука внутрь купола защитной каски. Другие направления совершенствования распознавания связаны с внедрением комбинированных систем индикации, использованием цветных индикаторов, речевой сигнализации.

4. Еще в [1] отмечена необходимость внедрения систем полного самоконтроля работоспособности, который заключается в диагностике работы не только элементов питания и систем индикации, но и цепей датчиков. Для этого нужно внутри прибора создавать эквивалентные тестирующие поля. Это направление особенно актуально для устройств, стационарно устанавливаемых на электроустановки, например, индикаторов короткого замыкания.

Выводы:

1. Результаты проведенных исследований, а также смотров-конкурсов ЭЗС показывают, что не всегда предлагаемые на рынке РФ электронные средства защиты соответствуют требованиям по их безопасной эксплуатации, надежности распознавания сигнала, механической прочности и устойчивости к внешним воздействиям окружающей среды.

2. Задача совершенствования электронных средств защиты является важным этапом обеспечения безопасности работ. Дальнейшие исследования по намеченным в статье направлениям помогут решить поставленную задачу.

Библиографический список

1. СТО 34.01-30.1-001-2016 Порядок применения электрозащитных средств в электросетевом комплексе ПАО «Россети». Требования к эксплуатации и испытаниям. М. : Энергия, 2018. 141 с.

2. Положение ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе» (протокол заседания от 29.04.2022 г. № 492). URL: https://rosseti.ru/suppliers/technical-policy/ (дата обращения 03.02.2024).

Оценка надежности работы сигнализатора напряжения «ИВА-Н»

Братухин Алексей Викторович[a], заведующий лабораторией
Фоминых Антон Анатольевич[b], декан, доцент, кандидат технических наук
Ивонина Валентина Дмитриевна[c], инженер
Абрамович Анна Сергеевна[d], студент
Вятский государственный университет[a, b, c, d], Киров

Аннотация: в современном мире технологии развиваются с невероятной скоростью и вместе с ними растут требования к безопасности. Особенно это касается электроэнергетической отрасли, где использование надежных электрозащитных средств и устройств контроля опасных факторов становится критически важным. Сигнализаторы напряжения «ИВА-Н» являются одним из таких устройств. Они предназначены для обеспечения безопасности при работе с электрооборудованием. Однако, несмотря на свою надежность, эти устройства нуждаются в постоянном совершенствовании и разработке новых моделей. Целью данной работы является анализ и оценка надежности сигнализаторов напряжения «ИВА-Н».

Ключевые слова: сигнализатор напряжения, электробезопасность, надежность, вероятность безотказной работы, средняя наработка до отказа, основные критерии надежности.

Введение. Более 20 лет в Вятском государственном университете под руководством заведующего кафедрой Красных Александра Анатольевича, д.т.н., профессора успешно существует Научно-производственный центр «Электробезопасность» (НПЦ), целью которого является разработка и доведение до уровня промышленного производства новых видов электронных электрозащитных средств и устройств контроля опасных факторов. За период существования НПЦ для различных электросетевых предприятий страны было разработано 14 видов изделий [1].

Сигнализаторы напряжения (СН) «ИВА-Н» (рис. 1) широко используется обслуживающим персоналом предприятий для определения наличия напряжения в воздушных линиях электропередач 6-35 кВ. Кроме этого, данное устройство содержит следующие дополнительные функции:

1. Контроль исправности защитного заземления электрооборудования.
2. Определение наличия напряжения в цепи.
3. Определение расположения скрытой проводки.
4. Поиск обрыва фазного провода.
5. Проверка правильности монтажа выключателей электроосвещения.

Рисунок 1. Внешний вид сигнализатора напряжения «ИВА-Н»

Поскольку основной задачей электрозащитных средств заключается в создании условий для безопасного обслуживания электроустановок, коллектив НПЦ особое внимание при создании своих устройств уделяет вопросам надежности и стабильности работы. В данной статье приводятся результаты исследований и расчёты критериев надежности СН.

Методы исследования. Для оценки надежности СН «ИВА-Н» был выполнен теоретический анализ технической документации, технологии производства, инструкций по эксплуатации СН и статистических данных актов списания, а также анализ ГОСТов, методик расчёта надежности применимых к данному типу устройств. По результатам расчёта проведена оценка полученных данных для подтверждения надежности, безопасности и эффективности работы СН «ИВА-Н».

Результаты исследований, их обсуждение. В ходе выполнения исследования была проанализирована техническая документация СН, акты списания и эксплуатации. Кроме того, были изучены методы расчёта надежности и ГОСТы применимые для анализа данного типа устройств.

По результатам проверки актов списания СН «ИВА-Н», выпущенных в период с 1997 по 1998 годы (срок эксплуатации 4-5 лет), проведенных в 2001 году в ЮЭС, было обнаружено, что из 150 СН рабочими были 133.

Исходя из полученных данных был проведен расчёт критериев надежности для СН, выпущенных в период с 1997-1998 годы [3].

Вероятность безотказной работы (ВБР),

$$P(t) = \frac{150 - 17}{150} = 0{,}886$$

Вероятность отказа,

$$Q(t) = \frac{17}{150} = 0{,}113 \quad Q(t) = 1 - 0{,}886 = 0{,}114.$$

Частота отказов, с учетом того, что 1 год эксплуатации равен 1000 часов работы СН,

$$a(t) = \frac{17}{150 \cdot 4000} = 2{,}8 \cdot 10^{-5}$$

Интенсивность отказов**,**

$$\lambda(t) = \frac{17}{141{,}5 \cdot 4000} = 3{,}003 \cdot 10^{-5}$$

Средняя наработка до отказа, час

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{3{,}003 \cdot 10^{-5}} = 33333.$$

Аналогичный анализ данных об эксплуатации и расчёты надежности были выполнены для СН «ИВА-Н» выпущенных с 2000 по 2001 и с 2005 по 2006 гг.

Полученные данные были сведены в таблицу 1 для дальнейшего анализа результатов расчёта.

Таблица 1

Результаты расчёта основных критериев надежности СН «ИВА-Н»

Основные критерии надежности	Выпущены с 1997 по 1998	Выпущены с 2000 по 2001	Выпущены с 2005 по 2006
ВБР $P(t)$	0,886	0,89	0,9
Вероятность отказа $Q(t)$	0,114	0,11	0,097
Частота отказов $a(t)$	$2{,}8 \cdot 10^{-5}$	$2{,}13 \cdot 10^{-5}$	$1{,}68 \cdot 10^{-5}$
Интенсивность отказов $\lambda(t)$	$3{,}003 \cdot 10^{-5}$	$2{,}25 \cdot 10^{-5}$	$1{,}81 \cdot 10^{-5}$
Средняя наработка до отказа $T_{\text{ср}}$,	33333	44444	55248
Средняя наработка до отказа, лет	3,8	5,07	6,307

Представленные результаты расчётов дают понять, что с модернизацией СН показатели надёжности увеличиваются.

Первые изменения в СН «ИВА-Н» были внесены в период с 1999-2000 гг. Прежде всего, полностью была изменена принципиальная схема и элементная база СН, снижено токопотребление схемы, произведена заменена электромеханического излучателя на пьезоэлектрический [5].

Следующий этап модернизации пришёлся на период с 2000-2001 гг.: была усовершенствована схема, введено дублирование пайки антенны; введена термокомпенсация коэффициента усиления СН.

В период с 2005-2006 гг. выпуска устройство претерпело следящие изменения: было решено полностью перейти на SDM компоненты, дополнительно снижено токопотребление схемы, технология производства перешла от ручной к автоматизированной.

Выводы. Таким образом, анализ эксплуатационных данных и расчёт основных критериев надежности СН «ИВА-Н» показал, что модернизация СН оказывает существенное влияние на значения надежности приборов (таблица 1). Кроме того, по результатам исследования можно заключить, что СН соответствует требованиями электробезопасности, при надлежащем использовании приборов.

Библиографический список

1. Красных А. А. Электрозащитные средства и устройства контроля для воздушных линий электропередачи. Киров, 2004. 234 с.

2. ГОСТ 27.002-89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения: действ. с 01.07.1990. URL: https://internet-law.ru/gosts/gost/11290

3. Сборник задач по теории надежности / под ред. А. М. Половко, И. М. Маликова, А. Н. Жигарева, В. И. Зарудного. М. : Сов. радио, 1972. 408 с.

4. ГОСТ 27.410-87 Надежность в технике. Методы контроля показателей надежности и планы контрольных испытаний на надежность: действ. с 01.01.1989. URL: https://internet law.ru/gosts/gost/12086/ (дата обращения 19.03.2024)

5. Братухин А. В., Красных А. А., Кривошеин И. Л. Пути повышения срока службы электронных электрозащитных средств: сб. материалов IV Международной НПК «Безопасность жизнедеятельности в третьем тысячелетии». Т. 1. Челябинск, 2009. С. 177–178.

Исследование МДС срабатывания электромагнитного привода с повышенной динамической стойкостью

Головенкин Валерий Алексеевич[a], кандидат технических наук, доцент
Абрамов Алексей Андреевич[b], инженер-конструктор 3-й категории
Зуев Александр Валерьевич[c], студент группы ЭиЭм-2802-02-00
Вятский государственный университет[a, c], Киров
АО «Электромашиностроительный завод «ЛЕПСЕ»[b], Киров

Аннотация: разработка методики расчета одного из важнейших параметров перспективного электромагнитного привода с высокой динамической стойкостью является актуальной задачей электроаппаратостроения.

Целью статьи является разработка методов расчета МДС срабатывания поляризованного электромагнита привода и их исследование на точность и трудоёмкость.

Ведущий подход – анализ результатов расчета, выполненного одним аналитическим методом и двумя методами на основе компьютерного моделирования.

Проведена оценка предложенных методов расчета МДС срабатывания, и рассчитана ее зависимость от номинального электромагнитного момента, развиваемого постоянным магнитом при разных значениях его длины и высоты.

По итогам проведенного исследования делаются выводы о преимуществах предложенных методов и особенностях их применения.

Результаты работы могут быть использованы при проектировании приводов данного или схожего типов.

Ключевые слова: электромагнитный привод, магнитная система, МДС катушки, аналитический метод расчета, компьютерное моделирование.

Введение. Поляризованный электромагнит с уравновешенным якорем является одним из перспективных электромагнитных приводов коммутационных электрических аппаратов с высокой динамической стойкостью. Эскиз магнитной системы (МС) привода и его принцип действия приведён в [1].

Для перевода якоря из начального положения в конечное необходимо подать на катушку управления напряжение такой полярности, при которой магнитный поток $\Phi_У$ катушки будет направлен встречно потоку $\Phi_М$ постоянного магнита (ПМ).

В [1] приведена методика расчёта потока $\Phi_М$, необходимого для создания электромагнитного момента $М_Э$.

Следующим этапом расчёта поляризованного электромагнитна является определение МДС срабатывания $IW_{СР}$, по которой вычисляется номинальное значение МДС катушки по уравнению (1):

$$IW = К_З \cdot IW_{СР}, \quad (1)$$

где $К_З$ – коэффициент запаса по МДС, равный 1,3…2,0.

При включении катушки по мере нарастания потока $\Phi_У$, поток $\Phi_М$ вытесняется из якоря в зазор δ_3 и полюс 2. При этом вращающий момент от потока $\Phi_М$ снижается за счёт уменьшения превышения потока в зазоре δ_2 над потоком в зазоре δ_3, а момент от потока $\Phi_У$ возрастает за счёт нарастания тока в катушке.

При достижении потоком $\Phi_У$ значения срабатывания $\Phi_{У.СР}$, якорь трогается. Как показало компьютерное моделирование магнитного поля, якорь трогается в момент равенства $\Phi_У = 0{,}8 \cdot \Phi_М$.

Исходя из вышесказанного становятся возможны следующие методики расчёта $IW_{СР}$ электромагнита:

1. Аналитический расчёт $IW_{СР}$ из условия равенства $\Phi_У = 0{,}8 \cdot \Phi_М$.

2. Рассчёт на базе компьютерного моделирования, который можно провести двумя способами:

– определение $IW_{СР}$ по зависимости потока якоря $\Phi_Я$ в функции МДС катушки: $\Phi_Я = f(IW)$;

– определение $IW_{СР}$ по временной зависимости тока катушки $I_{КАТ} = f(t)$;

Алгоритм аналитического расчёта $IW_{СР}$ из условия $\Phi_У = 0{,}8 \cdot \Phi_М$

1. Расчёт потока $\Phi_М$ по схеме замещения магнитной цепи, представленной на рис.1, а.

Расчёт данной схемы для исследуемой МС, размеры которой приведены в [1], с ПМ марки КММ37 ГОСТ 21559-76, размером 5×15×40 мм и начальном электромагнитном моменте $М_Э = 0{,}8$ Н·м приведён в [2]: $\Phi_М = 2{,}89 \cdot 10^{-4}$,Вб.

2. Расчёт потока $\Phi_У$ по схеме замещения магнитной цепи для потока управления, представленной на рис.1, б. Расчет проводимостей воздушных зазоров δ_1 и δ_3 приведен в [3].

Магнитный поток $\Phi_У$ рассчитывается по уравнению (2), Вб

$$\Phi_У = (IW_{СР} - H_{П1} l_{П1} - H_{П2} l_{П2} - H_Я l_Я) \frac{G_{\delta_1} \cdot G_{\delta_3}}{G_{\delta_1} + G_{\delta_3}} \#, \qquad \#(2)$$

где $IW_{СР}$ – определяется методом подбора из условия $\Phi_У = 0{,}8 \cdot \Phi_М$;

$H_{П1}, H_{П2}, H_Я$ – напряженности магнитного поля в полюсах 1, 2 и якоре, определяемые по кривой намагничивания B=f(H) для стали полюсов.

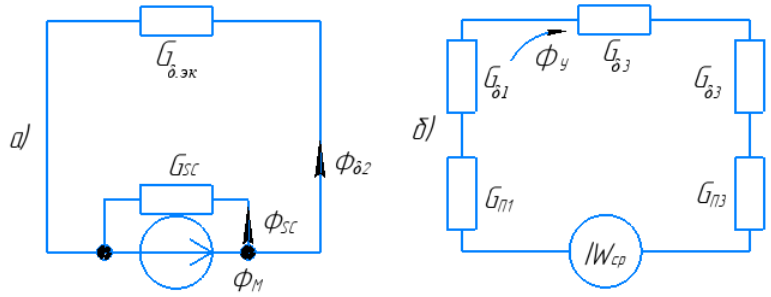


Рисунок 1. Схемы замещения магнитных цепей: для потока Φ_M (а); для потока $\Phi_У$ (б)

Расчёт данным методом дал следующий результат: $IW_{CP} = 812$ А.

Алгоритм определения IW_{CP} по зависимости $\Phi_Я = f(IW)$

1. Компьютерным моделированием снимается зависимость $\Phi_Я = f(IW)$.

2. По данной зависимости находится МДС, при которой поток $\Phi_Я$ изменяется скачком. Это значение IW равняется IW_{CP}, что объясняется скачкообразным уменьшением зазора $\delta_З$, и, следовательно, увеличением потока $\Phi_Я$.

На рис.2 представлена зависимость $\Phi_Я = f(IW)$ для исследуемой МС. Из данной зависимости определена $IW_{CP} = 780$ А.

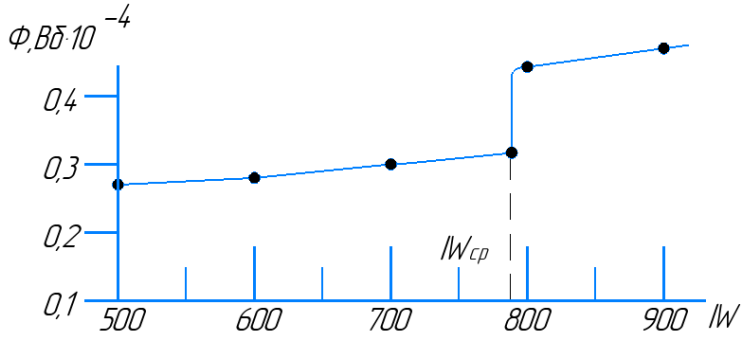


Рисунок 2. Зависимость $\Phi_Я = f(IW)$

Алгоритм определения $IW_{ср}$ по временной зависимости $I_{КАТ}=f(t)$

1. Компьютерным моделированием снимается зависимость $I_{КАТ}=f(t)$.

2. Определяется мгновенное значение тока, при котором он начинает снижаться. Это значение тока равняется току в катушке в момент трогания якоря (току срабатывания I_{CP}). Уменьшение тока якоре объясняется возникновением противо-ЭДС в катушке, которая направлена, согласно закону Ленца, встречно напряжению сети, что и вызывает снижение тока.

3. Рассчитывается IW_{CP} путем умножения I_{CP} на количество витков $W_{КАТ}$.

На рис.3 приведены зависимости тока катушки в функции времени, снятые при установившемся токе 0,6 А и различном количестве витков катушки. Из зависимостей видно, что при количестве витков катушки равном 1200 якорь не переключается, при возрастании этого числа – переключается. При этом ток срабатывания $I_{СР}$ и время трогания $t_{ТР}$ уменьшаются, а МДС срабатывания остается постоянной и равной $IW_{СР}$ = 787 А.

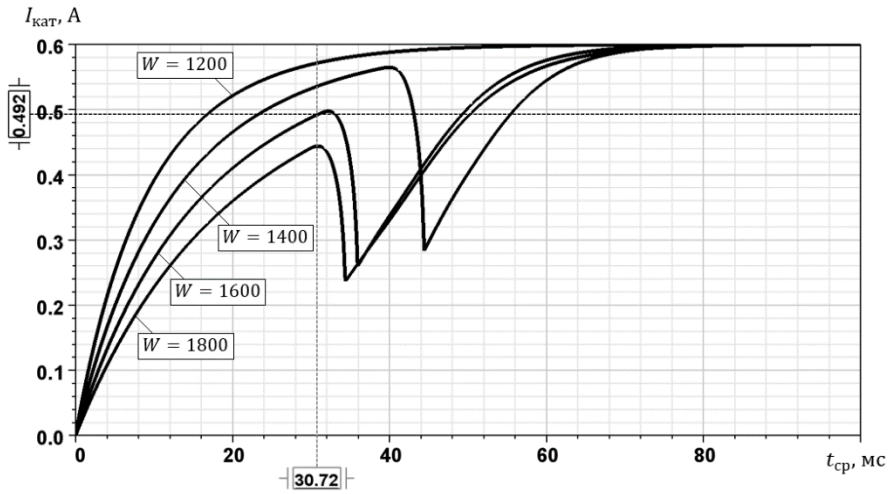


Рисунок 3. Зависимость $I_{КАТ}$ = f(t)

МДС срабатывания зависит от потока $Ф_М$ ПМ, который определяется его размерами ($l_М$×$a_М$×$b_М$). В свою очередь размеры ПМ определяются необходимым электромагнитным моментом $М_Э$ который должен развить ПМ.

На рис. 4 приведены зависимости, $IW_{СР}$ = f($М_{Э.НОМ}$), при высоте $b_М$ = 8;10,12;15 мм, ПМ.

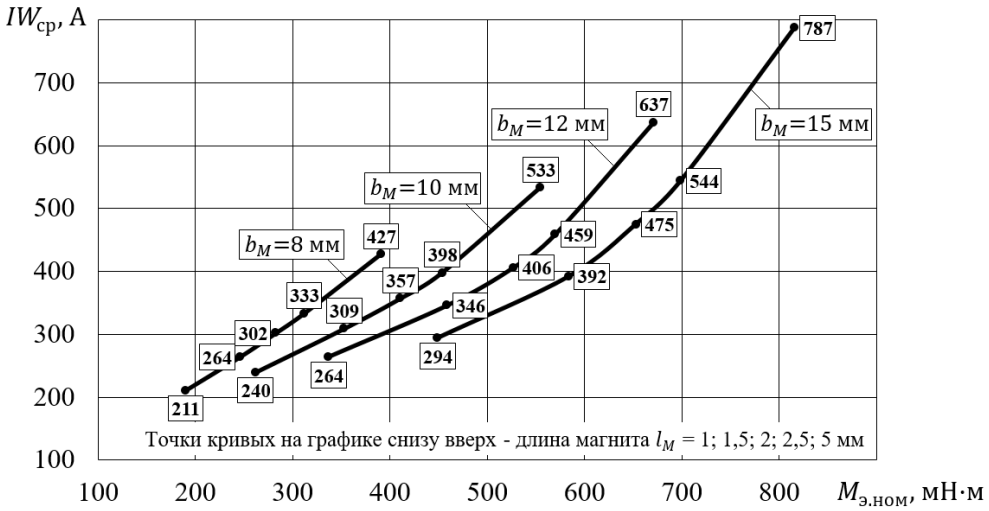


Рисунок 4. Зависимость $IW_{СР}$ = f($М_{Э.НОМ}$)

Аналогичные зависимости определяются и для катушек с другим числом витков W, позволяя определить МДС срабатывания в зависимости от необходимого $M_Э$ при проектировании новой МС данного типа.

Результаты исследовании методов расчёта МДС срабатывания

1. Аналитический метод трудоёмок и дает завышенные значения IW_{CP}. Это объясняется сложностью в определении тока катушки в момент трогания якоря. Однако аналитический расчёт позволяет более глубоко проанализировать зависимость IW_{CP} от различных параметров МС.

2. Расчёты с помощью компьютерного моделирования дают более точные значения $IW_{ср}$, особенно по зависимости $I_{КАТ} = f(t)$. Кроме того, этот метод позволяет одновременно определить время трогания якоря $t_{тр}$ и время срабатывания $t_{ср}$, а также получить большее количество результатов в единицу времени.

Наиболее просто определяется IW_{CP} по зависимости $Ф_{CP} = f(IW)$, которая снимается с помощью более простой моделирующей программы. Точность расчёта IW_{CP} обоих способов компьютерного моделирования одинакова.

Выводы:

1. Проведен анализ методов расчёта IW_{CP} по их трудоёмкости и точности.

2. Получены зависимости IW_{CP} от номинального электромагнитного момента при разных значениях высоты постоянного магнита.

3. Все предложенные методы расчёта дают достаточную точность для инженерных расчётов.

Библиографический список

1. Головенкин В. А., Ишутинов В. В., Абрамов А. А. Особенности конструкции коммутационного аппарата с повышенной стойкостью при использовании высоко эффективных самарий-кобальтовых магнитов // Электротехника 2024. № 9. С. 68–73.

2. Методика расчета магнитных потоков поляризованной магнитной системы с балансированным якорем / В. А. Головенкин [и др.] // Общество. Наука. Инновации (НПК-2021) : сб. ст. : XXI Всерос. науч.-практ. конф., 12 апр. – 30 апр. 2021 г. : в 2 т. Т. 2. Химико-биологические, технические и компьютерные науки и науки о Земле. Киров : Вятский государственный университет, 2021. С. 406–414.

3. Расчет магнитных проводимостей воздушных зазоров магнитной системы привода электрического аппарата / В. А. Головенкин, А. А. Абрамов, Н. Ю. Червоткин // Общество. Наука. Инновации (НПК-2023) : сб. материалов : XXIII Всерос. науч.-практ. конф., 12 апр. – 22 июня 2023 г. : [в 2 т.] Т. 2. Технические и естественные науки. Киров : Вятский государственный университет, 2023. С. 21–25.

Режим работы нейтрали с точки зрения электробезопасности

Дюкин Ильяс Рафаилевич[a], аспирант
Ермолаев Андрей Вячеславович[b], студент
Братухин Алексей Викторович[c], старший преподаватель
Вятский ГАТУ[a], Киров
Вятский государственный университет[b, c], Киров

Аннотация: характерной особенностью электроэнергетики в разных отраслях экономики является применение повышенных и высоких напряжений – до и свыше 1000 В. Решение проблемы электробезопасности начинает зависеть от выбора режима нейтрали в сетях до и свыше 1000 В. Поэтому рассмотрение особенностей режима нейтрали крайне актуально.

Ключевые слова: замыкание на землю, неизолированная нейтраль, режим нейтрали, компенсированная нейтраль, ток замыкания.

Несмотря на всю сложность и многообразие механизмов действия электрического тока на человеческий организм, на исход электротравмы влияют время воздействия этого тока, места касания тела человека с токоведущими частями и т. п. Поэтому уменьшение значения тока и времени его протекания через человека должно понизить вероятность смертельного поражения.

Более 75 % аварийных замыканий в сетях приходится на долю однофазных замыканий на землю (ОЗЗ). Поэтому электробезопасность существенно зависит от значения тока ОЗЗ, которое, в свою очередь, зависит от режима нейтрали.

Режим с эффективно заземленной нейтралью. В этом случае нейтраль заземляется через малое активное сопротивление r_0, во много раз меньшее емкостного сопротивления сети равное обычно нескольким омам. Емкостное сопротивление практически не оказывает влияния на значение тока 033 $I_з$.

Если при металлическом О33 $r_0 = 0$, то ток зависит только от напряжения и сравнительно небольшого сопротивления нейтрали. Он достаточно велик и позволяет использовать простую релейную защиту от О33. Как при высоком, так и при низком напряжении этот ток, безусловно, опасен для жизни человека.

Режим с глухозаземленной нейтралью. Поскольку глухозаземленная нейтраль – частный случай эффективно заземленной нейтрали, ей в той или иной степени присущи преимущества и недостатки эффективно заземленной нейтрали. Сам факт выведения в помещения обитания человека одного из полюсов электрической цепи с точки зрения электробезопасности, безусловно,

нежелателен. Находясь вблизи заземленных предметов (земля, корпуса оборудования, батареи отопления, водопроводные трубы и арматура). человек постоянно подвергается опасности электропоражения. Подавляющее большинство бытовых электротравм вызвано именно заземлением нейтралей трансформаторов системе электроснабжения жилых помещений. Это подтверждается многочисленными примерами.

Режим с изолированной нейтралью. Здесь имеется в виду полностью изолированная от земли нейтраль, электрическое соединение которой с землей возможно лишь через сопротивление изоляции, характер которого мы приняли чисто емкостным. При прикосновении человека к токоведущим частям, находящимся под напряжением, ток в цепи через его тело будет тем больше, чем больше емкость. Для нулевой емкости емкостное сопротивление $X_c = \infty$ и ток равен нулю. Делаются попытки, исходя из допустимых директивными документами значений токов, определять критические значения емкости для различных напряжений, при которых обеспечивается гарантированная электробезопасность. Расчет показывает, что даже при напряжении до 1000 В эти значения оказываются меньше реальных значений, полученных экспериментальным путем на моделях и в натурных условиях.

Преимущества изолированной нейтрали – относительно меньшие токи ОЗЗ и простота реализации этого режима. Недостатки – высокие перенапряжения при дуговых перемежающихся ОЗЗ, большая вероятность перехода ОЗЗ двухфазные короткие замыкания и возникновения феррорезонансных процессов. Изолированные нейтрали используются в РФ в основном в сетях напряжением до 35 кВ включительно при емкостных токах до 30 А.

Режим с компенсированной нейтралью. Точная настройка ДГР в резонанс с емкостью сети приводит к полной компенсации установившегося емкостного тока ОЗЗ. Этот ток становится равным нулю, что, казалось бы, обеспечивает гарантированную электробезопасность. Это, однако, не так, потому что в реальных промышленных сетях емкость постоянно изменяется при изменении режима их работы. Диапазон этих изменений может быть достаточно большим и в небольших системах доходить более чем до 90 %.

Для поддержания значения индуктивности ДГР, близкого к резонансному, используется ее ручное или автоматическое регулирование. Применяются ДГР с отпайками, с подмагничиванием сердечника или с изменением воздушного зазора в нем (плунжерные). Несмотря на большое число схем автоматической подстройки ДГР, точной компенсации, как правило, не бывает, и всегда имеется либо недокомпенсация ($I_L<I_c$), либо перекомпенсация ($I_L> I_c$), которая может достигать более 15 %.

Кроме того, ток ОЗЗ несинусоидален. Высшие гармоники в составе этого тока в принципе не могут быть скомпенсированы ДГР, настроенным на резонансную частоту основной волны. Они также представляют электро- и пожароопасность. И, наконец, свободная составляющая тока переходного процесса при ОЗЗ также не компенсируется, медленно затухает и также может вызвать смертельное поражение. Попытаемся перечислить преимущества и недостатки компенсированной нейтрали, в том числе и не относящиеся прямо к электробезопасности. Преимущества: почти полное устранение установившегося тока ОЗЗ при точной компенсации, невысоком уровне высших гармоник и незначительном активном токе утечки; практически полное предотвращение перемежающихся дуговых ОЗЗ, и следовательно, больших перенапряжений; снижение вероятности перехода ОЗЗ в двухфазные; бесперебойное снабжение потребителей электроэнергией; устранение феррорезонансных процессов.

Недостатки: возможность возникновения резонанса напряжений при нормальном режиме работы ЭЭС; возможность возникновения биения напряжений после погасания дуги при неточной компенсации; появление дополнительного свободного медленно затухающего тока ОЗЗ при переходном процессе, вызванного наличием ДГР; невозможность компенсации постоянной составляющей тока ОЗЗ и высших гармоник без применения дополнительных сложных устройств; необходимость автоматической настройки ДГР в резонанс с изменяющейся емкостью ЭЭС.

Компенсация емкостных токов в РФ применяется в сетях 3 – 35 кВ при значении емкостного тока более 10-30 А в зависимости от вида сети и рабочего

напряжения главным образом с целью уменьшения напряжений шага, уменьшении пожароопасности и вероятности повреждения оборудовании установившимися токами ОЗЗ. Эффективность, компенсации тем выше, чем больше ёмкостный ток ОЗЗ.

Режим с резистивной нейтралью. Если нейтраль соединить с землей через резистор r_0, сопротивление которого находится в пределах (1...2) X_c, т. е. емкостного сопротивления сети, то действующее значение тока металлического ОЗЗ всегда будет больше, чем при изолированной нейтрали.

На электробезопасность положительно влияет уменьшение токов ОЗЗ при переходном процессе, обеспечиваемое резистивным сопротивлением нейтрали. Кроме того, для резистивной нейтрали характерны следующие основные преимущества: практически полное предотвращение перемежающихся дуговых ОЗЗ, и следовательно, больших перенапряжений; снижение вероятности перехода ОЗЗ в двухфазные; предотвращение феррорезонансных явлений. К недостаткам можно отнести усложнение конструктивных решений по сравнению с изолированной нейтралью.

Вывод. Как следует из изложенного выше, режим нейтрали и соответствующие токи ОЗЗ сами по себе не определяют уровень электробезопасности. В этом смысле очевидным является лишь преимущество рассмотренных трех видов изолированной нейтрали (полностью изолированная, компенсированная и резистивная) перед эффективно заземленной, в особенности глухозаземленной. Выбор режима нейтрали, насколько он вообще возможен в узких рамках регламентирующих его нормативных документов, на практике производится путем рассмотрения упомянутых выше преимуществ того или иного режима, не всегда непосредственно связанных с электробезопасностью. Если их считать достаточными для сравнения, можно сделать вывод, что больше преимуществ и меньше недостатков имеет резистивная нейтраль. Однако по показателю электробезопасности с ней конкурирует компенсированная нейтраль, характеризующаяся значительно меньшими установившимися токами ОЗЗ (малое напряжение шага), в то время как резистивная нейтраль отличается меньшими токами переходного процесса.

Для окончательного выбора оптимального режима нейтрали для каждой конкретной ЭЭС наряду с учетом требований ПУЭ и других нормативных документов необходимо рассматривать сочетание выбранного режима нейтрали с определенным принципом защиты от ОЗЗ, т. е. выбирать систему «нейтраль – защита от ОЗЗ». Это вызвано тем, что электробезопасность зависит не только от режима нейтрали, но и от принятой защиты от ОЗЗ, т. е. от принципа ее действия, чувствительности и быстродействия.

Библиографический список

1. Манойлов В. Е. Основы электробезопасности. Л., 1976.

2. Березнева В. И. Электротравма, электроожоги и их лечение. Л. : Медицина, 1964. 208 с.

3. Электробезопасность в горнодобывающей промышленности / Л. В. Гладилин, В. И. Шуцкий, Ю. Г. Бацежев, Н. И. Чеботарев. М. : Недра, 1977. 328 с.

4. ГОСТ 12.1. 030-81. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

Исследование эффективности применения мазеобразных электропроводящих консистентных смазок в узле скользящего токосъема электрической машины МШУ2.2-230

Изотов Анатолий Иванович[a], кандидат технических наук, доцент, профессор
Изотов Сергей Анатольевич[b], кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Фоминых Антон Анатольевич[c], кандидат технических наук, доцент, декан
Харин Алексей Николаевич[d], студент
Вятский государственный университет[a, b, c, d], Киров

Аннотация: в работе дана оценка возможности снижения износов в узле скользящего токосъема за счет использования на дорожке скольжения электропроводящих консистентных смазок. Техническое решение позволило снизить износ токоведущих щеток.

Ключевые слова: электрическая машина, коммутация, износ щеток.

Введение. Качество работы электрических машин (ЭМ) во многом зависит от работы щеточно-коллекторного узла. Эксплуатация ЭМ в этом случае происходит в условиях прерывистого контактного взаимодействия поверхностного слоя металлических коллекторных пластин или токосъемных колец с угольным материалом щетки. На коммутационные характеристики ЭМ при этом оказывает существенное влияние множественные факторы такие как нажатие щеток, шероховатость коллектора, окружающая атмосфера и т. д. [1]. Основной проблемой при эксплуатации ЭМ является возникновение искрения, при этом может произойти непрогнозируемый отказ техники. Повышенный уровень искрения часто приводит к образованию на поверхности коллектора ненадлежащей (неравномерной) политурной пленки (многослойное образование) с очагами специфических пятен физико-химического происхождения при этом меняется трибологическая ситуация в скользящем контакте поскольку политурная пленка не выполняет роли твердой смазки и трение скольжение ухудшается. В некоторых случаях при пониженном содержании кислорода в атмосфере рабочей среды политурная пленка не образуется. В обоих случаях это часто приводит к сильному износу штатных щеток [2].

Для снижения трения в узле скользящего токосъема (УСТ) научное подразделение кафедры электрических машин ВятГУ применяет стратегию ро-

тапринтного смазывания, которая реализуется за счет : использования на дорожке скольжения УСТ твердо-смазывающей не электропроводящей щетки, изготовленной на основе отпрессованных по разработанной технологии твердо-смазывающих порошков, однако это решение возможно осуществлять в случае свободных штатных щеточных гнезд или некритичного удаления части штатных щеток в многощеточных контактах, причем частота замены смазывающей щетки выше чем штатной[3]; применения цилиндрических твердо-смазывающих вкладышей в самом теле щетки, когда вкладыши размешаются перпендикулярно контактной поверхности щеток, однако в этом случае необходимо производить механические манипуляций по сверлению отверстий в щетках и последующему закреплению и внедрению твердо-смазывающих вкладышей в полученных цилиндрических щеточных полостях[4].

Методы исследования. Для снижения износов в узлах скользящего токосъёма УСТ нами предложено использовать электропроводящие консистентные смазки. В этом случае ограничения по использованию подобных смазок определяется долговечностью действия их в трибосопряжении и для стабильного эффекта требуется необходимость их периодического возобновления на дорожке скольжения.

Отечественной и зарубежной промышленностью выпускается достаточно много многоцелевых электропроводящих консистентных смазок [5]. В литературных источниках имеются сведения об эффективных электропроводящих пастах различного назначения и применения. Это паста «Поликонт» в состав которой входит минеральное масло, коллоидный дисульфид молибдена и порошок меди, хорошо зарекомендовавшая себя для применения; паста высокотемпературная PSWP(ЗРВП-86) до 800^0С на основе дисульфида молибдена, коллоидного графита, антиокислительных присадок и добавок, применяемая для смазки резьбовых соединений газовых турбин; паста ROX800 для защиты резьбовых, шлицевых, шпоночных соединений эксплуатируемых до 800^0С от термоокислительного схватывания и тд.

Поскольку в ходе патентного поиска не были обнаружены смазки, рекомендуемые к применению конкретно в УСТ ЭМ в ходе инициативной работы

на кафедре ЭМА и опытно-испытательном участке АО «Лепсе» были разработаны и изготовлены составные смазки с кодовым названием $Z1_{кс}$ и $Z2_{кс}$. Смазки получены на основе добавления к смазочному маслу (дисперсионной среде) электропроводящего загустителя. Эти смазки также имеют в своем составе антиокислительные вещества.

В дальнейшем произведена практическая апробация эффективности снижения износов щеточных материалов данных субстанций путем нанесения их кистью на поверхность медных коллекторов шлифовально-угловых МШУ2.2-230. Для контрольного сравнивания оценивались базовые износы штатных щеток Г-33И в течении контрольного времени, а также износы штатных щеток на смазанных коллекторах. Износы щеток измерялись по высоте и по массе.

В рамках данного исследования в основу ставились возможность смазок в течении относительно длительного периода времени работы ЭМ снижать износы щеточных материалов (долговечность и эффективность смазывания).

Таблица 1

Базовые износы штатных щеток Г-33И на медном коллекторе МШУ2.2-230

Износы щеток	Электрическая щётка 1		Электрическая щётка 2	
	МШУ№1	МШУ№2	МШУ№1	МШУ№2
$\Delta m_i \cdot 10^2$ – средний износ по массе, г/ч	0,8	0,64	0,8	0,7
$\Delta h_i \cdot 10^2$ – средний износ по высоте, мм/ч	2,9	2,4	3	3,3

Таблица 2

Износы щеток Г-33И на медном коллекторе МШУ2.2-230 при использовании антифрикционной смазки (мазеобразной композиции) $Z1_{кс}$

Износы щеток	Электрическая щётка 1		Электрическая щётка 2	
	МШУ№1	МШУ№2	МШУ№1	МШУ№2
$\Delta m_i \cdot 10^2$ – средний износ по массе, г/ч	0,04	0,04	0,07	0,04
$\Delta h_i \cdot 10^2$ – средний износ по высоте, мм/ч	0,7	0,4	0,8	0,4

Таблица 3

Износы щеток Г-33И на медном коллекторе при использовании антифрикционной смазки (мазеобразной композиции) $Z2_{кс}$

Износы щеток	Электрическая щётка 1		Электрическая щётка 2	
	МШУ№1	МШУ№2	МШУ№1	МШУ№2
$\Delta m_i \cdot 10^2$ – средний износ по массе, г/ч	0,125	0,125	0,125	0,125
$\Delta h_i \cdot 10^2$ – средний износ по высоте, мм/ч	0,6	0,6	0,6	0,7

Таблица 4

Оценка эффективности применения антифрикционной смазки $Z1_{кс}$ на износы в узле скользящего токосъема по отношению к базовому варианту

Снижение износов -n_i (кол-во раз)	Электрическая щётка 1				Электрическая щётка 2			
	Время работы МШУ, ч				Время работы МШУ, ч			
	16	32	16	32	16	32	16	32
	МШУ№1		МШУ№2		МШУ№1		МШУ№2	
по массе	20	18	16	14	11.4	10.2	17.5	16
по высоте	4,1	3,5	6	5.3	3.8	3.5	8,3	7.5

Таблица 5

Оценка эффективности применения антифрикционной смазки $Z2_{кс}$ на износы в узле скользящего токосъема по отношению к базовому варианту

Снижение износов - n_i (кол-во раз)	Электрическая щётка 1				Электрическая щётка 2			
	Время работы МШУ, ч				Время работы МШУ, ч			
	16	32	16	32	16	32	16	32
	МШУ№1		МШУ№2		МШУ№1		МШУ№2	
по массе	6,4	5	5,1	4.5	6,4	4.9	5,6	5
по высоте	4,8	3.8	4	3.6	5	3.9	4,7	3.9

Результаты исследований, их обсуждение. Согласно таблицам 1, 2, 3 разработанные смазки позволяют существенно снижать износы штатных щеток Г33И. Однако в механизме их воздействия на углеграфитовые штатные щетки наблюдается отличие между смазками $Z1_{кс}$ и $Z2_{кс}$. Так согласно таблицам 4 и 5 при использовании смазки $Z1_{кс}$ наблюдается большая разница в уменьшении износов по массе и высоте щетки в отличии от $Z2_{кс}$. Последнее можно объяснить значительно более сильной проникающей (пропитывающей) способностью смазки $Z1_{кс}$ в пористые углеродистые щетки Г33И чем смазки $Z2_{кс}$. За счет этого убыль массы щетки компенсируется ее утяжелением за счет впитывания смазки. Тем ни менее однозначного вывода какая из двух смазок будет более эффективна преждевременно и будет уточняться более длительными испытаниями. В диапазоне 16-32 ч работы ЭМ эффективность обоих видов смазок снижается незначительно, что позволяет сделать вывод об их хорошей адгезии к поверхности коллектора. Возгорания и разложения смазок в течении контрольных рабочих точек эксплуатации ЭМ не выявлено.

Выводы. Проведённые исследования позволяют рекомендовать консистентные смазки для снижения износов пар трения в узле скользящего токосъёма

электрических машин. Данные смазки содержат в своем составе недорогие компоненты только отечественных производителей. Мазеобразная консистенция смазки позволяет легко наносить ее на поверхность дорожки скольжения.

Библиографический список

1. Качин С. И., Качин О. С. Результаты исследования влияния механического состояния коллекторов и подшипников на процессы износа в скользящем контакте электрической машины // Известия высших учебных заведений. Электротехника. 2011. № 6. С. 5–9.

2. Самородов Ю. Н. Риски повреждения турбогенераторов из-за дефектов. Вып. 4. Ч. 2. М. : НТФ «Энергопрогресс», 2011. 64 с.

3. Фоминых А. А. Оценка влияния твердой смазки на трибохарактеристики узлов скользящего токосъема : дис. … канд. техн. наук. Киров, 2015. 233 с.

4. Изотов А. И., Изотов С. А., Фоминых А. А. и др. Исследование возможности применения антифрикционных композиционных вкладышей для токосъемных щеток электрических машин // Общество. Наука. Инновации (НПК-2023). Т. 2. Технические и естественные науки : сб. материалов ХХIII Всерос. (нац.) науч.-практ. конф., приурочен. к 60-летию ВятГУ. 12 апр. – 22 июня 2023 г. Киров : Вятский государственный университет, 2023. С. 26–29.

5. Ищук Ю. Л. Состав, структура и свойства пластичных смазок. Киев : Наукова думка, 1996. 511 с.

Роботизированные системы для сельского хозяйства

Кузнецов Валерий Александрович[a], магистрант
Дерендяева Людмила Витальевна[b], кандидат технических наук, доцент
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: в данной статье рассмотрены проблемы введения роботизированных систем для сельского хозяйства, проведен анализ технико-технологических решений. Также были найдены пути решения проблемы внедрения роботехники в сельскохозяйственный сектор.

Ключевые слова: сельское хозяйство, роботизация, проблемы роботизации сельского хозяйства.

Целью статьи является исследование проблем введения роботизированных систем для сельского хозяйства.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие основные задачи исследования:

1) Раскрыть актуальность роботизированных систем для сельского хозяйства;

2) Выявить проблемы внедрения роботизированных систем для сельского хозяйства;

3) Анализ развития роботизированных систем для сельского хозяйства;

4) Найти пути решения данной проблемы.

Введение. Сельское хозяйство в России является одной из ведущих отраслей экономики. Наука и технологии стремительно развиваются и становятся ключевыми драйверами в развитии агропромышленного комплекса нашей страны.

В настоящее время сельскохозяйственный сектор переходит к интеллектуальным, роботизированным и цифровым технологиям. Другими словами он становится роботизированной отраслью[1].

Стимулом к «роботизированной революции» в сельском хозяйстве являются следующие факторы:

– Увеличение производительности. Роботизированные системы позволяют повысить эффективность в сравнение с ручным трудом в разы.

– Увеличение качества продукции сельского хозяйства. Есть человеческий фактор и люди совершают ошибки , в отличии от робототехники, которая всегда следует программе.

– Улучшение условий и повышение безопасности труда. Робототехника идеально подходит для работ с ядохимикатами, пестицидами , удобрениями и отходами жизнедеятельности птиц и животных, что исключает профессиональные заболевания и уберегает от неблагоприятных воздействий на человека.

Есть ряд проблем которые сильно тормозят роботизацию в сельском хозяйстве:

– Зависимость от иностранной техники. Доля импортной техники в сельском хозяйстве составляет около 70% в том числе и роботехники. После событий февраля 2022 года с нашего рынка ушли часть крупных компаний производящих роботов и их компонентов из ряда теперь уже недружественных стран, усложнилась и подорожала логистика.

– Отсутствие льготного кредитования. На фоне повышение ключевой ставки ЦБ наблюдается снижение доступности кредитов в сельском хозяйстве, особенно это сказывается на малых предприятиях.

– Кадровый голод. Недостаточное количество специалистов в сфере IT и инженеров умеющих работать со сложным оборудованием и техникой.

Методы исследования. Для определения развития роботизированных систем в сельском хозяйстве был применен метод поисковых исследований, предусматривающий анализ технико-технологических решений для агрокомплексов. В России есть хороший опыт применения новейших цифровых технологий, в частности роботов, в сельскохозяйственном производстве. Так, в Подмосковье уже используют различные элементы «умной фермы». В Пушкинском районе находится молочная ферма ЗАО «Зеленоградское». Она считается одной из самых технологичных и продуктивных во всей стране. На ферме около 200 коров, обслуживает их персонал, состоящий их двух специалистов. Предприятие полностью роботизировано: используются робот-пододвигатель корма, автоматические уборочные машины и интеллектуальная система «умный доктор». А. С. Коновалов и И. М. Кублин установили, что большинство роботов, используемых в сельском хозяйстве страны, сосредоточены на молочных (55%) и животноводческих фермах (22%), незначительно применяются роботы в ухо-

де за посевами (11%), обработке почвы (7%) и уборка урожая (5%), что показано на рисунке 1 [2].

Рисунок 1 – Статистика роботов в сельском хозяйстве

Например, Кабардино-Балкарская Республика занимает лидирующие позиции в овощеводстве, плодоводстве и зерноводстве среди регионов России. Сельское хозяйство является здесь одним из технологически и организационно передовых на Северном Кавказе и в России.

Согласно данным Б. М. Бизенгина и Б. А. Кушховой, в ряде птицеводческих, плодовых и овощных предприятий уже используются новейшие технологии, в частности искусственный интеллект. Хоть это и носит фрагментарный и локализованный характер, тенденция на цифровизацию и роботизацию очевидна [3]. В 2019 г. два фермерских хозяйства «Купшинов А. М.» и «Жаппуева Ж. Х.» в рамках грантовой поддержки семейных животноводческих ферм сумели реализовать бизнес-идеи по строительству роботизированных молочных ферм, которые сегодня работают на полную мощность

Результаты исследований, их обсуждение. Россия сегодня настроена на ускоренную роботизацию агропромышленного комплекса. Разрабатывается ряд федеральных программ, направленных на поддержку сельскохозяйственного производства и сельского населения страны. Например, Министерство сельского хозяйства разработало федеральную научно-техническую программу до

2025 г. В ходе реализации этой программы предполагается увеличить на 50 % лицензионные соглашения сельхозпроизводителей с научными организациями. А доля высокотехнологичных предприятий сельского хозяйства должна вырасти до 30 процентов. Данные изменения должны привести к увеличению сельскохозяйственного производства на 25 % к 2025 г.

Выводы. Таким образом, если комплексно работать над данной проблемой и следовать нижеперечисленным путям решения, то в времени в России закончится «роботизированная революция» в сельском хозяйстве.

Пути решения данной проблемы:

1. Качественное обучение и дополнительные льготы для IT-шников и инженеров в сфере сельского хозяйства;

2. Создание отечественных роботезированных систем.

3. Отказ от импортной техники и переход на отечественную.

4. Помощь от государства и льготное финансирование сельского хозяйства.

Библиографический список

1. Скворцов Е. А., Скворцова Е. Г., Иовлев Г. А. Переход сельского хозяйства к цифровым, интеллектуальным и роботизированным технологиям // Экономика региона. 2018. Т. 14. Вып. 3. С. 1014–1028.

2. Фермерский сектор – один из ключевых сегментов АПК Кабардино-Балкарской Республики. URL: https://www.akkor.ru/statya/7028-fermerskiy-sektor-odin-iz-klyuchevyh-segmen-tov-apk-kabardino-balkarskoyrespubliki.html (дата обращения: 30.03.2024).

3. Россия стала втором в мире производителем сервисных роботов, обойдя Японию и Китай. URL: https://finance.rambler.ru/business/45106010-rossiya-stala-vtorym-v-mire-proizvodite-lem-servisnyh-robotov-oboydya-yaponiyu-i-kitay/ (дата обращения: 30.03.2024)

Оценка возможности организации неполнофазного нагрузочного режима воздушной линии электропередачи, питающей подстанции с отделителями и короткозамыкателями

Кушкова Елена Игоревна[a], кандидат технических наук, доцент
Петров Николай Васильевич[b], старший преподаватель
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: в статье исследуется возможность организации неполнофазного нагрузочного режима (НФНР) воздушной линии электропередачи (ВЛ) 110 кВ для питания подстанций с отделителем и короткозамыкателем. Для определения допустимости использования этого режима были выполнены расчеты токов, протекающих через релейную защиту при срабатывании короткозамыкателя на подстанции, питаемой по работающей в НФНР воздушной линии электропередачи. После оценки величины и направления токов был сделан вывод о практической осуществимости такого режима.

Ключевые слова: неполнофазный нагрузочный режим, подстанция с отделителем и короткозамыкателем, релейная защита.

Введение. Использование неполнофазного нагрузочного режима воздушных линий электропередачи для обеспечения необходимой надежности электроснабжения потребителей, особенно для слабо загруженных тупиковых ВЛ 110 кВ, может потребовать существенно меньших затрат, чем другие способы резервирования [1]. Однако достаточно часто на таких подстанциях используется схема с отделителем и короткозамыкателем. В этом случае необходимо оценить возможность использования НФНР не только исходя из критериев качества напряжения у потребителей, допустимости токов в нейтралях трансформаторов [2, 3] и поведения релейной защиты линий электропередачи [4], но и оценить надежность отключения поврежденного элемента при срабатывании короткозамыкателей подстанций

Методы исследования. Для оценки работоспособности релейной защиты были выполнены расчеты НФНР на ВЛ 110 кВ при моделировании срабатывания короткозамыкателей на подстанциях.

Результаты исследования и их обсуждение. Короткозамыкатели КЗ-110 кВ изготавливаются в виде однополюсных аппаратов. В случае работы ВЛ двумя фазами, когда короткозамыкатель установлен в той же фазе, которая отключена на питающей ВЛ ток при включении короткозамыкателя может оказаться недостаточным для срабатывания релейной защиты.

На рис. 1 приведена схема электропередачи трех одноцепных ВЛ 110 кВ с проходными и отпаечной подстанцией. Подстанции B, C и E выполнены по схеме с отделителем и короткозамыкателем.

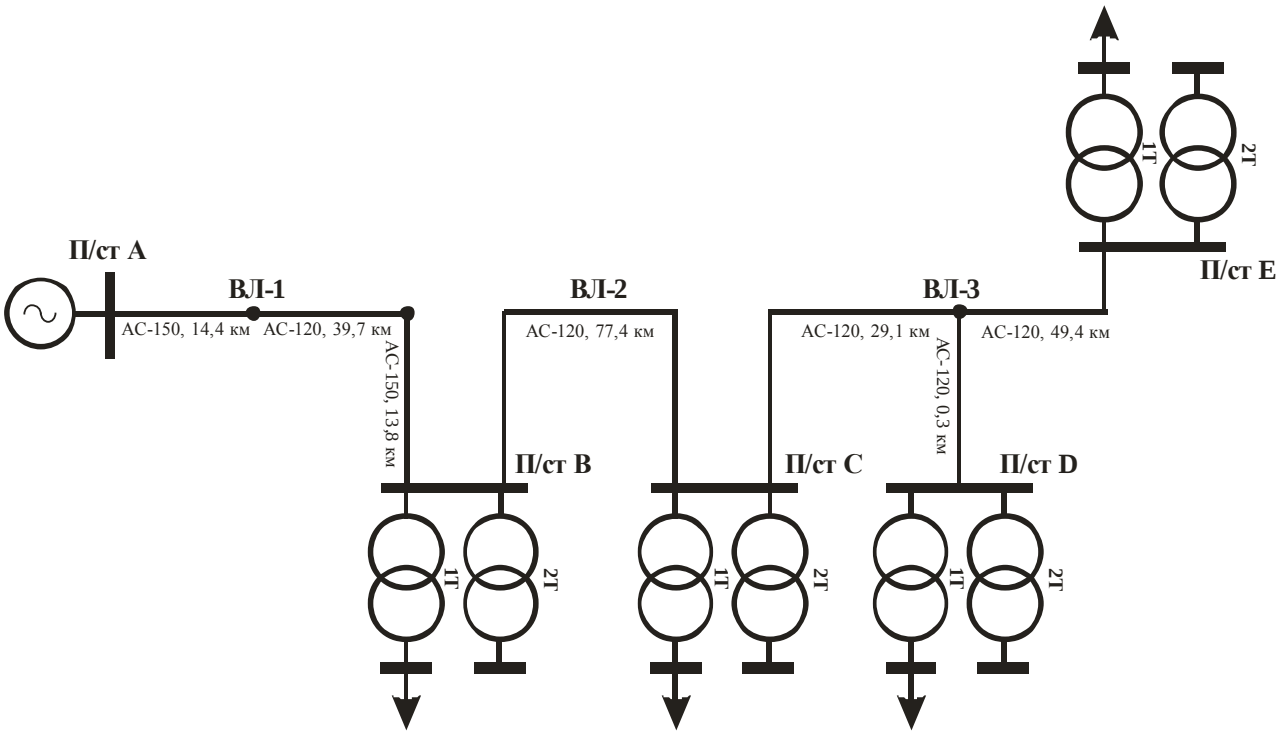


Рисунок 1. Схема электропередачи с воздушными линиями 110 кВ

Ранее выполненные исследования доказали возможность и экономическую целесообразность осуществления НФНР при повреждении одной из фаз ВЛ [1]. Кроме того, была проверена работоспособность установленных на ВЛ направленной дистанционной защиты и максимальной токовой защиты. При осуществлении неполнофазного нагрузочного режима из работы выведена чувствительная IV ступень максимальной токовой защиты [4].

Для исследования поведения релейной защиты ВЛ при повреждении оборудования на подстанциях B, C и E были выполнены расчеты токов, протекающих через защиты при срабатывании короткозамыкателя в фазе, одноименной отключенной при НФНР и при срабатывании короткозамыкателя в фазе, не совпадающей с отключенной фазой ВЛ. Анализ работы защит проводился с учетом направленности их действия.

Как показали расчеты, осуществление неполнофазного нагрузочного режима для ВЛ-1 возможно только при отключении ВЛ-3 и только для тех фаз, в

которых не установлен короткозамыкатель. При срабатывании короткозамыкателя в фазе, одноименной отключенной в НФНР невозможно обеспечить надежное отключение поврежденного элемента. При НФНР ВЛ-2 и ВЛ-3 оставшихся в работе защит достаточно для отключения поврежденных элементов при срабатывании короткозамыкателей подстанций.

Выводы. Выполненные исследования доказали, что неполнофазный нагрузочный режим практически осуществим в большинстве случаев не только на ВЛ, питающих подстанции с выключателями, но и при питании подстанций с отделителями и короткозамыкателями.

Библиографический список

1. Использование неполнофазного нагрузочного режима ВЛ 110 кВ для повышения надежности электроснабжения потребителей / А. В. Бессолицын, Е. И. Кушкова, Н. В. Петров // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2014. № 3. С. 77–80.

2. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения : принят 20.01.2014 ; действ. с 01.07.2014. М., 2014. URL: https://gostexpert.ru/gost/gost-32144-2013 (дата обращения 04.04.2024).

3. Методические указания по расчету, экспериментальной проверке и переводу ВЛ 110 и 220 кВ с односторонним питанием в неполнофазный нагрузочный режим. М. : Союзтехэнерго, 1980.

4. Особенности работы устройств релейной защиты и автоматики при использовании неполнофазного нагрузочного режима на ВЛ 110 кВ / А. В. Бессолицын, Е. И. Кушкова, О. А. Новоселова, Н. В. Петров // Общество, наука, инновации (НПК-2016) : сб. ст. 2-е изд., испр. и доп. Киров : Вятский государственный университет, 2016. С. 2075–2079.

Проблемы физического моделирования резонансно-заземленных сетей напряжением 6–35 кВ при замыкании фазы на землю

Новиков Алексей Викторович[a], кандидат технических наук,
доцент, заведующий кафедрой ЭС
Злобин Александр Иванович[b], заведующий лабораторией
Хорошинина Елена Николаевна[c], старший преподаватель
Вятский государственный университет[a, b, c], Киров

Аннотация: статья посвящена особенностям физического моделирования однофазных замыканий на землю в сетях 6–35 кВ в лабораторных условиях.

Ключевые слова: ток, напряжение, сопротивление, режим, заземление, нейтраль, схема.

Моделирование замыканий на землю в лабораторных условиях способствует пониманию студентами физической сути процессов и освоению материала сразу по двум важным темам: режимам заземления нейтрали и контролю изоляции.

Первая задача, которую пришлось решать при создании физической модели, состояла в том, что источником питания лаборатории является сеть с глухозаземлённой нейтралью (380/220 В), а моделировать пришлось сеть с изолированной нейтралью. Для «развязки» между источником питания и физической моделью была использована трансформаторная связь (рис. 1).

Если ток в месте замыкания на землю превышает допустимые значения, то Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [1] рекомендуют устанавливать дугогасящие реакторы в нейтраль трансформатора для компенсации ёмкостного тока индуктивным.

Моделирование режима работы реальной сети требует использования крупногабаритных и дорогостоящих катушек с большим индуктивным сопротивлением. При создании учебного стенда пришлось отказаться от прямого копирования (рис. 2) и спроектировать стенд по реальной схеме, показанной на рис. 3.

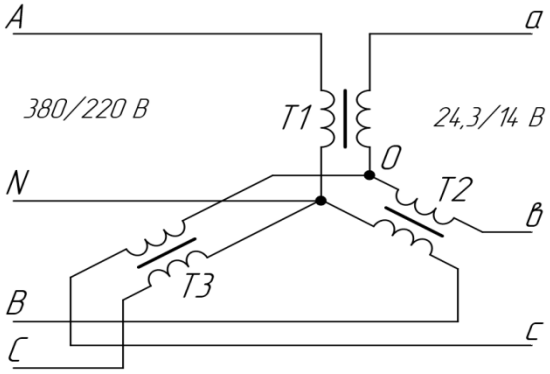


Рисунок 1. Схема трехфазного источника питания сети с изолированной нейтралью

Схему, приведённую на рис. 2, можно считать идеальной, т. е. не учитывающей активные сопротивления и состоящей из источников фазных Э.Д.С., конденсаторов, катушки индуктивности и сопротивления в месте замыкания на землю.

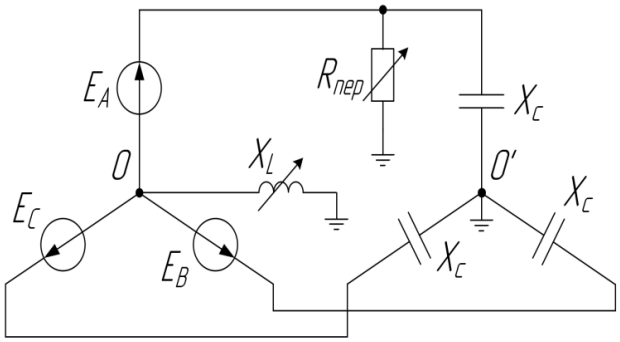


Рисунок 2. Идеальная схема

Для катушки, аналога дугогасящего реактора, имеющей индуктивность L =5 *Гн*, расчёт числа витков W , *вит*, произведён по формуле:

$$W = \sqrt{\frac{L \cdot \left(3 \cdot D_{ср} + 9 \cdot l + 10 \cdot t\right)}{0{,}08 \cdot D_{ср}^2}}, \qquad (1)$$

где L – индуктивность катушки, мк*Гн*;

$D_{ср}$ – средний диаметр катушки, *см*;

l – длина катушки, *см*;

t – толщина катушки, *см*;

$$W = \sqrt{\frac{5 \cdot 10^6 \cdot \left(3 \cdot 10 + 9 \cdot 10 + 10 \cdot 10\right)}{0{,}08 \cdot 10^2}} = 11700 \text{ вит.}$$

С помощью четырех таких катушек, используя одну, или соединяя последовательно две или четыре катушки, предполагалось моделировать режимы

недокомпенсации, полной компенсации и перекомпенсации [3]. Однако практическая реализация идеальной схемы оказалась затруднена из-за невозможности изготовления катушек необходимой индуктивности в лабораторных условиях.

Поэтому в качестве альтернативной была предложена **реальная** схема (рис. 3), в которой в качестве катушки индуктивности использованы заводские дроссели марки Д 49 с параметрами: $L = 5\,Гн$, $R = 130\,Ом$, $X_L = 1570\,Ом$, $U_{раб} = 14\,В$.

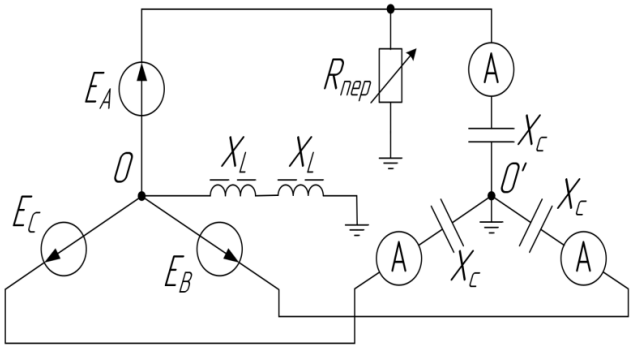


Рисунок 3. Реальная схема

Анализ работы реальной схемы позволил определить значения сопротивлений для идеальной схемы.

В режиме полной компенсации емкостное сопротивление каждой фазы будет равно тройному индуктивному сопротивлению двух дросселей $X_C = 9420\,Ом$ (С=0,34 *мкФ*). Для режима недокомпенсации необходимо четыре дросселя, а для режима перекомпенсации – один. При замыкании фазы на землю в режиме перекомпенсации к дросселю прикладывается фазное напряжение, которое не должно быть больше рабочего напряжения дросселя. Для дальнейших расчетов принято $U_{фаз} = 14\,В$, при этом ток в фазах и нейтрали будет изменяться от 2 до 9 *мА*. В качестве измерительных приборов использованы миллиамперметры типа ЭА 0705 с пределом измерения 10 *мА* и внутренним сопротивлением 450 *Ом*. Напряжение смещения нейтрали, фазные напряжения и линейные напряжения измеряются вольтметрами марки ЭВ 0702 с пределом измерения 30 В.

Параллельно конденсатору фазы «*А*» (см. идеальную схему рис. 2) подключено регулируемое переходное сопротивление $R_{пер}$ с пределом изменения

от 10 *Ом* до бесконечности. Регулирование $R_{пер}$ позволяет наблюдать изменение напряжения смещения нейтрали, напряжения и токи повреждённой и неповрежденных фаз.

В поисках более простого решения в качестве альтернативной была предложена **резистивная** схема (рис. 4), где в трех фазах и в нейтрали включены резисторы.

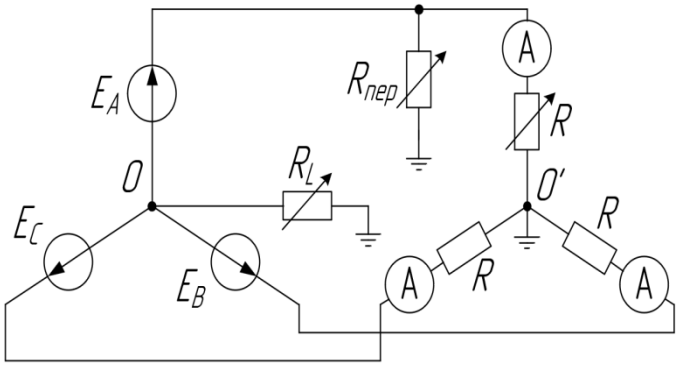


Рисунок 4. Резистивная схема

В табл. 1 приведены результаты расчетов замыкания фазы на землю в идеальной, реальной и резистивной схемах для режима **полной** компенсации, в табл. 2 – для режима **недокомпенсации**, в табл. 3 – для режима **перекомпенсации.**

Расчет напряжений и токов проведен по методике [2] с использованием метода узловых потенциалов.

Таблица 1

Режим полной компенсации

Схема	$\dot{U}_{0'0}$	$\dot{U}_{a0'}$	$\dot{I}_A$	$\dot{U}_{b0'}$	$\dot{I}_B$	$\dot{U}_{c0'}$	$\dot{I}_C$	$\dot{I}_L$
	B	*B*	*мА*	*B*	*мА*	*B*	*мА*	*мА*
Идеальная	$14e^{j0}$	0	0	$24{,}3e^{-j150}$	$2{,}6e^{-j60}$	$24{,}3e^{j150}$	$2{,}6e^{-j120}$	$4{,}5e^{-j90}$
Реальная	$13{,}8e^{j0{,}1}$	$0{,}3e^{-j5{,}5}$	$0{,}5e^{-j5{,}5}$	$24e^{-j149{,}8}$	$2{,}6e^{-j64{,}5}$	$24e^{j149{,}7}$	$2{,}6e^{-j123{,}1}$	$4{,}4e^{-j85{,}4}$
Резистивная	$13{,}9e^{j0}$	$0{,}1e^{j0}$	0	$23{,}4e^{-j148{,}8}$	$2{,}5e^{-j148{,}8}$	$23{,}4e^{j148{,}8}$	$2{,}5e^{j148{,}8}$	$4{,}4e^{j0}$

Таблица 2

Режим недокомпенсации

Схема	$\dot{U}_{0'0}$	$\dot{U}_{a0'}$	$\dot{I}_A$	$\dot{U}_{b0'}$	$\dot{I}_B$	$\dot{U}_{c0'}$	$\dot{I}_C$	$\dot{I}_L$
	B	B	мА	B	мА	B	мА	мА
Идеальная	$14e^{-j0{,}1}$	$0{,}02e^{j90}$	$2{,}1e^{j90{,}1}$	$24{,}2e^{-j150}$	$2{,}6e^{-j60}$	$24{,}3e^{j150}$	$2{,}6e^{-j120}$	$2{,}2e^{-j90{,}1}$
Реальная	$13{,}8e^{-j4{,}1}$	$1{,}02e^{-j78{,}7}$	$2{,}2\ e^{-j78{,}7}$	$23{,}6e^{-j151{,}9}$	$2{,}5e^{-j63}$	$24{,}6e^{j157{,}8}$	$2{,}6e^{-j125}$	$2{,}2e^{-j89{,}4}$
Резистивная	$13{,}1e^{j0}$	$0{,}94e^{j0}$	$2{,}1e^{j0}$	$23{,}4e^{-j148{,}9}$	$2{,}5e^{-j148}$	$23{,}4e^{j148{,}9}$	$2{,}5e^{j148{,}9}$	$2{,}1e^{j0}$

Таблица 3

Режим перекомпенсации

Схема	$\dot{U}_{0'0}$	$\dot{U}_{a0'}$	$\dot{I}_A$	$\dot{U}_{b0'}$	$\dot{I}_B$	$\dot{U}_{c0'}$	$\dot{I}_C$	$\dot{I}_L$
	В	*В*	*мА*	*В*	*мА*	*В*	*мА*	*мА*
Идеальная	$14e^{j0,2}$	$0,05e^{-j90}$	$4,6e^{-j90}$	$24,3e^{-j149,9}$	$2,6e^{-j59,9}$	$24,2e^{j150,1}$	$2,6e^{-j119,9}$	$8,9e^{-j89,8}$
Реальная	$13,4e^{j0,24}$	$1,98e^{-j68,1}$	$4,3\ e^{j68,1}$	$24,6e^{-j145,4}$	$2,6e^{-j58,1}$	$22,7e^{j153,1}$	$2,4e^{-j119,7}$	$8,5e^{-j77,5}$
Резистивная	$12,2e^{j0}$	$1,8e^{j0}$	$4e^{j0}$	$22,7e^{-j147,7}$	$2,4e^{-j147,7}$	$22,7e^{j147,7}$	$2,4e^{j147,7}$	$8e^{j0}$

Выводы:

1. Реальная схема испытательного стенда с дросселями в нейтрали и конденсаторами в каждой фазе может быть рекомендована для научно-исследовательской работы студентов, как более способствующая пониманию физической сущности явлений.

2. Для лабораторных работ можно использовать более простую в реализации резистивную схему, в которой параметры режима с погрешностью, приемлемой для учебных целей, вполне соответствуют идеальной схеме.

Библиографический список

1. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы: по состоянию на 2023 год. 6-е и 7-е издания. М. : Эксмо, 2023. 512 с.

2. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи : учеб. для бакалавров / Моск. гос. техн. ун-т радиотехники, электроники и автоматики. 12-е изд., испр. и доп. М. : Юрайт, 2014. 701 с.

3. Рожкова Л. Д., Карнеева Л. К., Чиркова Т. В. Электрооборудование электрических станций и подстанций : учеб. для студ. учреждений сред. проф. образования. 10-е изд. стер. М. : Изд. центр «Академия», 2013. 448 с.

Изучение работы трансформатора напряжения с обмоткой «разомкнутый треугольник» и физической модели сетей напряжением 6–35 кВ с изолированной нейтралью при аномальных режимах

Новиков Алексей Викторович[a], кандидат технических наук,
доцент, заведующий кафедрой ЭС
Злобин Александр Иванович[b], заведующий лабораторией
Хорошинина Елена Николаевна[c], старший преподаватель
Вятский государственный университет[a, b, c], Киров

Аннотация: статья посвящена особенностям работы трансформатора напряжения с обмоткой «разомкнутый треугольник» и физического моделирования аномальных режимов работы сетей с изолированной нейтралью в сетях 6–35 кВ в лабораторных условиях.

Ключевые слова: ток, напряжение, сопротивление, режим, заземление, нейтраль, схема, трансформатор напряжения.

Моделирование аномальных режимов работы сетей с изолированной нейтралью в лабораторных условиях способствует пониманию студентами физической сути процессов и освоению материала сразу по двум важным темам: режимам заземления нейтрали и контролю изоляции.

Для питания физической модели сети с изолированной нейтралью напряжением 6-35 *кВ* используется трехфазный трансформаторный источник с напряжениями $U_{лин}$=24,3 *В* и $U_{фаз}$=14 *В*, который применялся для исследования модели сети с резонансно-заземленной нейтралью (рис. 1).

Для контроля состояния изоляции используется измерительный трансформатор напряжения с вторичной обмоткой, соединенной в «разомкнутый треугольник», к которой подключается вольтметр марки ЭВ 0702 с пределом измерения 50 *В* (рис. 2).

В качестве измерительных приборов используются миллиамперметры типа ЭА 0705 с пределом измерения 10 *мА* и внутренним сопротивлением 450 *Ом*. Напряжение смещения нейтрали, фазные напряжения и линейные напряжения измеряются вольтметрами марки ЭВ 0702 с пределом измерения 30 *В*.

На первом этапе были выполнены расчеты для идеальной схемы сети без учета активных сопротивлений и состоящей из источников фазных Э.Д.С., конденсаторов и сопротивления в месте замыкания на землю (рис. 3).

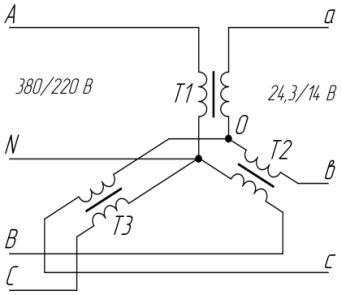


Рисунок 1. Схема трехфазного источника питания сети с изолированной нейтралью

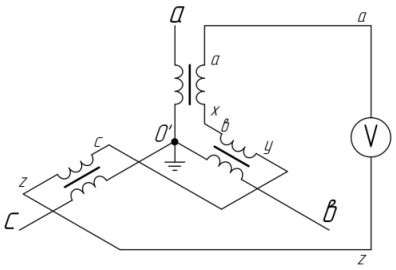


Рисунок 2. Схема измерительного трансформатора напряжения
с обмоткой «разомкнутый треугольник»

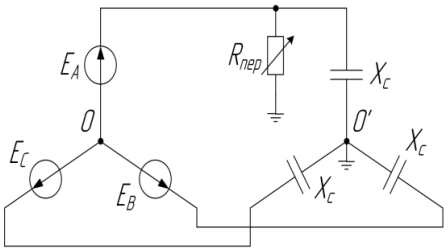


Рисунок 3. Идеальная схема

Параллельно конденсатору фазы «А» было подключено регулируемое переходное сопротивление $R_{пер}$ с пределом изменения от 10 *Ом* до бесконечности. Регулирование $R_{пер}$ позволило наблюдать изменение напряжения смещения нейтрали, напряжения и токи повреждённой и неповрежденных фаз.

В лабораторном стенде для исследования работы сети с резонансно-заземленной нейтралью в качестве альтернативной была предложена более простая в изготовлении **резистивная** схема, которая в дальнейшем использовалась для изучения работы сети с изолированной нейтралью (рис. 4).

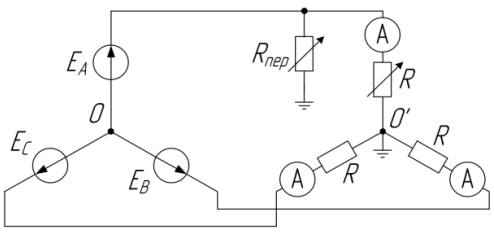


Рисунок 4. Резистивная схема

Ниже в табл. 1 приведены результаты расчетов режима холостого хода сети с изолированной нейтралью для идеальной и резистивной схемы.

Таблица 1

Режим холостого хода сети с изолированной нейтралью

Схема	$\dot{U}_{0'0}$	$\dot{E}_A$	$\dot{I}_A$	$\dot{E}_B$	$\dot{I}_B$	$\dot{E}_C$	$\dot{I}_C$
	В	*В*	*мА*	*В*	*мА*	*В*	*мА*
Идеальная	0	$14e^{j0}$	$1{,}5e^{j90}$	$14e^{-j120}$	$1{,}5e^{-j30}$	$14e^{j120}$	$1{,}5e^{-j150}$
Резистивная	0	$14e^{j0}$	$1{,}5e^{j0}$	$14e^{-j120}$	$1{,}5e^{-j120}$	$14e^{j120}$	$1{,}5e^{j120}$

В табл. 2 приведены расчеты режима замыкания фазы на землю с изолированной нейтралью для идеальной и резистивной схемы.

Таблица 2

Режим замыкания фазы на землю с изолированной нейтралью

Схема	$\dot{U}_{0'0}$	$\dot{U}_{a0'}$	$\dot{I}_A$	$\dot{U}_{b0'}$	$\dot{I}_B$	$\dot{U}_{c0'}$	$\dot{I}_C$
	В	*В*	*мА*	*В*	*мА*	*В*	*мА*
$R_{пер}$=10 Ом							
Идеальная	$14e^{-j0{,}2}$	$0{,}04e^{j90}$	$4{,}4e^{j90{,}1}$	$24{,}23e^{-j150{,}1}$	$2{,}6e^{-j60{,}1}$	$24{,}27e^{j149{,}9}$	$2{,}6e^{-j120{,}1}$
Резистивная	$13{,}86e^{-j8{,}2}$	$2{,}01e^{j82}$	$4{,}4e^{j82}$	$23{,}07e^{-j153{,}9}$	$2{,}5e^{-j66{,}7}$	$25{,}07e^{j145{,}7}$	$2{,}7e^{j127}$
$R_{пер}$=9420 Ом							
Идеальная	$4{,}43e^{-j71{,}6}$	$13{,}28e^{j18{,}5}$	$2e^{j63{,}5}$	$11{,}55e^{-j136{,}7}$	$1{,}2e^{-j46{,}7}$	$18{,}36e^{j117{,}23}$	$1{,}9e^{-j152{,}8}$
Резистивная	$3{,}14e^{j0}$	$10{,}86e^{j0}$	$2{,}1e^{j0}$	$15{,}8e^{-j129{,}9}$	$1{,}8e^{-j129{,}9}$	$15{,}8e^{j120{,}9}$	$1{,}8e^{j120{,}9}$

Расчет напряжений и токов проведен по методике [2] с использованием метода узловых потенциалов.

Рассмотрим работу идеальной схемы с оборванной фазой «А» (рис. 5).

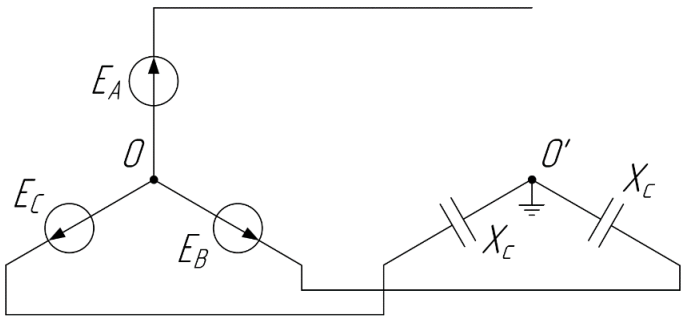


Рисунок 5. Идеальная схема с оборванной фазой

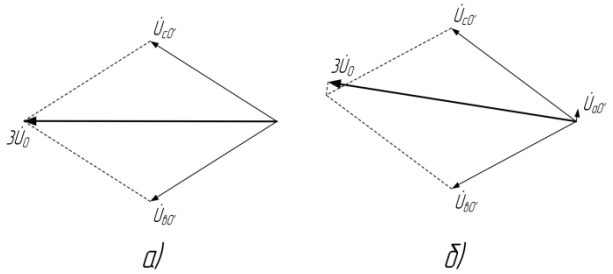
В табл. 4 приведены расчеты режима обрыва фазы сети с изолированной нейтралью в идеальной и резистивной схемы.

Таблица 4

Режим обрыва фазы сети с изолированной нейтралью

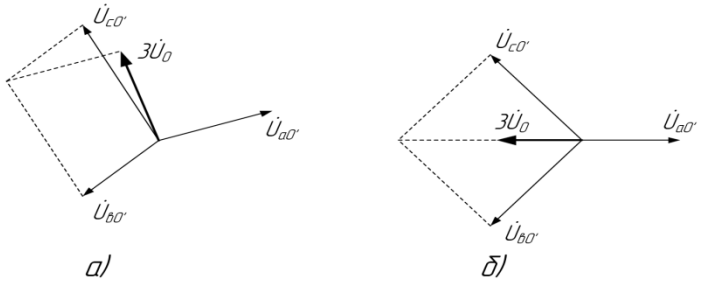
Схема	$\dot{U}_{0'0}$	$\dot{U}_{a0'}$	$\dot{I}_A$	$\dot{U}_{b0'}$	$\dot{I}_B$	$\dot{U}_{c0'}$	$\dot{I}_C$
	В	*В*	*мА*	*В*	*мА*	*В*	*мА*
Идеальная	$-7e^{j0}$	$21e^{j0}$	0	$12{,}12e^{-j90}$	$1{,}3e^{j0}$	$12{,}12e^{j90}$	$1{,}3e^{j180}$
Резистивная	$-7e^{j0}$	$21e^{j0}$	0	$12{,}12e^{-j90}$	$1{,}3e^{j0}$	$12{,}12e^{j90}$	$1{,}3e^{j90}$

По результатам расчетов были построены векторные диаграммы фазных напряжений для режимов холостого хода, замыкания фазы на землю с различными переходными сопротивлениями (рис. 6, рис. 7) и режима обрыва фазы идеальной и резистивной схем (рис. 8) для последующего сравнения с измеряемым напряжением.



а) *б)*

Рисунок 6. Векторные диаграммы напряжений для режима замыкания фазы на землю ($R_{пер}$ =10 Ом) в идеальной схеме (а) и в резистивной схеме (б)



а) *б)*

Рисунок 7. Векторные диаграммы напряжений для режима замыкания фазы на землю ($R_{пер}$ =9420 Ом) в идеальной схеме (а) и в резистивной схеме (б)

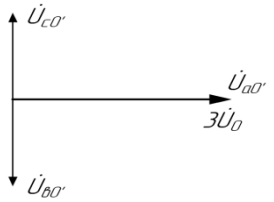


Рисунок 8. Векторная диаграмма напряжений для режима обрыва фазы в идеальной и резистивной схемах

Результаты расчетов напряжения $3\dot{U}_0$ – суммы векторов фазных напряжений для идеальной и резистивной схем и на обмотке «разомкнутый треуголь-

ник» реального трансформатора напряжения с учетом коэффициента пересчета сведены в табл. 5.

Таблица 5

Напряжение $3\dot{U}_0$ на обмотке «разомкнутый треугольник»

Схема	Холостой ход	Замыкание фазы на землю $R_{пер}$=10 Ом	Замыкание фазы на землю $R_{пер}$=9420 Ом	Обрыв фазы
	В	*В*	*В*	*В*
Расчетная сумма векторов фазных напряжений				
Идеальная	0	$42e^{-j180}$	$13,3e^{j108,4}$	$21e^{j0}$
Резистивная	0	$41,59e^{j171,8}$	$9,42e^{j0}$	$21e^{j0}$
Расчеты для реального трансформатора напряжения с учетом коэффициента пересчета				
Идеальная	0	100	31,67	50
Резистивная	0	99,03	22,43	50

Выводы:

1. Для исследования сетей напряжением 6-35 *кВ* использована физическая модель, в которой индуктивности и конденсаторы заменены на более дешевые резисторы. Расчеты показали, что в лабораторном стенде такая замена возможна и позволяет добиться схожих с идеальной схемой результатов с меньшими затратами.

2. Напряжения нулевой последовательности на обмотке трансформатора напряжения, соединенной в «разомкнутый треугольник», фазные напряжения и токи, измеренные на лабораторном стенде, вполне соответствуют расчетным значениям и пригодны для анализа сложных повреждений в сетях 6-35 *кВ*.

Библиографический список

1. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы: по состоянию на 2023 год. 6-е и 7-е издания. Москва : Эксмо, 2023. 512 с.

2. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи : учеб. для бакалавров / Моск. гос. техн. ун-т радиотехники, электроники и автоматики. 12-е изд., испр. и доп. М. : Юрайт, 2014. 701 с.

3. Рожкова Л. Д., Карнеева Л. К., Чиркова Т. В. Электрооборудование электрических станций и подстанций : учеб. для студ. учреждений сред. проф. образования. 10-е изд. стер. М. : Изд. центр «Академия», 2013. 448 с.

Альтернативные источники энергии в Кировской области: история и перспективы использования

Новиков Алексей Викторович[a], кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой ЭС
Хорошинина Елена Николаевна[b], старший преподаватель
Ворожцов Константин Сергеевич[c], студент
Чулков Илья Андреевич[d], студент
Вятский государственный университет[a, b, c, d], Киров

Аннотация: в статье приведены примеры использования нетрадиционных источников энергии в Кировской области, дана оценка возможности их применения в настоящее время.

Ключевые слова: СЭС, ГЭС, напор воды, плотина, ветроагрегат, водные ресурсы, биоэнергетика.

Основными источниками электроэнергии в Кировской области являются ТЭЦ-1, ТЭЦ-3, ТЭЦ-4 и ТЭЦ-5. Последняя из существовавших ранее в Кировской области гидроэлектростанций – Перевозская ГЭС была остановлена в 1974 году. Много примеров такого рода можно найти в работе Калинина «Ветряные мельницы в Богородском районе» [1].

Энергетический потенциал природных ресурсов Кировской области в течение многих лет контролировался проектным институтом Кировагровод. В советское время (до 1975 г.) на территории области действовало более десятка ГЭС общей мощностью 3500 кВт. Политика КПСС по укрупнению колхозов и создание единой системы Кировэнерго привели к остановке этих, якобы, бесперспективных и неэкономичных источников энергии. Но малые ГЭС имели огромное народно-хозяйственное значение. Ведь ГЭС – это не только источник электроэнергии. Её наличие обеспечивает надёжное водоснабжение, позволяет развивать рыбоводство, птицеводство, организовывать зоны отдыха, притягивающие людей.

С момента остановки последней ГЭС прошло 50 лет, но интерес к малой гидроэнергетике в Кировской области не угасает. По данным института Кировагровод на территории области в промышленной эксплуатации находится более 400 прудов, которые являются первоочередными объектами внимания. Далеко не все они подходят для сооружения ГЭС по напору воды, рельефу местности и другим параметрам, но у них есть плотины, водосбросы, у многих за-

творы с электроподъёмниками, есть линии электропередачи, по которым можно передавать выработанную электроэнергию потребителю.

Пригодность таких объектов во многом зависит от состояния нижнего бьефа и зоны затопления. Использование некоторых плотин невозможно, если в весенний паводок вода идет через гребень плотины, и машинный зал ГЭС попадает в зону подтопления.

Особый интерес у энтузиастов вызывают реки, на которых в 50-70 годы прошлого века уже существовали ГЭС. Их было более десятка, и суммарная мощность составляла 3500 кВт. Наиболее крупными из них были: на реке Великой (напор 7 метров, Р=2х250 кВт), на реке Кирса (напор 10 м, Р = 115х680 кВт), на реке Коса (напор 7,2 м, Р = 440 кВт). Их гидротехнические сооружения находятся в разной степени сохранности, требуют реконструкции и ремонта. Полной замены требуют генераторы и турбины. Но для энтузиастов есть широкое поле деятельности. Примером того, что при желании всё возможно, может служить восстановленная и пущенная в строй в 2007 году Белохолуницкая ГЭС мощностью 1000 кВт (рис. 1).

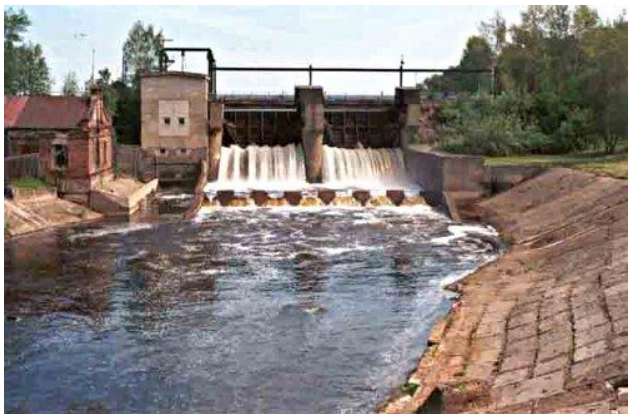


Рисунок 1. Белохолуницкая ГЭС

Существенный вклад в гидроэнергетику Кировской области внёс инженер института Кировагровод Кислицын Дмитрий Михайлович. Благодаря ему удалось сохранить в «лихие времена» уникальные исторические материалы по некогда существовавшим ГЭС. Он участвовал в проектировании ГЭС на реке Вятке выше города Кирова в районе с. Корчёмкино, ниже Кирова в районе грузового порта у нового моста и др.

В 2000 г. по инициативе областной администрации совместно с учеными ВятГУ была разработана программа «Энергосбережение 2000», в рамках которой в деревне Татаурово Нолинского района была построена миниГЭС мощностью 2х10 кВт. В период монтажа и наладки оборудования были выявлены и успешно преодолены проблемы, связанные с работой синхронных генераторов на изолированную от сети активную нагрузку.

В последние годы в нашей стране возрос интерес к солнечной энергетике. В России одним из лидеров этого направления является Астраханская область, на территории которой уже действует четыре СЭС общей установленной мощностью 165 МВт, а за пять ближайших лет планируется довести их число до двенадцати. Участвующая в реализации этих проектов компания «Хавел» в 2022 г. подписала с правительством Кировской области договор, в рамках которого планируется построить первую солнечную электростанцию в Кировской области – Кильмезскую СЭС мощностью 10 МВт. Объем инвестиций в проект превысит 600 млн. руб.

Не ослабевает интерес и к использованию энергии ветра. В России есть две ВЭС суммарной мощностью по 120 МВт в Ростовской области и в Ставропольском крае и одна мощностью 140 МВт на Кольском полуострове. В течении многих лет кировчане хотели увидеть в работе ветрогенератор в слободе Сошени Нововятского района (рис. 2). Но инженер Медведев В.Н., которому принадлежала идея использования его для электроснабжения компьютерного завода, в 2013 г. умер от болезни, и агрегат так и не был запущен в эксплуатацию. Настороженность к использованию ветроагрегатов в Кировской области объясняется тем, что их эффективность находится в прямой зависимости от скорости ветра. По инициативе доцента Петрухина А.Н. для проведения исследований был приобретен и установлен на крыше 8 корпуса ВятГУ ветроагрегат мощностью 400 Вт. Замеры показали, что номинальную мощность он выдавал при скорости ветра 16 м/сек., что для г. Кирова большая редкость. В нашем регионе среднегодовая скорость ветра в сутки существенно меньше минимально приемлемой 4 м/сек.

Рисунок 2. Ветрогенератор в слободе Сошени Нововятского района

В настоящее время в лаборатории ВятГУ для исследований используется лабораторный стенд, позволяющий моделировать работу ветроагрегата при разных скоростях ветра и изменяющейся нагрузке. По данным метеообследований в Кировской области есть лишь несколько пригодных для установки ВетГЭС мест, где среднегодовая скорость ветра более 4 м/сек. Одно из них находится на берегу р. Вятки в Советском районе, другое вблизи г. Кирова в районе речного порта на Красной горе. Вывод о бесперспективности использования ветра для производства электроэнергии в Кировской области справедлив лишь для лопастных агрегатов. Но есть и другие, например, использующие эффект Магнусса, которые разворачиваются при минимальных порывах ветра и при скорости 4 м/с выдают полную мощность.

В последние годы в энергетике появилось новое явление – «малая генерация». Суть его состоит в следующем. Ежегодный рост тарифов на электрическую и тепловую энергию приводит к тому, что этот процесс сопровождается ростом цен на выпускаемую продукцию и предприятия в условиях рынка становятся не конкурентно-способными, что вынуждает их создавать собственную генерацию. На территории предприятий сооружаются собственные электростанции с газотурбинными или газопоршневыми установками мощностью 5–6 МВт. В качества топлива часто используются отходы собственного производства. Первые генераторы такого типа были установлены на ООО «Кировском БХЗ» (суммарная мощность 13 МВт), потом на заводе АО «Лепсе». Более 250

котельных Кировской области планируется перевести на биотопливо: дрова, щепа, опил, торф, пеллеты. Отходы собственного производства (кору деревьев, щепу и опил) сжигают в котельных на Вятском фанерном комбинате, на АО «Красный Октябрь», на Мурашинском фанерном заводе и др.

В 2014 году в ПСПК «Истобенский» был смонтирован и запущен в работу биореактор, рассчитанный на ежедневную загрузку 25 кубометров сырья (отходов). В результате переработки отходов получается экологически чистое удобрение и биогаз для сжигания в котлах, служащих для обогрева помещений. В перспективе его предполагается использовать и для выработки электроэнергии.

В селе Русском рассматривается проект сооружения биореактора, работающего на отходах крупного рогатого скота.

Выводы:

1. Неистребимое желание энтузиастов возродить малую генерацию в Кировской области носит не только эмоциональный, но и вполне экономически обоснованный характер.

2. Приведённые в статье примеры позволяют сделать вывод о том, что возрождение малых ГЭС, строительство солнечных и ветровых электростанций, это задачи, вполне реализуемые в ближайшей перспективе.

Библиографический список

1. Ветряные мельницы в Богородском районе. Проект ветряного двигателя. URL: https://bogorodskoe43.ru/history/issled_rabot/661-vetryanye-melnicy-v-bogorodskom-rajone-proekt.html (дата обращения: 27.03.2024).

Эффективность турбин ТЭЦ при работе с уплотненными РД ЧНД по электрическому графику

Суворов Дмитрий Михайлович[a], кандидат технических наук,
доцент, заведующий кафедрой
Якимкин Тимофей Сергеевич[b], студент
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: произведено исследование эффективности работы паротурбинных ТЭЦ с уплотненными регулирующими диафрагмами части низкого давления (РД ЧНД) по электрическому графику. Исследование проводилось на математической модели ТЭЦ в составе двух однотипных турбоустановок путем сравнения затрат теплоты топлива на ТЭЦ при заданных электрических и тепловых нагрузках в широком диапазоне изменения режимных параметров. Установлены зависимости экономии теплоты топлива от прироста электрической мощности за счет получения этого прироста на одной из турбин при работе второй с закрытой уплотненной РД ЧНД по сравнению с неуплотненной от различных факторов.

Ключевые слова: регулирующая диафрагма части низкого давления, ТЭЦ, уплотнение РД ЧНД, электрический график, энергетическая эффективность.

Введение. Целью данной работы является исследование энергетической эффективности работы паротурбинной ТЭЦ по электрическому графику при наличии уплотненной регулирующей диафрагмы части низкого давления хотя бы на одной из турбин.

Из поставленной цели определены задачи исследования: 1. Выбрать математическую модель и разработать методику исследования 2. Определить диапазон граничных условий для выполнения расчетов. 3. Выполнить расчеты на выбранной модели и провести анализ их результатов.

Методы исследования. Методологической основой работы является математическое моделирование турбоустановок паротурбинных ТЭЦ и определение энергетической эффективности режимов их работы путем использования уравнений энергетического баланса [1, 2]. В данном случае использована расчетная модель турбоустановки Т-50-130, а также принято, что на ТЭЦ работают две такие турбоустановки, и на одной или на обеих РД ЧНД может быть уплотнена до уровня 25% от номинального по пропускной способности.

Энергетическая эффективность определялась для исходных тепловой и электрической нагрузок ТЭЦ, определяемых по заданному расходу пара на каждую из турбин при их работе с полностью закрытыми неуплотненными РД

ЧНД (базовый режим). Эти расходы принимались равными 50, 60 и 70 кг/с. Сравниваемые варианты работы предполагали полностью закрытую уплотненную РД ЧНД на первой турбине, и приоткрытую РД ЧНД – на второй. Работа по электрическому графику предполагала ступенчатое увеличение электрической мощности по сравнению с базовым режимом, при этом для одной из турбин РД ЧНД оставалась закрытой, а весь прирост мощности получался на второй турбине. Эффективность уплотнения для всех режимов определялась путем экономии теплоты топлива dQ_o по сравнению с вариантом, когда при тех же тепловой и электрической нагрузках первая турбина работала с неуплотненной РД ЧНД.

Подобная методология была отработана авторами и ранее; ее результаты для одного из режимов представлены ими в работе [3].

Результаты исследования, их обсуждение. Исследования выполнены при варьировании исходных параметров в широком диапазоне значений, соответствующих характерным режимам работы ТЭЦ с турбинами данного типа в течение года расхода. Помимо указанного выше диапазона изменения расхода пара на турбины, расходы сетевой воды на каждую из турбин W изменялись от 400 кг/с до 800 кг/с через 100 кг/с, а температура обратной сетевой воды t_2 принималась для трех уровней −40°С, 50°С и 60°С.

Зависимости энергетического эффекта, связанного с уплотнением РД ЧНД на первой турбине, полученные в результате расчетов и отражающие весь диапазон величины полученного эффекта, представлены на рисунках 1 и 2.

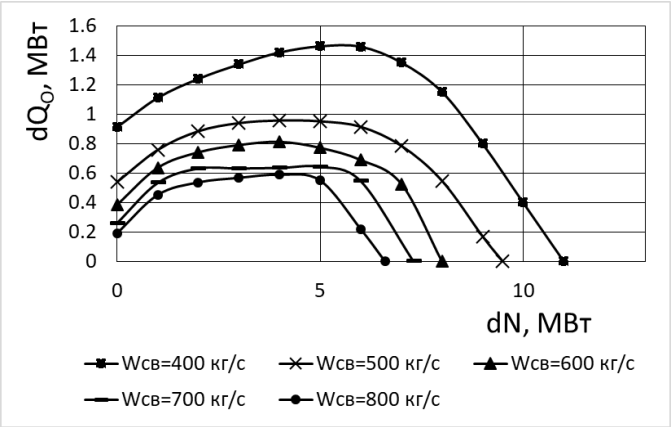


Рисунок 1. Зависимость экономии теплоты dQ_o от прироста электрической мощности dN по сравнению с базовым режимов для расхода пара на каждую турбину 70кг/с при различных значениях расхода сетевой воды W и при температуре t_2= 60°С

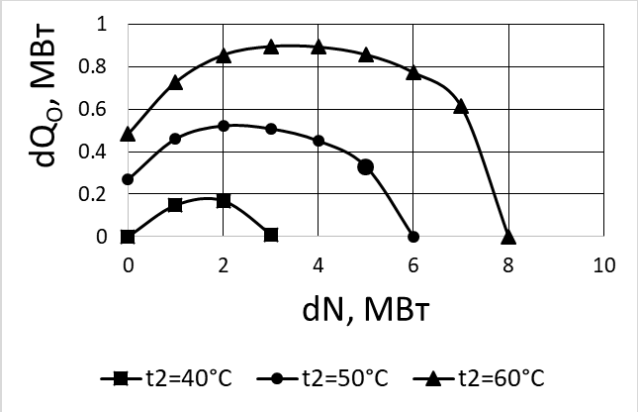


Рисунок 2. Зависимость экономии теплоты dQ_o от прироста электрической мощности dN по сравнению с базовым режимов для расхода пара на каждую турбину 50кг/с при расходе сетевой воды $W = 400$ кг/с и при различных температурах t_2

Выводы:

1. В результате исследования отработана методология расчетного исследования по определению эффективности уплотнения РД ЧНД при работе паровых турбин ТЭЦ по электрическому графику в характерном диапазоне возможного изменения влияющих факторов.

2. Определено (рис. 1, 2), что зависимость энергетического эффекта от величины прироста электрической мощности всегда имеет максимум, составляющий при разных граничных условиях от 0,18 МВт до 1,5 МВт и достигаемый при приросте мощности от 1,8 до 6,0 МВт, после достижения которого при дальнейшем приросте мощности уплотнение РД ЧНД дает меньший эффект, которые при некотором приросте мощности (от 3 до 11 МВт) становится нулевым. По достижении при открытии РД ЧНД только на второй турбине ТЭЦ нулевой эффективности при работе с уплотненной закрытой РД ЧНД на первой из них следует при дальнейшем приросте электрической мощности работать с параллельным открытием РД ЧНД на обеих турбинах, одинаковым для обеих турбин, и в этом случае эффективность работы турбин с уплотненными и с неуплотненными РД будет одинаковой.

3. Результаты данной работы позволяют прогнозировать, в том числе для режимного и эксплуатационного персонала ТЭЦ, эффективность работы турбин с уплотненными РД ЧНД не только по тепловому графику, что ранее неоднократно исследовалось, но и по электрическому графику нагрузки.

Библиографический список

1. Эффективность использования теплофикационных турбоустановок в переменной части графиков тепловых и электрических нагрузок / Е. И. Эфрос, В. Ф. Гуторов, Л. Л. Симою, В. М. Сущих // Теплоэнергетика. 2002. № 6. С. 2–8.

2. Математические модели теплофикационных паротурбинных установок на основе экспериментальных характеристик турбинных ступеней и отсеков / Н. В. Татаринова, Д. М. Суворов, В. М. Сущих // Надежность и безопасность энергетики. 2017. Т. 10. № 4. С. 330–339.

3. Определение энергетического эффекта при работе теплофикационных турбоустановок с уплотненными регулирующими диафрагмами по электрическому графику / Д. М. Суворов, Т. С. Якимкин // Актуальные вопросы и современные тенденции развития электроэнергетики и электротехники : сб. материалов Всерос. науч.-метод. конф. Киров, 2023. С. 108–110.

Методы и модели оценки энергетического эффекта и углеродного следа применительно к раздельной и комбинированной выработке тепловой и электрической энергии

Татаринова Наталья Владимировна[a], кандидат технических наук, доцент
Шилова Ирина Олеговна[b], студент
Дружинин Антон Алексеевич[c], студент
Вятский государственный университет[a, b, c], Киров

Аннотация: в условиях четвертого энергетического перехода становится важной борьба с глобальным изменением климата во всем мире. Особенно растет внимание к когенерации, использование которой в России имеет долгую историю. Цель работы – оценить энергетическую и экологическую эффективность комбинированного производства тепловой и электрической энергии в системе централизованного теплоснабжения. Для этого на основе модельной ТЭЦ проведены расчетные исследования при условии отпуска энергетической продукции на ее основе и в комбинации с водогрейной котельной. Показано, что экономия условного топлива для системы когенерации составляет порядка 30% по сравнению с раздельной схемой энергоснабжения. Оценка величины выбросов парниковых газов по известным методикам подтверждает, что комбинированное энергоснабжение способствует декарбонизации энергетической отрасли.

Ключевые слова: выбросы парниковых газов, углеродный след, оценка углеродного следа, углеродные единицы, ТЭС.

Введение. По объемам выброса вредных веществ в атмосферу предприятия теплоэнергетики занимают лидирующее место. Сравнительный анализ литературных источников показывает, что имеет место тенденция к ужесточению экологических стандартов и требований к объектам генерации энергии, что в свою очередь диктует новые сценарии развития энергетики в России и мире [1]. Некоторые из них включают в себя концепцию распределенной энергетики на основе возобновляемых источников энергии, другие делают акцент на когенерации, как технологии совместного производства тепловой и электрической энергии в едином цикле с использованием различных видов углеводородного и возобновляемого топлива (например, в странах Азии, Евросоюза, США, Турция) [2, 3]. В России эта технология была широко внедрена около 80 лет назад при централизованном планировании, а в настоящее время становится актуальной в связи с появлением в ближайшей перспективе экономических рычагов влияния путем введения углеродного налога на прямые и косвенные выбросы парниковых газов, что может сказаться на конкурентоспособности ТЭС на рынке [4]. В работе исследуется проблема повышения эффективности когене-

рационных установок на примере модельной ТЭЦ с целью выявления их преимуществ с точки зрения снижения объемов выбросов парниковых газов путем экономии топлива. Решена задача по анализу нормативных документов и выбора методики, используемой для проведения инвентаризации парниковых газов (ПГ).

Методы исследования. В качестве объекта исследования определена теплофикационная паротурбинная установка Т-50-130 в составе Кировской ТЭЦ-4, а также модельная водогрейная котельная. Сравнивалось потребление первичной энергии для двух систем, работающих на органическом топливе (природном газе) – ТЭЦ (когенерационная система) и система конденсационной ТЭС (турбина переводится в конденсационный режим работы) и котельной для производства теплоты. Предмет исследования – режимы работы и параметры теплофикационной турбоустановки, энергетические и экологические показатели их эффективности, методы определения выбросов парниковых газов при стационарном сжигании топлива в таких установках. В качестве основного метода исследования использован метод математического моделирования паротурбинных установок на основе реальных энергетических характеристик турбинных отсеков и вспомогательного оборудования, разработанный на кафедре теплотехники и гидравлики ВятГУ. Используемые в них характеристики получены по результатам обобщения данных промышленных испытаний на Кировских ТЭЦ.

Для оценки объемов выбросов использован ряд нормативных документов [5-11]. Согласно им, выбросы ПГ можно разделить на две основные категории: прямые и косвенные. Прямые выбросы включают выбросы диоксида углерода (CO_2) от стационарного сжигания топлива. В данной работе они связаны со сжиганием природного газа в энергетических установках (паровых котлах) для выработки электрической и тепловой энергии. Сжигание остальных видов топлива (мазут, уголь) осуществляется в незначительных объемах. Расчет прямых выбросов ПГ произведен согласно методике МГЭИК по оценке углеродного следа от тепловых электростанций, согласно которой формула для расчета всех выбросов имеет вид:

$$C = Q_o\left(K_{CO_2} + K_{CH_4} \cdot GWIF_{CH_4} + K_{NO_2} \cdot GWIF_{NO_2}\right),$$

где Q_o – общие затраты тепла при производстве электрической и тепловой энергии; K_{CO_2}, K_{CH_4}, K_{NO_2} – коэффициенты выбросов парниковых газов, $GWIF_{CH_4}$, $GWIF_{NO_2}$ – переводные коэффициенты каждого из парниковых газов [8, 11].

Расчет косвенных выбросов ПГ согласно Приказу Минприроды РФ № 330 от 29.06.2017 «Об утверждении методических указаний по количественному определению объема косвенных энергетических выбросов ПГ» не производился.

Результаты исследований, их обсуждение. Для оценки энергетического эффекта проведено сравнение нескольких наиболее характерных режимов раздельной и комбинированной выработки электрической и тепловой энергии по тепловому и электрическому графикам (соответствующим режимам работы в отопительный и неотопительный периоды), результаты которых представлены в таблице 1 для расхода сетевой воды 800 кг/с. По полученным результатам можно заключить, что когенерация снижает потребность в топливе и углеродный след примерно на 27-34% по сравнению с раздельным энергоснабжением в широком диапазоне режимов работы. Подобный подход применим и при постановке и решении задач оптимизации режимов работы ТЭЦ в периоды как пиковых, так и частичных нагрузок в фактических условиях эксплуатации.

Таблица 1

Сравнительные характеристики работы энергетических установок при раздельной и комбинированной выработке энергии и различных режимах работы

Расход свежего пара Go, кг/с	Сравнительные показатели на турбоустановку и котельную при раздельной и комбинированной выработке энергии		Относительные показатели снижения затрат при комбинированной выработке энергии в сравнении с раздельной	
	разница суммарных затрат теплоты ΔQ_o, МВт	разница величины выбросов парниковых газов ΔC (в углеродных единицах у.е./сут.	$\overline{Q_o}$, %	$\overline{\Delta C}$, %
1 режим – 20 кг/с	28,274	152,151	27	28
2 режим – 50 кг/с	62,391	335,745	32	32
3 режим – 70 кг/с	84,340	453,858	34	33

Выводы. Разработанные математические модели теплофикационных турбоустановок и выбор обоснованных методик для определения объемов выбросов парниковых газов позволяют в совокупности продемонстрировать преимущества когенерации, а также подготовить рекомендации, относящиеся к оптимизации распределения нагрузок между турбоагрегатами, и наиболее рациональным режимам их эксплуатации, что позволит уменьшить неблагоприятное воздействие ТЭЦ на окружающую среду и повысить эффективность производства и отпуска тепловой и электрической энергии при относительно небольших затратах на их реализацию.

Библиографический список

1. Kusch-Brandt S. Cogeneration (combined heat and power production) in Europe // The 5th Inter-national Virtual Research Conference In Technical Disciplines. 2017. P. 52–55. DOI: 10.18638/rcitd.2017.5.1.105.
2. Munćan V., Mujan I., Andjelkovic A., Macura D. Current trends of district heating and cooling in Europe // 8th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech). 2023. P. 1–6.
3. Татаринова Н. В. Математическое моделирование теплофикационных турбоустановок для решения задач повышения энергетической эффективности работы ТЭЦ : автореф. дис. … канд. техн. наук. Екатеринбург, 2014. 24 с.
4. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети : учеб. для вузов. 7-е изд., стереотип. М. : МЭИ, 2001. 472 с.
5. Постановление Правительства РФ от 21.09.2019 № 1228 «О принятии Парижского соглашения». Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
6. Указ Президента РФ от 04.11.2020 № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов». Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
7. Федеральный закон № 296 «Об ограничении выбросов парниковых газов». Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
8. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 27.05.2022 № 371 «Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов». Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
9. Стандарт ГОСТР ИСО 14064-1-221 «Национальный стандарт Российской Федерации газы парниковые. Часть 1. Требования и руководство по количественному определению и отчетности о выбросах и поглощении парниковых газов на уровне организации». Доступ из норматив.-техн. системы «Техэксперт».
10. ГОСТ Р ИСО 14067 «Национальный стандарт Российской Федерации. Газы парниковые. Углеродный след продукции. Требования и руководящие указания по количественному определению и предоставлению информации». Доступ из норматив.-техн. системы «Техэксперт».
11. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. МГЭИК, 2006.

Создание 3D-моделей элементов электрических машин

Тимошенко Вячеслав Николаевич[a], кандидат технических наук, доцент
Тимина Наталья Владимировна[b], доцент
Лукиных Максим Николаевич[c], студент
Вятский государственный университет[a, b, c], Киров

Аннотация: в работе приводится описание программных продуктов по созданию 3D-моделей элементов электрических машин. Результатом работы является руководство, содержащее подробные инструкции и практические примеры, которые помогут обучающимся освоить некоторые приемы и техники работы по созданию трехмерных моделей деталей и сборочных единиц, входящих в состав серийно выпускаемых асинхронных двигателей.

Ключевые слова: трехмерная модель, оптимальное проектирование, асинхронный двигатель, KOMPAS 3D, учебное пособие.

Введение. Проектирование электрической машины основывается на расчетах размеров отдельных ее составляющих, параметров и характеристик, в конструировании отдельных деталей, сборочных единиц и машины в принципе, в оценке её технико-экономических показателей и показателей технологичности. Проблема эффективного проектирования заключается не только в выборе оптимальных параметров и сложности расчетов, но и в низкой наглядности и информативности двумерных моделей деталей и сборочных единиц, построенных на основании этих расчетов. Целью работы является выработать у обучающихся навыки визуализации элементов электрической машины различной сложности и конструкции, развить навыки конструирования в комфортной среде KOMPAS-3D, что позволит оценить правильность выполненных расчетов еще на стадии проектирования, не неся при этом затрат на производство деталей. Предметом исследования являются программные продукты, позволяющие создавать 3D-модели различных изделий.

Методы исследования. К наиболее распространенным средствам автоматизированного проектирования, позволяющим работать с трехмерными моделями, относятся AutoCAD, Solid Edge, ANSYS Mechanical, KOMPAS-3D.

AutoCAD является программным обеспечением для двух- и трехмерного компьютерного проектирования. У него есть широкий спектр инструментов и специальные модули для узкой профилизации. Однако у AutoCAD имеются существенные недостатки: большая сложность в освоении из-за большого

функционала, отсутствие корректного импортирования чертежей в другие среды проектирования, большое количество новых надстроек из-за чего интерфейс побочных модулей не проработан и главный минус заключается в завышенной ценовой политике.

Solid Edge – это программа для трехмерного твердотельного моделирования и выпуска конструкторской документации. У Solid Edge довольно интуитивный интерфейс, обширный спектр инструментов для трехмерного моделирования, создания деталей, ассемблей и чертежей, также быстро обрабатывает большие сборки. Как и AutoCAD, Solid Edge имеет свои недостатки: завышенное требование к системным ресурсам для полноценной работы, сильно ограничен в экосистеме сторонних расширений и полностью зависит от лицензированного программного обеспечения.

ANSYS Mechanical – это программный продукт, предназначенный для инженерного анализа и проектирования механических систем. ANSYS Mech позволяет анализировать и предсказывать поведение системы в различных условиях, позволяет проводить различного вида анализы, широко используется в различных отраслях и имеет обширную базу знаний. Также как и AutoCAD, является коммерческим программным обеспечением и имеет высокую стоимость. ANSYS Mech требует определенного уровня экспертизы для эффективного использования. Есть трудности в отладке и исправлении ошибок, так как для этого потребуются дополнительное время и усилия.

KOMPAS-3D широко используется в учреждениях высшего образования с техническим уклоном. Он легок в освоении и прост в работе с внушительными функциональными возможностями твердотельного и поверхностного моделирования, удобен в выполнении простых деталей и сборок и также подходит для более сложных задач. Поддерживает самые распространённые форматы 3D-моделей из-за чего много дополнительных возможностей, которые упрощают просмотр работы в других системах проектирования. В KOMPAS-3D можно свободно проектировать в трехмерном пространстве по созданию нестандартных элементов и оборудования, прорабатывать узлы. Позволяет редак-

тировать сформированные трехмерные модели на основе 2D. Дорабатывать проектное решение напрямую в трехмерном пространстве с последующей генерацией чертежей на основе 3D-модели.

Результаты исследований, их обсуждение. В результате проведённой работы составлено учебное пособие, которое состоит из ряда заданий не менее 20 вариантов в каждом. Каждое задание посвящено созданию 3D-модели детали асинхронного двигателя (лист статора, лист ротора, вал, скоба), а также сборочные единицы (пакет статора и ротор). В сборочный чертеж ротора добавлен выбор подшипников, то есть тренируется навык пользования библиотекой стандартных изделий. Каждое задание сопровождается подробными рекомендациями по его выполнению с иллюстрациями. Таким образом, обучающийся, который ранее никогда не сталкивался с трехмерным моделированием, может самостоятельно освоить некоторые приёмы. Примеры готовых моделей приведены на рисунках 1-5.

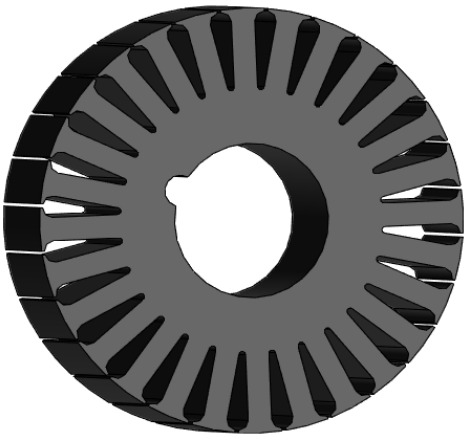


Рисунок 1. 3D-модель пакета ротора

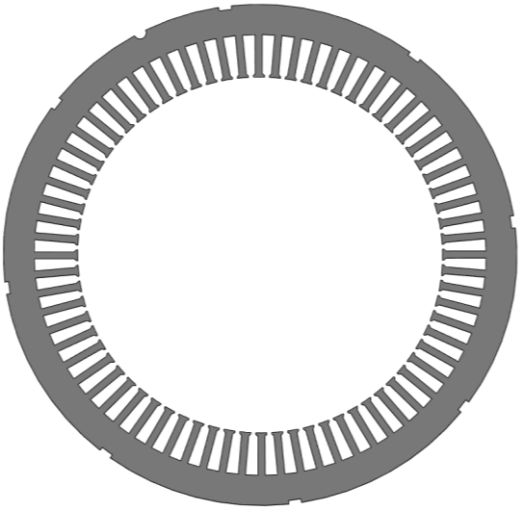


Рисунок 2. 3D-модель листа статора

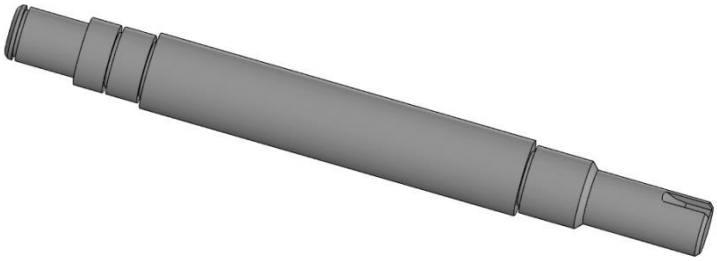


Рисунок 3. 3D-модель вал

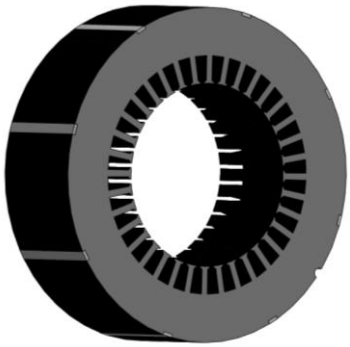


Рисунок 4. 3D-модель пакет статора

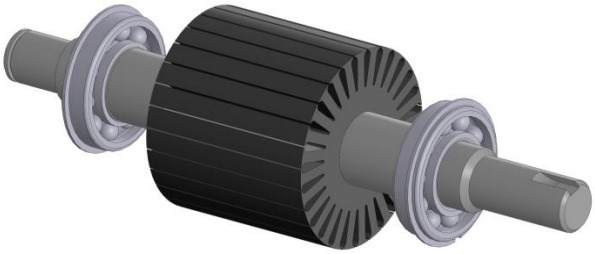


Рисунок 5. 3D-модель ротора в сборе

Выводы

1. Подготовлено к изданию учебное пособие по созданию 3D-моделей элементов электрической машины.

2. Проведена апробация применения учебного пособия на студентах младших курсов, ранее не имевших практических навыков в среде проектирования KOMPAS-3D.

Библиографический список

1. 3D моделирование в электроэнергетике / В. Б. Шлейников, Л. Р. Зайногабденова, В. Н. Головина. URL: https://revolution.allbest.ru/physics/01183229_0.html (дата обращения 29.03.2024).

Синтез оптимальной системы с нечеткой логикой

Хорошавин Валерий Степанович[a], доктор технических наук, профессор
Грудинин Виктор Степанович[b], кандидат технических наук, доцент
Гордиенко Михаил Владимирович[c], магистр
Вятский государственный университет[a, b, c], Киров

Аннотация: целью работы является применение в построенной аналитически на классических методах оптимальной системе алгоритмических методов нечеткого и робастного управления на элементах нечеткой логики (фаззи-логики), позволяющих учесть неточности модели и действующие возмущения.

Ключевые слова: оптимальное управление, топология траекторий, нечеткая логика, скользящий режим, колебательный процесс.

Введение. При нечетком управлении [1] используемые в оптимальных системах понятия и знания о конкретных точечных координатах и управлениях могут быть преобразованы в нечеткую форму для областей состояний объекта с одинаковым характером траекторий и управлений, определены нечеткие правила логического вывода принимаемых решений, а затем произведено обратное преобразование принятых решений в управляющие переменные. При робастном управлении [2], обеспечивающим работоспособность замкнутой системы в присутствии неопределенностей и возмущений, наиболее успешно может быть применен скользящий режим движения по требуемой траектории.

Методы исследования. Предварительное качественное исследование оптимальной системы для применения нечеткой логики проводится на основе структурно-функционального подхода к синтезу управлений [3] и логико-комбинаторного подхода к синтезу структур [4]. Результатом этого исследования являются графики переходных процессов и топология траекторий как разбиения фазового пространства состояний объекта на области с одинаковым характером траекторий, а также структура управляющего устройства.

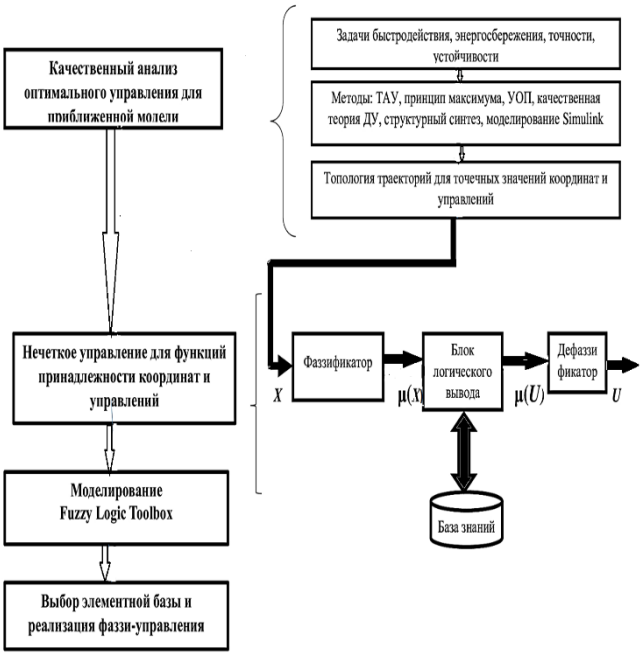


Рисунок 1. Этапы построения оптимальной системы с фаззи-логикой

Результаты. Для апробирования алгоритмов и структур четкого и нечеткого управлений и их сравнения выбран электропривод постоянного тока с управлением по цепи якоря, у которого угол поворота вала двигателя должен изменяться по гармоническому закону. Приближенная модель объекта имеет вид $\dot{x_1} = U - x_1, \quad \dot{x_2} = x_1,$ где: U –напряжение на якоре, $|U| \leq 1$; x_1 – угловая скорость; x_2 – угол поворота вала. Требуется определить управление в замкнутой системе, обеспечивающее движение выходной координаты по синусоидальному закону $x_{2\,\text{тр}} = A\sin\omega t$, где: A – амплитуда колебаний, ω – угловая частота колебаний. Для решения этой задачи в [5] применено особое оптимальное управление. Топология траекторий объекта при оптимальном управлении для $A = 1, \ \omega = 1$ показана на рис. 2.

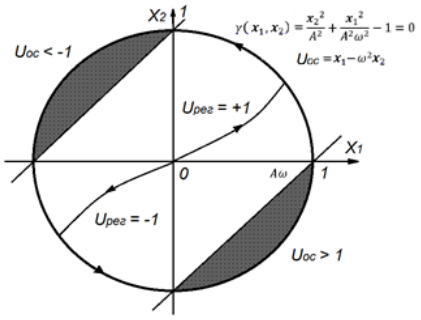


Рисунок 2. Топология траекторий

Движение по требуемой траектории на жесткой (четкой) логике может быть реализовано или непрерывным управлением, или в виде скользящего режима [5]. Для выпуклого замыкания предельной траектории скользящего режима необходимо изменять знак управления не только относительно отклонения от линии переключения, но и от знака координат x_1 и x_2, а также предыдущего состояния последовательного логического устройства, т. е. для его программирования необходимо рассмотреть как минимум 16 тактов его работы. Результаты моделирования системы со скользящим режимом с использованием варианта последовательного логического устройства на элементах программы Simulink приведены на рис. 3 [5].

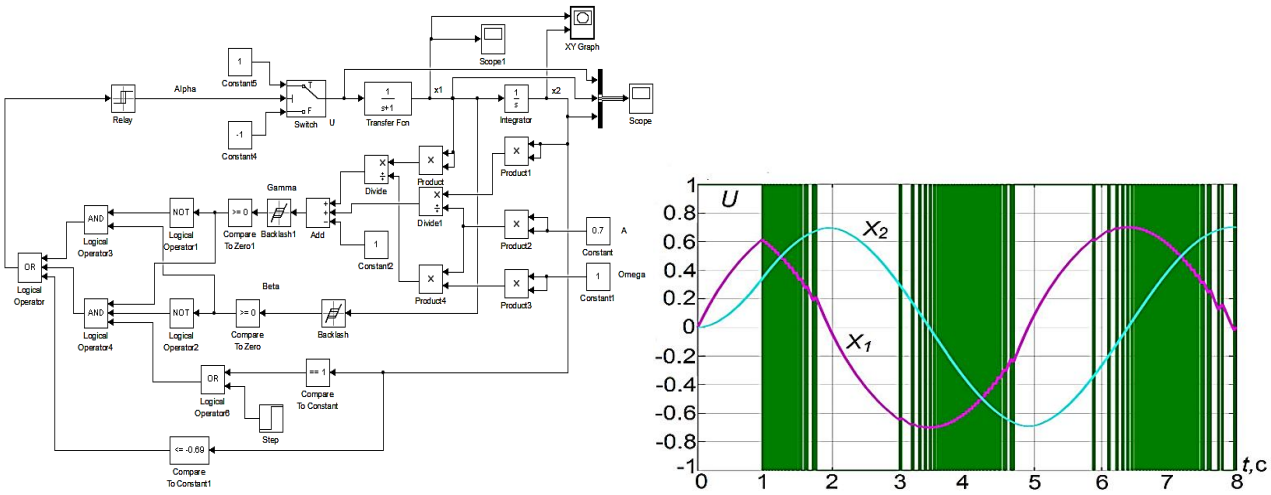


Рисунок 3. Моделирование со скользящим режимом на четкой логике

Из моделирования оптимальной системы на жесткой логике следует, что более качественный характер переходных процессов имеет система с непрерывным управлением, переходные процессы в которой в дальнейшем послужат основой для программирования системы с нечеткой логикой.

На этапе фаззификации для входных переменных выбирается максимально возможное количество функций принадлежности – по 9 для каждой, при этом координатная сетка функций принадлежности входов как бы накладывается на топологию траекторий. В качестве термов выходной переменной (до пяти) принимаются значения управляющего воздействия от -1 до 1, для чего используются имеющиеся графики переходных процессов или рассчитываемые аналитически по формуле $U_{\text{ос}}(x_{1\,\text{ос}}, x_{2\,\text{ос}})$.

Далее составляется таблица правил логического вывода, в которой в форме «ЕСЛИ-ТО» каждой комбинации входов указывается терм выхода. Для наглядности правил на рис. 4 показан блок «surface» как поверхность выходной переменной в функции входных сигналов, где желтым цветом отмечены положительные, а синим – отрицательные значения выходной переменной.

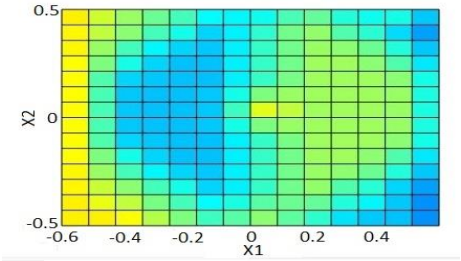


Рисунок 4. Блок «surface»

Модель с применением фаззи-логики для реализации колебательного процесса со скользящим режимом управления и результаты моделирования приведены на рис. 5.

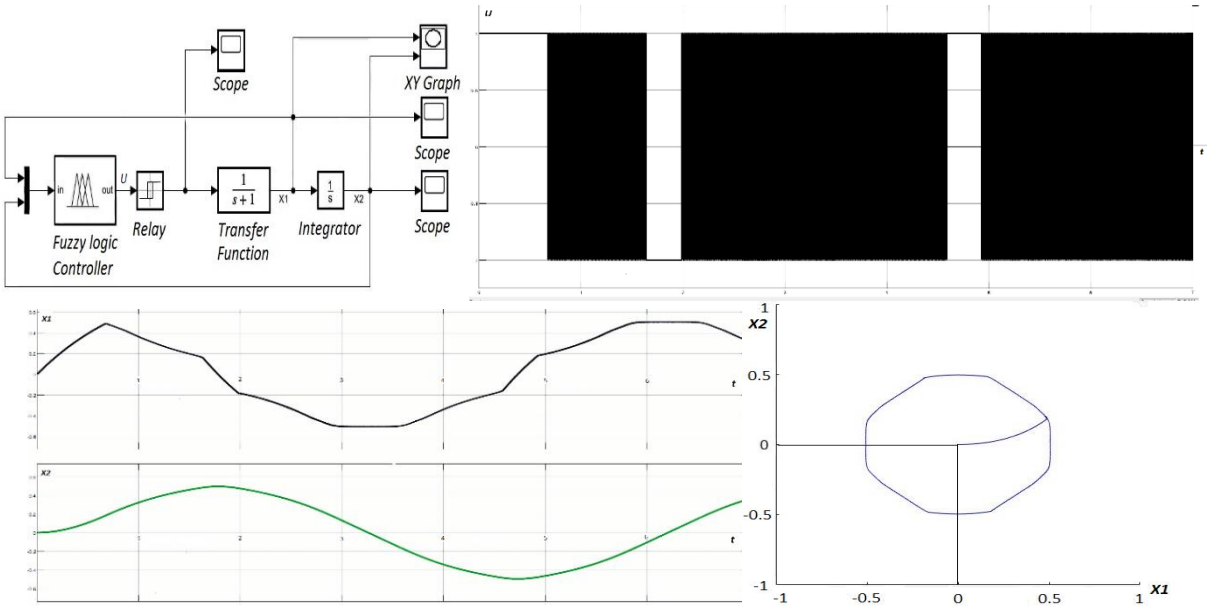


Рисунок 5. Моделирование системы на фаззи-логике

Нечеткий регулятор показал работоспособность в получении колебательного процесса оптимальной системы, нечувствительной в определенных пределах к изменению параметров и действию возмущений из-за фаззификации переменных, что можно сравнить с дискретизацией или квантованием сигналов по уровню в информационных системах. Для полученного скользящего режима

колебательного движения характерен традиционный дребезг и высокий расход энергии управления [6], но он может быть новым вариантом реализации замкнутой в четырех квадрантах фазовой траектории,

Обсуждение и заключение. Применение нечеткого управления в простой структуре позволяет получить произвольную динамику объекта от плавного непрерывного до скользящего режима путем корректировки фаззификации и правил логического вывода. Авторами было рассмотрено применение нечеткого управления в оптимальных системах с апериодическим характером траекторий для линейных и нелинейных объектов, в которых получены качественные результаты по робастности, точности и энергозатратам.

Дальнейшее развитие нечеткого управления в оптимальных системах предполагается проводить в следующих направлениях: формализация продукционных правил построения, технической реализации фаззи-регуляторов, использования классических методов оптимального управления в нечеткой интерпретации. Результаты работы могут быть использованы при управлении объектами в мехатронике и робототехнике, тепловыми процессами и в других приложениях.

Библиографический список

1. Гостев В. И. Проектирование нечетких регуляторов для систем автоматического управления. СПб. : БХВ-Петербург, 2011. 416 с.

2. Управление и наблюдение в режиме скольжения / Ю. Штессель, К. Эдвардс, Л. Фридман, А. Левант. URL: https://doi.org/10.1007/978-0-8176-4893-0

3. Хорошавин В. С., Зотов А. В. Особое оптимальное управление нелинейными объектами : монография. Киров : Науч. изд-во ВятГУ, 2019. 219 с.

4. Хорошавин В. С. Структурный синтез управляющих устройств оптимальных систем. Киров : Науч. изд-во ВятГУ, 2020. 132 с.

5. Хорошавин В. С., Грудинин В. С. Синтез программного движения на основе особого оптимального управления // Мехатроника, автоматизация, управление. 2021. Т. 22. № 8. С. 395–403.

6. Забихифар С. Х., Маркази А. Х. Д., Ющенко А. С. Управление двухзвенным манипулятором с использованием нечеткого управления скользящего типа // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2015. № 6. С. 30–45.

Оценка электромагнитных помех на порту линии связи шкафов релейной защиты и автоматики

Чумаров Сергей Геннадьевич[a], кандидат технических наук, доцент
Бабин Дмитрий Олегович[b], ассистент
Григорьев Иван Сергеевич[c], студент
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова[a, b, c], Чебоксары

Аннотация: современная тенденция в электроэнергетике направлена на увеличение общего уровня электромагнитных помех. Целью работы является оценка уровня электромагнитных помех на портах линий связи шкафов релейной защиты и автоматики (РЗА). Компьютерное моделирование электромагнитных полей позволяет на ранних этапах проектирования выбрать оптимальный вариант конструкции шкафов.

Ключевые слова: электромагнитная совместимость, электромагнитные помехи на порту линии связи, шкаф релейной защиты, помехоустойчивость.

Введение. Электромагнитные помехи на порту линии связи представляют собой внешние электромагнитные воздействия, которые могут привести к искажению передаваемого сигнала и ухудшению качества связи [1]. Такие помехи возникают из-за внешних источников, таких как электромагнитные поля от электроприборов, радио- и телевизионных передатчиков, а также внутренних источников, таких как соседние провода или электронные устройства, подключенные к той же линии связи [2]. Неконтролируемые электромагнитные помехи могут повлиять на качество передачи данных в электроэнергетике [3], на метрологические характеристики измерительных устройств [4], сбою синхронизации [5] или даже полной потере связи. Также такие помехи проникают внутрь шкафа и могут полностью нарушить работу микропроцессорных устройств защиты. Для борьбы с ними применяются различные методы, такие как экранирование, фильтрация, заземление, использование экранированных кабелей. Не стоит забывать и о применении современных методов обработки сигналов [6], позволяющих увеличить помехозащищенность.

В данной статье рассмотрены электромагнитные помехи на портах линии связи шкафа (РЗА). На примере шкафа РЗА создана модель, позволяющая оценить уровень помех на портах линии связи шкафа. Определен программный продукт, наиболее подходящий для моделирования электромагнитных помех в шкафах РЗА. Приведен пример распределения поля на портах связи в электрическом шкафу при его облучении плоской волной.

Методы исследования. Для моделирования ЭМП на порту линии связи наиболее подходящим является программа High Frequency System Simulator (HFSS). HFSS использует собственный метод проектирования и анализ на основе метода конечных элементов и считается самым ПО [1].

В качестве примера приведем облучение электрического шкафа плоской волной с вектором напряженности и распространяющийся в полусфере с углом падения 0°. Расстояние, на котором начинает распространяться падающая волна до металлического шкафа – 1,0 м. Анализ производился для угла падения плоской волны 0° и для частоты 0,03 ГГц. В качестве полей рассматривались электрические и магнитные поля внутри стенок электрического шкафа с толщиной стенки 200 мм (рис. 1). Порты линии связи на шкафах РЗА в основном располагаются посередине лицевой панели/дверца шкафа на определенном расстоянии от портов электропитания.

Результаты исследований, их обсуждение. Моделирование показало, что поле в основном концентрируется только на стенке вокруг портов связи, но его значения около нулевые. При разработке конструкторской документации влияние щели дверцы на распространение электрического поля внутри электрического шкафа можно свести к минимуму, используя радиогерметичные прокладки, рассчитанные на заданные частоты. Учитывая соотношения длин волн падающей волны и геометрических размеров щелей, электрический шкаф можно считать радиогерметичным.

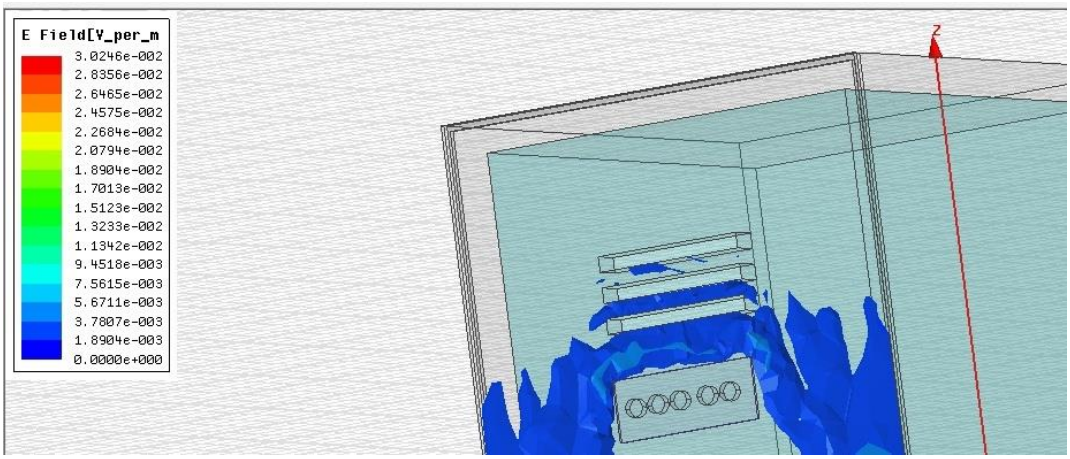


Рисунок 1. Электрическое поле внутри электрического шкафа на частоте 0,03ГГц для угла падения плоской волны 0°

Выводы. Электродинамическое моделирование показало, что поверхностные токи, наводимые плоской падающей волной на частоте 0,03 ГГц, под различными углами падения локализуются по стенке корпуса шкафа. При применении заземления и экранов поверхностными токами можно пренебречь. Для соответствия требованиям стандартов ЭМС проводится ряд моделирований, охватывающих весь диапазон частот согласно межгосударственному стандарту ГОСТ 30805.22-2013 [7], и убедиться, что напряженность электромагнитного поля не превышает нормы. В критических случаях возможно применение оптоволокна, не подверженного электромагнитным помехам [8].

Библиографический список

1. Чумаров С. Г., Ильин В. Ф. Технология обеспечения ЭМС. Моделирование электрического поля в шкафах РЗА // Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем России : сб. докл. VII Междунар. науч.-практ. конф. Чебоксары : Изд-во Чуваш. ун-та, 2023. С. 257–261.

2. Ďuriš V., Ivanov V. N., Chumarov S. G. Comparative analysis of methods for calculating the energy flux density used in assessing the permissible level of environmental pollution by electromagnetic radiation // TEM Journal. 2022. Vol. 11. No. 2. P. 920–925.

3. Чумаров С. Г., Герасимов А. С. Анализ протоколов передачи данных для систем электроэнергетики // Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности : материалы IV Междунар. науч.-техн. конф. Чебоксары : Изд-во Чуваш. ун-та, 2020. С. 34–37.

4. Чумаров С. Г., Савинов Р. Н. Исследование влияния электромагнитных помех на метрологические характеристики радиоэлектронной продукции // Фундаментально-прикладные проблемы безопасности, живучести, надёжности, устойчивости и эффективности систем : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. Елец : Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина, 2020. С. 409–412.

5. Чернов В. К., Чумаров С. Г. Применение протоколов синхронизации NTP и PTP для интеллектуальных электронных устройств в энергетике // Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности : материалы III Междунар. науч.-техн. конф. Чебоксары : Изд-во Чуваш. ун-та, 2019. С. 228–231.

6. Ďuriš V., Semenov V. I., Chumarov S. G. Application of continuous fast wavelet transform for signal processing. 1st. ed. L. : Sciemcee Publishing, 2021. 181 p.

7. Межгосударственный стандарт ГОСТ 30805.22-2013 (CISPR 22:2006). Совместимость технических средств электромагнитная. Оборудование информационных технологий. Радиопомехи индустриальные. Нормы и методы измерений.

8. Чумаров С. Г. Исследование энергопотребления в пассивных оптических сетях // Проблемы техники и технологий телекоммуникаций ПТиТТ-2014 : материалы XV Междунар. науч.-техн. конф. Оптические технологии в телекоммуникациях ОТТ-2014 ; материалы XII Междунар. науч.-техн. конф. Т. 3. Казань, 18–21 ноября 2014 года. Казань : Изд-во Казан. гос. ун-та, 2014. С. 310–312.

Оценка электромагнитных помех на порту электропитания шкафов релейной защиты

Чумаров Сергей Геннадьевич[a], кандидат технических наук, доцент
Бабин Дмитрий Олегович[b], ассистент
Титов Александр Михайлович[c], студент
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова[a., b, c], Чебоксары

Аннотация: проблема функционирования шкафов релейной защиты и автоматики заключается в постоянном воздействии на них электромагнитных помех. Целью работы является оценка уровня электромагнитных помех на порту электропитания шкафа РЗА. Компьютерное моделирование позволяет увидеть распределение поля внутри шкафа РЗА и разработать ряд мероприятий по повышению помехоустойчивости.

Ключевые слова: электромагнитная совместимость, микропроцессорная защита, шкаф релейной защиты, помехоустойчивость, электродинамическое моделирование.

Введение. Электромагнитные помехи разной природы [1] являются одной из основных проблем современных систем электропитания, влияя на работоспособность и надежность оборудования [2]. Непреднамеренные электромагнитные помехи в электроэнергетике могут привести к сбою различных протоколов передачи данных [3], ухудшить метрологические показатели измерительных приборов и устройств [4].

В данной работе рассмотрено влияние электромагнитных помех на порту электропитания шкафа релейной защиты и автоматики (РЗА). В специализированном программном обеспечении создана модель существующего шкафа РЗА, позволяющая оценить уровень помех, поступающих по цепям питания. Определен программный продукт, наиболее подходящий для моделирования эмиссий помех от источника питания. Приведен пример распределения поля в электрическом шкафу в случае падения плоской волны на ввод силового кабеля.

Методы исследования. Для оценки электромагнитных помех на порту питания необходимо провести облучение электрического шкафа плоской волной в рабочем диапазоне частот, воспользовавшись программным обеспечением ANSYS HFSS (High Frequency Structural Simulator), предназначенной для моделирования и анализа высокочастотных электромагнитных полей [1].

В качестве примера приведем облучение электрического шкафа плоской волной с вектором напряженности и распространяющийся в полусфере с углом

падения 0°. Расстояние, на котором начинает распространяться падающая волна до металлического шкафа – 4,0 м. Анализ проводился для угла падения плоской волны 0° и для частоты 1 ГГц. В качестве полей рассматривались электромагнитные поля на внутренних стенках электрического шкафа толщиной 10 мм. У шкафов РЗА линии электропитания обычно располагаются на нижней части задней стенки (рис. 1).

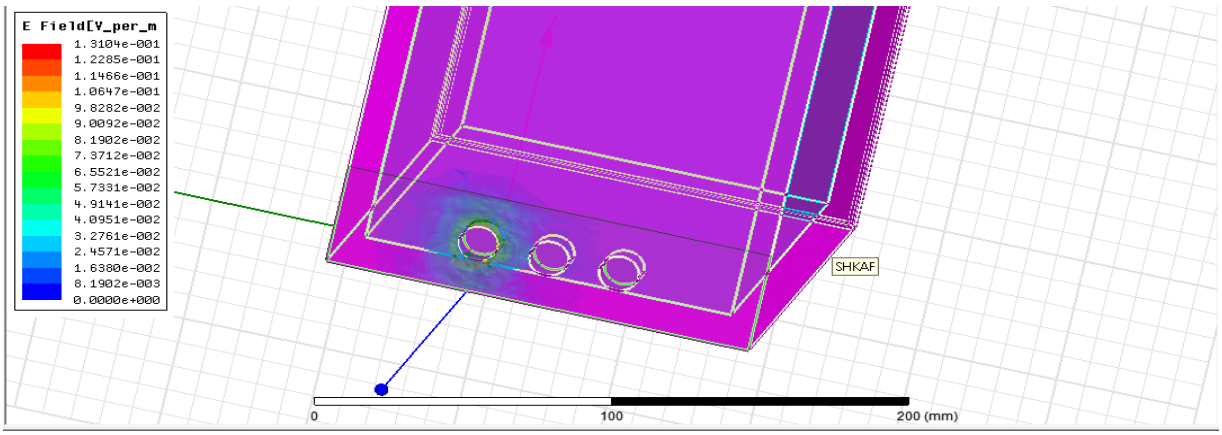


Рисунок 1. Электромагнитное поле на порту электропитания

Результаты исследований, их обсуждение. Компьютерное моделирование показало, что поле концентрируется только на стенках в области круглых отверстий. При разработке конструкторской документации следует учитывать помехи на порту питания и использовать методы защиты, такие как сетевые фильтры и развязывающие трансформаторы для предотвращения проникновения помех.

Выводы. Исследование влияния электромагнитных помех на порту электропитания шкафа РЗА является одной из главных задач при проектировании микропроцессорных устройств и играет важную роль в обеспечении надежности работы системы защиты электроустановок. Оценка и анализ таких помех позволяет выявить потенциальные угрозы для оборудования и разработать эффективные меры по их снижению. В данной статье был рассмотрен метод оценки электромагнитных помех на порту электропитания с использованием специализированного программного обеспечения. Проведенные исследования показывают степень влияния электромагнитных помех на функционирование шкафов РЗА. Для полноты картины необходимо провести измерения на всём

диапазоне частот согласно межгосударственному стандарту ГОСТ 30805.22-2013 [5], и убедиться, что напряженность электромагнитного поля во всей полости шкафа РЗА не превышает установленной нормы.

Для комплексной оценки воздействия помех на работу микропроцессорных устройств также следует учитывать их собственные шумы [6] и применять не подверженное электромагнитному излучению оптоволокно [7]. Применение прикладных методов цифровой обработки сигналов [8] позволит увеличить помехозащищённость микропроцессорных устройств.

Библиографический список

1. Ďuriš V., Ivanov V. N., Chumarov S. G. Comparative analysis of methods for calculating the energy flux density used in assessing the permissible level of environmental pollution by electromagnetic radiation // TEM Journal. 2022. Vol. 11. No. 2. P. 920–925.

2. Чумаров С. Г., Ильин В. Ф. Технология обеспечения ЭМС. Моделирование электрического поля в шкафах РЗА // Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем России : сб. докл. VII Междунар. науч.-практ. конф. Чебоксары : Изд-во Чуваш. ун-та, 2023. С. 257–261.

3. Чумаров С. Г., Герасимов А. С. Анализ протоколов передачи данных для систем электроэнергетики // Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности : материалы IV Междунар. науч.-техн. конф. Чебоксары : Изд-во Чуваш. ун-та, 2020. С. 34–37.

4. Чумаров С. Г., Савинов Р. Н. Исследование влияния электромагнитных помех на метрологические характеристики радиоэлектронной продукции // Фундаментально-прикладные проблемы безопасности, живучести, надёжности, устойчивости и эффективности систем : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. Елец : Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина, 2020. С. 409–412.

5. Межгосударственный стандарт ГОСТ 30805.22-2013 (CISPR 22:2006). Совместимость технических средств электромагнитная. Оборудование информационных технологий. Радиопомехи индустриальные. Нормы и методы измерений.

6. Чумаров С. Г. Влияние шума на оптимальное усиление высокочастотных усилителей // САПР и моделирование в современной электронике : сб. науч. тр. IV Междунар. науч.-практ. конф. Брянск : БГТУ, 2020. С. 442–444.

7. Чумаров С. Г. Пропускная способность волоконно-оптических информационно-измерительных систем // САПР и моделирование в современной электронике : сб. науч. тр. II Междунар. науч.-практ. конф. Брянск : БГТУ, 2018. Ч. 1. С. 201–202.

8. Ďuriš V., Semenov V. I., Chumarov S. G. Wavelets and digital filters designed and synthesized in the time and frequency domains // Mathematical Biosciences and Engineering. 2022. 19(3). P. 3056–3068.

Оптимизация массогабаритных показателей коллекторного двигателя переменного тока для привода ручного электроинструмента

Шестаков Александр Вячеславович[a], кандидат технических наук, доцент
Мальцев Роман Александрович[b], студент
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: широкому распространению коллекторных электродвигателей переменного тока служит относительная дешевизна их изготовления и малые габариты. Потому актуальной остается задача проектной оптимизации коллекторных электродвигателей. Целью работ, описываемых в представляемом докладе, является снижение массогабаритных показателей коллекторного двигателя для привода угловой шлифовальной машины без ухудшения динамических и энергетических свойств двигателя. Для выполнения поставленной задачи применен метод планирования полного факторного эксперимента, а также графическое решение оптимизационных задач на базе полиномов, связывающих энергетические и массогабаритные показатели с размерами и обмоточными данными двигателя. В итоге удалось получить снижение расхода активных материалов на 5,9–6,3% без снижения энергетических показателей исследуемого коллекторного электродвигателя. Полученные результаты могут быть рекомендованы к внедрению.

Ключевые слова: коллекторный двигатель переменного тока, полный факторный эксперимент, оптимизационная задача, массогабаритные показатели.

Введение. Коллекторные двигатели переменного тока (КД) до сих пор широко распространены в различных электроприводах, в частности, в ручном электроинструменте, благодаря своим малым габаритам и относительной дешевизне изготовления. Необходимость совершенствования их массогабаритных показателей остается актуальной задачей. Существующие на сегодня методы проектной оптимизации КД и других электрических машин [1], [2], [3], зачастую отличаются значительной трудоемкостью, что не всегда приемлемо для модернизации КД, уже находящихся в серийном производстве. Поэтому наиболее эффективным, на наш взгляд, методом оптимизации КД является полный факторный эксперимент [4], дополненный графическим способом решения оптимизационных задач. Цель исследования – уменьшение массогабаритных показателей КД для привода электроинструмента без ухудшения его энергетических и динамических характеристик. Для выполнения поставленной цели решались следующие задачи: создание производительного прикладного программного обеспечения для электромагнитного расчета КД; выполнение ПФЭ с использованием этого программного обеспечения, получение уравнений регрессии, связывающих энергетические и массогабаритные показатели и частоту

вращения КД с обмоточными данными и длиной магнитопровода КД; графическое решение оптимизационной задачи в двухмерном факторном пространстве, определение оптимальных значений факторов и проверка результатов с помощью поверочного электромагнитного расчета.

Методы исследования. Объектом нашего исследования выступал КД для привода угловой шлифовальной машины с потребляемой мощностью $P_1 = 800\,\text{Вт}$, напряжением $U_1 = 220\,\text{В}$, частотой вращения $n \le 30000\,\text{мин}^{-1}$. Для оптимизации массогабаритных показателей исследуемого КД применялось графическое решение оптимизационной задачи на базе уравнений регрессии [4], у которых качестве факторов выступали обмоточные данные и размеры КД, а функциями отклика были массогабаритные, энергетические показатели и частота вращения КД. Для составления уравнений регрессии была составлена матрица планирования полного факторного эксперимента вида 2^3, представленная в табл. 1. В качестве варьируемых факторов (x_1, x_2 и x_3, соответственно) выступили следующие величины: N_2 – число эффективных проводов обмотки якоря; $W_f^{'}$ – число витков обмотки возбуждения; l_0 – длина магнитопровода якоря и статора. Функциями отклика были: y_η – КПД двигателя; $y_{cos\varphi}$ – коэффициент мощности КД; $y_{m\text{ст}}$ – суммарная масса магнитопровода КД; $y_{m\text{М}}$ – суммарная масса обмоточного провода КД; y_n – частота вращения КД.

Для электромагнитных расчетов КД в соответствии с табл. 1 использовалась разработанная ранее одним из авторов программа KOLDS© [5]. Эта программа основана на методике расчета КД [6] и позволяет выполнить полный расчет варианта КД в течение 15–20 минут.

В левой части матрицы планирования приведены значения факторов варьирования и их произведений в кодированных единицах, в правой части матрицы приведены значения варьируемых факторов в физических единицах и их обозначения. Интервал варьирования факторов для обеспечения целочисленных значений чисел витков в секциях якоря КД был принят равным $\Delta x = 14{,}286\,\%$. В колонках $y_{\eta,k}$, $y_{cos\varphi,k}$, $y_{m\text{ст},k}$, $y_{m\text{М},k}$, $y_{n,k}$ находятся перечис-

ленные выше функции отклика, выраженные в физических единицах. Значения функций отклика определялись по результатам выполнения 8-ми вариантов электромагнитного расчета КД [5] по его рабочим характеристикам при потребляемой мощности $P_1 = 800$ Вт.

Таблица 1

Матрица планирования ПФЭ с результатами электромагнитных расчетов

Номер опыта	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$y_{\eta,k}$	$y_{cos\varphi,k}$	$y_{mст,k}$	$y_{mМ,k}$	$y_{n,k}$	N_2	W_f'	l_0
	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	о.е.	о.е.	кг	кг	мин$^{-1}$	x_1	x_2	x_3
1	+	–	–	–	+	+	+	**0,8103**	**0,9880**	**0,504**	**0,170**	**41008**	576	73	0,0515
2	+	+	–	–	–	–	+	**0,7783**	**0,9823**	**0,505**	**0,164**	**28975**	768	73	0,0515
3	+	–	+	–	–	+	–	**0,7937**	**0,9801**	**0,504**	**0,200**	**38638**	576	97	0,0515
4	+	+	+	–	+	–	–	**0,7608**	**0,9727**	**0,505**	**0,195**	**27313**	768	97	0,0515
5	+	–	–	+	+	–	–	**0,7647**	**0,9784**	**0,671**	**0,201**	**29941**	576	73	0,0685
6	+	+	–	+	–	+	–	**0,7255**	**0,9680**	**0,671**	**0,194**	**20942**	768	73	0,0685
7	+	–	+	+	–	–	+	**0,7445**	**0,9642**	**0,671**	**0,238**	**27977**	576	97	0,0685
8	+	+	+	+	+	+	+	**0,7015**	**0,9505**	**0,671**	**0,231**	**19468**	768	97	0,0685
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}								

После вычисления и проверки значимости коэффициентов были получены следующие сокращенные уравнения регрессии:

– для КПД КД

$$y_\eta = \eta = 0{,}7599 - 0{,}0184 \cdot x_1 - 0{,}00977 \cdot x_2 - 0{,}02586 \cdot x_3; \quad (1)$$

– для коэффициента мощности

$$y_{cos\,\varphi} = cos\,\varphi = 0{,}97306 - 0{,}0046 \cdot x_1 - 0{,}00615 \cdot x_2 - 0{,}00771 \cdot x_3;; \quad (2)$$

– для суммарной массы магнитопровода

$$y_{mст} = m_{ст} = 0{,}58775 + 0{,}08325 \cdot x_3; \quad (3)$$

– для суммарной массы проводов якоря и статора

$$y_{mМ} = m_М = 0{,}19912 - 0{,}0031 \cdot x_1 + 0{,}01681 \cdot x_2 + 0{,}01686 \cdot x_3 + 0{,}00144 \cdot x_2 \cdot x_3; \quad (4)$$

– для частоты вращения КД

$$y_n = n = 29282{,}74 - 5108{,}36 \cdot x_1 - 933{,}86 \cdot x_2 - 4700{,}58 \cdot x_3 + 149{,}7 \cdot x_1 \cdot x_2 + 731{,}37 \cdot x_1 \cdot x_3. \quad (5)$$

Задача оптимизации размеров и обмоточных данных КД решалась графически [4] в два этапа.

На первом этапе определялись оптимальные значения варьируемых факторов при условиях минимизации массы активных материалов $m_{ст} \to min$ и $m_{М} \to min$, а также при ограничениях $\eta > \eta_{ном}$ и $\cos\varphi > \cos\varphi_{ном}$. Задача первого этапа решалась графически в двухмерном факторном пространстве в три шага: сначала при $x_1 = 0$, затем при $x_2 = 0$ и, наконец, при $x_3 = 0$. После нахождения оптимальных значений факторов для каждого из трех шагов, их значения усреднялись.

На втором этапе определялись оптимальные значения варьируемых факторов при условиях минимизации расхода активных материалов $m_{ст} \to min$ и $m_{М} \to min$ и при ограничении частоты вращения $n < 29000\,\text{мин}^{-1}$ и КПД $\eta > \eta_{ном}$.

Результаты исследований, их обсуждение. Результаты двух этапов решения оптимизационной задачи для каждого из трех факторов усреднялись. В итоге получено, что оптимальные значения числа витков обмотки якоря, числа витков обмотки возбуждения на полюс и длины магнитопровода якоря исследуемого КД равны, соответственно: $N_{2,опт} = 672$; $W'_{f,опт} = 81$; $l_{0,опт} = 0{,}057$ м. С применением перечисленных данных был выполнен поверочный электромагнитный расчет КД, который показал, что удалось получить уменьшение массы обмоточного провода на 5,9% по сравнению с базовым вариантом КД (0,185 кг против 0,196 кг); снижение массы магнитопровода на 6,3% (0,558 кг у оптимизированного варианта против 0,593 кг у базового варианта КД). При этом КПД снизился всего на 0,28% (77,87% против 78,09%), коэффициент мощности остался неизменным (0,9789 о.е.) частота вращения 29622 мин$^{-1}$ не превышает допустимую (30000 мин$^{-1}$).

Выводы. Результаты оптимизационных и поверочных расчетов исследуемого КД позволяют сделать заключение о применимости метода планирования полного факторного эксперимента для улучшения массогабаритных показате-

лей коллекторных двигателей переменного тока. Полученные результаты могут быть рекомендованы к внедрению на производстве.

Библиографический список

1. Пирковский С. Н., Бабийчук О. Б., Процина З. П. Проектный синтез однофазных коллекторных двигателей на основе векторного показателя качества // Электромашиностроение и электрооборудование. 2005. № 64. С. 67–71.

2. Kopchak B. Research of Alternating Current Single-Phase Collector Motor Models Developed on the Basis of Project Design Data / B. Kopchak, M. Kopchak, A. Kushnir // 2019 IEEE XVth International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH). May 2019. P. 135–139.

3. Research on Optimal Design of Commutation Performance of Starter-Generator Used in Aero-Engine / Ruolan Sun, Huideng Peng, Daolong Shi, Guisong Huang, Liang Zhuo // IEEE International Magnetic Conference (INTERMAG). 2021. P. 1–5.

4. Ивоботенко Б. А., Ильинский Н. Ф., Копылов И. П. Планирование эксперимента в электромеханике. М. : Энергия, 1975. 185 с.

5. Шестаков А. В., Захаров А. А., Россохин С. В. Прикладная программа для электромагнитного расчета однофазных коллекторных микродвигателей KOLDS // Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ №2012613693. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 19.04.2012.

6. Ермолин Н. П. Расчет коллекторных машин малой мощности. Л. : Энергия, 1973. 216 с.

Оптимизация и исследование энергетических и динамических характеристик асинхронного двигателя общепромышленного назначения

Шестаков Александр Вячеславович[a], кандидат технических наук, доцент
Пятин Кирилл Олегович [b], студент
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: асинхронные двигатели с частотным управлением сегодня занимают значительное место среди потребителей электроэнергии. Поэтому особую актуальность приобретает повышение их энергетических показателей. Однако оно может привести к усложнению производства и ухудшению динамических свойств. Целью наших исследований являлось повышение энергетических показателей серийного асинхронного двигателя общепромышленного назначения с частотным управлением при минимальных конструктивных и технологических изменениях, а также исследование влияния проведенных изменений на пусковые свойства двигателя. Для анализа динамических характеристик исследуемого двигателя использовалась математическая модель, учитывающая влияние импульсного напряжения, вытеснение тока в обмотках и насыщение магнитной системы двигателя. Результаты оптимизационных расчетов позволили повысить КПД двигателя, а моделирование процессов пуска подтвердило обеспечение удовлетворительных пусковых свойств.

Ключевые слова: частотно-управляемый асинхронный двигатель, энергетические показатели, оптимизационные расчеты, математическая модель, угол магнитного запаздывания, насыщение магнитной системы.

Введение. Среди потребителей электроэнергии в последние годы все более значительное место занимают асинхронные двигатели (АД) с частотным управлением [1], [2]. Потому особенно важным становится повышение их энергетических показателей для снижения энергопотребления [1], [2]. В настоящее время разработано множество методов [3], [4] оптимального проектирования АД, позволяющих решать вопросы увеличения КПД и коэффициента мощности АД в широком диапазоне критериев и ограничений. Однако эти методы не всегда применимы к серийным АД, когда изменение размеров и обмоточных данных АД может привести к усложнению и удорожанию технологии производства. Кроме того, внесение изменений в конструкцию АД не всегда благоприятно сказывается на динамических свойствах двигателей. Потому всякие конструктивные изменения в серийные АД должны обеспечить минимальные затраты на их реализацию. Кроме того, требуется моделирование процессов в модернизированных АД с целью выявления влияния конструктивных изменений на динамические характеристики АД. Наиболее точные математические модели АД учитывают влияние таких факторов, как вытеснение тока в стержнях ротора

[5], насыщение магнитной системы [6], характер питающего напряжения [7], магнитные потери в стали магнитопровода и вызванный ими угол магнитного запаздывания [9]. Целью наших исследований было повышение энергетических показателей асинхронного двигателя общепромышленного назначения, предназначенного для работы с преобразователем частоты. Для достижения поставленной цели выполнена проектная оптимизация и исследование переходных процессов при пуске рассматриваемого АД.

Методы исследования. Объектом исследования был трехфазный асинхронный двигатель защищенного исполнения мощностью $P_{2,\text{ном}} = 22{,}0\,\text{кВт}$, напряжением $U_{1,\text{ном}} = 220/380\,\text{В}$, частотой вращения $n_1 = 750\,\text{мин}^{-1}$. Первоначальный вариант данного АД имел КПД $\eta_{\text{ном}} = 88{,}78\,\%$, коэффициент мощности $\cos\varphi_{\text{ном}} = 0{,}8110$ о.е. Электромагнитный расчет двигателя выполнялся по методике [8]. Для повышения энергетических показателей исследуемого АД было решено уменьшить количество проводников в пазу статора ($u_{\text{П}} = 72$ вместо $u_{\text{П}} = 74$ у первоначального варианта) без замены размера провода, увеличить ширину короткозамыкающего кольца ротора ($b_{\text{кл}} = 20\,\text{мм}$ вместо $b_{\text{кл}} = 12{,}1\,\text{мм}$ у первоначального варианта), а также заменить марку стали магнитопровода с 2214 на 2013. Данные изменения продиктованы требованием внесения минимальных изменений в габариты АД и технологию изготовления (потребуется изменение формы для заливки короткозамкнутого ротора). В результате проведенных расчетов по [8] было получено увеличение энергетических показателей исследуемого АД: КПД составил $\eta_{\text{ном}} = 89{,}29\,\%$, коэффициент мощности $\cos\varphi_{\text{ном}} = 0{,}8377$ о.е. Потребляемый ток в номинальном режиме снизился с 46,3 А до 44,6 А.

Для исследования динамических характеристик модернизированного АД была применена разработанная одним из авторов математическая модель [9], учитывающая формируемое преобразователем частоты импульсное напряжение, вытеснение тока в стержнях ротора, насыщение по путям основного магнитного потока и потоков рассеяния и угол магнитного запаздывания, вызван-

ный потерями в стали магнитопровода. Выполнено моделирование переходного процесса плавного пуска при импульсном питании (частота основной гармоники $f_1 = 50\,\text{Гц}$, несущая частота импульсов $f_\text{И} = 4000\,\text{Гц}$), а также моделирование прямого пуска при синусоидальном питании при частоте $f_1 = 50\,\text{Гц}$ и номинальном напряжении сети. Результаты моделирования приведены на рис. 1–6.

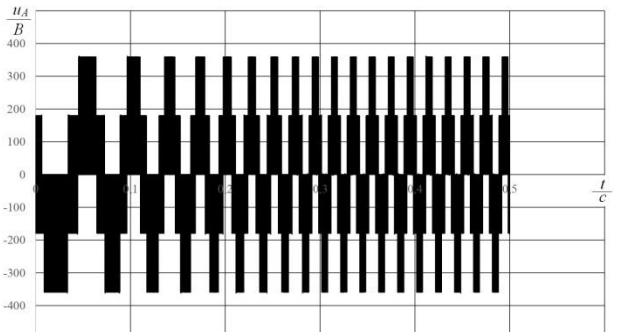


Рисунок 1. Осциллограмма фазного напряжения при плавном пуске АД

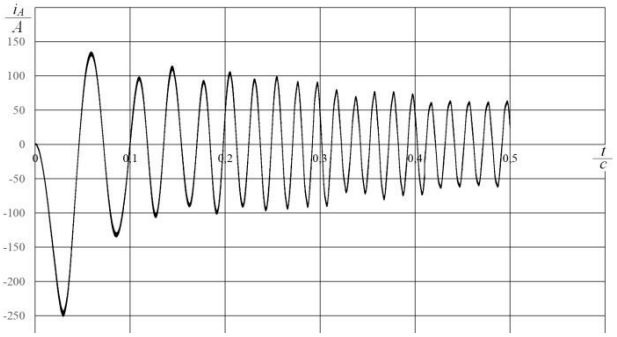


Рисунок 2. Осциллограмма тока АД при плавном пуске

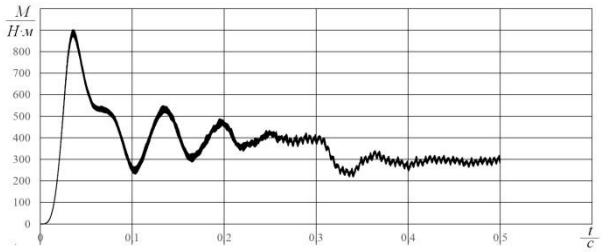


Рисунок 3. Осциллограмма электромагнитного момента при плавном пуске АД

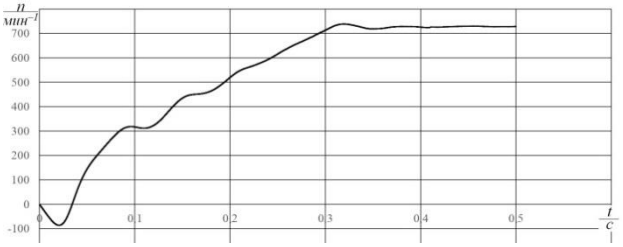


Рисунок 4. Осциллограмма частоты вращения АД при плавном пуске

Результаты исследований, их обсуждение. Результаты моделирования переходных процессов пуска исследуемого АД дают возможность заключить, что двигатель сохраняет устойчивость как при плавном запуске, так и при прямом. При этом плавный пуск позволяет снизить максимальный ток с 516 А до 251 А.

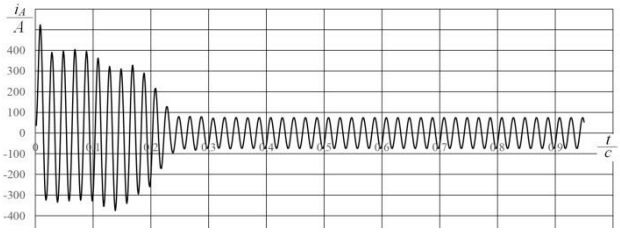


Рисунок 5. Осциллограмма фазного тока АД при прямом пуске и синусоидальном напряжении

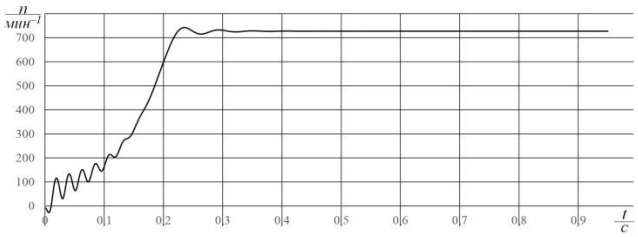


Рисунок 6. Осциллограмма частоты вращения АД при прямом пуске и синусоидальном напряжении

Выводы. Предложенная методика оптимизации энергетических показателей частотно-управляемого асинхронного двигателя общепромышленного назначения показала удовлетворительные результаты, которые могут быть рекомендованы к внедрению.

Библиографический список

1. Разработка и освоение производства энергоэффективных асинхронных двигателей массовых серий / В. Я. Беспалов, А. С. Кобелев, О. В. Кругликов, Л. Н. Макаров // Электротехника. 2015. № 4. С. 34–40.
2. Новая серия асинхронных частотно-регулируемых двигателей / С. И. Малафеев, А. В. Захаров, Ю. А. Сафроненков // Электротехника. 2019. № 4. С. 7–12.
3. Кобелев А. С. Применение кластерного анализа в многопотоковом проектировании активных частей асинхронных электродвигателей // Электротехника. 2015. № 3. С. 8–15.
4. Меренков Д. В., Семенчуков Г. А. Оптимизация однофазных асинхронных двигателей с несимметричной трёхфазной обмоткой на статоре // Электротехника. 2007. № 8. С. 25–31.
5. Богуславский И. З., Кришьянис М. В. Метод расчета поверхностного эффекта в стержне клетки ротора с учетом изменения в нем температуры при пуске // Электротехника. 2008. № 3. С. 24–30.
6. Ершов М. С., Конкин Р. Н. Модель динамических режимов асинхронного привода с учетом насыщения стали двигателя и параметров источника питания // Электротехника. 2019. № 6. С. 20–28.
7. Шрейнер Р. Т. Математическое моделирование приводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. Екатеринбург, 2000. 654 с.
8. Проектирование электрических машин / под ред. И. П. Копылова. М. : Высш. шк., 2002. 757 с.
9. Моделирование процесса плавного пуска частотно-управляемого асинхронного двигателя с учетом влияния реальных факторов / А. В. Шестаков, А. А. Власов // Общество. Наука. Инновации (НПК-2021) : сб. ст. : XXI Всерос. науч.-практ. конф. : в 2 т. Т. 2. Киров : Вятский государственный университет, 2021. С. 688–695.

Бездатчиковый вентильный электропривод

Шураков Иван Александрович [a], аспирант, младший научный сотрудник
Пономарев Юрий Геннадьевич[b], кандидат технических наук, ведущий инженер
Охапкин Сергей Иванович[c], кандидат технических наук,
доцент, заведующий кафедрой ЭПиАПУ
Вятский государственный университет[a, b, c], Киров

Аннотация: статья посвящена анализу современных способов бездатчикового управления вентильного двигателя с трапециевидной формой противо-ЭДС ротора. В статье обоснована необходимость создания бездатчиковых систем, рассмотрены принципы определения положения ротора в бездатчиковых системах управления, такие как определение положения через ЭДС, определение по третьей гармонике смещения потенциала нулевой точки через вектор потокосцепления и определение положения с помощью «наблюдателей»; сформированы выводы и рекомендации.

Ключевые слова: бездатчиковое управление, вентильный двигатель, ЭДС, третья гармоника, потокосцепление, наблюдатель.

Введение. Вентильный двигатель (ВД) с трапециевидной формой противо-ЭДС в настоящее время применяется в различных отраслях техники. Растущая популярность данного типа двигателей связана с высокими регулировочными свойствами ВД, высокими показателями надежности и КПД. При этом ВД выделяется своей простотой и технологичностью. В сравнении с коллекторным двигателем постоянного тока ВД имеет в 1,5 – 1,8 раза больший КПД, 1,5 – 2,0 раз меньшие удельные массогабаритные показатели и в 3,0 раза больший показатель надежности [1,2].

Следует отметить, что применение ВД приводит к необходимости усложнять систему управления. Типовая схема системы управления вентильным двигателем, показанная на рисунке 1, включает в себя мостовой выпрямитель (В), фильтр напряжения (Ф), автономный инвертор напряжения (АИН), собственно электрическую машину – синхронный двигатель с постоянными магнитами (СДПМ), датчик положения ротора (ДПР) и микроконтроллерную систему управления (МК СУ), формирующую управляющие сигналы согласно заданию на пульте управления (ПУ). Стоимость электронного коммутатора, включающего в себя ДПР, МК систему управления и АИН составляет не менее половины стоимости всего ВД.

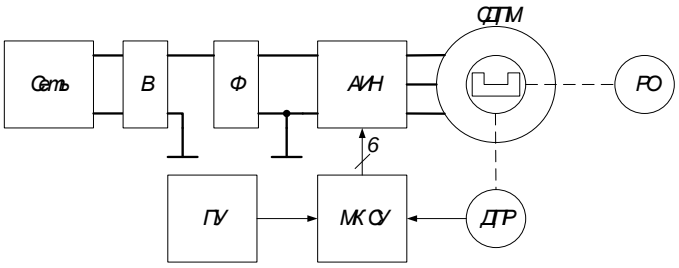


Рисунок 1. Структура вентильного электропривода

Методы исследования. Применение ДПР в составе системы оказывает существенное влияние на показатель надежности системы. Задача ДПР сводится к определению одного из шести положений электрического поля машины, каждому из которых соответствует своя схема подключения (коммутации) обмоток статора двигателя [3], которая задает положение поля статора машины.

Повышение надежности – одна из приоритетных задач технических систем. Для реализации этой цели в технической практике применяются различные способы бездатчикового управления, предполагающие исключение ДПР из системы и замены их функции электрическими датчиками.

Основные методы бездатчикового управления. Можно выделить четыре основных метода [4, 5, 6]:

А) Коммутация на основе данных о противо-ЭДС. Мгновенное значение ЭДС двигателя является функцией положения ротора (рисунок 2). На практике формирование данных о текущей ЭДС двигателя является достаточно сложной задачей. Существует три основных способа определения ЭДС:

– оценка пересечения ЭДС с нулем;

– вычисление ЭДС путем интегрирования;

– непосредственного вычисления ЭДС.

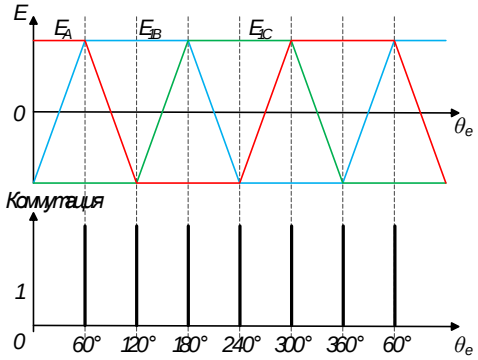


Рисунок 2. Форма ЭДС и позиция коммутации ключей в зависимости от электрического угла поворота поля

В данном случае можно выделить следующие положительные стороны: способы работы наиболее просты в реализации, при этом результаты измерения достаточно точны. За исключением непосредственного вычисления ЭДС требуется три датчика напряжения и не высокие требования к вычислению.

К недостаткам данного принципа можно выделить невозможность работы на низких скоростях вращения ротора, поскольку амплитуда ЭДС напрямую зависит от скорости вращения. В случаях обнаружения точек пересечения ЭДС с нулем необходима сложная фильтрация сигнала и необходима нейтральная точка машины.

Б) Коммутация на основе третьей гармоники. Данный принцип основан на эффекте смещения потенциала нулевой точки машины, возникающий из-за трапециевидной формы ЭДС симметричной машины [7]. Одним из способов определения данного смещения, является измерение напряжения между нулевой точки машины и нейтралью сети. При интегрировании полученного напряжения получаем синусоидальный сигнал, являющийся функций положения ротора. Пересечении синусоидального сигнала с 0 является точкой следующей коммутации ключей инвертора.

Данный способ отличается простой схемотехникой и не высокими требованиями к вычислительным мощностям МК СУ. Однако требователен к симметричности машины и необходимости вывода нейтральной точки.

В) Коммутация на основе определения потокосцепления. Из математического описания синхронной машины с постоянными магнитами известно, что потокосцепление является функцией положения ротора [4]. Нахождение вектора потокосцепления путем интегрирования разности фазного напряжения и падения напряжения на активной составляющей статорной обмотки (формула 1).

$$\psi = \int (u - R * i)\, dt \qquad (1)$$

Данный способ дает высокие показатели точности положения ротора даже при низких скоростях вращения. Однако он требует большого количества датчиков тока и напряжения и большой вычислительной мощности МК СУ.

Г) Коммутация с помощью наблюдателя. Наблюдатель – математическая модель используемой машины, позволяющая оценивать состояние реальной машины при подаче одинаковых управляющих сигналов [8]. Данный принцип имеет большое количество вариантов реализации, отличающиеся математическим описанием и допусками параметрами. Данные способы позволяю получать высокую точность определения положения ротора, но зависят от точности определения косвенных параметров машины и обладают высокой вычислительной сложностью.

Выводы. Таким образом современные ВД с трапецеидальной формой ЭДС имеет большое количество способов бездатчикового управления, отличающиеся областью применения, сложностью схемотехнического решений и требований к вычислительным мощностям МК СУ.

Все принципы бездатчикового управления обладают одним недостатком, не возможностью определить начальное положение ротора, а некоторым необходимо использовать шаговый режим запуска до скорости перехода на бездатчиковый режим, что значительно усложняет алгоритмы работы с ВД.

Принцип определения положения ротора на базе третьей гармони заслуживает отдельного изучения на предмет использования для уточнения положения ротора в межкоммутационном интервале и для определения скорости вращения ротора.

Библиографический список

1. Присмотров Н. И. Электромеханические исполнительные устройства средств малой механизации // Мехатроника, автоматизация, управление. 2006. № 6. С. 23–29. EDN KVECBL.
2. Ключев В. И. Теория электропривода. М. : Энергоатомиздат, 1998. 704 с.
3. Овчинников И. Е. Вентильные электрические двигатели и привод на их основе (малая и средняя мощность) : курс лекций. СПб. : КОРОНА-Век 2007. 336 с.
4. Acarnley P. P., Watson J. F. Review of position-sensorless operation of brushless permanent-magnet machines // IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2006. 53(2). P. 352–362.
5. Дианов А. Н., Козаченко В. Ф., Остриров В. Н., Русаков А. М. Бездатчиковая система управления вентильным двигателем // Труды IV Междунар. (XV Всерос.) конф. по автоматизированному электроприводу, Магнитогорск, сентябрь 2004 г. Магнитогорск, 2004. С. 194–199.
6. Фулкаков Р. В. Разработка универсальной модульной бездатчиковой системы управления вентильно-индукторного электропривода : дис. ... канд. техн. наук : 05.09.03. М., 2055.
7. Ertugrul N., Acarnley P. A new algorithm for sensorless operation of permanent magnet motors // IEEE Transactions on Industry Applications. 1994. Vol. 30. No. 1. P. 126–133. DOI: 10.1109/28.273630.
8. Полющенков И. С. Разработка бездатчикового вентильно-индукторного электропривода с искусственной нейронной сетью : дис. ... канд. техн. наук : 05.09.03. М., 2013.

Влияние способов формирования ШИМ на коэффициент гармонических искажений тока статора электродвигателя

Юдин Сергей Алексеевич, аспирант
Вятский государственный университет, Киров

Аннотация: цель исследования – провести анализ влияния работы инвертора напряжения на ток статора в модели системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ-АД). Ведущим подходом в работе является анализ информации. Результаты исследования в виде обобщения информации могут быть применены при создании энергоэффективного электропривода.

Ключевые слова: инвертор напряжения, коэффициент модуляции, задающий сигнал, опорный сигнал, коэффициент гармонических искажений (THD).

Введение. Повышение энергоэффективности электропривода является важной целью, актуальность обусловлена низкой степенью проработки проблемы энергоэффективности в России. Задачей данного исследования является анализ работы системы электропривода.

Методы исследования. Объектом исследования является электропривод переменного тока на базе асинхронного двигателя. Предмет исследования – коэффициент гармонических искажений. Применение методов эксперимента и измерений обусловлено изучением модели электропривода в программе MATLAB.

Результаты исследований, их обсуждение. Суммарный коэффициент гармонических искажений THD тока или напряжения является одним из показателей энергоэффективности электропривода и вычисляется как отношение корня из суммы квадратов высших гармоник к первой гармонике исследуемой величины.

Электропривод состоит из электродвигателя и системы управления электродвигателем. Рассматриваемый в данной работе электропривод, на основе системы ПЧ-АД можно представить упрощённой схемой, изображенной на рисунке 1.

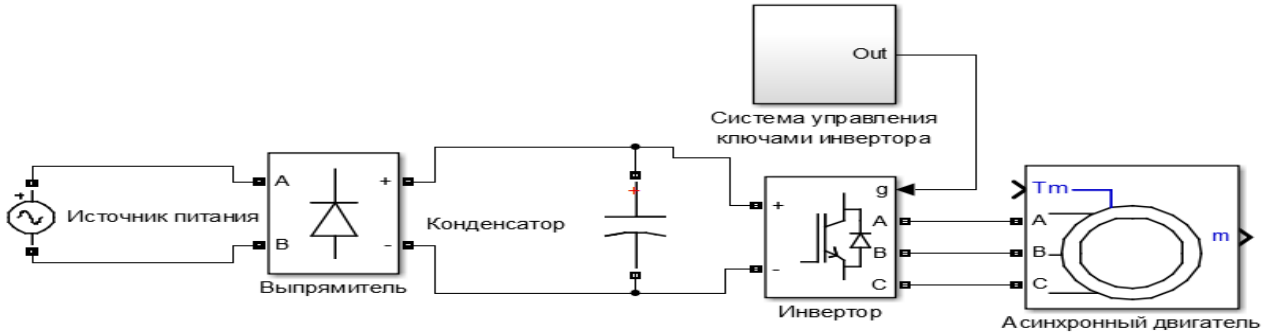


Рисунок 1. Схема электропривода на базе системы ПЧ-АД

Одним из факторов, оказывающим влияние на энергоэффективность систем электропривода является широтно-импульсная модуляция (ШИМ) напряжения, прикладываемого к обмоткам статора электродвигателя.

Система управления ключами инвертора позволяет реализовать различные способы ШИМ прикладываемого к статору двигателя напряжения, в данной работе исследованы способы ШИМ, отличающиеся:

1. По форме задающего сигнала:

– Синусоидальная – задающий сигнал имеет форму синусоиды;

– Трапецеидальная – задающий сигнал имеет форму трапеции.

2. По форме опорного сигнала:

– Симметрированная – опорный сигнал имеет треугольную форму;

– Несимметрированная – опорный сигнал имеет пилообразную форму.

Изображение форм задающего сигнала представлено на рисунке 2.

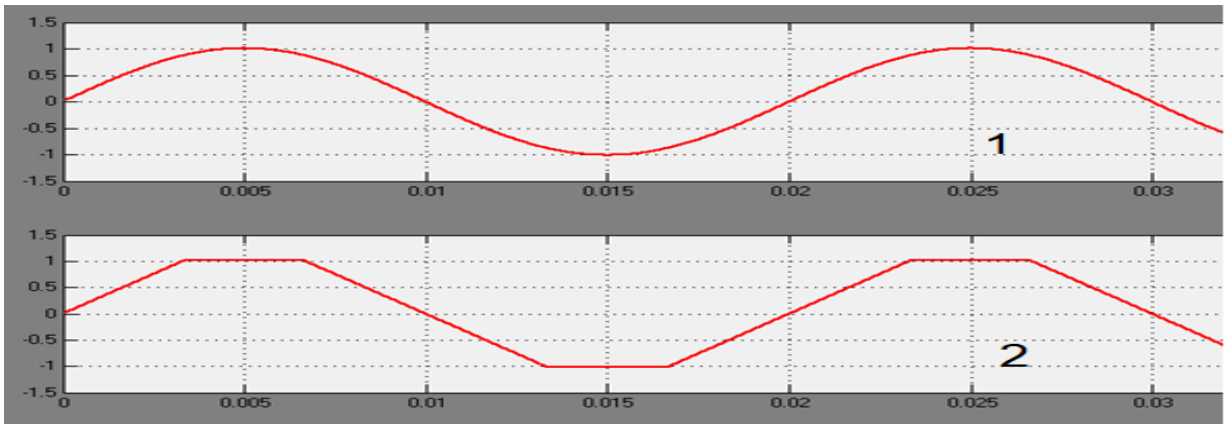


Рисунок 2. Формы задающих сигналов.

Сигнал 1 – синусоидальная форма, сигнал 2 – трапецеидальная форма.

Изображение форм опорных сигналов представлено на рисунке 3.

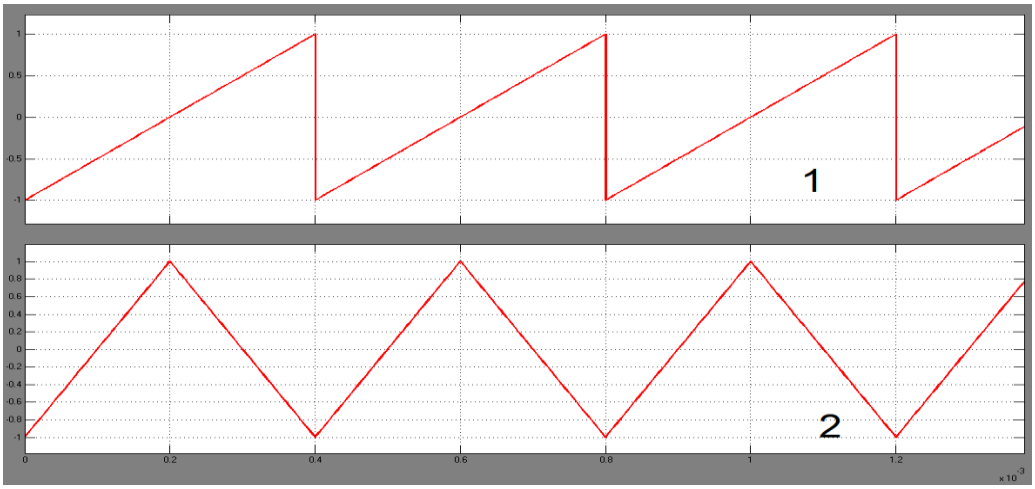


Рисунок 3. Формы опорных сигналов

Сигнал 1 – пилообразная форма, сигнал 2 – треугольная форма.

Для каждого представленного выше способа ШИМ проанализировано влияние на THD тока статора изменение коэффициента модуляции m, который показывает отношение исследуемой амплитуды задающего сигнала к максимальной. При снижении m снижается действующее значение основной гармоники выходного напряжения инвертора, что необходимо для поддержания оптимального магнитного потока АД, при регулировании его скорости вниз от номинальной, действующее значение выходного напряжения ПЧ должно быть прямо пропорционально её частоте [1].

Результаты моделирования работы инвертора, а именно зависимость THD тока статора от коэффициента модуляции m при синусоидальной ШИМ и различных формах опорного сигнала показаны на рисунке 4. Также на рисунке 5 представлены результаты моделирования работы инвертора при трапецеидальной ШИМ и различных формах опорного сигнала.

По результатам моделирования видно, что наилучшие значения THD тока статора для синусоидальной и трапецеидальной ШИМ получаются при использовании для формирования ШИМ треугольного сигнала. Также видно, что использование синусоидальной ШИМ предпочтительнее, так как THD тока статора меньше относительно трапецеидальной ШИМ. Трапецеидальная ШИМ используется при необходимости увеличить действующее значение выходного напряжения ПЧ.

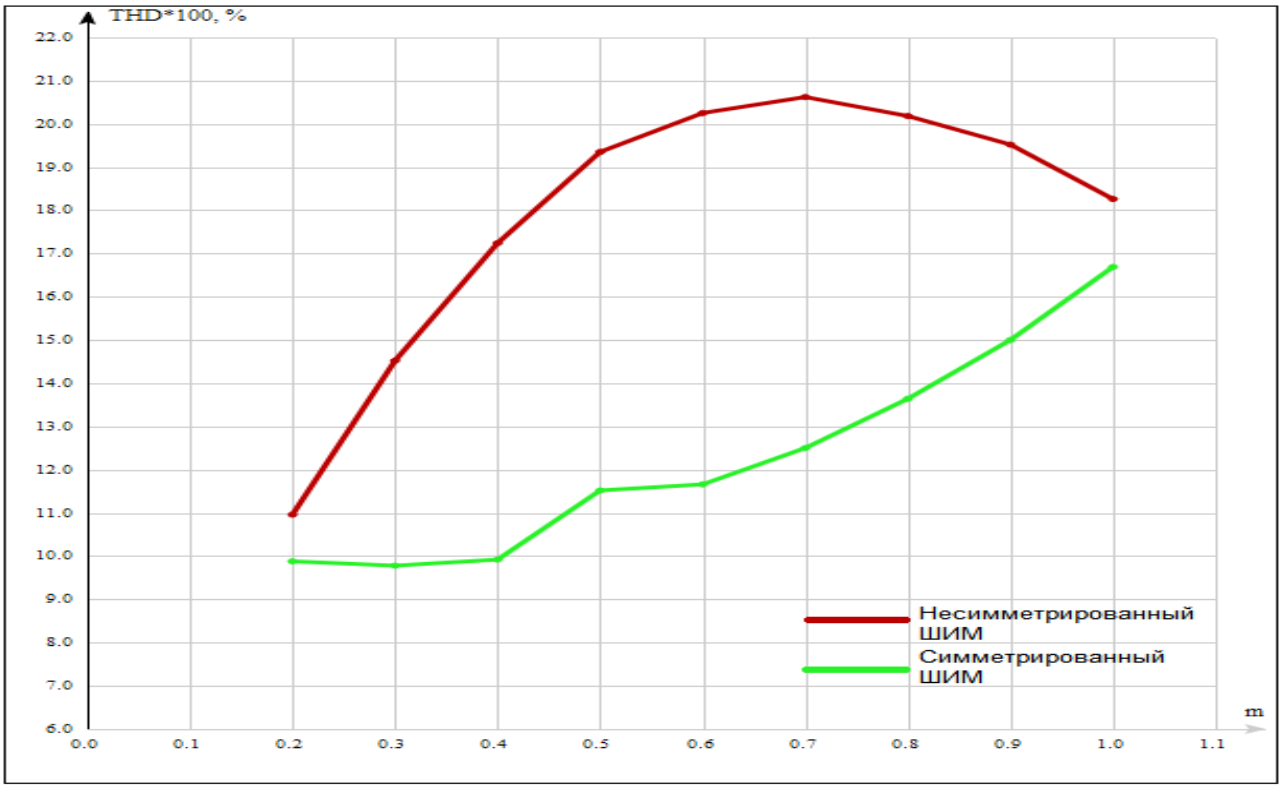


Рисунок 4. Зависимость THD тока статора электродвигателя от m для синусоидальной ШИМ с различными формами опорного сигнала

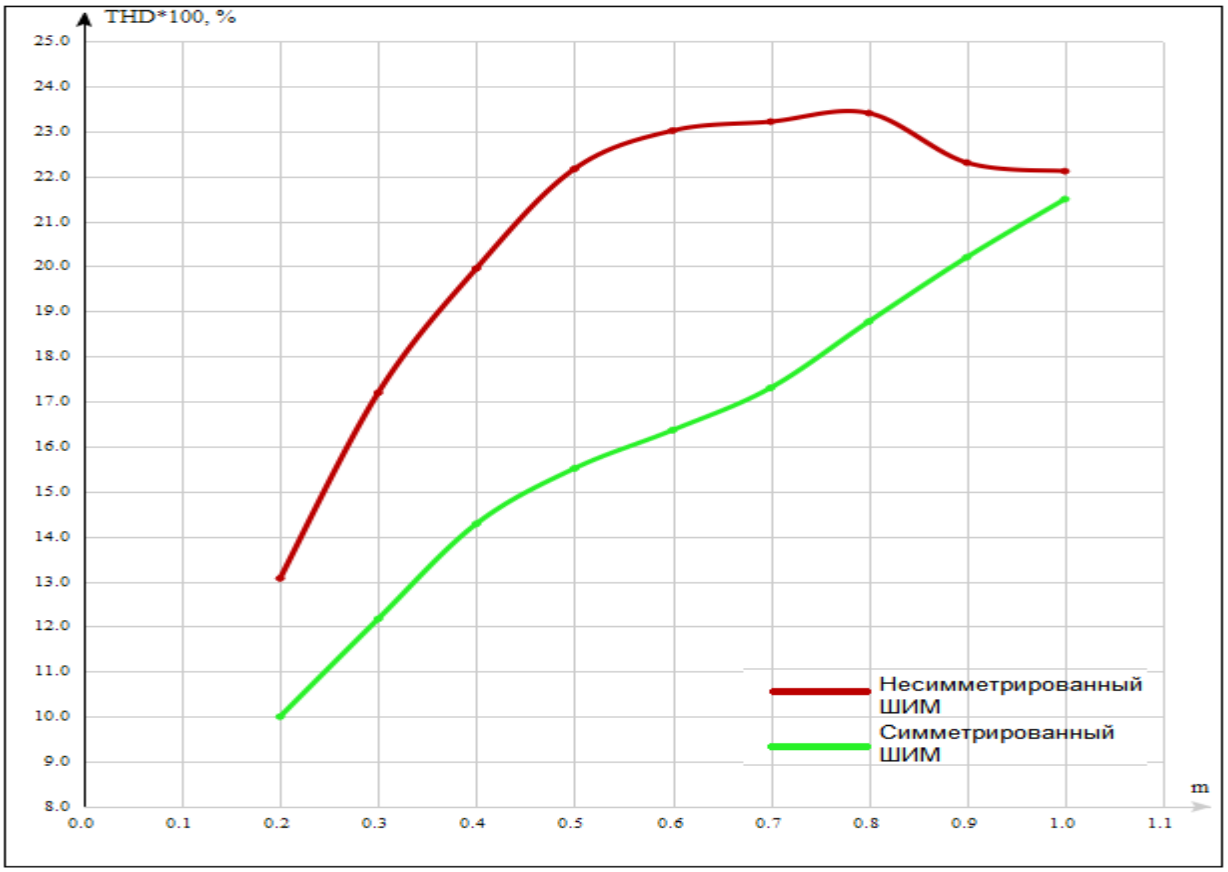


Рисунок 5. Зависимость THD тока статора электродвигателя от m для трапецеидальной ШИМ с различными формами опорного сигнала

Выводы. Исследовано влияние использования различных способов ШИМ напряжения на THD тока статора электродвигателя. По значениям THD видно, что предпочтительней для создания ШИМ использовать опорный сигнал треугольной формы, т. е. симметрированную ШИМ.

Библиографический список

1. Энергоэффективность асинхронного двигателя в системе пч-ад / Ю. Г. Пономарев, С. И. Охапкин, Н. И. Присмотров // Известия ТулГУ. Технические науки. 2020. Вып. 12. С. 411–148.

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ

Сравнительный анализ устройств для обработки материалов давлением

Ведерников Ярослав Дмитриевич[a], аспирант
Рублева Ольга Анатольевна[b], доктор технических наук, доцент, профессор
Тарбеева Наталья Александровна[c], кандидат технических наук, доцент
Рублева Елизавета Сергеевна[d], инженер-лаборант
Вятский государственный университет[a, b, c, d], Киров

Аннотация: обработка материалов давлением является широко распространенным способом для получения заготовок и деталей с минимальными отклонениями от заданных формы и размеров, позволяющим задавать требуемое качество поверхности обработки и требуемые свойства материалу (в случае с древесиной, например, уплотнить). Для реализации этого процесса используются различные прессовые установки и дополняющие их приспособления, которые включают в себя базирующие, направляющие, формообразующие, зажимные и другие элементы. На данный момент разработано множество конструкций устройств данного назначения для обработки давлением различных материалов. Однако среди них отсутствуют конструкции приспособлений, предназначенных для точной обработки заготовок вдоль волокон древесины. В связи с этим целью работы является поиск и сравнительный анализ существующих устройств, принципиальных и конструктивных решений, которые могут быть использованы для разработки оснастки для прессования древесины.

Ключевые слова: торцовое прессование древесины, прессовая оснастка, штамп, базирование.

Введение. Сращивание деревянных заготовок по длине – ресурсосберегающий способ производства качественных изделий из низколиквидной древесины. Для изготовления шипов на торцах наиболее часто используют операцию фрезерования, однако существует альтернативный, более энергоэффективный и обладающий рядом технологических преимуществ способ, позволяющий обрабатывать короткомерные заготовки. Это прессование шипов вдоль волокон заготовки [1].

Такая технология формирования рельефов на торцах деревянных заготовок пока не обеспечена технологической оснасткой, позволяющей выдерживать повышенную точность и качество заготовок, необходимые для последующего их склеивания. В связи с этим возникла необходимость анализа существующих конструктивных решений штамповой оснастки для обработки давлением различных видов материалов и выбора из них наиболее подходящих вариантов, которые можно было бы использовать для проектирования штамповой оснастки для прессования древесины вдоль волокон.

Результаты исследований, их обсуждение. В ходе исследования проанализирован ряд устройств и выбраны типовые конструкции, предназначенные для обработки материалов различных видов: металла [2], древесины [3], полимерных материалов [4,]. Сравнение проведено по различным показателям, влияющим на качество готовой детали. Результаты анализа сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Сравнение конструктивных и технологических признаков приспособлений для обработки различных материалов

Сравниваемый параметр	Устройство 1 [2]	Устройство 2 [3]	Устройство 3 [4]
Материал заготовки	Металл	Древесина	Полимер
Форма заготовки	Пластина	Призматическая	Формы не имеет – порошок
Нагрев заготовки при обработке	Нет	Нет	Да
Наличие отходов после обработки	Да	Нет	Да
Наличие матрицы	Да	Да	Да
Наличие пуансона	Да	Нет	Да
Формообразующий элемент	Пуансон, матрица	Матрица	Пуансон, матрица
Форма и наличие направляющих	Цилиндрические колонки	Направляющие стенки матрицы	Нет
Наличие выталкивателя детали	Резиновый буфер	Нет	Механический выталкиватель
Наличие ловителей штампа	Да	Нет	Нет
Необходимость последующей обработки	Не требуется	Не требуется	Необходима

В качестве полезных конструктивных признаков для использования в прессовой оснастке для формирования шипов в торцах деревянных деталей могут быть использованы следующие.

Устройство № 1: цилиндрические направляющие колонки для верхней плиты пуансона.

Устройство № 2: стенки обжимной матрицы в качестве дополнительных направляющих.

Устройство № 3: использование механического выталкивателя для разделения пуансона и готовой детали.

Вывод. Анализ существующих конструкций штамповой оснастки для обработки различных материалов показал возможность использования принципиальных решений по конструкции направляющих, выталкивателей и матрицы при проектировании оснастки для торцового прессования деревянных заготовок.

Библиографический список

1. Рублева О. А. Формирование шиповых соединений деталей из древесины на основе технологии торцового прессования: специальность 05.21.05 «Древесиноведение, технология и оборудование деревопереработки» : дис. … д-ра техн. наук / Уральский государственный лесотехнический университет. Екатеринбург, 2020. 346 с.

2. Патент № 2775242 C1 Российская Федерация, МПК B21D 53/20, B21D 37/08. Устройство для холодной штамповки сферических монтажных шайб: № 2021126317: заявл. 06.09.2021: опубл. 28.06.2022 / С. С. Яковлев, В. А. Коротков, К. О. Поцелуев, С. Б. Богданов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет». EDN BXFQQX.

3. Патент № 94023968 A1Российская федерация, МПК B27 1/04, B27 N 3/08. Пресс-форма для двухосного прессования древесины: № 94023968/13: заявл. 24.06.1994: опубл. 20.03.1997 / Н. И. Винник, И. И. Шапиро, В. А. Шамаев, Ю. А. Русских ; заявитель Научно-производственный центр «Воспроизводство модифицированной древесины».

4. Ревяко М. М., Прокопчук Н. Р. Теоретические основы переработки полимеров: учебное пособие для студентов вузов по специальностям «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий», «Упаковочное производство», «Машины и технология обработки материалов давлением». 2009.

Металлографическое исследование металлическихс оставляющих каретки линейного перемещения HIWIN HGH15 CAZAH

Козлов Евгений Владимирович[a], инженер
Гагаринов Георгий Дмитриевич[b], студент
Зырянов Дмитрий Андреевич[c], студент
Лазарева Яна Олеговна[d], студент
Невиницына Валерия Сергеевна[e], студент
Савельев Сергей Михайлович[f], студент
Вятский государственный университет[a, b, c, d, e, f], Киров

Аннотация: в настоящее время станкостроительная отрасль в стране испытывает дефицит систем линейных направляющих. Данные системы входят в состав каждого металлообрабатывающего оборудования и являются важнейшим узлом, определяющим точность и надёжность станка. Организация производства данных комплектующих имеет сложный и комплексный характер и требует проведения большого объёма научно- исследовательских работ. Исследования, представленные в статье, направлены на определение качественных свойств материалов и конструктивных особенностей кареток и линейных направляющих. В статье представлены лабораторные анализы твердости и металлографический анализ структуры металла на примере каретки HIWIN HGH 15 CAZAH.

Ключевые слова: каретки, системы линейного перемещения, линейный подшипник, тела качения.

Введение. Каретка линейного перемещения является одним из ключевых элементов многих современных станков и механизмов, таких как: 3D-принтеры, станки с числовым программным управлением, медицинское оборудование. Каретка на линейной направляющей обеспечивает жесткость, точное и плавное перемещение исполнительных органов оборудования вдоль оси по заданной траектории [1]. Металлические составляющие каретки, в частности корпус и тела качения играют важную роль в обеспечении надежности и долговечности всего устройства [1].

Цель научной работы: исследование микроструктуры и микротвёрдостей сталей, используемых в металлических составляющих каретки линейного перемещения. Это исследование направлено на понимание влияния различных параметров, таких как состав стали, термообработка и условия эксплуатации, на свойства материалов. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации конструкции кареток, улучшения их производительности и обеспечения долгосрочной надежности, а также могут быть применены для разработки новых материалов и технологий, обеспечивающих повышение производительности и надежности кареток линейного перемещения.

Методы исследования. Для исследования корпуса каретки и тел качения проводится микроструктурный анализ, с помощью которого определится структура поверхностных слоев, наличие микродефектов металла либо сплава (микротрещины, раковины), тип и балл неметаллических включений в сплавах, величину и форму зерен, размер, форму и расположение структурных составляющих (карбидов, графитовых включений и других). С применением специальных устройств выполнить измерение микрообъектов (глубину поверхностных слоев, толщину плакирующего слоя и других), а также выполнить измерение твердости поверхностных слоёв материала.

Микроанализ заключается в исследование структуры металлов и сплавов на световом микроскопе NEOPHOT 21 с увеличением до 1500 раз [3]. Перед изучением их микроструктуры была проведена пробподготовка: шлифовка в несколько этапов при последовательно убывающей крупности зерна шлифовальной бумаги, полировка на вращающемся диске с применением полирующих веществ (паста ГОИ), травление 95% раствором азотной кислоты (HNO_3). Далее велась работа со световым микроскопом NEOPHOT 21 с различными увеличениями. Съемка проводилась от края образца к середине. Для определения твердости различных зон образца была проведена работа с микроскопом Виккерса – МИМ 7. Измерения твердости заключается во вдавливании в испытуемый материал правильной четырёхгранной алмазной пирамиды с углом 136° между противоположными гранями. Величина твёрдости по Виккерсу – отношение нагрузки P к площади поверхности полученного пирамидального отпечатка [2]. Метод Виккерса позволяет определять твёрдость азотированных и цементированных поверхностей, а также тонких листовых материалов. Основными параметрами при измерении твёрдости по Виккерсу являются нагрузка P до 980,7 Н (100 кгс) и время выдержки 10 – 15 секунд.

Исследование направлено на выявление взаимосвязи между свойствами материалов и конструктивными параметрами кареток.

Объектом статьи является металлографический анализ и измерение твердости каретки HIWIN HGH 20 CAZAH производства Тайвань. Предварительно,

у корпуса каретки отпилен образец для возможности исследования поверхностного, переходного слоя и сердцевины. Тела качения, после чего отпиливания образцов, залиты эпоксидной смолой,

Для нахождения оптимального режима термической обработки и материал изготовления, были выбраны следующие приборы: световой микроскоп NEOPHOT 21, электронный микроскоп Виккерса МИМ-7.

Результаты исследования и их обсуждение. После проведения лабораторного исследования структуры корпуса каретки (Рисунок 1) был обнаружен поверхностный слой, отличающийся от основной структуры при увеличении в 250 раз (а), основная структура корпуса каретки при увеличении в 500 раз (б) представляет из себя смесь фаз различной степени дисперсии перлита (троостит, сорбит) – зеленый цвет на рисунке, мартенсита – голубой и нерастворенных карбидов – красный. Переходный слой при увеличении в 250 раз, выделен желтым (в), по структуре мало отличается от основного. На рисунке 2 представлен мартенсит отпуска по ГОСТ [3].

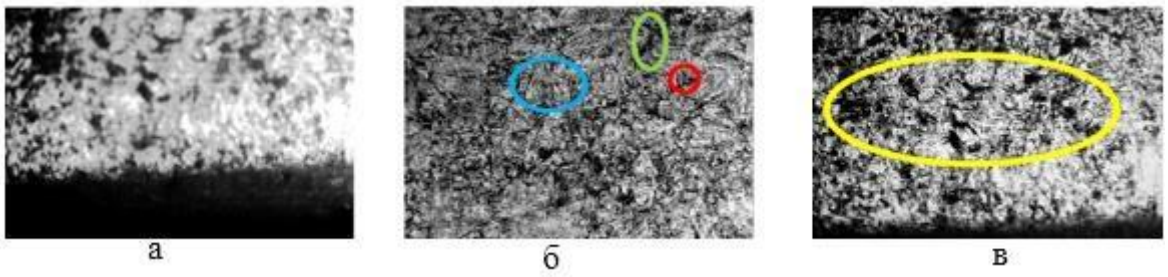


Рисунок 1 – Структура корпуса каретки

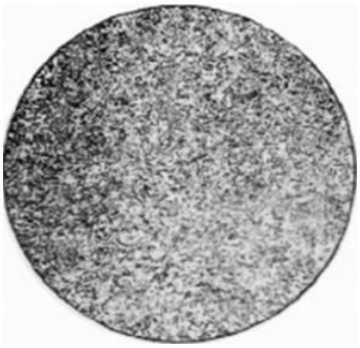


Рисунок 2 – Мартенсит отпуска по ГОСТу [3]

Наблюдается оптимальное совпадение значений твёрдости по Виккерсу и Бринеллю в пределах от 100 до 450 HV. Измерения проводились от края образца к его сердцевине и представлены на рисунке 3.

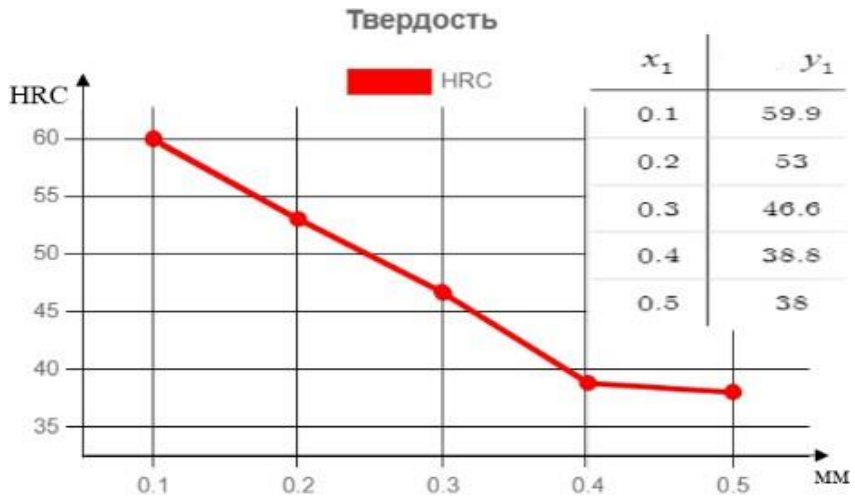


Рисунок 3 – График зависимости изменение твердости
от удаления от поверхностного слоя на 0,5 мм

В результате проведения исследования основная структура тел качения представляет собой мартенсит отпуска. На рисунке 2 представлен мартенсит отпуска. На рисунке 4 – представлена микроструктура тел качения при увеличении в 150 (а), 250 (б) и 500 раз (в). Измерения проводились от края образца к его сердцевине и представлены на рисунке 5.

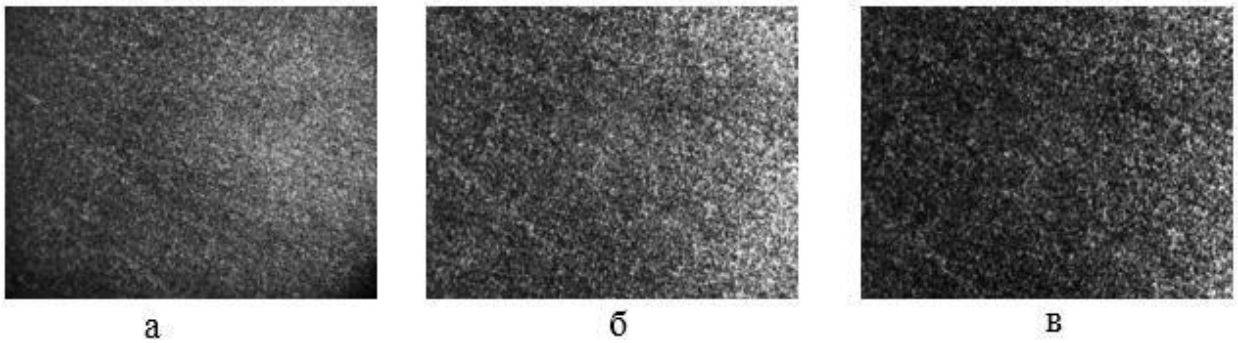


Рисунок 4 – Микроструктура тел качения

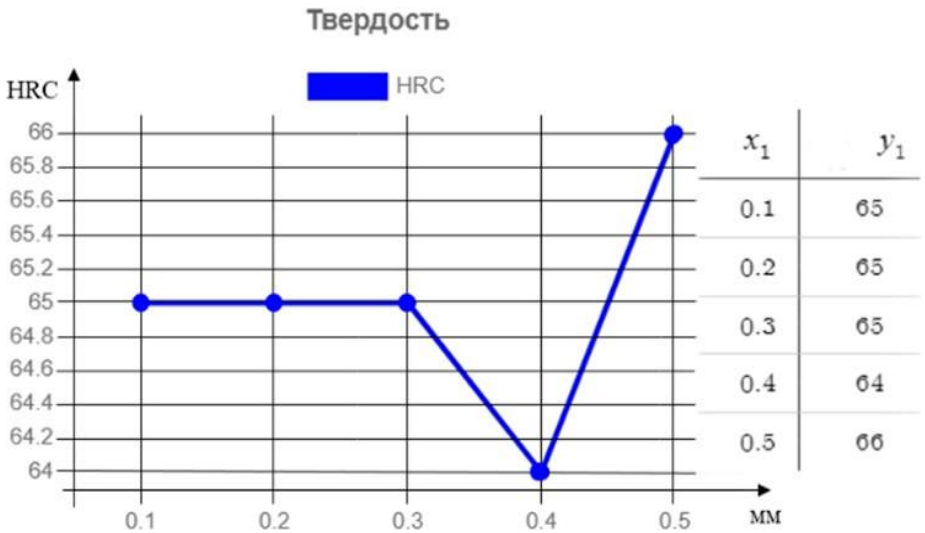


Рисунок 5 – График зависимости твердости и глубины измерения

На образце ко0рпуса каретки имеется поверхностный слой толщиной 100–140 мкм (с помощью микроскопа NEOPHOT 21 было получено изображение поверхности материала, которое сравнивалось с эталоном из ГОСТа, и оценена ее шероховатость, которая приблизительно равна 20–40 мкм, ей соответствует указанный выше поверхностный слой);

Из вышесказанного можно сделать следующие выводы: структура сердцевины корпуса каретки – троостит, структура тел качения – мартенсит отпуска; твердость поверхностного слоя корпуса каретки составляет 59 HRC, тел качения – 65 HRC; Предположительный материал, из которого изготовлены корпус каретки и тела качения – ШХ15

Вывод. В ходе работы были изучены корпус каретки и тела качения, а также определены оптимальные условия для получения требуемых механических свойств. Результаты данного исследования могут быть применены для разработки новых материалов и технологий, обеспечивающих повышение производительности и надежности кареток линейного перемещения.

Библиографический список

1. ЛурьеА. М. Рельсовые направляющие качения. Характеристики продукции разных производителей по применению. М., 2016. 50 с.

2. Материаловедение / В. С. Кушнер, А. С. Верещака, А. Г. Схиртлаздзе, Д. А. Негров, О. Ю. Бургонова ; под ред. В. С. Кушнера. Омск : Изд-во ОмГТУ, 2008.

3. ГОСТ 8233-56/ Сталь. Эталоны микроструктуры : принят 26.11.1956 ; действ. с 01.07. 1957. М., 1956. URL: https://clck.ru/3AAgYn (дата обращения 27.02.2024).

Анализ возможностей улучшения пусковых свойств дизеля

Плотников Сергей Александрович[a], профессор
Зыков Евгений Георгиевич[b], аспирант, ТПДа-1801-01-00, ФТИД
Кузнецов Данил Сергеевич[c], студент, МСб-2802-03-00, ФТИД
Вятский государственный университет[a, b, c], Киров

Аннотация: в данной статье рассматривается проблема запуска дизельного двигателя при отрицательных температурах. Описываются различные способы подогрева дизельного топлива и их влияние на свойства и характеристики топлива. Также анализируются преимущества и недостатки каждого из методов. В заключение предлагается оптимальный способ подогрева топлива, обеспечивающий надежный и безопасный запуск двигателя в любых условиях.

Ключевые слова: дизельное топливо, топливоподающая аппаратура, подогрев топлива, эффективные показатели, частота вращения.

Введение. В отличие от двигателей с карбюраторным питанием, дизельные двигатели значительно сложнее в запуске при отрицательных температурах окружающей среды. Надежный запуск может быть достигнут только при создании в цилиндрах двигателя условий, которые обеспечивают стабильное возгорание топлива и достаточный крутящий момент для разгона двигателя после запуска.

На данный момент различают несколько способов подогрева дизельного топлива. Основными из них являются: подогрев топливного бака, подогрев топливопровода, подогрев топливного фильтра. Рассмотрим состав и свойства каждого из видов.

1. Электрический подогреватель – это устройство, которое устанавливается внутри топливного бака автомобиля и включает в себя электрический нагревательный элемент. Основная функция этого подогревателя – непрерывный подогрев топлива в баке, что предотвращает его застывание при низких температурах. Подогреватель активируется водителем из салона автомобиля и при небольшом потреблении электроэнергии. Это позволяет разогреть двигатель за 5–7 минут даже при очень низких температурах воздуха до – 40°С.

2. Подогреватель топливопровода. Этот метод предполагает установку специального подогревателя на топливопроводе между топливным баком и двигателем автомобиля. Он служит для нагрева топлива, предотвращая его за-

мерзание при транспортировке и обеспечивая его подачу в двигатель. Перед запуском двигателя подогреватель включают на 3–5 минут, чтобы разогреть дизельное топливо. При запуске двигателя подогретое топливо поступает в фильтр, растворяются кристаллы парафина, обеспечивая нормальный запуск двигателя.

3. Подогреватели для топливных фильтров – это устройства, которые монтируются на топливный фильтр автомобиля и обеспечивают подогрев дизельного топлива перед подачей его в двигатель. Это помогает предотвратить замерзание дизельного топлива в фильтре и улучшает работу двигателя в холодное время года, а также увеличивает вязкость топлива и упрощает запуск двигателя.

Данные методы влияют на химический состав дизельного топлива, так как при отрицательной температуре начинают образовываться кристаллы парафина. При обычных условиях, когда температура достигает -5°C, горючее вещество приобретает свойство мутности. На начальных этапах формирования кристаллических структур, их размеры позволяют им свободно проходить через ячейки топливного фильтра, обеспечивая стабильную работу двигателя. Однако, по мере дальнейшего понижения температуры до уровня -7°C, происходит укрупнение частиц парафина. Достигая точки предельной фильтруемой температуры (-10°C), сгустки парафина становятся достаточно массивными, чтобы застрять в фильтре, блокируя подачу топлива.

Методы исследования. Влияние подогрева дизельного топлива существенно повышает эффективность работы двигателя, так как обеспечивается непрерывный подогрев топлива, предотвращая его застывание и улучшая сгорание. Это позволяет двигателю быстрее достичь рабочей температуры и увеличивает его мощность, особенно при низких температурах воздуха. Кроме того, подогреватель сокращает время на прогрев двигателя, что экономит топливо и уменьшает выбросы вредных веществ.

На данный момент учёные ВятГУ провели испытания по подогреву дизельного топлива перед запуском двигателя. Методика основана на сравнительном анализе. Исследование состояло из нескольких этапов. На начальном этапе анализировали геометрические характеристики топливного факела и условия

смесеобразования. Затем сравнили топливную форсунку с гидравлическим управлением при подаче нагретого дизельного топлива. Оценили параметры топливной аппаратуры согласно ГОСТ 10578-2020. Третий этап включал исследование изменений характеристик рабочего процесса дизельного двигателя. Изучили его эффективные показатели и экологические параметры выбросов. Разработали устройства для нагрева топлива разными методами. Нагреватели установлены на топливной магистрали перед форсункой. [1].

Результаты исследований, их обсуждение. Работа автотракторного двигателя на подогретом топливе изменяет его физико-механические свойства и процесс смесеобразования, поэтому важно определить его эффективные и экономические показатели. Исследования проводились на стенде для испытания топливного насоса высокого давления марки КИ-22210-02М-15 с использованием нагревательного устройства и технического фена «ЗУБР ЗТФ-2000К». Температура измерялась инфракрасным термометром «Fluke 574». Испытания проводились в трёх режимах: без нагрева, при нагреве до 100 °С и 150 °С. Замерялись обороты вала насоса и цикловая подача топлива на разных отметках. Количество топлива, впрыскиваемого форсункой, определялось по полученным объёмам топлива в лабораторных пробирках. Результаты показали, что при нагреве дизельного топлива его структура меняется, оно становится более структурированным и лучше распыляется, что приводит к сокращению его количества. (рис. 1).

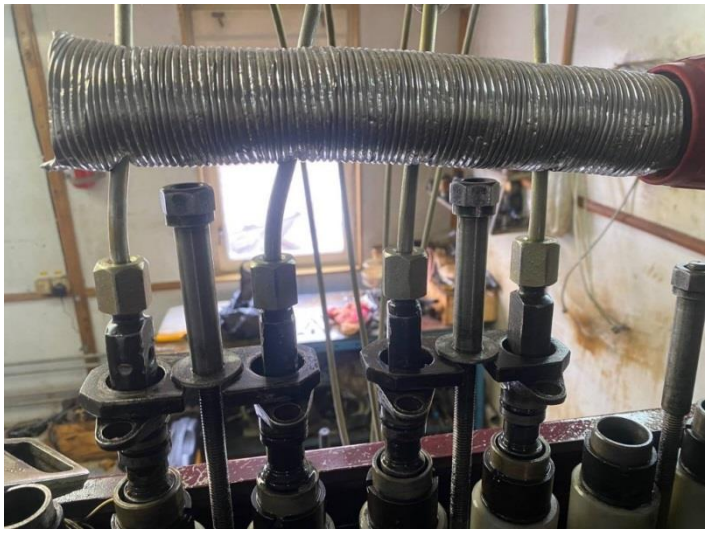


Рисунок 1. Нагревательный элемент на топливопроводе высокого давления

Выводы. Подогрев дизельного топлива перед его впрыском в цилиндры двигателя является важной технологией, которая обеспечивает множество преимуществ для эффективной и экономичной работы дизельных двигателей. Нагрев топлива имеет прямое влияние на его структуру и свойства, что позволяет улучшить его распыление и сгорание в цилиндрах двигателя.

Подогрев дизельного топлива облегчает его распыление, что приводит к более полному и эффективному сгоранию. Это может уменьшить выбросы вредных веществ и улучшить топливную экономичность.

При низких температурах дизельное топливо может стать вязким и трудноиспаряемым, что может привести к проблемам с запуском и работой двигателя. Подогрев дизельного топлива помогает улучшить его испарение, что делает его более легким для сжигания и улучшает общую производительность двигателя в холодную погоду, а так же облегчая его запуск.

Исследования приводят к предложению нового подхода к нагреву дизельного топлива, который заключается в использовании специальных нагревательных элементов непосредственно перед форсункой.

Теоретическая значимость исследования заключается в расширении знаний о влиянии нагрева дизельного топлива на его структуру, свойства и эффективность сгорания.

Практическая значимость исследования заключается в возможности применения полученных результатов для улучшения работы дизельных двигателей, снижения их выбросов и повышения топливной эффективности.

Библиографический список

1. Плотников С. А., Карташевич А. Н., Зыков Е. Г., Кутергин Н. Ю. Разработка технологий применения нетрадиционных топлив в дизелях // Вестник НГИЭИ. 2023. № 2(141). С. 7–18.

2. Мотовилова М. В., Плотников С. А., Содикзода Т. Х., Зыков Е. Г. Улучшение экологических показателей при воздействии на рабочий процесс дизеля // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства : сб. науч. тр. Горки : БГСХА, 2023. Вып. 8. С. 300–305.

3. Зыков Е. Г., Плотников С. А., Мотовилова М.В. Анализ способов воздействия на свойства дизельного топлива // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства : сб. науч. тр. Горки : БГСХА, 2024. Вып. 9. С. 280–285.

Определение периода стойкости режущих инструментов, участвующих в технологическом процессе механической обработки детали «Крыльчатка»

Плотников Сергей Александрович[a], доктор технических наук, профессор
Клуонис Александр Сергеевич[b], аспирант
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: время работы инструмента до выхода из строя является важным показателем эффективности обработки. Своевременное диагностирование и предупреждение поломки инструмента сокращает время простоев технологического оборудования, что является важной частью обеспечения эффективного и конкурентоспособного производства. Цель данной работы – определение фактического периода стойкости концевых твёрдосплавных фрез, участвующих в механической обработке детали из нержавеющей стали 12Х18Н10Т. Представлена методика испытаний инструментов. В ходе проведения исследования определены периоды стойкости инструментов для каждого перехода операции технологического процесса, также проведено сравнение времени обработки исходного технологического процесса и технологического процесса, в котором используются исследуемые фрезы. Основным результатом работы является возможность прогнозирования выхода из строя инструмента за счет известного периода стойкости, что позволит эффективнее организовать технологический процесс. Полученные данные можно использовать при проектировании механической обработки других деталей.

Ключевые слова: период стойкости, концевые фрезы, технологический процесс, режимы резания, сталь 12Х18Н10Т.

Введение. Развитие современной промышленности требует взаимодействия производственного оборудования, датчиков и специализированного программного обеспечения для обеспечения большей эффективности, производительности и надежности производственных процессов. Обеспечение непрерывности технологических процессов является серьезной задачей для машиностроительной отрасли [1]. Одним из важных аспектов обеспечения непрерывности производственных процессов является прогнозирование износа используемых инструментов. Исследования [2–3] показывают, насколько важна и актуальна эта тема. Правильная оценка и прогнозирование позволяет снизить затраты, связанные с возможными незапланированными простоями производства, а также затраты, связанные с расходом заготовок из-за повреждения отдельных инструментов, участвующих в технологическом процессе их обработки.

Большая область исследований занимается вопросам прогнозирования степени износа инструмента при выполнении технологических операций, в том числе сверления и фрезерования. Анализ литературы показывает, что экспери-

менты проводятся с использованием станков с числовым программным управлением (чаще всего в производственном процессе во время пуско-наладочных работ) с использованием различных сплавов стали или алюминия в качестве обрабатываемых материалов. Многие авторы пытаются разработать методологии диагностики процессов резания и прогнозирования износа инструмента с помощью машинного обучения [4].

Прогнозирование процесса износа инструмента до тех пор, пока он не станет непригодным для использования, позволяет оценить потенциальный отказ и промежуток времени выхода из строя, тем самым сводя к минимуму непредвиденные простои. Это особенно важно, учитывая, что повреждение инструмента составляет от 7% до 20% времени простоя станка, а замена инструмента составляет от 3% до 12% производственных затрат [5].

Использование данных, основанных на подходе мониторинга состояния инструмента, играет важную роль в сокращении затрат, сокращении времени простоя и оптимизации использования инструмента. Такая деятельность особенно важна в машиностроительной промышленности, для которой характерно многосерийное производство, ориентированное на эффективность при сохранении высокого качества продукции [6–7].

Методы исследования. Объектом исследования является концевые фрезы, участвующие в производственном процессе механической обработки детали “Крыльчатка”, выполненной из нержавеющей стали 12Х18Н10Т, предметом исследования – фактический период стойкости инструментов. Поставленная задача решалась путем определения времени работы инструментов до полного или появления частичного выхода из строя, который не позволяет осуществлять обработку с предъявляемыми критериями точности и шероховатости.

Результаты исследований, их обсуждение. Операция технологического процесса включает в себя несколько переходов (рис. 1) представляющих определённую механическую обработку поверхностей детали.

Таблица 1

Параметры концевых фрез

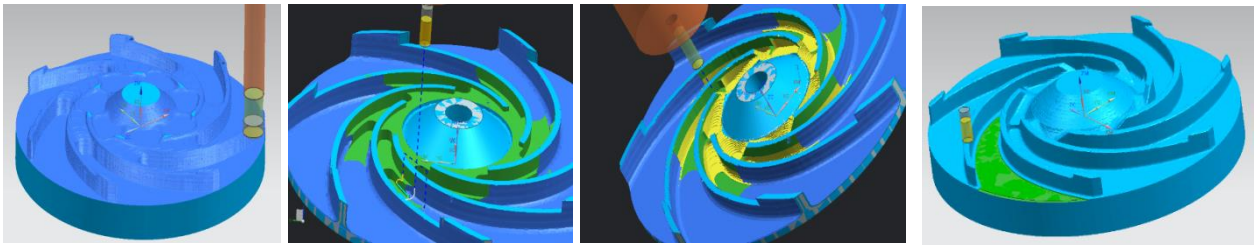
№ перехода	Диаметр, мм	Количество режущих кромок, шт
1	12	3
2	5	4
3	6	4
4	5	4

В качестве режущего инструмента применялись концевые твёрдосплавные фрезы с поверхностным покрытием производителя TUNGALOY различной геометрии (табл. 1), для каждого инструмента были назначены режимы резания (табл. 2) в соответствии с рекомендациями производителя. Оптимальные режимы резания позволяют достичь максимального периода стойкости, так и неправильно выбранный режим резания может значительно сократить период стойкости фрезы, так как недостаточная или, наоборот, слишком высокая подача или скорость вращения могут привести к преждевременному износу режущего инструмента [8–9].

Таблица 2

Режимы резания

№ перехода	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Глубина резания, мм	Подача инструмента, мм/мин
1	122	3236	0,4	4854
2	200	12732	5	3055
3	55	2918	0,15	2334
4	80	5093	0,5	1018



а б в г

Рисунок 1. Переходы технологического процесса: *а* – переход 1 (фрезеровать предварительно поверхности); *б* – переход 2 (произвести черновую обработка методом HSM); *в* – переход 3 (произвести черновую обработку методом HFM); *г* – переход 4 (фрезеровать дно 7 секторов).

В ходе производственных испытаний были выявлены следующие показатели стойкости режущих инструментов:

– эффективная стойкость режущей кромки составляет 45 минут, после рекомендуется принудительная замена с целью избегания поломки инструмента (переход 1);

– фактическая стойкость на момент испытаний – 42 минут. Износ режущей кромки планомерный, некритический. Всего обработано 3 детали, добавочный потенциал по стойкости – 1 деталь минимум (переход 2);

– фактическая стойкость на момент испытаний – 69 минут, что позволяет обработать 2 детали без смены инструмента (переход 3);

– фактическая стойкость на момент испытаний 116 минут, обработано 8 деталей (переход 4).

Стоить отметить, что после введения данных инструментов суммарное время обработки детали сократилось в 2 раза по сравнению с исходной за счет увеличения режимов резания. Также было выявлено, что качество поверхности значительно лучше, чем у деталей, изготавливаемых инструментами по исходному технологическому процессу. Как следствие – уменьшение времени на доработку поверхностей на слесарных операциях.

Выводы. В ходе работы были определены фактические периоды стойкости концевых твердосплавных фрез с поверхностным покрытием, участвующих в технологическом процессе обработки детали “Крыльчатка”. Было установлено, что до замены инструментов, используемых в 2–4 переходах возможно обработать 3 детали. Для осуществления 1-го перехода необходимо два инструмента, что вызывает простои во время их замены, что дальнейшим направлением работы является совершенствование состава поверхностных покрытий и технологий их нанесения.

Библиографический список

1. Серегин А. А. Решение задачи проектирования производств при условии обеспечения непрерывности выпуска продукции // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. 2018. Т. 18. № 1. С. 40–50. DOI: 10.14529/engin180105. EDN YTZAXQ.

2. Ветков О. Г. Аналитическое сравнение процессов при использовании разного технологического оборудования // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2023. № 8. С. 101–103. DOI: 10.24412/2071-6168-2023-8-101-102. EDN MYPXHV.

3. Лапшова Л. В., Плахотникова Е. В. Сравнение методик оценки качества технологических процессов изготовления деталей в машиностроении // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. № 10. С. 484–490. DOI: 10.24412/2071-6168-2021-10-484-490. EDN PJHOSQ.

4. Анцев А. В., Янов Е. С., Данг Ч. Х. Оптимизация режимов резания с учетом уровня вибрации на основе применения методов искусственного интеллекта // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2020. Т. 16. № 3. С. 101–109. DOI: 10.25987/VSTU.2020.16.3.014. EDN TXYFGZ.

5. Sayyad S., Kumar A., Bongale P. et al. Data-Driven Remaining Useful Life Estimation for Milling Process: Sensors, Algorithms, Datasets, and Future Directions // IEEE Access. 2021. Vol. 9. P. 110255–110286. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3101284.

6. Плотников С. А., Черемисинов П. Н., Клуонис А. С., Козлов Е. В. Исследование состава поверхностного упрочненного слоя режущего твердосплавного инструмента // Вестник машиностроения. 2024. Т. 104. № 2. С. 154–156. DOI: 10.36652/0042-4633-2024-103-2-154-156

7. Kluonis A. S., Sergeev D. G., Marinin E. A. Manufacturing technology of small-sized profile parts // E3S Web of Conferences : XI International Scientific and Practical Conference Innovative Technologies in Environmental Science and Education (ITSE-2023), Divnomorskoe village, Russia, 04–10 September 2023 года. Vol. 431. Divnomorskoe village, Russia : EDP Sciences, 2023. P. 06005. DOI: 10.1051/e3sconf/202343106005. EDN MRQPJT.

8. Клуонис А. С., Плотников С. А. Обзор современных методов нанесения износостойких покрытий и их сравнительный анализ // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства : сб. науч. тр. Горки : Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2023. С. 284–287. EDN TDZFFE.

9. Клуонис А. С., Сергеев Д. Г., Козлов Е. В. Комбинированный метод получения комплектов мелкоразмерных профильных деталей // Общество. Наука. Инновации (НПК-2022) : сб. ст. XXII Всерос. науч.-практ. конф. : в 2 т. Киров, 11–29 апреля 2022 года. Т. 2. Киров : Вятский государственный университет, 2022. С. 341–344. EDN GMOYWI.

Сравнение теоретических и экспериментальных данных показателей рабочего процесса дизеля 4ЧН 11,0/12,5

Плотников Сергей Александрович[a], доктор технических наук, профессор
Смольников Михаил Владимирович[b], кандидат технических наук,
старший преподаватель
Гневашев Павел Вячеславович[c], аспирант
Вятский государственный университет[a, b,c], Киров

Аннотация: в данной статье показан результат сравнения экспериментальных и теоретических данных показателей рабочего процесса 4ЧН 11,0/12,5. Учёные кафедры «Технология машиностроения» Вятского государственного университета (ВятГУ) прорабатывают вопрос об исследованиях новых технологий в транспортной отрасли. Новым витком продвижения альтернативных топлив для учёных становится направление безмоторной оценки экспресс-методом моторных свойств топлив для ДВС.

Ранее были получены теоретические зависимости значений показателя удельной рефракции и максимального давления цикла, а также значений диэлектрической проницаемости с максимальной скоростью нарастания давления в цилиндре. Данные выражения нуждаются в проверке, к тому же на их основе подана заявка на изобретение РФ.

Верификация показала расхождение расчетных и экспериментальных значений не более 0,1–0,6% для максимального давления цикла и не более 0,16–1,42% для жесткости процесса сгорания.

Ключевые слова: максимальная скорость нарастания давления, безмоторные экспресс-методы, максимальное давление цикла.

Введение. Ключевым документом реализации научно-технологической политики является Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации (далее – СНТР) [1], задача которой – обеспечение независимости и конкурентоспособности РФ за счет создания эффективной системы наращивания и наиболее полного использования интеллектуального потенциала нации. Основным инструментом реализации СНТР является государственная программа Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» [2]. В соответствии с Указом Президента России от 25 апреля 2022 г. № 231 в 2022 году в Российской Федерации объявлено Десятилетие науки и технологий (далее – Десятилетие, ДНТ) [3].

Учёные кафедры «Технология машиностроения» Вятского государственного университета (ВятГУ) прорабатывают вопрос о исследований новых технологий в транспортной отрасли. Новым витком продвижения альтернативных топлив для учёных становиться направление безмоторной оценки экспресс-методом моторных свойств топлив для ДВС [4–7].

Методы исследования. Огромное число данных по показателям преломления органических жидкостей и неорганических кристаллов (преимущественно минералов), полученных за последнее столетие, позволяет широко использовать рефрактометрию для установления идентичности исследуемых веществ с ранее описанными зависимостями, а также для оценки степени их чистоты. В настоящее время показатель преломления, наряду с температурами плавления и кипения, принадлежит к числу свойств, определение которых считается обязательным для характеристики жидких соединений, а для минералов измерение показателей преломления иммерсионным методом является важнейшим способом их идентификации [8]. Ранее были получены теоретические зависимости значений показателя удельной рефракции и максимального давления цикла, а также значений диэлектрической проницаемости с максимальной скоростью нарастания давления в цилиндре. Данные выражения нуждаются в проверке, к тому же на их основе подана заявка на изобретение РФ.

Результаты исследований, и их обсуждение. Сопоставляя расчётные данные, полученные по теоретические моделям, с экспериментальными данными, получаем следующие значения максимальной скорости нарастания давления $(dp/d\varphi)_{max}$ (табл. 1) и максимального давления цикла в цилиндре P_z (МПа) (табл. 2).

Таблица 1

Данные экспериментальных и теоретических значений $(dp/d\varphi)_{max}$ для различных составов смесевых топлив

№ п/п	Состав топлива	Максимальная скорость нарастания давления $(dp/d\varphi)_{max}$						Погрешность Δ, %
		теор.	эксп.	теор.	эксп.	теор.	эксп.	
1	90%ДТ+10%Э	0,629	0,631					0,47
2	90%ДТ+10%РМ			0,621	0,623			0,32
3	90%ДТ+10%СурМ					0,620	0,621	0,16
4	80%ДТ+20%Э	0,652	0,655					0,46
5	80%ДТ+20%РМ			0,634	0,630			0,66
6	80%ДТ+20%СурМ					0,637	0,632	0,83
7	70%ДТ+30%Э	0,7	0,710					1,42
8	70%ДТ+30%РМ			0,641	0,644			0,46
9	70%ДТ+30%СурМ					0,639	0,642	0,47
10	60%ДТ+40%Э	0,712	0,715					0,42
11	60%ДТ+40%РМ			0,648	0,651			0,46
12	60%ДТ+40%СурМ					0,654	0,657	0,46
13	50%ДТ+50%Э	0,793	0,798					0,63

Окончание табл. 1

№ п/п	Состав топлива	Максимальная скорость нарастания давления $(dp/d\varphi)_{max}$						Погрешность Δ, %
		теор.	эксп.	теор.	эксп.	теор.	эксп.	
14	50%ДТ+50%РМ			0,667	0,670			1,06
15	50%ДТ+50%СурМ					0,664	0,669	0,75
16	ДТ	0,619	0,617					0,33

Как видно из таблицы 1, расхождение расчётных и экспериментальных данных максимальной скорости нарастания давления $(dp/d\varphi)_{max}$ при работе дизеля с частотой n=1800 мин$^{-1}$ на различных видах смесевых топлив не превышает $\Delta \approx 1{,}5\%$.

Таблица 2

Данные экспериментальных и теоретических значений P_z для различных составов смесевых топлив

№ п/п	Состав топлива	Значение максимального давления цикла Pz						Погрешность, Δ, %
		теор.	эксп.	теор.	эксп.	теор.	эксп.	
1	90%ДТ+10%Э	10,632	10,641					0,1
2	90%ДТ+10%РМ			10,439	10,433			0,1
3	90%ДТ+10%СурМ					10,460	10,453	0,1
4	80%ДТ+20%Э	10,799	10,816					0,2
5	80%ДТ+20%РМ			10,373	10,366			0,1
6	80%ДТ+20%СурМ					10,419	10,390	0,3
7	70%ДТ+30%Э	10,970	10,984					0,2
8	70%ДТ+30%РМ			10,201	10,178			0,2
9	70%ДТ+30%СурМ					10,230	10,201	0,3
10	60%ДТ+40%Э	11,101	11,137					0,4
11	60%ДТ+40%РМ			10,081	10,020			0,1
12	60%ДТ+40%СурМ					10,102	10,041	0,6
13	50%ДТ+50%Э	11,233	11,214					0,2
14	50%ДТ+50%РМ			9,912	9,874			0,6
15	50%ДТ+50%СурМ					9,945	9,915	0,3
16	ДТ	10,431	10,474					0,41

Как видно из данных таблицы 2, расхождение расчётных и эксплуатационных данных максимального давления цикла P_z при работе дизеля с частотой n=1800 мин$^{-1}$ на различных видах смесевых топлив не превышает $\Delta \approx 0{,}6\%$.

Выводы. На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы: экспериментально подтверждены способы безмоторного определения параметров рабочего процесса автотракторного дизеля при работе на жидких топливах. Верификация показала расхождение расчетных и экспериментальных

значений не более 0,1–0,6% для максимального давления цикла и не более 0,16–1,42% для жесткости процесса сгорания.

Библиографический список

1. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации.

2. Государственная программа Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации».

3. Указ Президента России от 25 апреля 2022 г. № 231 в 2022 году в Российской Федерации объявлено Десятилетие науки и технологий.

4. Плотников С. А., Карташевич А. Н., Мотовилова М. В. Исследование эффективных показателей тракторного дизеля при работе на активированном топливе // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. 2019. №. 4 (127). С. 179–186.

5. Карташевич А. Н., Плотников С. А., Мотовилова М. В. Оценка регулировочных показателей дизеля при высокотемпературном воздействии на ДТ // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2019. Т. 4. № (44). С. 131–136. DOI: 10.36508/RSATU.2019.68.89.023.

6. Плотников С. А., Карташевич А. Н., Мотовилова М. В. Исследование экологических характеристик дизеля при работе на активированном топливе // Известия МГТУ МАМИ. 2021. № 1 (47). С. 54–62.

7. Плотников С. А., Кантор П. Я., Мотовилова М. В. Расчет характеристик впрыскивания при работе дизеля на активированном топливе // Двигателестроение. 2020. № 2 (280). С. 19–23.

8. Иоффе Б. Ф. Рефрактометрические методы химии. 3-е изд., перераб. Л. : Химия, 1983. 352 с., ил.

Анализ актуальных методов переработки низколиквидной древесины

Рублева Елизавета Сергеевна[a], инженер-лаборант
Рублева Ольга Анатольевна[b], доктор технических наук, доцент, профессор
Тарбеева Наталья Александровна[c], кандидат технических наук, доцент
Ведерников Ярослав Дмитриевич[d], аспирант
Вятский государственный университет[a, b, c, d], Киров

Аннотация: значительное количество отходов и отбракованное сырье деревообрабатывающих предприятий требует эффективной переработки. Цель данной работы – выявление актуальных методов переработки низколиквидной древесины, представленных в работах современных исследователей. Представлена классификация отходов и методов использования низколиквидной древесины. Анализ научных исследований современных авторов позволил выявить актуальные направления использования отходов, к которым относятся методы измельчения, обработки давлением, совершенствования раскроя, тепловой обработки и химической переработки.

Ключевые слова: низколиквидная древесина, направления использования отходов, переработка древесины.

Введение. На деревообрабатывающих предприятиях образуется значительное количество отходов и отбраковывается сырье, которое не соответствует установленным требованиям. Объемы отходов и бракованного сырья значительны, и для повышения рентабельности производства требуется их эффективная переработка. Это подтверждается стратегическими документами в области развития деревообрабатывающей промышленности: Стратегия развития лесного комплекса до 2030 года (Распоряжение правительства РФ от 11 февраля 2021 года №312-р), «Рациональное природопользование» из перечня приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в РФ (утв. Указом Президента РФ от 7 июля 2011 г. №899) и др. Проблемой, препятствующей повышению эффективности использования низколиквидной древесины и отходов, является недостаточная проработка технологий их переработки.

Для изучения данных направлений использования необходимо провести анализ разработанных технологий. Среди них необходимо выделить наиболее актуальные и предпочтительные с точки зрения различных параметров (наибольшей экономической эффективности, технологичности переработки и др.).

Цель: проанализировать актуальность методов переработки низколиквидной древесины, представленных в работах современных исследователей.

Задачи работы:

– представить классификацию отходов и методов использования низколиквидной древесины;

– провести анализ научных работ по данной тематике с точки зрения достигаемого эффекта;

– выявить наиболее актуальные направления использования отходов.

Методы исследования. Исследование основано на анализе научной информации и диссертационных исследований по тематике переработки древесины и улучшения ее свойств.

Результаты исследований, их обсуждение. К низколиквидной древесине относят кусковые и мягкие отходы лесопиления и деревообработки, мебельного и фанерного производства, шпалопиления; кору, сучья, ветви, вершины, древесную зелень, пни и корни.

К методам переработки низколиквидной древесины относят биологический (брожение), химический (пиролиз, гидролиз, газификация), механический (измельчение с последующим использованием полученной фракции) [1–4].

Основными направлениями использования древесных отходов являются следующие [1–4]:

– выработка щепы технологической для производства ДВП, ДСП и ЦСП; для целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП), гидролизного производства и лесохимической промышленности;

– производство тары;

– использование в качестве сырья в лесохимическом и гидролизном производстве;

– использование в качестве топлива или для производства топлива;

– производство арболита и аналогичных изделий из легких бетонов с древесным наполнителем;

– изготовление изделий народного и производственного потребления.

Направлениям переработки отходов и низкокачественного сырья посвящены работы ученых Буренкова С. В., Валеева К. В., Власова Ю. Н., Говядина И. К.,

Горбатова А. П., Ермоченкова М. Г., Китаева С. В., Коршунова А. О., Лукаша А. А., Никитиной Т. А., Попова Е. В., Пушкина С. А., Руслановой А. В., Сидоровой Е. Н., Степановой Т. О., Хайруллиной Э. Р., Хвиюзовой К. А., Шагеевой А. И., Шишкиной Е. Е., Шкуро А. Е., Яцун И. В.

Результаты анализа изученных научных работ по тематике переработки низколиквидной древесины представлены в таблице 1.

Таблица 1

Способы переработки низколиквидной древесины

Классификация способов	Суть способа	Что достигается	Источник
Дробление, сушка с последующим прессованием	1. Отходы древесной промышленности дробят, сушат, а затем прессуют. 2. В том числе используют древесину, пораженную гнилью, добавляя в нее технический лигнин, который получают из отходов бумажной промышленности.	За счет обработки из отходов получают эффективное топливо в виде брикетов и пеллет.	1. Власов Ю. Н. «Научные основы совершенствования технологии брикетирования отходов лесопереработки», 2021 г.; 2. Сидорова Е. Н. «Обоснование технологии производства топливных пеллет из неликвидной древесины», 2021 г.
Совершенствование раскроя	Изменение схемы раскроя с поперечной на радиальную (в исследовании указывается как наиболее благоприятный вариант) и тангенциальную. «Применение клееных брусьев из ламелей радиальной распиловки с нормативным пределом прочности позволяет понизить древесиноемкость клееных балок на 15%.»	За счет изменения схемы раскроя сокращается количество обрезков, которые идут в отходы.	Горбатов А. П. «Совершенствование технологии раскроя лесоматериалов на ламели повышенной прочности для клееных деревянных конструкций», 2022 г.
Переработка ретродревесины	Повторное применение древесины в элементах деревянных конструкций.	Древесина, выполнившая свою основную функцию, используется повторно (сохраняется ресурс).	Никитина Т. А. «Технический ресурс ретродревесины хвойных пород в элементах деревянных конструкций», 2021 г.
Дробление с последующим смешиванием с соединительными веществами	1. Используется березовый лущеный шпон, который комбинировали с различными материалами: с фольгой из легкоплавкого сплава Вуда, рентгенозащитными слоями, связующего, в том числе порошкового, и минерального наполнителя. 2. Смешение предварительно обработанно	Производятся ресурсосберегающие композиционные материалы: 1. с рентгенозащитными свойствами; 2. стеновые панели (с теплоизоляционным эффектом);	1. Яцун И. В. «Формирование древесных композиционны материалов с рентгенозащитными свойствами», 2020 г.; 2. Хайруллина Э. Р. «Переработка древесины мягколиственных пород в композиционные материалы для стеновых панелей», 2022 г.; 3. Русланова А. В.

Продолжение табл. 1

Классификация способов	Суть способа	Что достигается	Источник
	го древесного наполнителя с портландцементом, формирования и прессования, гидратации и сушки материала. Для модифицирования древесного наполнителя применялась термомодификация или пропитка 30% раствором карбамида. В качестве раствора для минерализации наполнителя использован раствор стекла натриевого в количестве 0,1–0,5%. 3, 4. Получение композиционных панелей для домостроения. В конструкции используют воздушные рассечки и ребра, расположенные в различных комбинациях. 5. Добавляют древесную муку в полимер для печати.	3. панели с воздушными полостями для домостроения; 4. плитно-ребристые изделия для домостроения; 5. Получение древесных композитов для 3D-печати.	«Совершенствование конструкции и технологии изготовления древокомпозитных панелей», 2021 г.; 4. Попов Е. В. «Совершенствование конструкции и технологии изготовления древокомпозитных плитно-ребристых изделий для домостроения», 2016 г.; 5. Говядин И. К. «Технология изделий из древесно-полимерных композитов методом 3D-печати», 2020 г.; 6. Лукаш А. А. «Комплексная переработка древесины мягких лиственных пород в материалы и изделия с улучшенными эксплуатационными свойствами», 2019 г.
Интенсивное тепловое воздействие	1. Улучшение свойств древесины, за счет интенсивного теплового воздействия. 2. Использование древесных отходов для получения активированного угля за счет пирогенетической обработки (термического разложения). 3. Термическая обработка в режиме торрефикации (проводится до пиролиза) для увеличения выхода древесного угля. 4,5. Повышение эффективности режимов сушки. 6. Для переработки древесной биомассы используют кондуктивный пиролиз.	Повышается эффективность использования материала за счет использования большего его процента, следовательно, отходов меньше. Отходы используются для производства активированного угля, угольных брикетов.	1. Ермоченков М. Г. «Моделирование интенсивного теплового воздействия при сушке, термомодифицировании и торрефикации древесины, прогнозирование ее свойств», 2019 г.; 2. Степанова Т. О. «Пирогенетическая переработка древесных отходов в активированный уголь», 2021 г.; 3. Пушкин С. А. «Взаимодействие компонентов клеточной стенки древесины березы и сосны при термической обработке в режиме торрефикации», 2023 г.; 4. Шагеева А. И. «Вакуумная СВЧ-сушка пиломатериалов в осциллирующем режиме», 2023 г.; 5. Шишкина Е. Е. «Энергосберегающая технология конвективной сушки пиломатериалов на основе управляемого влагопереноса в древесине», 2016 г.; 6. Китаев С. В. «Разработка технологии и оборудования

Окончание табл. 1

Классификация способов	Суть способа	Что достигается	Источник
			получения угольных брикетов высокой плотности термохимическим методом из древесной коры осины и сосны», 2021 г.
Использование продуктов переработки древесины для получения других веществ	1. Из пека (продукта переработки смолы) – получение чистых фитостеринов. Этапы: омыление, экстракция, подкисление, ректификация. 2. Из древесины лиственницы получают флавоноиды путем экстрагирования.	Отходы деревообработки используются для получения различных веществ.	1. Коршунов А. О. «Комплексная переработка талового пека в ценные продукты с высокой добавленной стоимостью», 2023 г.; 2. Валеев К. В. «Извлечение биологически активных веществ из отходов древесины лиственницы», 2022 г.
Использование продуктов переработки бумажной промышленности	1. Пиролиз иловых осадков сточных вод с целью уменьшения объема твердого осадка и образования продуктов (жидкости и газа) с высокой энергетической ценностью, которые могут быть использованы в качестве топлива. 2. Получение композитных полимеров с различными видами лигноцеллюлозных наполнителей на основе отходов вторичных полиолефинов и поливинилхлорида. 3. Переработка гидролизного лигнина с применением гидроксида калия в активированный уголь.	Отходы бумажной промышленности используются для производства топлива и иных материалов.	1. Буренков С. В. «Термическая переработка иловых осадков сточных вод целлюлозно-бумажного комбината», 2023 г.; 2. Шкуро А. Е. «Композиты с регулируемым биоразложением на основе производных целлюлозы, синтетических полимеров и лигноцеллюлозных наполнителей», 2023 г.; 3. Хвиюзова К. А. «Термохимическая активация отходов переработки лигноцеллюлозных материалов с получением наноструктурированных углеродных адсорбентов», 2023 г.

Выводы. Представленный в работе анализ научных исследований современных авторов позволил выявить актуальные направления использования отходов, к которым относятся методы измельчения, обработки давлением, совершенствования раскроя, тепловой обработки и химической переработки.

Библиографический список

1. Тарбеева Н. А., Рублева О. А. Обоснование технологических возможностей способа упрочняющей декоративной обработки низкотоварной древесины // Лесотехнический журнал. 2020. Т. 10. №. 3 (39). С. 145–154.

2. Тарбеева Н. А. и др. Экспериментальное исследование комбинированного процесса изготовления облицовочных изделий на основе пьезотермической обработки деревянных заготовок // Системы. Методы. Технологии. 2021. №. 1. С. 90–97.

3. Тарбеева Н. А., Рублева О. А. Комплексная методика разработки технологии переработки древесных отходов // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. Екатеринбург, 2023. С. 67–72.

4. Ведерников Я. Д., Рублева О. А. Обоснование конструктивных параметров станочного приспособления для торцового прессования древесины // Материалы XIV Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2023. С. 305–311.

Потеря прочности кладочного раствора при добавлении золы

Серёгин Алхан Иванович[a], аспирант
Юркин Юрий Викторович[b], кандидат технических наук, доцент
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: в статье изучен гранулометрический состав отходов с Кировской ТЭЦ-4. Определен состав кладочного раствора с применением определенного процентного содержания золы. Методом сравнения определена потеря прочности образцов с примесью золы и без нее. Определено влияние содержания выбранной фракции золошлаковых отходов на показатели прочности образцов.

Ключевые слова: гранулометрический состав, отходы, кладочный раствор, прочность образцов, контрольные образцы.

Введение. Вопросы переработки и утилизации золошлаковых отходов тепловых электростанций давно стоят на повестке дня [1]. Установлено, что включение в состав бетонной смеси золы приводит к уменьшению стоимости производимых строительных материалов, экономии природных ресурсов, увеличению прочности и морозостойкости конструкций [2]. В зависимости от вида угля, помола и способа его сжигания зола и золошлак характеризуются различным гранулометрическим составом [3]. Золы уноса в качестве главных элементов содержат кремний и алюминий, а также примеси железа, углерода, серы, фосфора, титана, кальция и иных щелочноземельных и щелочных элементов [4]. К числу важнейших задач отрасли производства строительных материалов относится необходимость расширения сырьевой базы, полагаясь, прежде всего, на местные сырьевые материалы и твердые отходы промышленности [5]. Стандартами золошлаковое вторичное сырье не только классифицируется, но и устанавливаются диапазоны физико-химических характеристик для различных его применений в строительстве [5].

Целями исследования являются определение гранулометрического состава золошлаковых отходов Кировской ТЭЦ-4, подбор традиционного состава кладочного раствора с последующей заменой 10% и 20% вяжущего компонента, определение влияния содержания выбранной фракции золошлаковых отходов в составе раствора.

Методы исследования. Объектом исследования являются золошлаковые отходы Кировской ТЭЦ-4. Гранулометрическим составом золошлаковых отхо-

дов называют процентное содержание первичных (т. е. не связанных в агрегаты) частиц различной крупности по фракциям, выраженное по отношению к их общей массе. Фракция золошлаковых отходов – это размер частиц золошлаковых отходов в миллиметрах.

Определение гранулометрического состава золошлаковых отходов производилось при помощи ситового анализа при использовании сит: 5 мм, 2.5 мм, 1,25мм, 0,315 мм, 0,25 мм.

Для исследования выбран традиционный состав раствора марки М200 с последующей заменой 10% и 20% цементного вяжущего компонента для сравнения прочности на осевое сжатие образцов размерами 10х10х10 см. В процессе исследования использовался цемент марки М500 и полифракционный песок, а также фракция золошлаковых отходов размером 1,25-0,315 мм, используемая для замены части цемента.

В ходе проведения опытов были выявлены характеристики прочности традиционного раствора и раствора с заменой части вяжущего компонента.

Результаты исследований, их обсуждение. При определении гранулометрического состава золошлаковых отходов были получены результаты, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Гранулометрический состав золошлаковых отходов

Показатель	Фракции грунта, мм					
	более 5	5–2.5	2.5–1.25	1.25–0.315	0.315–0.25	менее 0.25
Масса пробы, г	550	550	550	550	550	550
Масса фракции, г	140	118	36	183	44	27
Содержание фракции, %	25.5	21.5	6.5	33.3	8.0	4.9

В процессе исследования были получены результаты по прочности на осевое сжатие образцов с применением фракции 1,25–0,315 мм в количестве 10% и 20% от общего объема цементного вяжущего компонента:

– образцы с заменой 10% цемента фракцией 1,25–0,315 мм проявили понижение показателя прочности на осевое сжатие 8–11% от традиционного состава;

– образцы с заменой 20% цемента фракцией 1,25–0,315 мм проявили понижение показателя прочности на осевое сжатие 35–40% от традиционного состава.

По результатам исследования определено влияние данной фракции золошлаковых отходов в зависимости от ее процентного содержания в составе раствора на показатели прочности.

Выводы. По результатам изучения гранулометрического состава выявлено процентное содержание фракций золошлаковых отходов Кировской ТЭЦ-4 и выбрана фракция для исследования. Подобранный состав раствора с применением фракции 1,25–0,315 мм в процентых соотношениях 10% и 20% от общего объема цементного вяжущего компонента позволил определить, что влияние данной фракции способствует понижению прочности на 8–11% при замене 10% цемента и 35–40% при замене 20% цемента.

Библиографический список

1. Ганиева И. А., Шепелев Г. В. Экономические и технические аспекты утилизации золошлаковых отходов // Уголь. 2024. С. 22–26.

2. Астафьева О. Е. Применение золошлаковых отходов в промышленности строительных материалов // Уголь. 2024. № 2. С. 85–88.

3. Бушумов С. А., Короткова Т. Г., Сиюхов Х. Р. и др. Гранулометрический состав золы Новочеркасской ГРЭС // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 124(10). С. 1–10.

4. Маслов М. С., Горбунов М. А., Сафронов О. А. и др. Анализ элементного и гранулометрического состава золы уноса в процессах подготовки и выщелачивания ценных компонентов // Успехи в химии и химической технологии. 2023. Т. XXXVII. № 4. С. 62–66.

5. Немущенко Д. А., Ларичкин В. В. Исследование зол уноса угольных электростанций как потенциального сырья для строительной индустрии // Эксперт: теория и практика. 2023. № 2 (21). С. 60–67.

Методологическая программа использования полимеров полиэтилентерефталата в стеклофибробетоне: сопоставление физико-механических и физико-технических характеристик

Сиков Никита Евгеньевич[a], аспирант
Юркин Юрий Викторович[b], кандидат технических наук, доцент
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: актуальностью программы являются показатели спроса на материал и удорожание компонентов. Рынок стеклофибробетона (далее по тексту – СФБ) в России является одним из развивающихся сегментов, в связи с чем возникает спрос на альтернативы заполнителей в СФБ. В многих странах рассматриваются переработки полимерных отходов и использование измельченных полимеров, рационально подобранной смеси, состоящей из вяжущего вещества и воды, песка, при изготовлении СФБ. Результаты позволяют разработать методологическую программу переработки полиэтилентерефталата как альтернативного заполнителя. Программа соответствует Стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года. Результатом станет программа полного цикла разработки заполнителя. Области применения: строительство, инфраструктура, промышленность, гражданская оборона.

Ключевые слова: СФБ, ПЭТ, фибра, переработка, методика.

Введение. Проект соответствует Критической технологии федерального уровня «Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения». Потенциал данного исследования можно вывести из расчетов спроса продукта на рынке. В 2022 году объем потребления СФБ в России составил 120 тысяч тонн, что на 15% больше, чем в 2021 году. Размер мирового рынка СФБ составляет около $1,68 млрд. с прогнозируемым ежегодным темпом роста 7% до 2029 года. В России всего около 77 производителей СФБ. По прогнозам, объем рынка СФБ в России будет расти в среднем на 10% в год в ближайшие годы. В 2030 году он может достичь 220 тысяч тонн. Цель исследования – это методика переработки полиэтилентерефталат (ПЭТ, далее по тексту) и анализ, сопоставление физико-механических и физико-технических характеристик. Данный метод позволит решите целый спектр проблем, в особенности одной из крупных – высокая ресурсоемкость, обусловленная, в том числе, низким уровнем использования вторичного сырья. В странах ЕС потенциал равен 70%, к отношению 25% используемых в РФ. Используя разрабатываемую методику, мы подразделяем решение данных проблем через следующий перечень задач: разработка науч-

но-исследовательской базы переработки полимерных отходов, разработка графиков сравнивания физико-технических и физико-механических характеристик, разработка методики и разработка технологической карты. [1]

Методы исследования. Методика исследования опирается на общие данные конструктивных требований. Методика представляет из себя технологию по переработке полимерных отходов и способ их применения. Технология задействует комплекс оборудования и процессов по изготовлению одного из компонентов – заполнителя в смеси, для производства конкретного продукта. [2] Итог – фибра (волокна), длина составляет около 4 см, допускается длина 8-18 см, с последующей маркировкой, толщина – 0,01 мм. Технология повысит качество заполнителя в СФБ (стеклофибробетон) – физико-механические свойства: Плотность, кг/мЗ/1600-1800; модуль упругости, МПа /0,010–0,015; предел прочности, Мпа /7,0 – 11,2; при сжатии /40-60; водонепроницаемость (коэффициент фильтрации), см/сек /10-8-10-10; огнестойкость /НГ (несгораемый). [3]

Этапы исследования: Разработка графиков, выявление точек потенциала, подбор габаритов конечного продукта и сопоставление первичного и вторичного цикла переработки полимера. [4]

Результаты исследований, их обсуждение. При анализе литературных источников выводится следующая информация. Динамика свойств плотности в зависимости от соотношения количества полиэтилентерефталата (ПЭТ, далее по тексту) СФБ, приведена на (рис. 1). Составы приведены в (табл. 1). За основу взят типовой рецепт на один рабочий цикл, для изделия СФБ от 15мм до 40мм. В итоге получено 0.05 $м^3$ СФБ. При исследовании плотности, характеристики повышаются на 12%, при введении от 1–2% фибры, но после добавления 3% снижаются.

Таблица 1

Составы СФБ с заполнителем из ПЭТ

Номер смеси	Расход материала, $кг/м^3$				Размер, мм
	Фибра (ПЭТ)	Цемент (Портланд – цемент марки М500)	Песок	Вода	Заполнитель (песок)
1.	2(1.5%)	50(41%)	50(41%)	20(16.5%)	1.5-2.5
2.	3.65(3%)	50(41%)	48.20(39.5%)	20(16.5%)	1.5-2.5
3.	6.1(5%)	50(41%)	45.75(37.5%)	20(16.5%)	1.5-2.5

Динамика изменения свойств прочности на сжатие, с учетом процента заполнителя ПЭТ и прочности на растяжение при изгибе, с учетом длины фибры 15–30 мм., приведена на (рис. 2–3). Составы приведены в (табл. 2–3). Прочность на сжатие исследовалась на образцах-кубах 100x100x100 мм, прочность на растяжение при изгибе исследовалась на образцах 100x100x400. Более подробный анализ имеющихся данных рассматривается в книге «Рециклинг пластмасс» [4] Берется корреляция 28 дней. Увеличение количества введенной фибры улучшает прочностные характеристики. К сожалению, эта зависимость изменчива, в пределах 2–3% отклонений. При увеличении прочности на растяжении при изгибе в интервале 22–66%, снижается прочность на сжатие 3–25%.

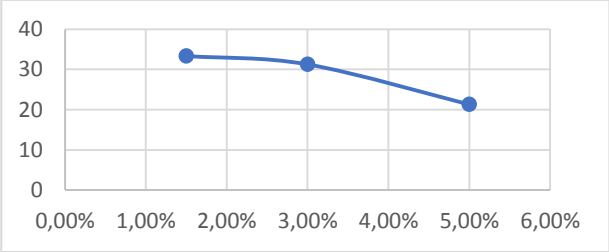


Рисунок 1. График плотности СФБ с ПЭТ заполнителем

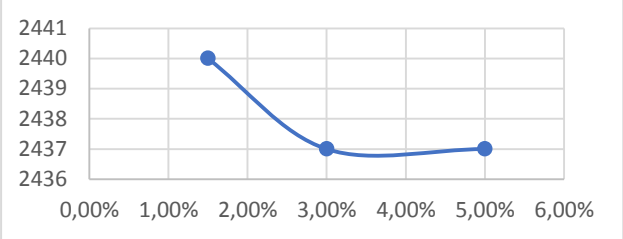


Рисунок 2. График зависимости прочности на сжатие

Таблица 2

Прочность СФБ на сжатие

Номер смеси	Содержание песка (кг/м3)	Содержание ПЭТ (кг/м3)	Прочность на сжатие (МПа)				
			1 день	4 дня	7 дней	28 дней	91 день
1.	720	45	10.3	22.3	25.9	33.2	35.2
2.	595	90	12.9	24.2	26.0	31.9	32.7
3.	470	135	8.6	16.5	17.8	21.5	22.1

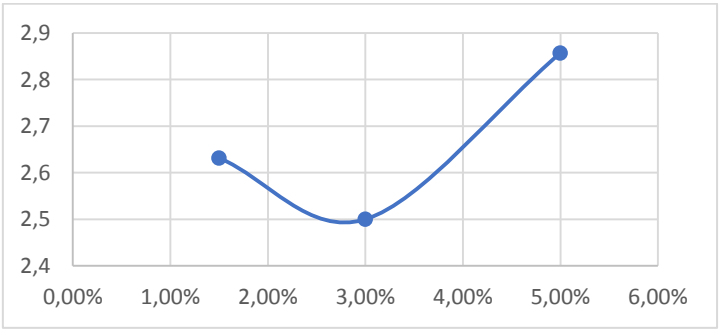


Рисунок 3. График зависимости прочности на растяжение при изгибе СФБ от длины используемой фибры.

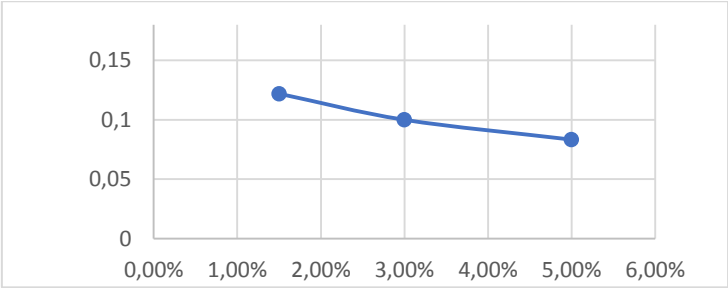


Рисунок 4. Зависимость прочности СФБ от количества ПЭТ фибры

Таблица 3

Прочность СФБ на растяжение при изгибе

Номер смеси	Содержание песка (кг/м3)	Содержание ПЭТ (кг/м3)	Прочность на сжатие (МПа)		
			7 дней	28 дней	91
1.	720	45	1.97	2.62	2.88
2.	595	90	1.78	2.58	2.68
3.	470	135	1.47	1.83	1.99

Увеличение количества фибры также повышает прочностные характеристики, (Рис. 4). Величина осадки показана в (табл. 4). Спад 170 и 175 мм. Дозировки ПЭТ были скорректированы таким образом, чтобы получить значения осадки в пределах 160–180 мм (Рис. 5). Данные опираются на несколько источников, для удобства более обобщенно, изучаемый материал изложен в «Прочностные характеристики полиэтилентерефталатфибробетона» [5]

Таблица 4

Величины осадки СФБ смеси

Номер смеси	Содержание ПЭТ (кг/ м3)	Содержание песка (кг/м3)	Спад (мм). Осадка	Визуальный осмотр
1.	45	720	170	Однородный
2.	90	595	175	Однородный, но менее стойкий
3.	135	470	170	Жесткий

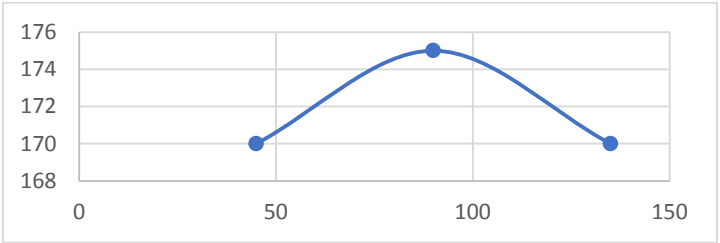


Рисунок 5 – Варьирование осадки СФБ в зависимости от степени замещения ПЭТ заполнителя

Выводы. В ходе анализа были приведены графики, на основании таблиц и теоретических расчётов. Исходя из этого можно сделать ряд выводов. Свойства плотности в стеклофибробетоне СФБ в повышаются на 12%, при введении

1–2% фибры, после добавления 3% снижаются. Изучена динамика прочности на сжатие и прочности растяжения при изгибе, с учетом длины фибры в интервале от 15 до 30мм., с допустимым увеличением в 40 мм. По истечению 28 дней накапливаемого предела прочности СФБ, зависимость изменяется при увеличении, в интервале 22–66% и снижении 3–25% соответственно. Оценивая влияние типа фибры, можно сделать вывод о преимуществе гладкой фибры. Величина осадки СФБ стоит в пределах 160–180 мм., достигается увеличением соотношения волокна в СФБ.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 57057-2016. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Характеристики вторичных полиэтилентерефталатов. От 9 сентября 2016. № 1102-ст. URL: https://standart-gost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_%D0%A0_57057-2016
2. Одинцов Е. С. Проект линии по вторичной переработке полимерных материалов и выпуску изделий на их основе : 11.06.21. Киров : Вятский государственный университет, 2021. 102 с. URL: https://nauchkor.ru/pubs/proekt-liniy-po-vtorichnoy-pererabotke-polimernyh-materialov-i-vypusku-izdeliy-na-ih-osnove-60eaae1de4dde500016d30a8
3. ПЭТ. ООО «Ювента». 2024. URL: https://uventaplastiktara.ru/articles/pet/
4. Шаерс Дж. Рециклинг пластмасс: наука, технологии, практика. СПб., 2012. 640 с. URL: https://e.lanbook.com/book/4285
5. Киянец А. В. Прочностные характеристики полиэтилентерефталатфибробетона : 16.01.22. Челябинск : Южно-Уральский государственный университет, 2022. С. 391–398. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=48110145

Демпферно-предохранительное устройство дисковой фрезы почвообрабатывающего агрегата

Симонов Максим Васильевич[a], доктор технических наук, доцент, профессор
Дёмшин Сергей Леонидович[b], доктор технических наук,
доцент, ведущий научный сотрудник
Дёмшин Константин Сергеевич[c], аспирант
Вятский государственный университет[a], Киров
ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока[b, c], Киров

Аннотация: недостатками существующих демпферно-предохранительных устройств дисковых фрез, применяемых в сельскохозяйственном машиностроении, являются высокая неравномерность передаваемого ими крутящего момента, недостаточная точность срабатывания предохранительного устройства, высокая энергоёмкость обработки почвы, а также сложность конструкции. В статье рассмотрена новая конструкция демпферно-предохранительного устройства фрезерного бороздовскрывателя дернинной сеялки, позволяющая устранить существующие недостатки.

Ключевые слова: агрегат почвообрабатывающий, дисковая фреза, муфта предохранительная, пружины демпферные.

Введение. Дисковые фрезы с Г-образными или пластинчатыми ножами в качестве режущих элементов получили достаточно широкое распространение в сельском хозяйстве, мелиорации, дорожном строительстве и других отраслях народного хозяйства. Конструкция трансмиссии дисковых фрез для почвообрабатывающих работ в сельском хозяйстве отличается тем, чаще всего механизм привода выполняет передачу крутящего момента от тягового средства одновременно на расположенные на его выходном валу, симметрично относительно корпуса привода две дисковые фрезы. Для сохранения режущих элементов дисковых фрез при ударе при встрече с препятствием в процессе обработки почвы механизмы привода фрез оснащаются предохранительными устройствами различных типов. В тоже время ряд исследований показал, что установка ножей фрезы на амортизирующих резиновых втулках снижают энергоёмкость фрезерования почвы за счёт уменьшения максимальной окружной силы, действующей на нож, в 2,0–2,5 раза по сравнению с жёстко установленными режущими элементами [1, с.175; 2, с. 403].

Методы исследования. Анализ технической литературы выявил, что известна устанавливаемая отдельно на каждый бороздовскрыватель фрезерной секции предохранительная муфта фирмы Стауб (Франция) с радиальными ко-

ническими кулачками [1, с. 236–237]. Секция состоит из корпуса, в котором расположен ведущий вал, приводящий во вращение через коническую передачу ведомый вал со шлицевыми хвостовиками. Крутящий момент от ведомого вала передаётся ступицам фрезы за счёт находящихся под воздействием пружин в направляющих конусах крестовин плунжеров в соответствующих углублениях ступиц. При встрече Г-образных ножей с препятствием плунжеры вытесняются из углублений ступицы и ротор фрезы останавливается, в то время как вал продолжает вращаться. Недостатком устройства является то, что при входе ножа в почву или при встрече с препятствием всю силу удара до момента срабатывания предохранительной муфты принимает на себя нож, что снижает его ресурс работы из-за воздействия периодически возникающих ударных нагрузок, а кроме того обуславливает высокую энергоёмкость обработки почвы.

Также в литературе встречается описание фрезерного бороздовскрывателя сеялки полосного посева, конструкция которого включает установленные на концах выходных валов привода дисковые фрезы с Г-образными ножами [3]. Каждая фреза оборудована предохранительной муфтой, состоящей из ведущей и ведомой полумуфт и промежуточной втулки. Ведомая полумуфта с продольными выступами размещена на промежуточной втулке так, что каждый выступов расположен в пазу втулки и между ними установлены демпферные пружины. Недостатками устройства являются высокая неравномерность и величина нагрузки на привод фрезерных секций при фрезеровании, вызванные тем, что ударная нагрузка при входе Г-образных ножей в почву сменяется постепенным снижением до ноля, причем ее величина удваивается при параллельной работе бороздовскрывателей сеялки в виде дисковых фрез.

Результаты исследований, их обсуждение. Для решения комбинированной задачи предохранения ножей дисковых фрез от поломок и снижения величины крутящего момента, расходуемого на фрезерование почвы предложена следующая конструкция демпферно-предохранительного устройства дисковой фрезы для сеялки полосного посева семян трав (рис. 1).

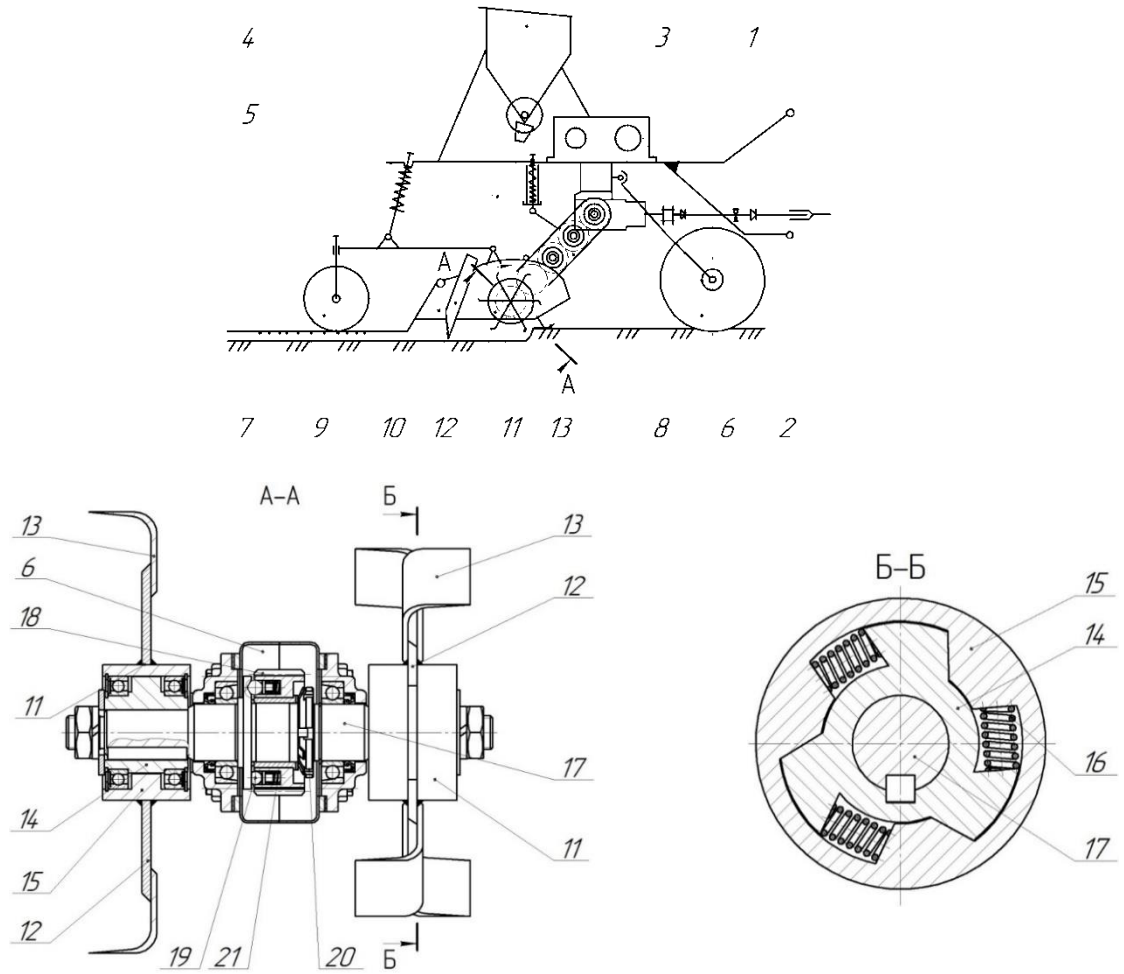


Рисунок 1. Сеялка полосного посева с демпферно-предохранительным устройством фрез

Сеялка полосного посева содержит раму 1, на которой установлены колёса 2, бункер 3 с высевающими аппаратами 4 и их приводом, семяпроводы 5, фрезерную секцию 6 и прикатывающие катки 7. Фрезерная секция 6 имеет механизм регулировки глубины обработки 8 и закрыта кожухом 9 с семянаправителями 10. На её выходном валу установлены рабочие органы 11 в виде дисков 12 с ножами 13, имеющие демпферное устройство из внутренней 14 и внешней втулки 15, установленные с возможностью вращения относительно друг друга и между выступами которых расположены пружины сжатия 16. Суммарная жёсткость пружин 16, при наибольшей установочной длине, равна минимальному усилию резания почвы ножами 13. Выходной вал 17 оборудован предохранительной муфтой. Ее ведущая полумуфта выполнена в виде торцевой поверхности ведомой шестерни 18 с пазами под подпружиненные шарики 19. Ведомая полумуфта совмещена с торцевой поверхности буртика вала 17. Полумуфты соединены посредством шариков 19, которые в рабочем состоянии муф-

ты находятся в лунках ведомой полумуфты. Усилие срабатывания предохранительной муфты, равное суммарной жёсткости пружин одного из демпферных устройств при сжатии под нагрузкой, соответствующей предельно допустимому усилию на нож 13, регулируется гайкой 20 и пружинами 21. При этом параметры рабочего органа 11 и режим работы фрезерной секции 6 должны удовлетворять условию постоянного нахождения в режиме обработки почвы, с усилием резания превышающим 2/3 от его среднего значения, не более одного ножа 13 из числа поочередно установленных на каждом из рабочих органов 11, что позволяет обеспечить снижение величины и повышение равномерности крутящего момента, передаваемого приводом фрезерной секции сеялки, повысить точность срабатывания его предохранительной муфты и упрощение конструкции демпферно-предохранительного механизма.

При фрезеровании, в момент входа ножа в почву, нагрузка на него резко возрастает от ноля до максимума, при этом пружины, установленные между выступами втулок демпферного устройства, сглаживают ударные нагрузки, что снижает энергоёмкость фрезерования почвы за счёт уменьшения максимальной окружной силы, действующей на нож, в 2,0–2,5 раза [1, с.175].

При встрече ножа фрезы с препятствием по твёрдости, превосходящим параметры почвы, пружины демпферного устройства сжимаются до выбора зазоров между витками, что является началом выхода шариков из лунок ведомой полумуфты. Далее полумуфты начинаются проворачиваться друг относительно друга и привод работает вхолостую, предотвращая поломку ножей. По окончании контакта под действием усилия сжатия пружин шарики входят в лунки ведомой полумуфты и фрезерование почвы возобновится.

Применение общей предохранительной муфты для двух дисковых фрез позволяет обеспечить постоянство поочередного взаиморасположения ножей фрез в случае её срабатывании, гарантируя, что их включение в процесс фрезерования почвы происходит поочередно и равномерно, так как не происходит проворачивания выходного вала относительно рабочих органов. Использование в технологической схеме демпферно-предохранительного механизма одной

предохранительной муфты, работающей совместно с двумя рабочими органами фрезерной секции, существенно упрощает его конструкцию.

Выводы. Оснащение дисковых фрез демпферно-предохранительным механизмом позволяет предотвратить разрушение ножей фрез при встрече с препятствиями в почве и одновременно сглаживает ударные нагрузки на них при входе в почву, что увеличивает срок службы ножей, снижает энергоёмкость обработки почвы.

Библиографический список

1. Яцук Е. П., Панов И. М. и др. Ротационные почвообрабатывающие машины. М. : Машиностроение, 1971. 256 с.

2. Bernacki H., Haman J., Kanafoiski Cz. Agricultural Machines, Theory and Construction. Vol. 1. Washington, D. C., 1972. 883 p.

3. Пат. 2630499 РФ, A01C 7/00. Сеялка полосного посева / В. А. Сысуев, С. Л. Дёмшин, Д. А. Черемисинов, М. С. Доронин. № 2016108406; заявл. 09.03.2016 ; опубл. 11.09.2017, бюл. № 26.

Исследование демпферного устройства дисковой фрезы посредством компьютерного моделирования

Симонов Максим Васильевич[a], доктор технических наук, доцент, профессор
Дёмшин Сергей Леонидович[b], доктор технических наук,
доцент, ведущий научный сотрудник
Дёмшин Константин Сергеевич[c], аспирант
Вятский государственный университет[a], Киров
ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока[b, c], Киров

Аннотация: недостатками существующих демпферно-предохранительных устройств фрезерных рабочих органов дернинных сеялок являются высокая неравномерность передаваемого ими крутящего момента, недостаточная точность срабатывания предохранительного устройства, высокая энергоёмкость обработки почвы, а также сложность конструкции. В статье рассмотрена новая конструкция демпферно-предохранительного устройства фрезерного бороздовскрывателя дернинной сеялки, позволяющая устранить существующие недостатки. Проведён расчет основных параметров и режимов работы элементов демпферного механизма.

Ключевые слова: дисковая фреза, предохранительное устройство, муфта пружинно-шариковая, пружины демпферные.

Введение. В настоящее время в сельском хозяйстве, мелиорации, дорожном строительстве и ряде других отраслей широко применяются различные машины и агрегаты с рабочими органами в виде дисковых фрез с Г-образными или пластинчатыми ножами, которые установлены на индивидуальных приводах с независимой подвеской. Для сохранения режущих элементов дисковых фрез при ударе при встрече с препятствием в процессе обработки почвы механизмы привода фрез оснащаются предохранительными устройствами различных типов. В тоже время ряд исследований показал, что установка ножей фрезы на амортизирующих резиновых втулках снижают энергоёмкость фрезерования почвы за счёт уменьшения максимальной окружной силы, действующей на нож, в 2,0–2,5 раза по сравнению с жёстко установленными режущими элементами [1, с.175; 2, с. 403]. В соответствии с этим разработана оригинальная конструкция демпферно-предохранительного устройства фрезерного бороздовскрывателя дернинной сеялки, позволяющая предотвратить разрушение ножей при встрече с препятствиями в почве и сглаживающая ударные нагрузки при входе ножей в почву [3].

Методы исследования. На этапе поисковых исследований демпферного механизма с целью предварительного определения его основных параметров принято решение использовать компьютерную модель устройства, что обусловлено меньшим расходом средств и времени на проведение исследований.

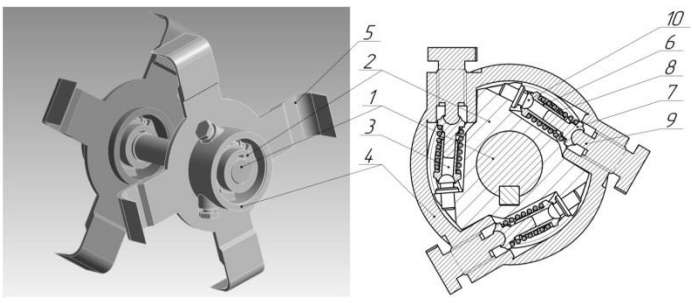
Для проведения компьютерного моделирования использован модуль *ANSYS Rigid Dynamics*. В программе *КОМПАС 3D* создана, а затем перенесена в формате *STEP* в систему *ANSYS Workbench* 3-х мерная компьютерная модель демпферного устройства в связке с двумя дисковыми фрезами, оснащёнными Г-образными ножами. Моделируется фрезерование суглинистой дернины сверху вниз на глубину 100 мм. Диски фрез секции с режущими элементами установлены с угловым смещением, равным половине угла между соседними ножами одной фрезы, соответственно, и усилие сопротивления почвы перемещению Г-образных ножей будет воздействовать на них поочередно.

С целью упрощения интерпретации результатов принято решение не учитывать воздействующие при вращении узла инерционные составляющие и проводить моделирование при неподвижном состоянии приводного вала фрез.

Модель демпферного механизма (рис. 1, а) представляет собой приводной вал 1, две жестко соединенные с ним внутренние втулки 2 и ориентированные при помощи блоков 3 направляющих пружин наружные барабаны 4 с жестко присоединенными к ним фрезерными дисками 5.

Приводной вал установлен жёстко (шарнир *Fixed*) в системе координат *Body-Ground*, внутренние втулки демпферных устройств закреплены жестко (шарнир *Fixed*) в системе *Body-Body* втулок и приводного вала.

Сборка блоков направляющих пружин имеет следующую конструкцию (рис. 1, б): каждый из шести блоков для ориентации пружин и предотвращения потери их устойчивости состоит из двух скользящих друг в друге цилиндрических ступенчатых втулок 6 и 7.



а б

Рисунок 1. Общий вид 3D-модели фрезерной секции, оборудованной демпферным механизмом, (а) и схема установки пружин демпферного механизма (б)

С одной стороны ступень втулки выполнена плоской для опоры торцевой поверхности пружины 8, а с другой стороны втулки, для ориентации пружины при изменении угла поворота наружного барабана относительно приводного вала, – со сферической шарнирной поверхностью. Во внутреннюю втулку и наружный барабан в виде бобышек устанавливаются ответные части сферических поверхностей 9 и 10. Цилиндрические втулки друг относительно друга могут перемещаться линейно в осевом направлении, а также вращаться относительно продольной оси (шарнир *Cylindrical*). Сферические шарниры могут только вращаться относительно трех осей (шарнир *Spherica*l). Соосно цилиндрическим втулкам, в зазор между ступенями втулок при помощи элемента пружина (*Spring*) по три штуки на секцию устанавливаются работающие только на сжатие (*Compression Only*) пружины переменной жесткости, базирующиеся по торцам ступеней направляющих (длина задана по максимальному расстоянию между торцевыми поверхностями направляющих).

В связи с отсутствием достоверных эмпирических данных о свойствах почвы в процессе удара, а также их огромного разнообразия в зависимости от внешних факторов, состава и т. д., модель дискретной среды заменена моделью, представленной в виде графика крутящего момента *M,* имитирующего сопротивление почвы и построенного на основании опытных данных [4].

Результаты исследований, их обсуждение. При определении работоспособности расчётной схемы рассмотрена работа дисковых фрез с числом ножей $z = 4$ и частотой вращения n = 260, 380 и 500 мин$^{-1}$, поступательная скорость фрезы $V_{пост}$ = 1,1 м/с; глубина резания t = 100 мм; диаметр фрезы D = 390 мм; жёсткость пружины c = 30; 70 и 110 Н/мм; максимальная (пиковая) величина момента сопротивления почвы фрезерованию (по графику) M = 50 Н· м. Для вхождения в устойчивый циклический вид работы устройству необходимо некоторое время, поэтому нулевой координатой времени принято t = 0,8 с.

Графики зависимости суммарного потребляемого крутящего момента M_2 дисковыми фрезами секции и сжатия L пружины для принятых частот n вращения фрезы и жёсткости c пружины представлены на рисунке 2. Анализ полученных данных показывает, что при обработке почвы фрезой диаметром

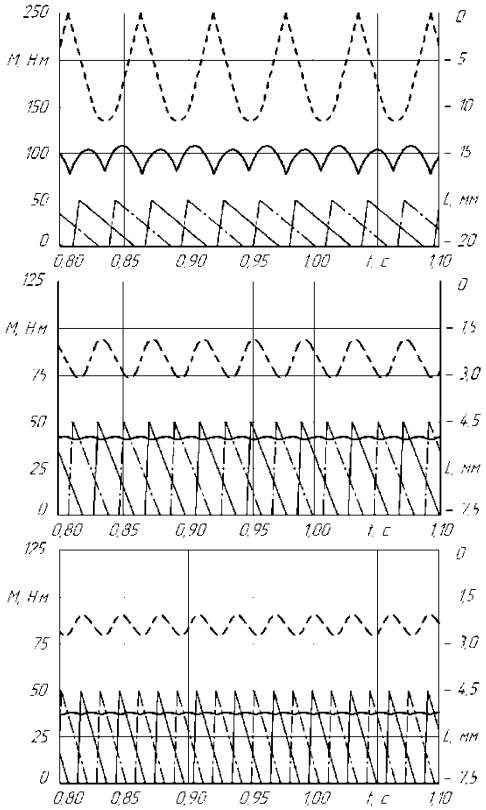
D = 390 мм с частотой вращения n = 260 мин$^{-1}$ и менее использование демпферного механизма данной конструкции является нецелесообразным. С ростом частоты вращения фрезы более 380 мин$^{-1}$ снижается максимальное значение потребляемого крутящего момента M_2 и повышается равномерность работы дисковых фрез, что подтверждает эффективность применения демпферного механизма предложенной конструкции.

Выводы. Разработана 3D компьютерная модель демпферного устройства дисковой фрезы. Проведено компьютерное моделирование фрезерования суглинистой почвы в режиме «сверху-вниз» рабочим органов в виде двух дисковых фрез, оснащённых демпферными устройствами. Повышение жёсткости пружин приводит к незначительному росту потребляемого крутящего момента M_2 и его амплитуды, но существенно снижается величина деформации пружины, что делает более эффективной работу демпферного механизма.

а

б

в



—·—·—·—, ———— *– графики нагрузки при фрезеровании почвы на 1 и 2 дисковой фрезе;* ———— *– график потребляемого крутящего момента M_2 дисковыми фрезами;* - - - - - - - *– величины сжатия пружины L*

Рисунок 2. Зависимость суммарного потребляемого крутящего момента M_2 дисковыми фрезами и сжатия L пружины при жёсткости пружин $\cdot c$ = 70 Н/мм и частоте вращения: а) n = 260 мин$^{-1}$; б) n = 380 мин$^{-1}$; в) n = 500 мин$^{-1}$.

Библиографический список

1. Яцук Е. П., Панов И. М. и др. Ротационные почвообрабатывающие машины. М. : Машиностроение, 1971. 256 с.

2. Bernacki H., Haman J., Kanafoiski Cz. Agricultural Machines, Theory and Construction. Vol. 1. Washington, D. C., 1972. 883 p.

3. Пат. 2814067 РФ, A01B 49/06, A01C 7/00. Сеялка полосного посева / М. В. Симонов, С. Л. Дёмшин, П. Г. Чупраков, А. Ю. Исупов, К. С. Дёмшин. № 2023119352 ; заявл. 21.07.2023; опубл. 21.02.2024, бюл. № 6.

4. Variations of torque and specific tilling energy for different rotary blades / S. Chertkiattipol, T. Niyamapa // International Agricultural Engineering Journal. 2010. Vol. 19 (3). P. 1–14.

Анализ механизма причин износа молотков зернодробилок

Симонов Максим Васильевич[a], доктор технических наук, доцент, профессор
Остальцева Дарья Владимировна[b], аспирант
Вятский государственный университет[a,b], Киров
ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока[b], Киров

Аннтоация: в настоящее время для измельчения зерновых культур широко применяются дробилки молоткового типа. В процессе их эксплуатации происходит износ рабочих органов (молотков), что приводит к снижению производительности и, как следствие, повышению энергозатрат, при этом качество кормов ухудшается. В данной статье представлен анализ условий работы дробилок кормов, приведены причины и последствия изнашивания молотков.

Ключевые слова: износ молотков, молотковые дробилки, дефекты.

Введение. Современное состояние и дальнейшее развитие сельского хозяйства, как отрасли производства, повышение его устойчивого роста и эффективности неразрывно связано с уровнем механизации и автоматизации отрасли, ее перевооружением по всем направлениям [1].

При эксплуатации машин и оборудования, используемых в сельском хозяйстве, одну из главных ролей играют методы и средства, обеспечивающие их работоспособность [1]. От этого зависит получение качественной сельскохозяйственной продукции, что в конечном счете оказывает значительное влияние на своевременное обеспечение населения государства продуктами питания.

На кормоприготовительных пунктах сельскохозяйственных предприятий и комбикормовой промышленности основным оборудованием для измельчения зерна являются молотковые дробилки. Их преимущество состоит в том, что они имеют простую конструкцию и высокую надежность в работе. Молотковые дробилки обеспечивают возможность регулирования степени измельчения, автоматизацию управления рабочим процессом, легкую замену изнашиваемых деталей, механизацию процесса загрузки и выгрузки материала [2].

Исследованиями установлено, что наибольшему износу в дробилках подвержены молотки. Это является одним из основных недостатков дробилок молоткового типа [3] и влечет за собой уменьшение производительности, увеличение доли крупной фракции в конечном продукте и повышение энергоемкости процесса измельчения [2].

Неравномерный износ молотков в дробилках приводит к дисбалансу ротора, повышающему уровень вибрации и разрушение подшипников вала [4].

Для восстановления работоспособности заменяют комплект изношенных молотков на новые. Данная процедура требует частичную разборку дробилки, подбор молотков по массе и сопровождается значительными трудозатратами.

Методы исследования. Целью работы является анализ механизма износа и повреждаемости рабочих органов молотковых дробилок. Исследования изменений структуры поверхностных слоев молотков проводилось с помощью стереомикроскопа МИКРОМЕД МС-3-ZOOM LED при увеличении в 15 раз.

Результаты исследования, их обсуждение. При сравнении поверхностей изношенного молотка (рисунок 1б) и нового (рисунок 1а) отчетливо видны риски и царапины – типичные признаки абразивного износа.

В процессе длительного абразивного воздействия о рабочую поверхность молотка ударяется большое количество частиц измельчаемого продукта, что приводит к пластической деформации и усталостным разрушениям. Также данный процесс способствует образованию сколов (рисунок 2 а) и фасок (рисунок 2 б).

При повышенной влажности продукта или окружающей среды, возрастает скорость коррозионных процессов, причем последнее имеет место, как при работе, так и при простое машины, что приводит к коррозионному изнашиванию.

а) б)

Рисунок 1 – Поверхность молотка: а) нового; б) изношенного

а) б)

Рисунок 2 – Возможные дефекты на поверхности молотка: а) скол; б) фаска

Таким образом, динамика и характер износа молотков является совокупностью нескольких механизмов, это:

– абразивное воздействием (царапанье) по причине скольжения частиц по рабочим и боковым поверхностям молотков;

– усталостные разрушения в микрообъемах поверхностей молотков при многократном воздействии ударов зерен и частиц примесей минерального происхождения;

– вероятные удары молотков о посторонние предметы, попадающие в рабочую камеру дробилки вместе с измельчаемыми продуктами.

Влияние указанных механизмов изнашивания приводит к быстрому износу и изменению геометрических форм молотка (Рисунок 3) [4].

Рисунок 3 – Отклонение геометрических форм молотка от первоначальных

Наибольшему воздействию при встрече частицами подвергаются концы молотков. Ударные импульсы передаются на всю машину и, при недостаточной прочности молотков, быстро приводят к отказу [5].

Проведенные исследования по металлографическому анализу молотков [6] показали, что поверхностные изменения материала молотков происходят на небольшую глубину, т. е. процессу изнашивания подвергаются лишь самые поверхностные слои, которые целесообразно упрочнять.

Выводы. Для повышения прочности и износостойкости молотков дробилок зерна возможно применение различных способов поверхностного упрочнения, а одним из современных способов упрочнения является лазерное упрочнение [7].

Применение данной технологии локального упрочнения молотков дробилок позволит повысить эффективность процесса их поверхностного упрочнения.

Библиографический список

1. Галиев И. Г. Управление работоспособностью техники с учетом условий аграрного производства // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2007. Т. 2. № 1 (5). С. 87–88.

2. Сысуев В. А., Алешкин А. В., Савиных П. А. Кормоприготовительные машины. Теория, разработка, эксперимент : в 2 т. Киров : Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2008. Т. 1. 640 с.

3. Виноградов В. Н. Изнашивание при ударе / В. Н. Виноградов, Г. М. Сорокин, А. Ю. Албагачиев. М. : Машиностроение, 1982. 192 с.

4. Надёжин А. В. Исследование износа молотков рабочего органа измельчителя ИРМ-50 // Механизация и электрификация производственных процессов в животноводстве : сб. науч. тр. / ВНИПТИМЭСХ. Зерноград, 1989. С. 139–143.

5. Трофименко И. С., Башняк С. Е., Шаршак В. К., Башняк И. М. Расчет параметров и выбор конструкции молотковой дробилки с использованием ЭВМ // Материалы международной научно-практической конференции факультета БТЭТ «Современные технологии производства продуктов питания: состояние, проблемы и перспективы развития». Пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2013. С. 65–68.

6. Пучков С. В. Анализ изнашивания и разработка экологически чистой технологии химико-термической упрочняющей обработки рабочих органов кормоприготовительных машин : дис. … канд. техн. наук : 05.16.01. Курск : ГТУ, 2007. 134 с.

7. Остальцева Д. В. Предпосылки разработки технологии лазерного упрочнения молотков дробилок // Вестник Вятского ГАТУ. 2023. № 3(17). С. 3.

Направления совершенствования комбинированной технологии модифицирования низколиквидной древесины

Тарбеева Наталья Александровна[a], кандидат технических наук, доцент
Рублева Ольга Анатольевна[b], доктор технических наук, доцент, профессор
Ведерников Ярослав Дмитриевич[c], аспирант
Рублева Елизавета Сергеевна[d], инженер-лаборант
Вятский государственный университет[a, b, c, d], Киров

Аннотация: модифицирование древесины направлено на устранение природных недостатков материала. Технологии модифицирования, как правило, трудоемки, энерго- и ресурсозатратны, что сдерживает их широкое внедрение в промышленность. Для снижения себестоимости технологий модифицирования древесины необходимо их совершенствование. Целью данной работы является поиск направлений совершенствования комбинированной технологии модифицирования низколиквидной древесины для изготовления облицовочной плитки. Благодаря использованию методов анализа и мозгового штурма определены основные пути совершенствования технологии. Выбор наиболее перспективных вариантов осуществлен с помощью предварительной оценки технико-экономических показателей. Установлено, что совершенствование технологии за счет модернизации операций обжига и прессования позволит не только увеличить производительность процесса, но и улучшить условия труда в цехе.

Ключевые слова: модифицирование, низколиквидная древесина, модернизация, обжиг, прессование.

Введение. Древесина как природный конструкционный материал, имеет ряд недостатков: усушка и разбухание, горючесть, загнивание, подверженность повреждения насекомыми, сравнительная низкая твердость и др. [1]. Для их устранения при условии сохранения существующих преимуществ древесины в настоящее время активно разрабатываются различные технологии модифицирования [2]. Модифицирование древесины может включать такие операции как пропитка, прессование, термическая обработка, воздействие излучений и т. п. [3]. В целом процессы модифицирования древесины являются достаточно трудоемкими и ресурсозатратными, часто технологически сложными. Эти факторы в итоге определяют высокую стоимость готовой продукции и сдерживают широкое внедрение технологий модифицирования в промышленность. Одной из актуальных задач по увеличению объемов внедрения технологий модифицирования древесины в промышленное производство является их совершенствование с целью снижения трудоемкости и себестоимости готовой продукции [4].

Авторами разработана комбинированная технология модифицирования низколиквидной древесины, направленная на комплексное повышение физи-

ко-механических и декоративных свойств [5]. Технология включает последовательное выполнение четырех операций: обжига, брашированиия, прессования и термической обработки. Обработке подлежат малогабаритные заготовки (не более 25×100×100 мм) хвойных пород без пороков. Обработанные комбинированным способом заготовки в дальнейшем могут идти на изготовление облицовочной плитки. Данная технология прошла апробацию в промышленных условиях, но ее внедрение в производство сдерживается выявленными в процессе апробации недостатками. Среди них можно отметить высокую трудоемкость при обработке маломерных заготовок, даже с использованием специальной технологической оснастки [6], большое количество ручных операций и низкую производительность. Кроме того, входящая в технологию операция обжига предполагает использование открытого пламени, что, во-первых, создает неблагоприятные условия труда в цехе и, во-вторых, значительно повышает пожарную опасность производства. В этой связи стоит задача совершенствования предлагаемой технологии с целью снижения ее трудоемкости и пожароопасности, повышения производительности. Поэтому целью данного исследования является поиск направлений совершенствования комбинированной технологии модифицирования низколиквидной древесины.

Методы исследования. Исследование основано на анализе результатов апробации технологии в промышленных условиях. Для поиска направлений совершенствования технологии использовали метод мозгового штурма. Определение наиболее жизнеспособных вариантов совершенствования технологии осуществляли путем предварительной оценки экономического эффекта от их внедрения.

Результаты исследований, их обсуждение. Комбинированная технология модифицирования низколиквидной древесины для изготовления облицовочной плитки включает операции обжига, брашированиия, прессования и термической обработки. В результате промышленной апробации технологии установлено, что наиболее трудоемкими в плане обработки маломерных заготовок являются операции обжига и прессования. Поэтому при поиске направлений совершенствования технологии в первую очередь внимание было обращено на эти технологические операции.

Обжиг применяется для получения на поверхности древесины обугленного слоя глубиной не более 2 мм [5]. Обработка заготовок происходит позиционным способом при укладке их на стол-подставку. Операция небезопасна, так как выполняется вручную с применением открытого пламени газовой горелки или паяльной лампы. В процессе работы создаются такие опасные и вредные факторы как повышенная температура, задымленность, наличие горючих и взрывоопасных веществ. Для проведения огневых работ требуется тщательная организация рабочего места с соблюдением жестких правил пожарной безопасности: наличие отдельной площадки или обособленной рабочей зоны в цехе, использование мощной вытяжной вентиляции для удаления продуктов горения, обеспечение работника средствами индивидуальной защиты и др. Процедуры обеспечения безопасности зоны обжига достаточно затратны.

Одним из вариантов совершенствования операции обжига является замена позиционной обработки проходной с целью механизации процесса и повышения его производительности. Процесс может осуществляться с помощью механизированной установки с вытяжкой, где заготовки непрерывно перемещаются по конвейеру, проходя зону горелок.

Другим вариантом совершенствования обжига является его замена обугливанием поверхности древесины кондуктивным методом. Способ осуществляется путем прижатия к заготовке нагретой плиты, в результате чего происходит термодеструкция древесины. В этом случае исключается необходимость с работы с открытым пламенем, сокращается объем подлежащих удалению продуктов горения ввиду отсутствия горения топлива, что допускает использование системы вентиляции меньшей мощности.

Обугливание кондуктивным методом может быть реализовано как позиционным, так и проходным способом. При проходной обработке нагревательным элементом вместо плиты будет служить гладкий ролик. Принцип обработки будет аналогичен горячему тиснению древесины.

Другой трудоемкой операцией модифицирования является прессование. Заготовки партиями зажимаются в оснастке [6] и далее прессуются с помощью

гидравлического пресса. В случае замены позиционной обработки на проходную, по принципу тиснения, снизится трудоемкость выполнения операции, увеличится ее производительность.

Предлагаемые варианты совершенствования комбинированной технологии модифицирования низколиквидной древесины с указанием достигаемого положительного эффекта от их внедрения приведены в таблице 1.

Таблица 1

Возможные направления совершенствования комбинированной технологии модифицирования низколиквидной древесины

Этап обработки	Варианты совершенствования	Достигаемый положительный эффект
Обжиг	– замена позиционной обработки проходной; – замена обжига кондуктивным обугливанием проходным способом	– повышение производительности; – повышение пожарной безопасности; – улучшение условий труда
Прессование	– замена позиционной обработки проходной	– снижение трудоемкости; – повышение производительности

Выводы. Наиболее перспективными направлениями совершенствования технологии модифицирования низколиквидной древесины является модернизация операций обжига и прессования. Замена позиционной обработки заготовок на проходную на обеих операциях обеспечит значительное увеличение производительности процесса. Замена технологической операции обжига на кондуктивное обугливание древесины снизит пожарную опасность производства и обеспечит более благоприятные условия труда в цехе. Предложенные варианты совершенствования технологии перед их внедрением в производство нуждаются в детальной проработке и проверке их эффективности в лабораторных условиях.

Библиографический список

1. Уголев Б. Н. Древесиноведение и лесное товароведение: учебник для сред. проф. образования. М. : Изд. центр «Академия», 2004. 272 с.

2. Анучин А. И., Шамаев В. А., Куницкая О. А. Инновационные разработки в области модификации древесины // ЛесПромИнформ. 2018. № 8 (138). URL: https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=5189 (дата обращения 04.04.2024).

3. Фомина О. А. Способы модифицирования древесины лиственных пород: отечественный и зарубежный опыт // Дневник науки. 2017. № 9. С. 4–12.

4. Поляков С. И. Управление равномерным прессованием древесины // Автоматизация и управление в технических, организационных и экономических системах. Брянск, 2022. С. 57–61.

5. Патент № 2754909 Российская Федерация, МПК E04F 13/08 (2006.01) Способ изготовления облицовочной панели из упрочнённой древесины: № 2020139525 : заявлено 02.12.2020 : опубликовано 08.09.2021 / О. А. Рублева, Н. А. Тарбеева. 7 с.

6. Тарбеева Н. А., Рублева О. А. Конструкции технологической оснастки для изготовления облицовочной плитки из кусковых древесных отходов // Материалы XVIII Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2022. С. 701–705.

Параметры процесса измерения твердости по Виккерсу

Удалов Александр Викторович[a], кандидат технических наук, доцент, доцент
Норин Евгений Георгиевич[b], студент
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: отсутствие количественных критериев оценки степени проявления размерного эффекта при измерении твердости в значительной степени затрудняет определение механических характеристик материалов методами статического индентирования. С помощью разработанной энергетической модели установлено, что основной критерий проявления размерного эффекта при измерении твердости по Виккерсу – удельная работа пластической деформации при вдавливании пирамиды. Результаты исследования могут быть использованы для повышения точности измерения твердости пирамидальным индентором.

Ключевые слова: твердость, пирамида Виккерса, размерный эффект, степень деформации, упрочнение, сопротивление деформации.

Введение. Измерение твердости материала используется практически во всех технологических операциях для контроля механических характеристик изделия. Используются различные методы (по Бринеллю, Виккерсу, Роквеллу и др.) и шкалы измерения твердости. Размерный эффект проявляющийся в изменении значений фиксируемой твердости в зависимости от условий индентирования является одной из главных проблем современного материаловедения [1–3]. Основными факторами влияющими на размерный эффект являются геометрические параметры индентора и значение испытательной нагрузки. Наличие размерного эффекта в значительной степени затрудняет разработку технологических процессов изготовления деталей, что в конечном итоге может приводить к несоответствию механических характеристик изделия и условий эксплуатации. Размерный эффект при индентировании пирамидой Виккерса проявляется в увеличении значений фиксируемой твердости при уменьшении испытательной нагрузки.

Целью работы является определение основных критериев ответственных за проявление размерного эффекта при измерении твердости по Виккерсу.

Методы исследования. Связь размерного эффекта с параметрами индентирования пирамидой установлена с помощью энергетической модели [1–4] позволяющей описать процесс через удельную работу пластической деформации протекающей в зоне вдавливания индентора. Схема процесса измерения твердости по Виккерсу с параметрами очага деформации представлена на рисунке 1.

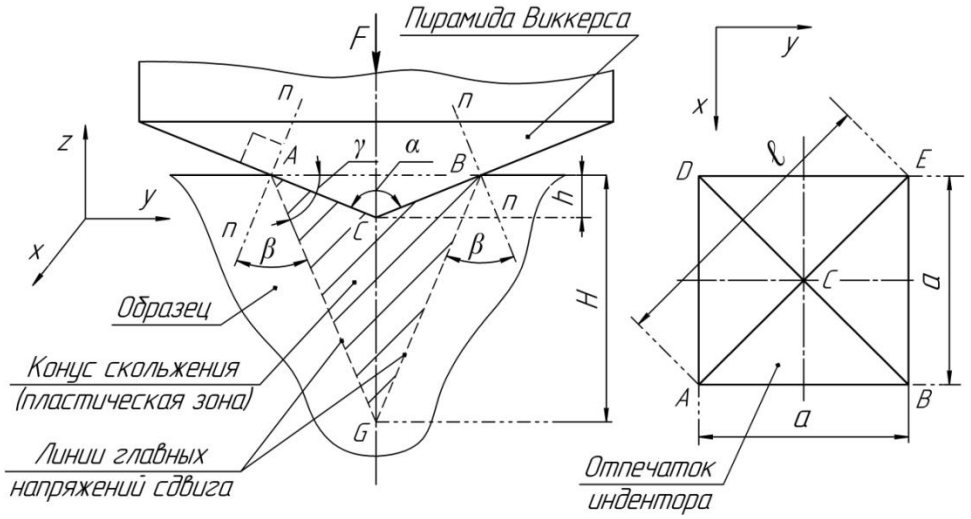


Рисунок. 1. Очаг деформации при вдавливании пирамиды [1,3]: $\alpha = 136^0$ – угол при вершине пирамиды; h – глубина вдавливания пирамиды; H – глубина распространения пластической деформации; β – угол наклона линий главных напряжений сдвига к нормали n–n.

Знергетическая модель основана на построении локального очага деформации представляющего собой конус скольжения *ACBG*, внутри которого материал пластически деформируется и испытывает неравномерное всестороннее сжатие. Предложенная модель позволяет учесть форму и геометрические параметры индентора, испытательную нагрузку, а также размеры очага деформации при определении удельной работы необходимой для индентирования.

Процесс вдавливания пирамиды отличается постоянством степени деформации материала в пластической зоне (рис.1) за счет геометрического подобия отпечатков при различных значениях испытательной нагрузки. При этом степень деформации определяется по формуле [3]

$$\varepsilon = \ln \frac{H}{H - h}. \qquad (1)$$

При $\alpha = 136^0$ и $\beta = 45^\circ$ степень деформации будет равна $\varepsilon = 0{,}188$. График зависимости (1) представлен на рисунке 2. Наибольшую степень деформации и соответственно наилучшую прорабатываемость материала в очаге деформации можно получить при использовании пирамиды с углом $\alpha = 135^0$.

Исследование влияния испытательной нагрузки на проявление размерного эффекта выполнялось при измерении фиксируемой твердости по Виккерсу на стальной образцовой плитке $HV5 = 113$ *кгс/мм*^{2} [1, 3]. Измерение твердости выполнялось по стандартной методике.

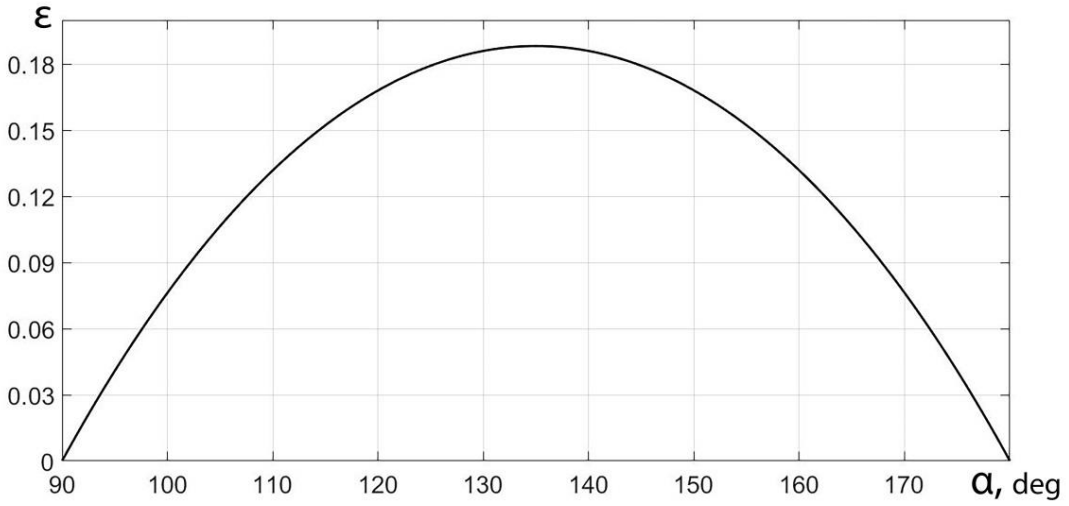


Рисунок 2. Зависимость степени деформации ε от угла при вершине пирамиды α

Удельная работа пластической деформации при вдавливании пирамиды определялась по формуле, *Дж/мм*^{3} [1, 3]

$$A_V = A/V_C\,, \tag{2}$$

где A – работа пластической деформации, *Дж*,

V_C – объем пластической зоны.

Кроме того, существует линейная зависимость между твердостью и сопротивлением деформации материала [4]

$$\sigma_{Sf} = \sigma_{S0}\frac{HV_f}{HV_0}, \tag{3}$$

где σ_{S0} и σ_{Sf} – сопротивление деформации до и после формоизменения;

HV_0 и HV_f – твердость исходного и деформированного материала.

Коэффициент относительного изменения сопротивления деформации материала при индентировании определялся по формуле

$$K_\sigma = {}^{HV_f}\!\!\diagup\!\!_{HV_0}. \tag{4}$$

В выражении (4) необходимо принимать HV_0=*113 кгс/мм*^{2} соответствующую испытательной нагрузке F=49,05 *Н*, а в качестве HV_f значения твердости при меньших значениях испытательной нагрузки.

Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты исследования процесса вдавливания пирамиды Виккерса при разных испытательных нагрузках [1, 3]

F, Н	ℓ, мкм	HV, кгс/мм^2	A_V, Дж/мм^3	K_σ
0,0196	4,05	226	0,458	2
0,049	6,46	222	0,449	1.96
0,098	9,4	211	0,425	1,86
0,490	24	161	0,325	1,42
0,981	35,8	145	0,293	1,28
1,962	52,1	137	0,277	1,21
9,81	124,6	119	0,241	1,05
49,05	286,2	113	0,229	1

Примечание: F – испытательная нагрузка; ℓ – длина диагонали отпечатка; HV – твердость по Виккерсу; A_V – удельная работа пластической деформации при вдавливании пирамиды

Результаты исследований. С уменьшением испытательной нагрузки (глубины вдавливания пирамиды) наблюдается (табл.1) рост удельной работы A_V, сопротивления деформации и, как следствие, твердости материала. При этом, выдерживается линейная зависимость между удельной работой и твердостью.

Выводы. Удельная работа пластической деформации при индентировании пирамидой Виккерса может быть использованы для количественной оценки размерного эффекта и величины твердости материала. Оптимальным углом при вершине четырехгранной пирамиды является угол $\alpha = 135^0$, обеспечивающий наивысшую степень проработки материала при индентировании. Результаты исследования могут быть использованы для повышения точности измерения твердости.

Библиографический список

1. Udalov A. A., Parshin S. V., Udalov A. V. Indentation size effect during measuring the hardness of materials by pyramidal indenter // Materials Today: Proceedings. 2019. Vol. 19. No. 5. P. 2034–2036. URL: https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.07.068 (accessed: 02.04.2024).

2. Udalov A. A., Udalov A. V., Parshin S. V. Indentation Size Effect during Measuring the Hardness of Materials by Spherical Indenter // Solid State Phenomena. 2020. Vol. 299. P. 1172–1177. URL: https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/ssp.299.1172 (accessed: 02.04.2024).

3. Udalov A. V., Udalov A. A. Indentation size effect and hardness of materials // E3S Web of Conference. 2023. Vol. 431. Art. 06025. URL: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343106025 (accessed: 02.04.2024).

4. Пат. RU 2 731 034, МПК G01N 3/42, № 2018 138 017. Способ определения сопротивления деформации металлических материалов при индентировании четырехгранной пирамидой : заяв. 30.08.2019 : опубл. 28.08.2020. Бюл. № 25 / А. В. Удалов, А. А. Удалов.

Параметры процесса измерения твердости по Бринеллю

Удалов Александр Викторович[a], кандидат технических наук, доцент, доцент
Норин Евгений Георгиевич[b], студент
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: отсутствие количественных критериев оценки степени проявления размерного эффекта при измерении твердости в значительной степени затрудняет определение механических характеристик материалов методами статического индентирования. С помощью разработанной энергетической модели установлено, что основные критерии проявления размерного эффекта при измерении твердости шариковым индентором – удельная работа пластической деформации при вдавливании шарика и отношение удельной работы к степени деформации материала в пластической зоне. Результаты исследования могут быть использованы для повышения точности измерения твердости шариковым индентором.

Ключевые слова: твердость, размерный эффект, степень деформации, упрочнение, сопротивление деформации.

Введение. Измерение твердости материала используется практически во всех технологических операциях для контроля механических характеристик изделия. Используются различные методы (по Бринеллю, Виккерсу, Роквеллу и др.) и шкалы измерения твердости. Размерный эффект проявляющийся в изменении значений фиксируемой твердости в зависимости от условий индентирования является одной из главных проблем современного материаловедения [1–4]. Основными факторами влияющими на размерный эффект являются геометрические параметры индентора и значение испытательной нагрузки. Наличие размерного эффекта в значительной степени затрудняет разработку технологических процессов изготовления деталей, что в конечном итоге может приводить к несоответствию механических характеристик изделия и условий эксплуатации.

Размерный эффект при индентировании шариком может быть двух видов:

1) рост фиксируемой твердости при постоянной степени нагружения с уменьшением диаметра шарика [1, 3];

2) увеличение фиксируемой твердости с ростом испытательной нагрузки при постоянном диаметре шарика [1, 3, 4]

Целью работы является определение основных критериев ответственных за проявление размерного эффекта при измерении твердости по Бринеллю.

Методы исследования. Связь размерного эффекта с параметрами индентирования шариком установлена с помощью энергетической модели [1–4] поз-

воляющей описать процесс через удельную работу пластической деформации протекающей в зоне вдавливания индентора.

Схема очага деформации возникающего при измерении твердости по Бринеллю показана на рисунке 1. Очаг деформации представляет собой конус скольжения *ACB* ограниченный линиями главных напряжений сдвига (*AC* и *CB*) и контактной поверхностью шарика. Внутри конуса скольжения материал образца пластически деформируется и находится в условиях неравномерного всестороннего сжатия.

Размерный эффект первого вида исследовался на примере измерений твердости образцовой меры *201 НВ 2,5/187,5* [1, 3, 5].

Работа пластической деформации при вдавливании шарика определялась по формуле, *Дж*

$$A = p \cdot V \cdot 10^{-3}, \qquad (1)$$

где $p = F/S$ – удельное давление на контактной поверхности индентора, *МПа*,

где $S = \pi \cdot D \cdot h$ – площадь контактной поверхности индентора (рис. 1), *мм*^{2};

$V = \pi h\left(0{,}75d^2 + h^2\right)\Big/6$ –смещенный объем металла, *мм*^{3}.

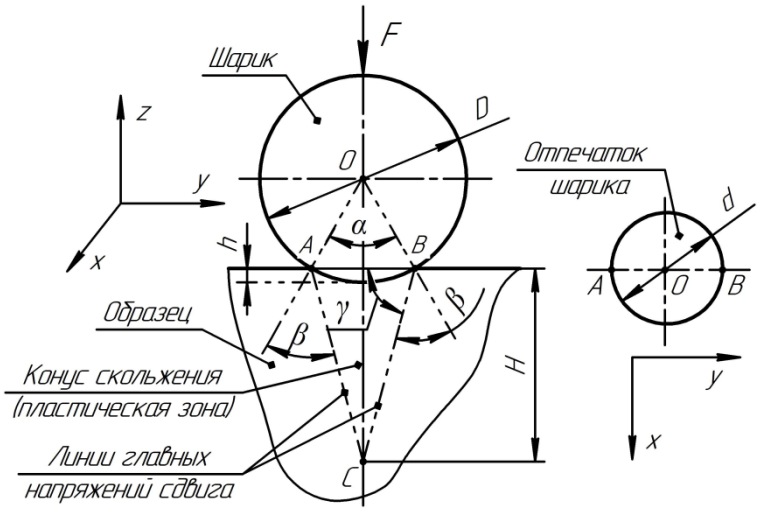


Рисунок 1. Схема очага деформации: *F* – испытательная нагрузка; *D* – диаметр шарика; *d* – диаметр отпечатка шарика [1, 3, 4]

Объем пластической зоны ограниченный конусом скольжения *ACB* (рис. 1) определялся по формуле, *мм*^{3}

$$V_П = \frac{1}{3} \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot H - V\,. \qquad (2)$$

где $H = d \cdot tg\gamma/2$ – высота конуса скольжения *ABC,*

где $\gamma = 90^0 - \beta + \alpha/2$,

где $\beta = 45^0$ – угол наклона линий главных напряжений среза к нормали поверхности индентора,

где $\alpha = 2arcSin\left(d/D\right)$ – угол контакта шарика.

Удельная работа пластической деформации при вдавливании шарика определялась по формуле, *Дж/мм*^{3}

$$A_V = A/V_C\,, \tag{3}$$

Расчетные параметры процесса вдавливания шариков разного диаметра даны в таблице 1.

Размерный эффект второго вида исследовался на примере измерений твердости образцов изготовленных из отожженной стали *20* вдавливанием шарика диаметром *D=10 мм* при различных испытательных нагрузках в диапазоне от *250* до *3000 кгс*. Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 1

Параметры процесса вдавливания шарика различного диаметра *D* при постоянной степени нагружения $F/D^2 = 30$ *кгс/мм*^{2} [1, 3, 5]

D, мм	*F, кгс*	*d, мм*	*d/D*	*HB, кгс/мм*^{2}	A_V, *Дж/мм*^{3}
0,4	*4,8*	*0,158*	*0,395*	*235*	*0,326*
1,0	*30*	*0,410*	*0,410*	*217*	*0,300*
1,588	*75,7*	*0,66*	*0,416*	*211*	*0,290*
2,0	*120*	*0,84*	*0,420*	*207*	*0,285*
2,5	*187,5*	*1,055*	*0,422*	*205*	*0,282*
5,0	*750*	*2,12*	*0,424*	*203*	*0,279*
10,0	*3000*	*4,25*	*0,425*	*201*	*0,276*

Таблица 2

Параметры процесса вдавливания шарика постоянного диаметра *D = 10 мм* при изменении испытательной нагрузки

F, кгс	*d, мм*	*HB, кгс/мм*^{2}	A_V, *Дж/мм*^{3}	ε	A_V/ε
250	*1,85*	*95*	0,098	0,065	1,496
500	*2,45*	*103*	0,127	0,077	1,647
1000	*3.35*	*110*	0,153	0,086	1,785
1250	*3,65*	*113*	0,160	0,086	1,855
1500	*4,0*	*114*	0,159	0,085	1,867
2000	*4,50*	*118*	0,157	0,081	1,928
2500	*4,90*	*122*	0,151	0,076	1,999
3000	*5,30*	*126*	0.140	0,068	2,045

Дополнительно определялась степень деформации материала в пластической зоне очага деформации (рис. 1)

$$\varepsilon = \ln \frac{H}{H - h}. \quad (4)$$

И отношение удельной работы к степени деформации A_V / ε.

Результаты исследований. Результаты представленные в таблице 1 показывают пропорциональное увеличение твердости *HB* и удельной работы A_V с уменьшением диаметра шарика *d*. При этом интенсивность изменения *HB* и A_V в зависимости от диаметра *d* практическая одинаковая. Результаты представленные в таблице 2 показывают пропорциональное увеличение твердости *HB* от отношения A_V / ε.

Выводы. Удельная работа пластической деформации при индентировании шариком и отношение A_V / ε могут быть использованы для количественной оценки размерного эффекта и величины твердости материала. Результаты исследования могут быть использованы для повышения точности измерения твердости шариковым индентором.

Библиографический список

1. Udalov A. A., Parshin S. V., Udalov A. V. Indentation size effect during measuring the hardness of materials by pyramidal indenter // Materials Today: Proceedings. 2019. Vol. 19. No. 5. P. 2034–2036. URL: https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.07.068 (accessed: 02.04.2024).

2. Udalov A. A., Udalov A. V., Parshin S. V. Indentation Size Effect during Measuring the Hardness of Materials by Spherical Indenter // Solid State Phenomena. 2020. Vol. 299. P. 1172–1177. URL: https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/ssp.299.1172 (accessed: 02.04.2024).

3. Udalov A. V., Udalov A. A. Indentation size effect and hardness of materials // E3S Web of Conference. 2023. Vol. 431. Art. 06025. URL: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343106025 (accessed: 02.04.2024).

4. Удалов А. В. Исследование влияния испытательной нагрузки на размерный эффект при измерении твердости материалов сферическим индентором // Черные металлы. 2020. № 9. С. 62–67. URL: http://www.rudmet.ru/journal/1952/article/32950/ (дата обращения: 02.04.2024).

5. Матюнин В. Н., Демидов А. В., Юзиков Б. А. Влияние масштабного фактора на результаты определения макротвердости материалов методом Бринелля // Технология металлов. 2008. № 8. С. 49–51.

Твердость конструкционных сталей без учета упрочнения в процессе статического индентирования

Удалов Александр Викторович[a], кандидат технических наук, доцент, доцент
Норин Евгений Георгиевич[b], студент
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: общим недостатком способов измерения твердости методами статического индентирования (по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу и др.) является фиксация твердости с учетом упрочнения стали вызванного вдавливанием индентора, т. е. фиксируемая твердость всегда значительно отличается от истинного значения. При этом степень отклонения от истинного значения зависит от интенсивности упрочнения стали и предлагаемой шкалы твердости. Предложен способ определения твердости без учета упрочнения стали, позволяющий повысить точность измерения.

Ключевые слова: твердость, размерный эффект, степень деформации, упрочнение, сопротивление деформации.

Введение. Методы статического индентирования [1–4] объединяет один общий недостаток. В результате измерения фиксируется твердость материала упрочненного вдавливанием индентора. Упрочнение материала в зоне индентирования приводит к различным проявлениям размерного эффекта [5–8], который в значительной степени затрудняет определение истинной твердости. Во всех рассмотренных случаях проявления размерного эффекта фиксируемая твердость монотонно изменяется в зависимости от сопротивления деформации, что может быть связано только с упрочнением материала в процессе вдавливания индентора. Поэтому, в процессе измерения твердости необходимо исключить влияние упрочнения материала вызванного вдавливанием индентора. Целью рабоы является разработка способа позволяющего определять твердость без учета упрочнения материала при индентировании, что позволит максимально приблизить ее значение к истинному.

Методы исследования. Экспериментально и теоретически [9–12] установлена линейная зависимость между твердостью и сопротивлением деформации (пределом текучести) материала

$$\sigma_{Sf} = \sigma_{S0} \cdot \frac{HV_f}{HV_0}, \qquad (1)$$

где σ_{S0}, σ_{Sf} – предел текучести исходного (неупрочненного) и упрочненного материала; HV_0 и HV_f – твердость по Виккерсу исходного и упрочненного материалов, соответственно.

Используя зависимость (1) получена формула для определения твердости без учета упрочнения материала при индентировании [7, 13, 14]:

$$H_0 = \frac{\sigma_{S0}}{\sigma_{Sf}} \cdot H_f , \qquad (2)$$

где H_0 – твердость без учета упрочнения (истинная твердость);

σ_{S0} – предел текучести исходного материала (неупрочненного индентированием);

σ_{Sf} – сопротивление деформации материала с учетом упрочнения в зоне индентирования;

$H_f=F/S$ – твердость с учетом упрочнения в зоне индентирования.

где S – площадь восстановленного отпечатка после снятия испытательной нагрузки F.

В формуле (2) твердость заменена более общими обозначениями H_0 и H_f.

Определение твердости по формуле (2) выполнено по результатам измерения твердости для предварительно упрочненных образцов из стали 20 [13, 14]. Результаты расчета параметров представлены в таблице 1.

С целью оценки влияния упрочнения материала на истинную твердость был определен следующий коэффициент (табл. 1):

$$\Delta H = \frac{H_f - H_0}{H_0} \cdot 100\% . \qquad (3)$$

Таблица 1

Твердость и сопротивление деформации образцов из стали 20 при различных степенях предварительного упрочнения [13, 14]

ε	H_f, *кгс/мм²*	σ_{S0}, *МПа*	σ_{Sf}, *МПа*	H_0, *кгс/мм²*	ΔH, %
	средняя	среднее			
0	122	280	493	70,0	74
0,1	200,6	460,0	517	178	12,7
0,18	215,8	494,0	532	200	8
0,22	221,3	507,8	539	208	6,4

Окончание табл. 1

ε	H_f, *кгс/мм²*	σ_{S0}, *МПа*	σ_{Sf}, *МПа*	H_0, *кгс/мм²*	ΔH, %
	средняя	среднее			
0,25	226,2	519,0	544	215	5,2
0,34	236	540,6	555	229	3
0,45	241	551,3	569	233	3

Примечание: Твердость H_f в таблице равна твердости по Виккерсу измеренной при нагрузке *5 кгс*, т. е. H_f=HV_f5. Степень деформации предварительного упрочнения ε определялась по результатам испытания цилиндрических образцов на сжатие. Напряжение σ_{S0} – сопротивление деформации материала после предварительного упрочнения сжатием (до измерения твердости)

Результаты. Истинная твердость H_0 существенно меньше значений полученных в результате измерения твердости H_f по стандартным методикам (табл. 1). Разница между параметрами H_0 и H_f интенсивно уменьшается с увеличением предварительного упрочнения материала ε. При $\varepsilon \geq 0,34$ влияние упрочнения вызванного индентированием становится сопоставимым с погрешностью измерения твердомерами и поэтому практического значения не имеет.

Выводы. Предложенный способ определения истинной твердости H_0 позволяет исключить влияние упрочнения материала при вдавливании индентора и, следовательно, влияние размерного эффекта проявляющегося при изменении условий индентирования. Результатом является повышение точности измерения твердости, что позволит назначать материал деталей в большей степени соответствующий условиям эксплуатации.

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 6507-1-2007. Металлы и сплавы. Измерение твердости по Виккерсу. Часть 1. Метод измерения : действ. с 01.08.2008. М., 2008. URL: ГОСТ Р ИСО 6507-1-2007, скачать ГОСТ Р ИСО 6507-1-2007 (gostexpert.ru) (дата обращения 03.04.2024).
2. ГОСТ 9012-59. Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю : действ. с 01.01.1960. М., 2007. URL: ГОСТ 9012-59, скачать ГОСТ 9012-59 (gostexpert.ru) (дата обращения 03.04.2024).
3. ГОСТ 9013-59. Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу : действ. с 01.01.1960. М., 2001. URL: ГОСТ 9013-59, скачать ГОСТ 9013-59 (gostexpert.ru) (дата обращения 03.04.2024).
4. ГОСТ Р 8.748-2011 Государственная система обеспечения единства измерений. Металлы и сплавы. Измерение твердости и других характеристик материалов при инструментальном индентировании. Часть 1. Метод испытаний : действ. с 01.05.2013. М., 2013. URL: ГОСТ Р 8.748-2011, скачать ГОСТ Р 8.748-2011 (gostexpert.ru) (дата обращения 03.04.2024).
5. Udalov A. A., Parshin S. V., Udalov A. V. Indentation size effect during measuring the hardness of materials by pyramidal indenter // Materials Today: Proceedings. 2019. Vol. 19. No. 5. P. 2034–2036. URL : https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.07.068 (accessed: 02.04.2024).

6. Udalov A. A., Udalov A. V., Parshin S. V. Indentation Size Effect during Measuring the Hardness of Materials by Spherical Indenter // Solid State Phenomena. 2020. Vol. 299. P. 1172–1177. URL: https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/ssp.299.1172 (accessed: 02.04.2024).

7. Udalov A. V., Udalov A. A. Indentation size effect and hardness of materials // E3S Web of Conference. 2023. Vol. 431. Art. 06025. URL: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343106025 (accessed: 02.04.2024).

8. Исследование влияния испытательной нагрузки на размерный эффект при измерении твердости материалов сферическим индентором / А. В. Удалов // Черные металлы. 2020. № 9. С. 62–67. URL: http://www.rudmet.ru/journal/1952/article/32950/ (дата обращения 03.04.2024).

9. Пат. RU 2 731 034, МПК G01N 3/42, № 2018 138 017. Способ определения сопротивления деформации металлических материалов при индентировании четырехгранной пирамидой : заяв. 30.08.2019 : опубл. 28.08.2020. Бюл. № 25 / А. В. Удалов, А. А. Удалов.

10. Пат. RU 2 724 353, МПК G01N 3/42, № 2019 127 607. Способ определения сопротивления деформации металлических материалов при индентировании конусом : опубл. 23.06.2020 : заяв. 29.10.2018. Бюл. № 18 / А. В. Удалов, А. А. Удалов.

11. Пат. RU 2 703 808, МПК G01N 3/42, № 2018 138 017. Способ определения сопротивления деформации металлических материалов : заяв. 29.10.2018 : опубл. 22.10.2019. Бюл. № 30 / А. А. Удалов, А. В. Удалов.

12. Удалов А. В., Паршин С. В., Удалов А. А. Определение сопротивления деформации металлов и сплавов методом внедрения индентора // Деформация и разрушение материалов. 2019. № 4. С. 40–44.

13. Пат. RU 2 769 646, МПК G01N 3/40, № 2021120782. Способ определения твердости металлических материалов : заяв. 14.07.2021 : опубл. 04.04.2022. Бюл. № 10 / А. В. Удалов, А. А. Удалов.

14. Новый способ определения истинной твердости конструкционных сталей / А. В. Удалов, А. А. Удалов // Черные металлы. 2022. № 1. С. 52–56. URL: https://doi.org/10.17580/chm.2022.01.08 (дата обращения 03.04.2024).

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Анализ напряженно-деформированного состояния стыка сборных железобетонных элементов с использованием соединительных муфт

Ашихмин Станислав Эдуардович[a], аспирант
Тюкалов Юрий Яковлевич[b], доктор технических наук, доцент
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: сборные железобетонные конструкции – это один из основных способов возведения зданий и сооружений в разных областях. В данной работе рассматривается ступенчатый узел с использованием соединительных муфт. Такой узел позволяет ускорить процесс монтажа соединения с 28 дней (время набора прочности бетона) до 60 минут. Научная цель данной работы заключается в исследовании напряженно-деформированного состояния стыка сборных железобетонных элементов, при котором используются соединительные муфты. При проведении расчетов в программном комплексе «ЛИРА-САПР» было установлено, что прочность и жесткость предложенного соединения составной железобетонной балки соответствует требованиям нормативных документов. Областью применения таких соединений сборных железобетонных элементов является сборное железобетонное строительство.

Ключевые слова: сборные железобетонные конструкции, соединительные муфты, физическая нелинейность, резьбовые соединения.

Введение. Сборные железобетонные конструкции используются повсеместно. Преимущественно такие конструкции имеют соединения с использованием бетона, а стальные соединения, в том числе и винтовые только развиваются. В [1, 2] автор сообщает о новых способах монтажа сборных железобетонных конструкций с использованием стальных петель и винтовых соединений. Численный эксперимент с учётом физической нелинейности это основополагающий метод исследования в данной работе, такой же, как и в [3]. Автор в статье [4] описывает инновационный метод резьбовых соединений стальной арматуры с помощью стальных реек и стопорных гаек в теле бетона. Комбинированные конструкции всё чаще исследуются, для уменьшения сроков и трудозатрат на строительство здания, пример сталежелезобетонных элементов приведен в статье [5].

Проблема данного исследования заключается в разработке быстровозводимых соединений сборных железобетонных элементов с использованием соединительных муфт. Целью исследования – анализ напряженно-деформированного состояния стыка сборных железобетонных элементов с использованием

соединительных муфт с учетом физической нелинейности бетона и стальной арматуры. Задачами исследования является:

– расчет балок методом конечных элементов с учетом физической нелинейности и использованием плоских конечных элементов, построить графики зависимости деформаций рассматриваемых балок от перемещения и нагрузки;

– выполнить сравнение и анализ напряженно-деформированного состояния сборной и монолитной железобетонных балок.

Методы исследования. Исследование выполняется с помощью программного комплекса «ЛИРА-САПР», объектом исследования являются сплошная и составная железобетонные балки (рис. 1).

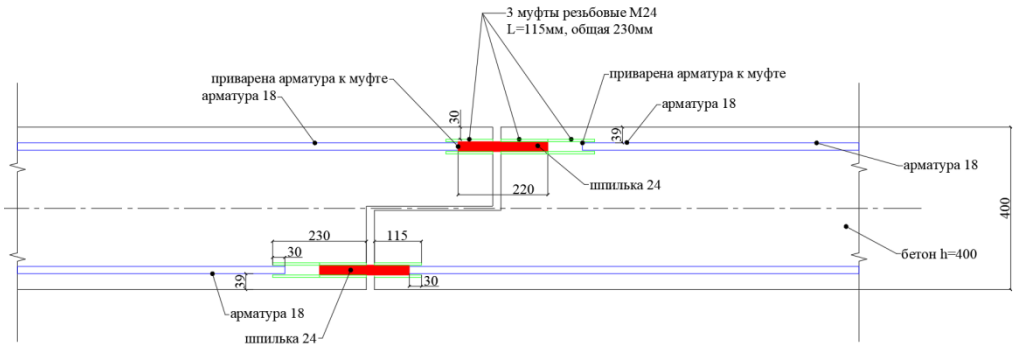


Рисунок 1. Схема составной железобетонной балки

Соединение двух железобетонных балок производится путём бетонирования стальных резьбовых муфт в них с последующим вкручиванием шпильки. Параметры железобетонных балок представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики железобетонной балки

Длина, мм	Глубина, мм	Высота, мм	Бетон	R0 бет., кН/м3	Арматура	R0 арм., кН/м3
5600	200	400	B30	25	Ø 18 AIII	75

Для бетона и арматуры использовались нелинейные диаграммы напряжение-деформация.

На балку прикладывается две нагрузки. Первая – нагрузка от плиты перекрытия, вторая – разрушающая нагрузка принятая 50кН/м. Данные загружения в расчетной схеме представлены равномерно-распределённой нагрузкой, при-

ложенной к верхней поверхности балки. В боковых узлах балки исключены перемещения по осям X, Y, Z.

Нагружение выполнялось поэтапно. Сначала прикладывалась нагрузка от плиты перекрытия, затем – заданная полезная нагрузка. Нелинейный расчет выполнялся с помощью шагового алгоритма, количество шагов на каждую нагрузку принято равным 10.

Результаты исследования, их обсуждение. На рисунке 2 представлены деформированная схема и схема напряжения в бетоне вдоль оси X при заданной нагрузке.

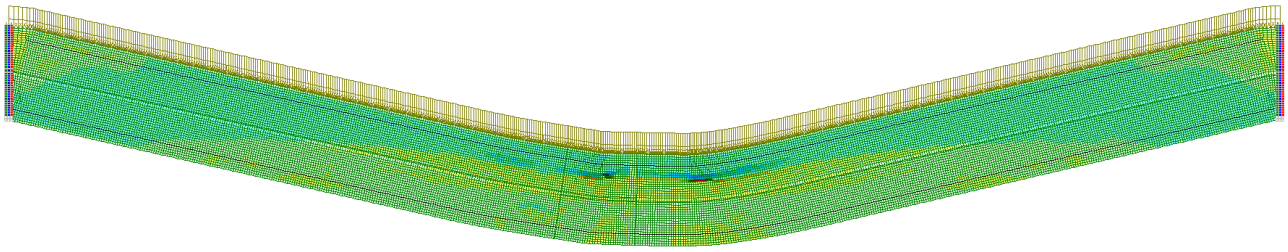


Рисунок 2. Схема напряжение бетона вдоль оси X при заданной нагрузке

По результатам расчеты, были построены графики зависимости перемещения точки C на рисунке 1, при увеличении нагрузки (рис. 3 и 4).

Анализ результатов показывает, что предложенный вариант соединения сборных железобетонных элементов может применяться для конструкций для уменьшения сроков монтажа.

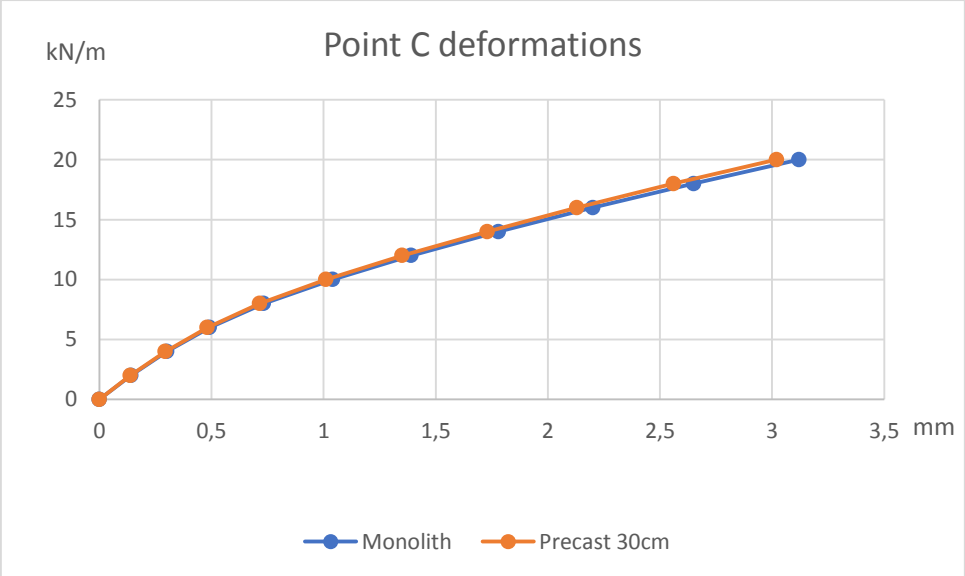


Рисунок 3. График зависимости перемещения точки C от величины полезной нагрузки

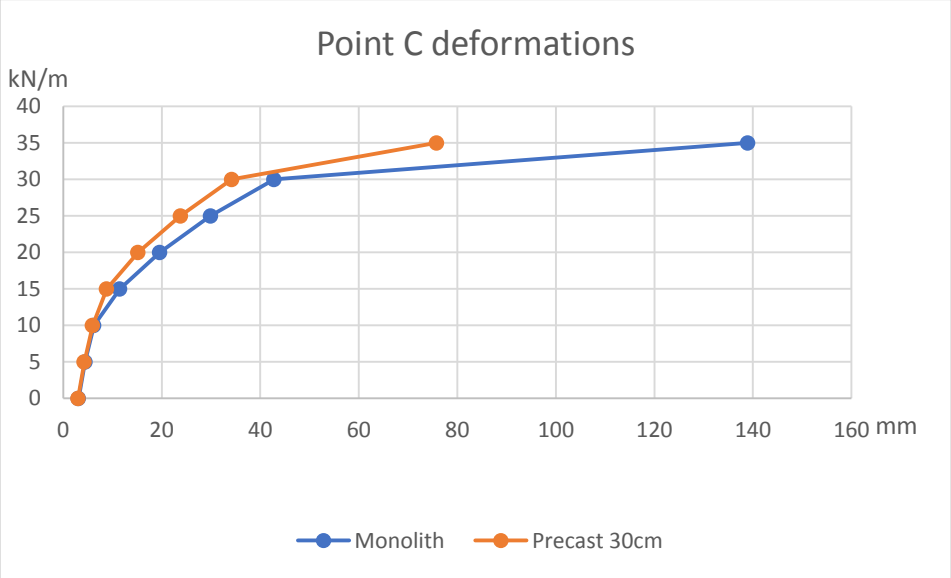


Рисунок 4. График зависимости перемещения точки С от величины полезной нагрузки

Выводы. Прочность и жёсткость составной железобетонной балки с использованием соединительных муфт удовлетворяют требованиям нормативных документов.

Область применения таких соединений сборных железобетонных элементов являются сборные железобетонные каркасы в том числе и в области строительства жилых зданий.

Библиографический список

1. Технология и энергетическая эффективность монтажа сборных элементов строительных систем / Г. М. Бадьин, С. А. Сычев, А. Аль-Хабиб [и др.] // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 7. С. 54–60.

2. Активные элементы пассивных и энергоэффективных методов монтажа железобетонных элементов / С. А. Сычев, А. А. Аль Хабиб, А. Абасс, Д. Т. Курасова // Инженерный вестник Дона. 2022. № 4(88). С. 475–486.

3. Ашихмин С. Э., Тюкалов Ю. Я. Расчет арочного моста с учетом физической нелинейности. Межотраслевые исследования как основа междисциплинарности наук. СПб. : ГНИИ «Нацразвитие», 2022.

4. Геркен Ашык, Х. Анализ растягивающих усилий инновационного метода соединения арматуры // Инженерные исследования. 2022. № 2(7). С. 22–27.

5. Туснин А. Р. Численный расчет сталежелезобетонных конструкций // Строительство: наука и образование. 2022. Т. 12. № 1. С. 61–73.

Современное образование и творческие концепции в архитектуре и градостроительстве

Безверхов Геннадий Михайлович,
кандидат архитектуры, доцент, почетный профессор,
Вятский государственный университет, Киров

Аннотация: Статья посвящена разработанной на кафедре архитектуры и градостроительства ВятГУ методике включения научных исследований объектов градостроительства, историко-архитектурного наследия и современных зданий для концептуального проектирования по направлениям подготовки «Градостроительство» и «Строительство».

Ключевые слова: архитектурно-строительное образование, научные методы УИРС и НИРС, концептуальное проектирование, методика преподавания.

Введение. Общественное призвание архитектуры и градостроительства состоит в создании и обеспечении функционирования и развития материально-пространственной среды жизнедеятельности, воплощающей общественные идеалы и ценности, способствующей реализации социально-экономической и научно-технической стратегии общественного развития. Эта основополагающая социальная функция архитектуры служит, с одной стороны, основой профессионального образования и формирования исходных для развития теоретических и творческих концепций в архитектуре и градостроительстве, а с другой – определяет основу формирования профессионального мировоззрения и понимания профессионального труда.

Разработка проблем архитектурно-строительного образования, развитие архитектурно-градостроительных исследований и архитектурных концепций актуально именно в настоящее время для реализации современной архитектурно-строительной науки и практики.

Методы исследования. Анализ архитектурно-строительного образования и многолетняя педагогическая деятельность выявили ряд основных методов исследования и проектирования: научный метод освоения современности, метод аналогий, визуальный анализ, метод архитектора – синтез творческих методов художника, ученого, инженера, метод экспериментального проектирования и макетирования, разработка проектной концепции.

Результаты исследования. Доминирующими принципами и инновационными методами современного архитектурно-строительного образования являют-

ся: обучение на основе курсового и дипломного проектирования научной или реальной тематики, обучение в УИРС и на основе НИР творческого коллектива.

Методика предусматривает структуру курсовых работ и проектов от простых к более сложным в зависимости от разделов дисциплин «Архитектура» и «Градостроительство» по семестрам и курсам, от уровня подготовки студента и разделяет учебное проектирование на этапы, которые отвечают закономерностям мыслительного и творческого процесса создания проектной концепции. Методика предполагает учебно-исследовательские и организационные формы, способствующие единству общетеоретического, научно-технического и архитектурно-строительного проектирования.

Дипломный проект (ВКР – выпускная квалификационная работа) – синтез общетеоретической, методической, научно-технической и архитектурно-графической подготовки студента, проявление навыков и способностей к аналитической исследовательской деятельности, научному обобщению результатов архитектурно-строительной науки и практики, результат подготовки в области объемно-планировочного и пространственного проектирования.

Научные методы организации дипломного проектирования по спецкурсам «Архитектура», «Градостроительство» определяются реальной тематикой заданий органов архитектуры и градостроительства Кировской области, г. Кирова, проектных организаций и содержат два основных раздела:

Исследовательский раздел, в ходе которого студент должен:

– собрать исходный материал по утвержденной теме;

– проанализировать актуальность и оценить архитектурно-строительное состояние темы;

– составить реферат с включением всего исходного материала, характеризующего историю формирования и современного состояния исследуемого современного объекта или возможности сохранения и использования объекта градостроительного наследия, рекомендуемых функций и методов строительства, реконструкции или реставрации. Реферат иллюстрируется фотографиями, чертежами, архивными документами, аналитическими схемами и другими наглядными материалами;

– графические данные исследования представляются на чертеже «Научные исследования», который выносится на исходный чертеж дипломного проекта.

Проектный раздел, в ходе которого на основании произведенного исследования, оценки историко-художественных, градостроительных и архитектурно-строительных качеств разрабатываются вариантные решения архитектурно-строительного проекта нового объекта или реконструкции объекта наследия.

Текстовая часть архитектурно-строительного раздела дипломного проекта призвана дать всестороннее обоснование авторских предложений, раскрыть методику исследований, основную градостроительную и архитектурную концепцию, а также обосновать правильность решений основных архитектурно-композиционных, инженерно-технических и экономических вопросов проектирования, логически дополнить графическую часть проекта.

Многоуровневая система образования в подготовке архитектурных и строительных специальностей должна обеспечить активное участие студентов на всех уровнях в НИР и при разработках дипломных проектов бакалавров, специалистов и диссертационных исследованиях магистров.

В связи с этим на кафедре архитектуры и градостроительства ВятГУ разработана и внедрена методика включения научных исследований объектов градостроительства, историко-архитектурного наследия и современных зданий для концептуального проектирования по направлениям подготовки «Градостроительство» и «Строительство».

Творческая концепция ориентировочно определяется как индивидуальная реализация творческого метода, определяемая своеобразием и особенностями профессионального образования. Творческая направленность в архитектуре и градостроительстве определяется как общая концепция развития архитектуры, соответствующая социальному заказу.

Кафедра архитектуры и градостроительства ВятГУ в совокупности учебных дисциплин рассматривает архитектурно-строительное образование как целостную систему подготовки и воспитания бакалавров строителей и градостроителей.

Творческая деятельность студента-бакалавра требует, с целью поиска новых архитектурных и инженерных концепций, расширения информации о новых научных и технических методах, современных достижений и инноваций в области конструкций, строительных методов и материалов.

Архитектурно-композиционная подготовка направлена на освоение студентами основ архитектурного проектирования, графической грамоты, различных видов архитектурной графики и изобразительного искусства.

Макетирование видов объемно-пространственной композиции развивает композиционные способности студентов, воображение и объемно-пространственные представления.

Методика преподавания использует современную кибернетическую интерпретацию известных учебному проектированию связей и раскрывает принципы и способы применения информационных методов в курсовом проектировании и экспериментально-исследовательского метода в дипломном проектировании.

Выводы. Современное архитектурно-строительного образование будущих бакалавров и магистров состоит в том, чтобы полностью реализовать творческие возможности студентов, установить равновесие между их интеллектуальным развитием и стремлением к научной, проектно-строительной и градостроительной деятельности, воспитать в них необходимые высокие качества характера и сформировать градостроительное мировоззрение.

Библиографический список

1. Бархин Б. Г. Методика архитектурного проектирования. М. : Стройиздат, 1982. С. 80–188.

2. Безверхова Л. Б. Архитектурный студенческий центр // Научно-педагогический журнал МОН РФ, 3/06. М., 2006. С. 83–86.

3. Безверхов Г. М. Архитектурное образование в подготовке инженера-строителя // Сб. материалов XXIX научно-методической конференции. Киров : ВятГУ, 2003.

4. Безверхов Г. М. Состояние и перспективы УИРС и УНИРС на кафедре архитектуры и градостроительства ВятГУ // Сб. материалов XXX научно-методической конференции. Киров : ВятГУ, 2004.

5. Организация научной деятельности молодых учёных и студентов в высшем учебном заведении / ГАУ. М., 1997. 349 с.

История строительства архитектурного ансамбля Губернских Присутственных мест в г. Вятке

Брызгалова Ксения Валерьевна[a], старший преподаватель,
Пономарева Елизавета Дмитриевна[b], студент
Филиппова Марина Сергеевна[c], студент
Вятский государственный университет [a, b, c], Киров

Аннотация: настоящее исследование посвящено актуальным вопросам сохранения памятников архитектуры в год 650-летия города Хлынова – Вятки – Кирова. Целью данной статьи является теоретическое исследование по истории строительства архитектурного ансамбля конца XVIII века. В статье рассматриваются основные этапы его архитектурно-планировочного формирования, выявляются объемно-планировочные и архитектурно-композиционные особенности. На основе архивных и историко-градостроительных изысканий, включающих натурное обследование, фотофиксацию исторической застройки, изучение аналогов, архивных документов, старинных фотографий, определяется значимость сохранения памятника архитектуры регионального значения в исторической среде города. По результатам исследования выполнены макет и концептуальный проект реконструкции, которые, несомненно, станут первым шагом к возрождению уникального архитектурного ансамбля первого губернского архитектора Ф. М. Рослякова.

Ключевые слова: Губернские Присутственные места, архитектурный ансамбль, Вятка, архитектор Ф. М. Росляков.

Введение. Актуальность исследования по истории архитектуры особенно очевидна в настоящее время в условиях активного преобразования исторических поселений. Изучение историко-архитектурного наследия конкретного региона, города Кирова, позволят выявить местные особенности застройки и прогнозировать перспективы современной градостроительной практики.

Методы исследования. Методика исследования основана на архивно-исторических и историко-градостроительных изысканиях, включающих натурное обследование и фотофиксацию исторической застройки, сравнение аналогов, изучение архивных документов и чертежей, старинных фотографий. Для определения масштаба и изучения пропорций применяется метод моделирования.

Результаты исследований. В связи с губернской реформой XVIII века в России было создано 20 новых губерний. По указу Екатерины II Специальная Комиссия о строении городов С.-Петербурга и Москвы разработала новые генеральные планы для 416 уездных и губернских городов по принципу регулярности. В 1784 году по «Плану Вятского наместничества городу Хлынову, назначенному быть губернским городом» было определено место для размеще-

ния Губернских Присутственных учреждений вновь образованной Вятской губернии – это часть территории, прилегающей к реке Вятке на южном берегу Раздерихинского оврага [1].

Проект ансамбля Присутственных мест из четырех каменных зданий был составлен архитектором Ф.М. Росляковым в 1787 году.

Филимон Меркурьевич Росляков (1758–1806) – ученик школы архитектора Василия Кафтырева, последователя именитого архитектора Д. В. Ухтомского. Первый Вятский губернский архитектор, автор зданий и сооружений различного назначения. В его послужном списке 128 проектов церквей и более 800 проектов жилых домов для городов и сел Вятской губернии. Реализовывал первые регулярные планы городов Вятской губернии в натуре [2].

В основу проекта Присутственных мест Вятки легли более ранние проекты архитектора А. В. Квасова для городов Казани и Твери, ставшие образцовыми для многих провинциальных городов России. Творческая переработка этих проектов с учётом местных условий стала первой большой работой архитектора Ф. М. Рослякова в Вятке.

Два каменных двухэтажных корпуса Присутственных мест были построены в 1790 году. Архитектор разместил здания на важном градостроительном участке городского центра около древней Пятницкой церкви (1712 г.) с уникальной шатровой колокольней и Преображенского девичьего монастыря (начало строительства – 1699 г.). Главными протяженными фасадами здания Присутственных мест были сориентированы на набережную р. Вятки и органично вписались в многослойную панораму города с реки, зрительно связав разновременные вертикали древних храмов в цельную архитектурную картину.

Из-за недостатка средств в бюджете Вятской губернии, были построены только два корпуса из задуманных четырех, а на освободившемся месте в 1824 году был заложен Александровский сад. Таким образом, архитектурный ансамбль Присутственных мест стал границей городского сада с реки [1].

Оба здания построены на глубоких подвальных этажах, перекрытых мощными цилиндрическими сводами с затяжками из брускового железа. Пере-

крытия вторых этажей плоские, по деревянным балкам. Южный корпус имеет дополнительный антресольный этаж на западном фасаде, ставший образцом при постройке домов вятского купечества. При строительстве зданий широко использовались изделия Холуницких железоделательных заводов Вятской губернии: чугунные плиты для пола, литые ажурные детали лестниц и крылец, контурные связи сводов, решётки ограждений, кровельное железо.

Ансамбль выполнен в духе провинциального классицизма с мастерски выверенными пропорциями, поэтому его фасады сдержаны и просты. Неглубокие ризалиты, гладкие пилястры и ниши-кассеты, в которых размещены окна и квадратные ширинки, зрительно вытягивают фасады. Окна декорированы плоскими рамочными наличниками с замковыми камнями и без них. Широкие профилированные карнизы, усиленные сухариками в ризалитах, торжественно завершают композицию фасадов.

Планировка анфиладного типа соответствовала назначению и времени строительства архитектурного ансамбля. Оба этажа разделены продольной и поперечными капитальными стенами на отдельные изолированные блоки помещений для разных служб.

В зданиях размещались правительственные учреждения Вятской губернии: правление с канцелярией, казённая палата, казначейство, палата уголовных и гражданских дел, суды, приказ общественного презрения, первая типография и другие.

В 1806 году архитектор Ф. М. Росляков умер и работу по зданиям Присутственных мест продолжили его последователи – вятские архитекторы М. П. Кисельников, Н. А. Андреевский (Проекты приспособления зданий под новые службы), И. Д. Дюссар де Невиль, А. Г. Тимофеев и И. Т. Соловкин (Проект объединения корпусов вставкой 1838–1839 гг.), И. А. Костарев (Проект по замене конструкций крыши 1842 г.) [4].

Неоднократные перестройки, ремонты, приспособления зданий под новые учреждения не затронули основных конструкций. В северном корпусе, перестроенном в 1973 году под Дом культуры «Строитель» по проекту архитек-

тора Е. А. Дика, появилась сценическая коробка, возвышающаяся над первоначальным объёмом здания [3].

В настоящее время архитектурный ансамбль Присутственных мест является объектом культурного наследия регионального значения. Ансамбль имеет существенную историко-градостроительную и архитектурно-художественную ценность, а его сохранение и реконструкция являются необходимым и единственно правильным решением в современной градостроительной практике.

Выводы. По результатам исследований собрана информация для сохранения и популяризации архитектурного ансамбля конца XVIII века в исторической среде старинного города: изучена история возникновения и выявлены этапы планировочного формирования; дана архитектурная характеристика; установлено авторство; определена значимость. Выполнен макет в масштабе 1:100 из белого макетного картона и концептуальный проект реконструкции, которые несомненно станут первым шагом к возрождению уникального архитектурного ансамбля Присутственных мест в юбилейный год 650-летия города Кирова – Вятки – Хлынова.

Библиографический список

1. Памятники истории и культуры города Кирова : справочник / под ред. М. Н. Бойчук. Горький, 1986. 175 с.

2. Энциклопедия земли Вятской 6 в 10 т. Т. 5. Архитектура. Киров, 1996. 383 с.

3. Вятка. Памятники и памятные места. Киров, 2002. 255 с.

4. КОМК ВР-35 ЛС. Проекты приспособления зданий Присутственных мест в г. Вятке под новые службы. Архитектор Н. А. Андреевский.

К вопросу обучения проектной деятельности студентов ФСА Политехнического института

Дружкова Наталья Владимировна, доцент
Вятский государственный университет, Киров

Аннотация: в статье раскрыта актуальность и особенности проектной деятельности студентов-строителей второго курса. Рассматриваются основные этапы проектирования над объектами. Даются рекомендации по процессу исследования материала, подготовке к защите проектов.

Ключевые слова: проектная деятельность, студенты, проект, метод проектов, учебный процесс, проблема, цель, задача.

Введение. В настоящее время к молодым специалистам предъявляются новые требования. Основной задачей высшего образования является подготовка конкурентоспособного специалиста, который сможет решить нестандартные профессиональные задачи, уметь проектировать востребованные здания и сооружения в современном обществе, использовать современные технологии [1].

Актуальным является формирование качеств мышления, внимания и памяти, которые позволят студентам усваивать информацию, разрабатывать собственные концепции и создавать современные проекты [2].

В обучении проектной деятельности использованы следующие методы:

– анализ научной литературы и источников по теме исследования. Студенты изучают аналоги архитектурных объектов в России и Европе, делают сравнительный анализ (историческая справка, архитектурно-композиционное решение, планировка, функциональное решение, строительные конструкции и строительные материалы);

– анкетный опрос. Студенты разрабатывают анкету, включают вопросы по теме, которая актуальна в области проектирования общественных зданий и пространств. Благодаря ответам появляется ясное представление о цели и задачах, решаемых в проекте;

– метод проектов, который является видом деятельности, позволяющий студентам раскрыть свои творческие возможности, применить знания, развить продуктивное мышление, умение планировать и добиваться поставленных целей, умение работать в команде.

В команде между студентами распределяются обязанности. Обязанности выстраивают этапы проектирования:

– получение задания (выбор темы). Планирование работы над проектом – обсуждение и составление графика работы учебного процесса;

– определение проблемы проекта. Студенты изучают полученный материал (общественные здания, благоустройство территории и т. д.) их практичность и значимость в настоящее время в современном обществе и пространстве. Применяют в определении проблемы проекта анкетный опрос;

– формулировка цели проекта. При проектировании архитектурных объектов и благоустройства территории, целью является-разработать грамотное функциональное, конструктивное и архитектурно-композиционное решение объектов;

– последовательное решение сформулированных задач. После определения цели, в команде между студентами распределяются задачи (топографическая съемка, замеры объекта, историческая справка объекта, изучение существующих чертежей, нормативной литературы, фотофиксация объекта, архитектурно-строительные чертежи, 3D-модель объекта). Групповая работа над проектом включает в себя метод проектов;

– работа с нормативной литературой. Изучение нормативной литературы при проектировании общественных зданий и сооружений, благоустройства территории главный этап в работе. Студенты изучают нормы и правила, применяют знания в процессе работы;

– изучение аналогов. Актуальность темы становится ясной, после рассмотрения и изучения архитектурных объектов в городах России и других странах. Студенты анализируют климатические условия, архитектурно-композиционное решение зданий, законы построения архитектурной композиции и конструкции зданий, строительные материалы;

– фотофиксация объекта. По заданию студенты выезжают на территорию проектируемого объекта, фотографируют панораму, «видовые точки», существующие здания, малые архитектурные формы, благоустройство территории, чтобы иметь полное представление;

– концептуальное решение. Студенты предлагают свою идею проекта, которая обозначается после предыдущих этапов проектирования. На этом этапе подключаются методы проектирования: функциональный, ассоциативный, образный и другие. Данные методы помогают развивать пространственное мышление, мотивацию к проектированию. Студенты креативно мыслят и проектируют интересные архитектурные объекты;

– эскизирование. В процессе работы студенты разрабатывают функциональную схему движения, планировку, эскизы архитектурно-композиционного решения объекта в нескольких вариантах. При обсуждении в команде делают выбор и разрабатывают конечный вариант;

– разработка архитектурно-строительных чертежей. Выполнение архитектурно-строительных чертежей (генеральный план, планы этажей, схемы плит перекрытий и фундаментов, разрезы зданий, фасады зданий, 3dмодель объекта и благоустройства территории);

– защита проекта. Защита в виде презентаций проходит в форме публичного выступления. Студенты знакомят аудиторию с результатами работы. После защиты слушатели обсуждают проекты и задают вопросы.

Проектная деятельность-дисциплина, благодаря которой студенты учатся решать цели и задачи, актуальные на сегодняшний день. Мыслить конструктивно, применять методы исследования для принятия решений и работы в команде.

Библиографический список

1. Алашеева С. А. Особенности реализации проектной деятельности студентов // Современный ученый. 2020. № 5.

2. Цирульникова Е. А. Особенности организации проектной деятельности в процессе профессиональной подготовки студентов педагогического вуза // Ученые записки Орловского государственного университета. 2021. № 4 (93).

3. Коноплев В. В., Якимович Е. П. Особенности формирования готовности к проектной деятельности у студентов педагогических направлений подготовки // Мир педагогики и психологии. 2021. № 3 (56).

Сравнение отечественной и зарубежной храмовой архитектуры на примере Центральной части России и Северной Америки

Нижегородцева Юлия Евгеньевна, старший преподаватель,
заместитель заведующего кафедрой
Дрофа Илья Валентинович[b], студент
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет
(Сибстрин)[a, b], Новосибирск

Аннотация: в данной статье производится сравнительный анализ одноименных зданий в Северной Америке и Центральной части России. Из выявленных отличительных особенностей в канонах православного строительства демонстрируются сходства и различия по сравнительным критериям.

Ключевые слова: храмовая архитектура, собор, типология, особенности.

Введение. Архитектура религиозных зданий является неотъемлемой частью культуры и истории каждой страны. Особенно это заметно в православных сооружениях, где каноны и традиции играют ключевую роль в создании уникальных храмов и церквей.

Целью исследования является выявление отличительных особенностей в строительстве православных соборов XIX века на территории Северной Америки и одноименных зданий в центральной части России.

Задачи исследования:

1). Сбор информации по канонам и правилам строительства православных соборов в России;

2). Анализ внешнего вида, внутреннего устройства, интерьеров, православных соборов на территории Северной Америки;

3). Изучение внутренних процессов в здании и устройства богослужения в каждом типе зданий;

4). Провести сравнительный анализ по разным аспектам православных соборов в Северной Америке и одноименным в России по следующим аспектам: внешний вид, внутреннее убранство, планировочное решение, расположение на территории, следование канонам и правилам, административное устройство и тд.

В религиозном зодчестве можно выделить следующую типологию зданий:

Храм – строение для совершения богослужения и таинств, главное из которых – литургия, во время которой верующие причащаются. В храме всегда

есть алтарь, в котором находятся престол, жертвенник, на которых и совершается литургия. Это может быть либо отдельно стоящее здание (как правило – с куполом и крестом), либо оно может находиться внутри большого корпуса или дома (домóвый храм).

Собор – главный (и большой) храм города или монастыря. Если в соборе постоянно служит местный епископ, то он называется кафедральным – то есть там находится епископская кафедра. Кафедрой иногда называют возвышение в центре храма, на котором стоит епископ, но на самом деле кафедра – это большое кресло, которое стоит в алтаре за престолом. Там епископ сидит в определенные моменты богослужений.

Церковь – у этого слова несколько значений. Первое – это собрание верующих людей, во главе которых находится Христос. Второе – это сообщество людей, верующих во Христа, имеющее свою иерархическую и организационную структуру. В самом узком смысле слова церковь – это синоним слова «храм»

Часовня – малый храм без алтаря, в котором не служат литургию (поэтому и алтаря нет). Но в часовне можно совершать другие богослужения, например, молебны, панихиды, часы (короткая служба-воспоминание страдания и смерти Христа). Отсюда и название.

В статье рассматриваются именно соборы, так как со стороны архитектуры и градостроительного расположения они имеют более характерные облики и расположение для выполнения сравнительного анализа. Тогда как церковь, часовня могут располагаться в глухой деревне или на окраине города.

Методы исследования. В ходе исследования использовался сравнительно-исторический метод для анализа развития православной архитектуры, архитектурно-аналитический метод для изучения конкретных религиозных зданий, изучение архивных материалов и определение степени влияния православных канонов на архитектуру в различных культурных контекстах. В заключение были систематизированы полученные данные, сформирован общий вывод о влиянии православных канонов на архитектуру.

Результаты исследований, их обсуждение

Собор Архангела Михаила на Аляске и одноименный собор в городе Сочи.

Рис. 1. Собор Архангела Михаил на Аляске

Собор Архангела Михаил на Аляске был построен в 1848 году, однако настоящий собор был реконструирован в 1976 году после пожара 2 января 1966 года. В плане последний Михайловский собор представляет собой греческий (равноконечный) крест с прирубленной с запада квадратной колокольней. Подобные композиционные приемы строительства деревянных храмов получили наибольшее распространение начиная с первой четверти XIX в. В 1841 г. В связи со специфическими местными условиями и отсутствием в миссии профессиональных архитекторов, строительство осуществлялось со значительным упрощением «образцового» проекта. Достаточно крупные прямоугольные окна высотой около одной сажени (2,13 м) явно выполнены в традициях русского ампира, но с упрощенным обрамлением. Своеобразные «американские черты» собор приобрел за счет башенных часов на колокольне и, как уже отмечалось, упрощения архитектурных деталей. Это было присуще церковным и гражданским сооружениям западноевропейской архитектуры, и проявление таких черт в русской церкви говорит о некотором влиянии культуры ближайших соседей – Британской и Испанской колоний. В связи с новыми требованиями пожарной безопасности деревянный материал собора был заменен на железобетон с виниловой отделкой, имитирующей деревянный горизонтальный руст. Деревянное покрытие крыши заменили на рубероидную плитку и только интерьерные решения оставили неизменными: стены и потолок храма покрыты холстом. Новый собор полностью повторяет размеры своего предшественника – 20,4 м в

ширину, 29,5 м в длину. Высота колокольни – 12 м. Также можно отметить, что этот собор один из немногих расположен алтарем на восток, по канонам православного строительства.

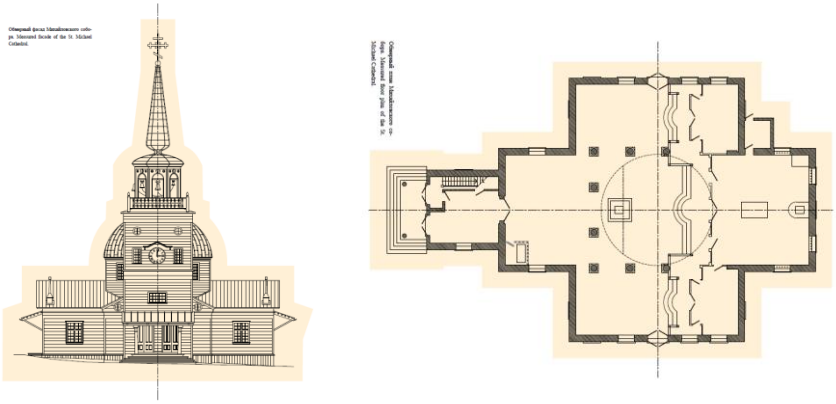


Рис. 2. Западный фасад и план Собора Архангела Михаила на Аляске

25 октября 1890г. был подписан акт об окончании строительства **Собор Архангела Михаила в Сочи**, длившегося 16 лет.

24 сентября 1891г. совершилось торжественное освящение собора во имя Св. Архистратига Михаила. архиепископом сухумским Агафодором (в миру Павел Флегонтович Преображенский). Архитектурный комплекс включал в себя здание церкви с колокольней, церковный дом с двухэтажным флигелем, трапезную, колодцы, погреба, бассейн.

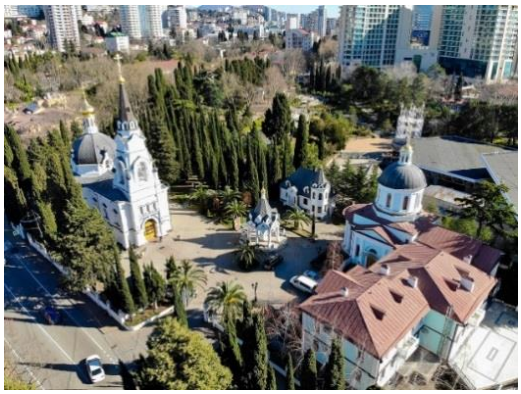


Рис. 3. Собор Архангела Михаила в Сочи

Внешне собор Архангела Михаила представляет собой белоснежное здание крестово-купольной формы. Здание храма выполнено в форме четырёхконечного креста с вытянутой фасадной ветвью. Ветви креста здания перекрыты сводами, а центр – куполом. Собор Архангела Михаила в Сочи является вели-

колепным примером русской архитектуры, его облик прекрасно сочетает в себе элементы барокко и традиционные русские орнаменты. Купольная архитектура, украшенная золотом, выглядит величественно и прекрасно вписывается в окружающий пейзаж. Фасад собора украшен изящной резьбой и живописными фресками, добавляющими зданию особую красоту. Такое сочетание архитектурных элементов придает зданию уникальный и неповторимый характер. Длина здания – 25,6 метров, ширина – 17,1 метра, высота, включая крест на колокольне, – 34 метра.

Из внешнего анализа можно выявить следующее:

1. 3 купола – знаменуют Святую Троицу (поклонение Богу Единому в трёх лицах – Бога Отца, Бога Сына и Святого Духа).

– Шлемовидная форма, символизирующий воинство, духовную брань (борьбу), которую Церковь ведет с силами зла и тьмы. Напоминает о доблести защитников Земли русской.

– Луковичный, символизирующий пламя свечи, обращающих верующих к словам Христа: «Вы – свет миру».

– Шатровая форма – уникальная, присуща только России. Символизирует небесный свет и образ Богородицы.

2. Также прослеживается одинаковая форма зданий в плане. Они представляют собой крестообразное строение, которые строились в знак того, что Крест Христов – основа Церкви, Крестом человечество избавлено от власти диавола

Цвет же у куполов разный. На Аляске используется зеленый цвет, который в христианской традиции является олицетворением Святого Духа. И темно-серые или черные купола у собора в Сочи, которые обычно украшают храмы на территории православных монастырей. Черный цвет в данном случае является символом монашества, то есть отречения от мирской суеты и благ материального мира. Черный цвет также свидетельствует о стремлении к обретению душевного покоя, служит напоминанием, что человек должен заботиться не столько о внешнем, земном, сколько о внутреннем, духовном, о том, что Бог должен стоять в центре человеческой жизни.

Оба собора построены примерно в одно время. Здание на Аляске представляет собой отдельно стоящее строение в Южной части города Ситка. Расположен на пересечении нескольких улиц и является одной из доминант, так как здание окружают дома низкой застройки. Одноименный собор в Сочи находится в комплексе религиозных зданий, предназначенных для служения. Внешне эти два здания в разных частях Земли сильно отличаются, начиная от материала застройки, заканчивая стилистикой соборов. Религиозное строение на Аляске претерпело влияние североамериканской культуры из-за чего во внешнем облике здания прослеживаются мотивы, никак не связанные с православной культурой. Сочинский собор же наоборот выполнен по всем образцам православного строительства. Из общего еще можно выделить сходство зданий в плане, они представляют собой крест.

Выводы. Из рассмотренных соборов на территории Америки в большинстве своем церкви не сильно отличаются устройством и внешним обликом, так как при возведении соборов и храмов участвовали наши соотечественники. Однако, есть влияние различных культур и стилей на внешний вид такого рода зданий, потому что не было никаких норм и требований по строительству православных зданий. Проекты возводились по уже существующим и всячески искажались в момент постройки.

В России же строительная деятельность в епархиях осуществляется при обязательном авторском надзоре за ведением работ с заполнением архитектором журнала архнадзора, а также при контроле со стороны епархиального архитектора данной епархии или епархиального архитектора митрополичьей кафедры. Из этого мы можем сделать вывод, что это помогает сохранить уже устоявшиеся принципы строительства религиозных зданий.

Также есть и важные отличия в православных зданиях России и Америки. Например, в каждой из рассмотренных церквей на территории нашей Родины строительство придерживалось такому правилу, как строительство алтаря на восток, чем пренебрегли при возведении зданий на территории Америки, кроме собора, расположенного на территории Аляски. Это лишь связано с тем, что

возведение религиозного здания на этой территории пришлось на врем владения Россией территорией в Северной Америке.

Библиографический список

1. Поппер К. Открытое общество и его враги : в 2 т. Т. 1. М., 1992. 325 с.

2. Анализ систем электронного документооборота по контролю исполнения электронных документов / И. Д. Королев, А. С. Мезенцев, А. П. Махнев, К. Н. Онуфриев // Вопросы технических и физико-математических наук в свете современных исследований : сб. ст. по материалам IX междунар. науч.-практ. конф. М., 2018. С. 6–14.

3. Estimation of structural complexity of IIR digital filters / V. A. Lesnikov, A. V. Chastikov, T. V. Naumovich, S. V. Armishev // East-West Design & Test Symposium, Rostov-on-Don, Russia, 27–30 Sept. 2013. URL: http://ieeexplore.ieee.org/document/6673143/ (accessed 19.08.2017).

4. Трудовой кодекс Российской Федерации : Федер. закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ : ред. от 28.12.2013 // Российская газета. 2001. № 256. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

5. ГОСТ 21.501-2011. СПДС. Правила выполнения рабочей документации архитектурных и конструктивных решений : принят 11.10.2012 ; действ. с 01.05.2013. М., 2013. URL: http://gostexpert.ru/gost/gost-21.501-2011 (дата обращения 19.08.2017).

6. СП 131.13330.2012. Строительная климатология : актуализир. ред. СНиП 23-01-99* : с изменениями № 2 : принят 30.06.2012 : действ. с 01.01.2013. М., 2012. Доступ из норматив.-техн. системы «Техэксперт».

7. Осина Ю. К. Релаксационные процессы в полимерных модифицированных материалах : дис. ... канд. техн. наук : 05.09.02. СПб., 2017. 159 с.

ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Использование современных технологий с применением ИИ в области охраны труда

Бузиков Шамиль Викторович[a], кандидат технических наук, доцент
Донских Владимир Александрович[b], студент
Вятский государственный университет[a,b], Киров

Аннотация: статья «Использование современных технологий с применением ИИ в области охраны труда» представляет собой обзор современных тенденций и перспектив использования искусственного интеллекта (ИИ) в сфере обеспечения безопасности и охраны труда на производстве. В статье рассматриваются основные области применения ИИ, такие как мониторинг рабочих условий, предсказание аварийных ситуаций, автоматизация безопасных процессов и обучение персонала. Особое внимание уделяется преимуществам, связанным с внедрением таких технологий, а также перспективам и направлениям их развития. На основе анализа существующих исследований и практических примеров приводятся рекомендации по успешному внедрению и использованию современных технологий ИИ в области охраны труда для обеспечения безопасности и благополучия работников на производстве.

Ключевые слова: автоматизация охраны труда, искусственный интеллект, ИИ, безопасность на производстве.

Введение. В современном мире развитие технологий привносит значительные изменения в различные сферы человеческой деятельности, в том числе и в область охраны труда. Использование современных технологий с применением искусственного интеллекта (ИИ) становится всё более актуальным в контексте обеспечения безопасности и благополучия работников на производстве. Объектом и предметом исследования данной статьи является исследование возможностей и перспектив использования современных технологий ИИ в области охраны труда.

Современные литературные источники подтверждают актуальность проблемы обеспечения безопасности на производстве и роль, которую может сыграть использование технологий ИИ в этой области. В последние годы наблюдается растущий интерес к исследованиям и разработкам в области применения ИИ как в целом, так и для предотвращения производственных травм и опасных ситуаций на рабочем месте. Однако, несмотря на достигнутые успехи, еще остается много вопросов, требующих дальнейшего изучения и развития.

С увеличением сложности производственных процессов и повышением требований к безопасности работников возникают новые задачи для систем охраны

труда. Одной из главных проблем является необходимость оперативного реагирования на возможные опасности и предотвращения производственных травм. В этом контексте актуальной становится задача разработки и внедрения современных технологий ИИ, способных эффективно анализировать и прогнозировать риски на производстве, а также автоматизировать процессы обеспечения безопасности.

Целью данного исследования является анализ возможностей и перспектив использования современных технологий с применением ИИ в области охраны труда. Для достижения этой цели поставлены следующие задачи: проанализировать существующие подходы и технологии в области охраны труда с применением ИИ; оценить преимущества и проблемы, связанные с внедрением технологий ИИ в системы охраны труда; исследовать практические примеры успешного использования технологий ИИ для предотвращения производственных травм и опасных ситуаций; сформулировать рекомендации по эффективному внедрению и использованию современных технологий ИИ в области охраны труда.

Методы исследования. В данной статье осуществляется анализ возможностей применения современных технологий с использованием искусственного интеллекта (ИИ) в области охраны труда. Для достижения цели и решения поставленных задач были использованы следующие методы исследования:

Обзор литературных источников

Осуществлялся анализ существующих научных статей, публикаций, отчетов и других литературных источников, касающихся применения ИИ в области охраны труда. Выполнялась систематизация и обобщение полученной информации для выявления основных тенденций и перспектив развития данной области.

Изучение практических примеров

Проводился анализ практических случаев успешного внедрения технологий ИИ в системы охраны труда на различных предприятиях и производствах. Осуществлялось сравнение и оценка эффективности применяемых методов и технологий.

Экспертные оценки

Проводились консультации с экспертами в области охраны труда и специалистами по искусственному интеллекту для получения оценок и рекоменда-

ций по применению современных технологий. Проводился сбор мнений и предложений от практикующих специалистов.

Синтез полученных результатов

В конечном итоге, на основе проведенного анализа и исследований, осуществлялся синтез полученных результатов с целью формулирования выводов и рекомендаций по использованию современных технологий ИИ в области охраны труда.

Результаты исследований, их обсуждение. Проведенное исследование выявило ряд значимых аспектов, касающихся применения современных технологий с использованием искусственного интеллекта (ИИ) в области охраны труда. Результаты представлены и обсуждаются с учетом научного инструментария и практической значимости.

Анализ существующих тенденций и проблем

Исследование показало, что существует высокая потребность в разработке и внедрении инновационных технологий в области охраны труда, в связи с увеличением сложности и рисков производственных процессов. Проанализированы основные проблемы, стоящие перед системами охраны труда, такие как оперативное реагирование на аварийные ситуации, прогнозирование рисков и предотвращение производственных травм.

Преимущества применения технологий ИИ

Обнаружено, что использование технологий ИИ позволяет значительно улучшить эффективность систем охраны труда путем автоматизации мониторинга рабочих условий, анализа данных о безопасности и предсказания возможных аварий. Показано, что технологии ИИ способствуют увеличению скорости реакции на опасные ситуации и минимизации рисков для здоровья и жизни работников.

Теоретическая и практическая значимость

Выявлено, что использование современных технологий с применением ИИ в области охраны труда имеет высокую теоретическую и практическую значимость, позволяя значительно повысить уровень безопасности на произ-

водстве. Показана потенциальная возможность сокращения числа производственных травм и аварийных ситуаций при успешном внедрении таких технологий.

Выводы. Исследование показало, что использование современных технологий с применением искусственного интеллекта (ИИ) в области охраны труда обладает высоким потенциалом для повышения безопасности на производстве.

Новизна исследования заключается в систематическом анализе существующих тенденций и проблем в области охраны труда и предложении эффективных подходов к применению современных технологий ИИ для их решения.

Теоретическая значимость исследования заключается в раскрытии потенциала ИИ в области охраны труда и обосновании его применимости для оптимизации производственных процессов и снижения рисков.

Практическая значимость исследования выражается в предоставлении рекомендаций по успешному внедрению современных технологий ИИ на производственных предприятиях с целью повышения безопасности и благополучия работников.

Область применения результатов исследования включает широкий спектр производственных отраслей, где актуальны вопросы обеспечения безопасности труда и где потенциально может быть внедрено использование современных технологий ИИ.

Библиографический список

1. Harnessing Artificial Intelligence for Occupational Health and Safety: Policy Brief / World Health Organization. 2019. URL: https://www.who.int/ (дата обращения 18.04.2024).

2. Du L., Yang H. Application of Artificial Intelligence in Workplace Safety Management // Journal of Safety Science. 2022. URL: https://www.researchgate.net/publication/376618491_The_Applications_of_Artificial_Intelligence_in_Occupational_Health_and_Safety (дата обращения 16.04.2024)

3. EcoStandart.journal. URL: https://journal.ecostandard.ru/ (дата обращения 19.04.2024)

4. Artificial intelligence in advancing occupational health and safety: an encapsulation of developments. URL: https://academic.oup.com/joh/article/66/1/uiad017/7505756 (дата обращения 15.04.2024).

5. TeachTarget. Enterprise AI URL: https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/tip/How-AI-can-transform-industrial-safety (дата обращения 15.04.2024).

Автоматизация документооборота медицинских осмотров работников МУП «Водоканал»

Бузиков Шамиль Викторович[a], кандидат технических наук
Овчинникова Анастасия Константиновна[b], студент
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: в области охраны труда существует большое количество программ, предназначенных для автоматизации процесса охраны труда на предприятии. Функционал данных софтов автоматизирует процессы непосредственного контроля, учёта, планирования, отчетности в области охраны труда согласно требованиям законодательства и специфике предприятия.

Введение. Специализированное программное обеспечение, обладающее всеми необходимыми функциями, позволяет работодателю и сотрудникам, экономить время и ресурсы, а также облегчить работу с необходимым пакетом документов.

Софт, предлагающий качественную работу, а также снижение затрат различных ресурсов наиболее полезен в использовании.

На примере трех программ управления охраной труда с электронным документооборотом медицинских осмотров работников, можно выбрать наиболее подходящую для МУП «Водоканал».

«Охрана труда для 1С». «Охрана труда для 1С» представляет автоматическую систему управления процессов охраны труда и имеет широкий спектр возможностей. Программа позволяет снизить время, потраченное на контроль за процессами, повышает вероятность отсутствия ошибок. А также, имеющийся в программе учет и контроль позволяет перейти предприятию на электронный документооборот, который способствует минимизации затрат на осуществление мероприятий по охране труда [1].

Суть автоматизации документооборота программы «Охрана труда для 1С» заключается в следующем [1]:

1. Онлайн доступ к документам и информации по охране труда для сотрудников и руководства.

2. Автоматизация процесса создания, хранения и обновления документов, связанных с охраной труда.

3. Возможность генерации отчетов и анализа данных для принятия управленческих решений на основе актуальной информации.

Это позволяет существенно упростить процессы учета и контроля в сфере охраны труда на предприятии, повысить прозрачность и эффективность работы в этой области.

В программе «Охрана труда для 1С» возможна автоматизация документооборота, связанного с медицинскими осмотрами сотрудников. К возможным шагам и функционалу для автоматизации этого процесса относятся [1]:

– Регистрация медицинских осмотров: в программе можно создать электронную форму для регистрации медицинских осмотров каждого сотрудника, включающую дату осмотра, врача, результаты и рекомендации.

– Назначение медицинских осмотров: система может автоматически назначать медицинские осмотры сотрудникам в соответствии с установленным графиком и требованиями законодательства.

– Хранение и учет результатов: все результаты медицинских осмотров могут храниться в электронном виде в системе, что обеспечивает удобный доступ и возможность быстрого анализа.

– Отчетность и аналитика: программа позволяет формировать отчеты о проведенных медицинских осмотрах, а также проводить аналитику по результатам осмотров для выявления тенденций и принятия управленческих решений.

Автоматизация документооборота медицинских осмотров в программе «Охрана труда для 1С» помогает сократить ручные трудозатраты, повысить точность данных, обеспечить своевременное проведение осмотров и контроль за их выполнением, что способствует эффективной работе службы охраны труда и обеспечению безопасности сотрудников.

Актион охрана труда

Программа «Актион охрана труда» представляет собой комплексное решение для автоматизации процессов по обеспечению безопасности и охраны труда. Достоинства программы включают:

1. Централизованное хранение информации о безопасности и охране труда.

2. Возможность оперативного доступа к данным и документам.

3. Автоматизация процессов учета и контроля выполнения требований по охране труда.

4. Уведомления о необходимости прохождения медицинских осмотров и других мероприятий.

5. Улучшение контроля за соблюдением норм и правил охраны труда.

Однако, как и у любой программы, есть и недостатки:

1. Необходимость обучения сотрудников работе с программой.

2. Возможные технические проблемы и сбои в работе системы.

3. Зависимость от качества вводимых данных и их актуальности.

4. Необходимость постоянного обновления программного обеспечения.

Электронный документооборот по медицинским осмотрам данной программы позволяет упростить процесс сбора, хранения и обработки информации о медицинских осмотрах работников. Это помогает сократить бумажную работу, повысить скорость доступа к данным.

АРМ «ОТ». Программный комплекс АРМ «ОТ» предназначен для автоматизации документооборота в организации. Его основная задача – упрощение и ускорение процесса обработки и передачи документов, что повышает эффективность работы сотрудников [2].

В рамках программы АРМ «ОТ» также возможна автоматизация документооборота, связанного с медицинскими осмотрами сотрудников. К функциональным возможностям автоматизации процесса в АРМ «ОТ» относится [2]:

– Регистрация медицинских осмотров: создание электронной базы данных для регистрации медицинских осмотров сотрудников с учетом дат проведения, результатов и рекомендаций.

– Уведомления и напоминания: автоматическая отправка уведомлений сотрудникам о предстоящих медицинских осмотрах, а также напоминаний ответственным лицам о необходимости проведения осмотров в срок.

– Назначение и контроль осмотров: возможность назначать медицинские осмотры сотрудникам в соответствии с графиком и требованиями законодательства, а также контролировать их проведение.

– Хранение и учет результатов: централизованное хранение результатов медицинских осмотров в электронном виде для обеспечения удобного доступа и анализа.

Автоматизация документооборота медицинских осмотров в программе АРМ «ОТ» поможет оптимизировать процессы, повысить эффективность работы службы охраны труда, обеспечить своевременное проведение осмотров и контроль за выполнением требований законодательства в области охраны труда и медицинских осмотров.

Вывод. Программу «Охрана труда для 1С» можно также сравнить с другими системами учета и мониторинга охраны труда, однако «Охрана труда для 1С» является популярным и распространенным решением, что обеспечивает большую поддержку и гибкость в настройке под конкретные потребности предприятия.

В процессе анализа необходимого функционала программного продукта для МУП «Водоканал» использовался метод функционального тестирования, представляющий собой тестирование, проводимое для проверки соответствия программной системы или программного модуля специфицированным функциональным требованиям. При функциональном тестировании исключаются внутренние механизмы работы программной системы. Таким образом осуществляется анализ выходных значений, генерируемых в ответ на выбранные входные значения и условия выполнения.

Проанализировав три софта по охране труда, можно сделать вывод, что наиболее подходящей программой для МУП «Водоканал» является программное обеспечение «Охрана труда для 1С». Внедрение программы 1С «Охрана труда» на предприятии МУП «Водоканал» имеет белее существенный ряд преимуществ.

Библиографический список

1. Автоматизация производственной безопасности и охраны труда. URL: https://www.ot-soft.ru/?yclid=2413013062335594495 (дата обращения 17.04.2024).

2. АРМ «ОТ» – автоматизированное рабочее место специалиста по охране труда. URL: https://ohranatruda.ru/ot_soft/arm/ (дата обращения 18.04.2024).

Автоматизированные сортировочные комплексы ТБО в России: реальность или утопия?

Владыкин Анатолий Анатольевич[a], кандидат экономических наук, доцент
Мезенцева Дарья Сергеевна[b], студент
Лысьвенский филиал Пермского национального исследовательского политехнического университета[a, b], г. Лысьва

Аннотация: ежегодно в России образуется свыше 50 млн тонн твердых бытовых (коммунальных) отходов (ТБО/ТКО), причем данный показатель увеличивается на 3% по сравнению с предыдущим годом. Около 80% от всего объема ТБО свозится на мусорные свалки и полигоны, где в дальнейшем все привезенные отходы захораниваются в землю, сжигаются или же просто «складируются» [4]. При неизменной ситуации к 2050 году территория мусорных полигонов будет составлять 1% от всей территории РФ [5].

В основе проблемы эффективной утилизации ТБО лежит сортировка, позволяющая отделить вторично используемые ресурсы и органические остатки, подлежащие захоронению. До 90% всех ТБО возможно повторно использовать в соответствующих отраслях промышленности с помощью технологий рециклинга.

Ключевые слова: ТБО и ТКО, сортировка, утилизация, рециклинг, пиролиз.

Введение. В настоящее время практически во всех субъектах Российской Федерации большое внимание уделяется сортировке и переработке мусорных отходов. Задачи по эффективному управлению отходами производства и потребления, включая ликвидацию всех несанкционированных свалок в черте города, восстановление земель, на которых они расположены, а также создание условий для переработки всех отходов, утилизация которых запрещена, входят в один из национальных проектов России [4; 1].

Методы исследования. Разделение мусора является перспективным решением для вторичного использования многих видов отходов, т.к. при создании продукта из переработанного материала является экономически выгодным, поскольку сырье по сути является бесплатным. Разделение и переработка могут быть направлены как на «сегодняшние» отходы, так и на мусорные, переполненные полигоны, которые образовались за все время их существования и разрастания.

На сегодняшний день самым распространенным и доступным методом сортировки является распределение отходов ТБО в специально-отведенные цветные контейнеры в зависимости от вида мусора [6]. Контейнеры подразделяются по цвету на следующие категории: пищевые отходы (биомусор); бумага и картон; стекло; батарейки и аккумуляторы; пластик; жестяные банки.

Указанный прием сортировки значительно упрощает дальнейшее более тщательное распределение и переработку отходов, а это в свою очередь, позволит сэкономить на сортировочном автоматизированном или частично автоматизированном комплексе [3].

Вместе с тем, для достижения полноценной сортировки отходов нужны государственные комплексные программы поддержки, включающие в себя элементы мотивации и поощрения, пропаганды и воспитания, а также финансовой заинтересованности, как отдельных граждан, так и организаций, работающих в этой сфере.

Результаты исследований, их обсуждение. Решение проблемы сортировки ТБО может быть выполнено частными или государственными организациями, где осуществляется полный или частичный цикл по утилизации отходов, начиная непосредственно с разделения мусора, на те же категории, которые были указаны выше. В качестве примера можно рассматривать «штабелят-метод», применяемый на комбинате «HERHOF GMBH» в Германии [7].

Процесс может быть полностью или частично автоматизирован. Нужна подвижная автоматическая линия, с помощью которой осуществляется процесс передвижения к этапу сортировки. На рынке оборудования сегодня представлены разные модели сортировочных линий и целых комплексов.

Сортировщиками выступают люди, т. е. рабочий персонал. Чем больше предприятие, тем больше потребуется людей для качественной и полноценной сортировки. Недостатком ручной сортировки является затратный временной параметр.

Однако в данном методе есть и положительные стороны – это трудоустройство временно безработных, стоящих на учете в центре занятости. Таким образом отчасти решается еще одна проблема муниципалитетов – безработица.

При использовании автоматизированных комплексов перед началом сортировки возможно выполнение предподготовки мусора, которая заключается в измельчении отходов, что обеспечивает равномерные формы. Далее измельченные отходы подвергаются высушиванию в специальных сушильных контейнерах, что позволит избавиться от влаги во всей массе. Затем происходит

первый этап сортировки – воздушная сепарация [3]. Аэросепараторы предназначены для разделения легких фракций от более тяжелых. Эффективнее всего использовать последовательное аэросепарирование, которое осуществляется в вертикальном и горизонтальном потоке воздуха – самые легкие компоненты отделяются сразу же на первой стадии. Более плотные вещества проходят повторный процесс, но при большом потоке воздуха.

С помощью описанного метода происходит предварительное разделение материалов по плотности, после чего следует второй этап – вибрационный грохот. Конструкция подобна ситу. Под воздействием вибрационных колебаний меньшие части по размерам проваливаются вниз, а более массивные проходят по поверхности сита дальше. Вибрационные сепараторы помогают разделить слипшиеся части, а также отделить отдельные волокнистые материалы от твердых материалов.

Отделившиеся легкие материалы на первом этапе могут быть подвержены третьему этапу рассортировки с помощью оптической сепарации, которая позволит отделить пластиковые и полиэтиленовые отходы от остального объема [3]. Процесс заключается в следующем: специальная система анализирует вид отраженного инфракрасного (ИФ) спектра по форме материала и отделяет определенную категорию отходов в зависимости от установленной задачи в программе. Также совместно с ИФ спектром может использоваться искусственный интеллект (ИИ). Определенная программа позволяет ИИ распознавать материалы уже по внешнему виду подобно ручным сортировщикам. Однако минус ИФ спектра с применением ИИ – это узкий класс задач, направленный на одну конкретную категорию отходов, поэтому применение ко всей массе мусора описанный метод недопустим.

Таким образом, с помощью трех основных этапов разделения возможно получить рассортированные отходы ТБО, которые могут быть использованы в качестве сырья для вторичного использования.

Помимо описанной методики, возможно применение роботизированных и нейросетевых технологий. Указанный метод исключает из производства присутствие человека.

Как показывает практика в тонне ТБО достаточно большое содержание имеют такие виды компонентов как: бумага и картон (20–30%); пищевые отходы (28–45%); стекло (3–8%); текстиль (4–7%) и другие компоненты, но уже в меньшем процентом соотношении. [2]

Вывод. В заключение следует отметить, что из отходов ТБО при правильном подходе к проблеме, возможно извлечение нужных и полезных элементов, которые могут быть использованы в качестве сырья для создания продукции того же или нового применения при помощи рециклинга. Различные виды механизированных и автоматизированных устройств, при правильном подходе, во многом позволяют решить проблему сегодняшнего дня. Добиться 100 процентной утилизации ТБО и ТКО возможно путем применения наряду с сортировкой пиролизных технологий, что позволит очистить территорию свалок и полигонов, и использовать освободившиеся площади с большей эффективностью и выгодой для муниципалитетов.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 02.07.2021) «Об отходах производства и потребления» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2022).
2. Литвенкова И. А. Экология городской среды: урбоэкология: курс лекций. Витебск : Изд-во УО «ВГУ им. П. М. Машерова», 2005. 163 с. Состав, свойства и объем твердых бытовых отходов. URL: https://ekolog.org/books/42/91.htm#:~:text=В%20состав%20ТБО%20входят%20следующие%2С15%20мм
3. Автоматическая сортировка мусора. URL: https://www.nowaste.ru/recycling/avtomaticheskaya-sortirovka-musora.html
4. В России захоранивается 80% бытового мусора. URL: https://finexpertiza.ru/pressservice/researches/2023/zakh-80-musora/
5. Сколько мусора производят россияне. Отбросы и общество. URL: https://journal.tinkoff.ru/garbage/
6. Сортировка и переработка бытовых отходов в Германии в 2023 году. URL: https://zagranportal.ru/germaniya/zhizn/sortirovka-musora-v-germanii.html
7. Штабилят метод переработки ТБО. URL: https://enviro-nmental-expert.com/companies/herhof-gmbh-19641

Расчет уровня культуры пожарной безопасности с применением фактора страхования

Калегина Юлия Владимировна[a], кандидат педагогических наук,
доцент, доцент кафедры БЖД
Кооль Наталья Владимировна[b], студент
Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)[a, b], Челябинск

Аннотация: в статье представлен расчет уровня культуры пожарной безопасности с применением фактора страхования.

Ключевые слова: культура пожарной безопасности, уровень культуры пожарной безопасности, страхование.

Введение. Культура пожарной безопасности представляет собой систему знаний, направленную на предотвращение пожаров, обеспечение безопасности людей и сохранение имущества. Противопожарное страхование непосредственно влияет на уровень культуры пожарной безопасности, поэтому целью работы является повышение культуры пожарной безопасности по средствам страхования.

Методы исследования. Исследуемым объектом является культура пожарной безопасности и для её характеристики и классификации была предложена формула для расчета уровня культуры пожарной безопасности.

Результаты исследований, их обсуждение. Уровень культуры пожарной безопасности – величина, которую можно оценить по бальной системе, предварительно посчитав по формуле:

$$Упб=\sum С\times\sum П$$

где Упб – уровень культуры пожарной безопасности, балл;

$\sum С$ – сумма такие факторов страхования как:

– страхование объекта от пожара (если объект застрахован – 1 балл, если нет – 0 баллов);

– продолжительность страхование объекта от пожара (если объект застрахован на срок меньше года – 1 балл, если на срок от года и боле – 2 балла);

– частота страхования объекта от пожара (если страхование объекта осуществляется в первый раз – 1 балл, если повторно и более раз – 2 балла).

∑П – сумма факторов пожара:

– произошёл пожар (если пожар произошел – 0 баллов, если нет – 1 балл);

– частота возникновения пожара (пожар произошел в первый раз – 1 балл, повторный и боле раз – 0 баллов);

– ущерб от пожара (слабый ущерб – 1 балл, сильный ущерб 2 балла).

После расчета уровня культуры пожарной безопасности по формуле, результат оцениваем по бальной системе, которая выглядит следующим образом:

[0–3] – низкий уровень культуры пожарной безопасности;

[4–8] – ниже среднего уровень культуры пожарной безопасности;

[9–13] – средний уровень культуры пожарной безопасности;

[14–17] – выше среднего уровень культуры пожарной безопасности;

[18–20] – высокий уровень культуры пожарной безопасности.

Низкий уровень культуры безопасности характеризуется:

– Респондент против обучения по повышению культуры пожарной безопасности;

– Респондент не соблюдает требования пожарной безопасности;

– Респондент не пытается предотвратить возникновения несчастных случаев, аварий, пожаров, других происшествий и нежелательных событий;

– Респондент не берет ответственность за решения, связанные с функциональной безопасностью во время работы;

– Респондент против повышения знаний, умений и навыков обеспечения безопасности во всех сферах жизнедеятельности;

– На рабочем месте респондента работодатель против применения морального и материального стимулирование деятельности персонала, направленной на снижение рисков опасных ситуаций и аварий.

– На рабочем месте респондента всегда применяется групповое мышление, не поощряется разнообразие точек зрения и индивидуальный подход.

Уровень культуры пожарной безопасности ниже среднего характеризуется:

– Респондент скептически относится к обучению по повышению культуры пожарной безопасности;

– Респондент иногда не соблюдает требования пожарной безопасности;

– Респондент иногда пытается предотвратить возникновения несчастных случаев, аварий, пожаров, других происшествий и нежелательных событий;

– Респондент не берет ответственность за решения, связанные с функциональной безопасностью во время работы.

– Респондент нейтрально относится к повышению знаний, умений и навыков обеспечения безопасности во всех сферах жизнедеятельности;

– На рабочем месте респондента работодатель не применяет моральное и материальное стимулирование деятельности персонала, направленной на снижение рисков опасных ситуаций и аварий.

– На рабочем месте респондента применяется групповое мышление, но иногда поощряется разнообразие точек зрения и индивидуальный подход.

Средний уровень культуры безопасности характеризуется:

– Респондент не против обучаться повышению культуры пожарной безопасности;

– Респондент больше соблюдает требования пожарной безопасности, чем нет;

– Респондент больше пытается предотвратить возникновения несчастных случаев, аварий, пожаров, других происшествий и нежелательных событий, чем нет;

– Респондент чаще берет ответственность за решения, связанные с функциональной безопасностью во время работы, чем нет.

– Респондент положительно относится к повышению знаний, умений и навыков обеспечения безопасности во всех сферах жизнедеятельности;

– На рабочем месте респондента работодатель иногда применяет моральное и материальное стимулирование деятельности персонала, направленной на снижение рисков опасных ситуаций и аварий.

– На рабочем месте респондента чаще применяется индивидуальный подход, чем групповое мышление.

Уровень культуры пожарной безопасности выше среднего характеризуется:

– Респондент согласен обучаться повышению культуры пожарной безопасности;

– Респондент соблюдает требования пожарной безопасности;

– Респондент пытается предотвратить возникновения несчастных случаев, аварий, пожаров, других происшествий и нежелательных событий;

– Респондент берет ответственность за решения, связанные с функциональной безопасностью во время работы.

– Респондент положительно относится к повышению знаний, умений и навыков обеспечения безопасности во всех сферах жизнедеятельности;

– На рабочем месте респондента работодатель применяет моральное и материальное стимулирование деятельности персонала, направленной на снижение рисков опасных ситуаций и аварий.

– На рабочем месте респондента применяется индивидуальный подход и поощряется разнообразие точек зрения.

Высокий уровень культуры безопасности характеризуется:

– Респондент считает необходимым обучаться повышению культуры пожарной безопасности;

– Респондент всегда соблюдает требования пожарной безопасности;

– Респондент пытается предотвратить возникновения несчастных случаев, аварий, пожаров, других происшествий и нежелательных событий;

– Респондент берет ответственность за решения, связанные с функциональной безопасностью во время работы, и агитирует других на это.

– Респондент самостоятельно прививает знания, умения и навыки обеспечения безопасности во всех сферах жизнедеятельности;

– На рабочем месте респондента работодатель всегда применяет моральное и материальное стимулирование деятельности персонала, направленной на снижение рисков опасных ситуаций и аварий;

– На рабочем месте респондента применяется только индивидуальный подход, поощряется разнообразие точек зрения.

Выводы. Формулы для расчета уровня пожарной безопасности помогает классифицировать, характеризовать, способствует эффективному формированию уровня культуру пожарной безопасности.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».
2. Педагогика безопасности : учеб. пособие / Ю. В. Калегина. Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2023. 142 с.
3. Культура безопасности на предприятии. URL: https://srgroup.ru/mass-media/srg-smi/kultura-bezopasnosti-na-predpriyatii/ (дата обращения 10.04.2024).
4. Охрана труда. URL: http://oxpana-tryda.ru/pozharnaya-bezopasnost/organizaciya-obucheniya-i-proverka-znanij-rabotnikov-po-pozharnoj-bezopasnosti.html (дата обращения 10.04.2024).

Этапы перехода на Единые типовые нормы выдачи СИЗ в организации ООО «Клевер Восток»

Куликов Андрей Викторович[a], студент
Бузиков Шамиль Викторович[b], кандидат технических наук, доцент
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: сейчас тема данной статьи как никогда актуальна, так как каждая организация обязана перейти со старых норм выдачи СИЗ на Единые типовые нормы выдачи СИЗ. И соответственно, целью данной статьи будет переход от старых норм выдачи СИЗ к новым. Представлены этапы перехода на новые нормы выдачи СИЗ в организации ООО «Клевер Восток», которых будут придерживаться в данной организации для успешного перехода.

Ключевые слова: средства индивидуальной защиты, Единые типовые нормы, выдача СИЗ, переход.

Введение. В наши дни обеспечение безопасности и здоровья работников играет решающую роль в деятельности любой организации. Одним из важнейших аспектов является соблюдение норм и стандартов по выдаче средств индивидуальной защиты (СИЗ). Недавно Минтрудом России были утверждены новые Единые типовые нормы выдачи СИЗ, которые требуют от организаций перехода от старых норм к новым. Для успешной реализации данной задачи необходимо следовать определенным этапам и разработать четкий план действий.

Цель: Перейти от старых норм СИЗ к новым Единым типовым нормам выдачи СИЗ в ООО «Клевер Восток».

Задачи:

– Проанализировать приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 766н;

– Проанализировать приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 767н;

– Продумать этапы перехода на новые нормы выдачи СИЗ.

Методы исследования. Был проведен анализ нормативных актов, а именно приказов Минтруда № 766н и № 767н.

В соответствии с Приказом Минтруда РФ от 29.10.2021 № 766н [1], компании и индивидуальные предприниматели обязаны:

– Разрабатывать и утверждать стандарты бесплатной выдачи средств индивидуальной защиты (СИЗ) и смывающих средств, основываясь на оценке профессиональных рисков, результатов СОУТ и при необходимости учитывая мнение профсоюза.

– Создавать локальные нормативные акты, которые регулируют процесс обеспечения сотрудников необходимыми СИЗ и смывающими средствами, распределять ответственность между должностными лицами с учетом особенностей управленческой структуры и требований законодательства.

– Информировать персонал о правилах и процедурах выдачи СИЗ, условиях их хранения, а также о необходимости поддерживать их в исправном состоянии при хранении вне рабочего времени.

– Проводить обучение, инструктаж и ознакомление сотрудников с правилами эксплуатации СИЗ, особенностями их использования, а также предоставлять информацию о проверке работоспособности.

– Организовывать учет и контроль за выдачей и возвратом СИЗ, осуществлять своевременную замену средств индивидуальной защиты по истечении срока эксплуатации или в случае их повреждения.

– Регулярно анализировать рабочие места на предмет опасных производственных факторов и угроз, которые могут повлиять на безопасность и здоровье сотрудников.

– Обеспечивать работников необходимыми СИЗ, не допускать использование поврежденных или загрязненных средств защиты.

– Соблюдать требования производителя по хранению, обслуживанию и ремонту СИЗ, а также обеспечивать их соответствующий уход и обслуживание.

– Принимать и утилизировать СИЗ, выводимые из эксплуатации, и осуществлять учет выдачи с применением программных средств и баз данных.

– Предоставлять сотрудникам специальную одежду для защиты от холодной погоды при сочетании высокой влажности и ветра при температуре выше -5°C.

Работодателю разрешено заменять несколько указанных в перечне СИЗ на одно средство, обеспечивающее аналогичную или более эффективную защиту от вредных факторов [1].

Также открыв приказ Минтруда РФ от 29.10.2021 № 767н можно увидеть 3 приложения, в соответствии с которым нужно выдавать СИЗ работникам раз-

ных профессий, опасностей, которые воздействуют на работника в течение рабочего дня [2].

Результаты исследований, их обсуждение. После анализа приказов Минтруда РФ в организации ООО «Клевер Восток» был составлен следующий порядок действий для перехода на единые типовые нормы выдачи СИЗ в организациях:

– проанализировать приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 766н;

– проанализировать приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 767н;

– проанализировать результаты СОУТ и ОПР;

– Ссставить «внутренние» Нормы выдачи СИЗ для работников;

– убрать повторяющиеся СИЗ;

– определить СИЗ, в которых защитные свойства можно совместить в один вид СИЗ;

– провести внеплановое обучение по использованию СИЗ для работников, использующих СИЗ, а также их непосредственных руководителей;

– составить приказ об отмене старых норм выдачи СИЗ и утвердить новые.

Придерживаясь данных этапов перехода, организация ООО «Клевер Восток» сможет в быстрые сроки перейти на новые нормы выдачи СИЗ. Также по завершении перехода на новые нормы, регулярно будет проводиться мониторинг и анализ эффективности системы обеспечения СИЗ, чтобы вносить необходимые коррективы для поддержания высокого уровня безопасности и комфорта труда сотрудников.

Выводы. Переход на новые Единые типовые нормы СИЗ в организации – это ответственный и важный процесс, который требует комплексного подхода и внимательного планирования. Следуя этапам предложенным в статье, любая организация сможет успешно реализовать этот переход и обеспечить безопасность и здоровье своих сотрудников.

В ходе написания статьи были выполнены следующие задачи:

– проанализирован приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 766н;

– проанализирован приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 767н;

– продуманы этапы перехода на новые нормы выдачи СИЗ.

Библиографический список

1. Приказ Минтруда РФ от 29.10.2021 № 766н «Об утверждении Правил обеспечения работников средствами индивидуальной защиты и смывающими средствами». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_405210/ (дата обращения: 12.04.2024);

2. Приказ Минтруда РФ от 29.10.2021 № 767н «Об утверждении Единых типовых норм выдачи средств индивидуальной защиты и смывающих средств». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_405226/ (дата обращения: 12.04.2024).

Актуальные проблемы промышленной безопасности при работах с газовым оборудованием

Мазеина Вера Алексеевна[a], магистрант кафедры «Техносферная безопасность»
Бузиков Шамиль Викторович[b], кандидат технических наук, доцент
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: промышленная безопасность при работе с газовым оборудованием является крайне важным аспектом в производственных и промышленных предприятиях. Эта тема охватывает широкий спектр вопросов, связанных с безопасным использованием газового оборудования, предотвращением аварий и обеспечением безопасных условий труда для работников.

Ключевые слова: газовое оборудование, промышленная безопасность, безопасные условия труда, авария, производственные объекты.

Введение. Промышленная безопасность является составной частью системы защиты жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и их последствий. В соответствии с Федеральным законом от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» газораспределительные и газопотребительные сети относятся к категории опасных производственных объектов (ОПО), что обусловлено взрыво- и пожароопасными свойствами проходящего по ним газа и подразделяются на II и III классы опасности.

Цель промышленной безопасности заключается в обеспечении безопасных условий труда для работников, предотвращении производственных аварий, снижении риска возникновения травм и заболеваний на производстве, а также защите окружающей среды от негативного воздействия промышленных процессов.

Чтобы достигнуть поставленную цель ставится ряд задач, направленных на обеспечение безопасных условий труда, таких как разработка и внедрение стандартов безопасности, обучение по безопасности, проведение анализа опасностей и рисков, использование средств защиты и многие другие.

Исследование. По данным статистики, опубликованной Межгосударственным советом по промышленной безопасности, аварийность ОПО газораспределения и газопотребления составляет в среднем 1/5 часть всех зарегистрированных аварий в стране. На рис. 1 представлена диаграмма, наглядно отра-

жающая долю аварий происшедших на объектах газораспределения и газопотребления в общем количестве зарегистрированных аварий на ОПО.

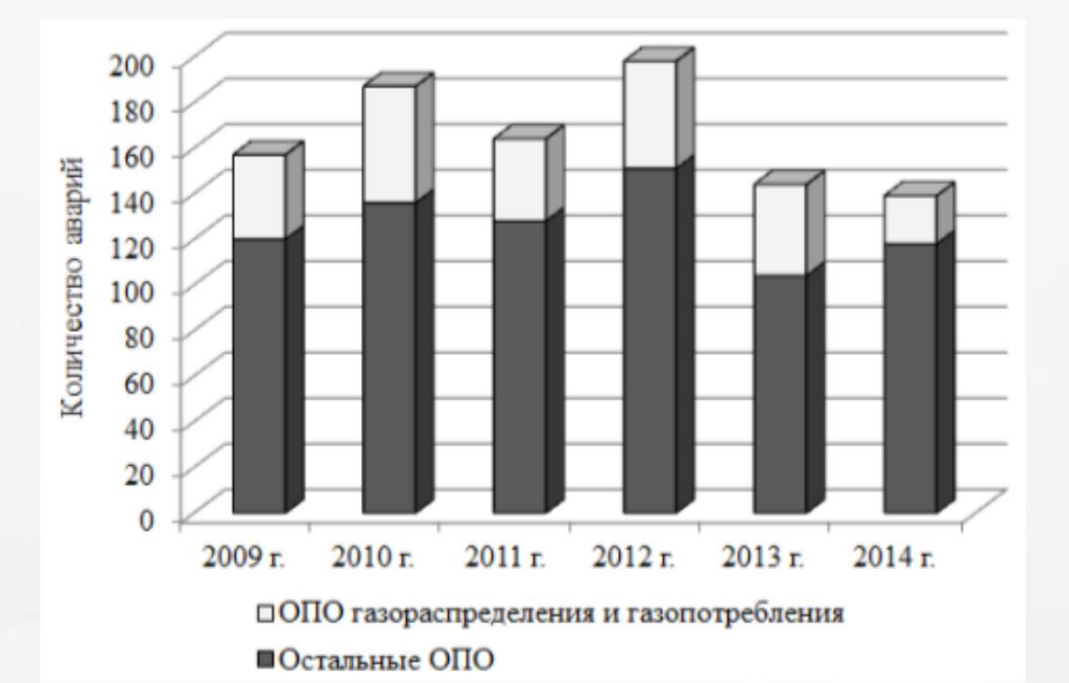


Рис. 1. Доля аварий, происшедших на объектах газораспределения и газопотребления, в общем количестве зарегистрированных аварий на ОПО

Основными причинами возникновения аварий и инцидентов на ОПО газораспределения и газопотребления являются:

– воздействие внешних факторов, которые влияют на безопасность технологических процессов;

– техническое состояние ОПО;

– плохая проработка планов производства работ;

– несвоевременное и некачественное обслуживание;

– неисправность или отсутствие средств обеспечения безопасности;

– низкая квалификация персонала и др.

Для предупреждения ряда указанных причин, законодательством предусмотрены следующие методы: проведение экспертиз и осуществление государственного надзора в области промышленной безопасности. При этом, эффективность данных методов, зависит от совершенства нормативно-правовой базы, устанавливающей требования к безопасности на опасных производственных объектах и их составляющих.

Современные организационные и правовые основы промышленной безопасности заключаются в соблюдении условий, запретов, ограничений и других обязательных требований, содержащихся в Федеральном зоне № 116-ФЗ, других федеральных законах, принимаемых в соответствии с ними нормативных правовых актах Президента Российской Федерации, нормативных правовых актах Правительства Российской Федерации, а также федеральных нормах и правилах в области промышленной безопасности.

В условиях дефицита специалистов необходимой квалификации, что следует из данных анализа причин аварий и инцидентов, переход от обязательного, но привычного исполнения правил к добровольному принятию решений в рамках технического регулирования вызывает большие сомнения в реализации показателей безопасности при эксплуатации ОПО газораспределения и газопотребления.

Минимизации количества аварий на объектах сетей газораспределения и газопотребления, удастся добиться дополнительным введением принципа обязательности исполнения требований отобранных стандартов и сводов правил.

Выводы. Таким образом, принятие мер по совершенствованию требований промышленной безопасности объектов сетей газораспределения и газопотребления сможет служить правовой основой, повышающей эффективность экспертиз и государственного надзора в области промышленной безопасности, что позволит значительно снизить количество аварий и инцидентов в данной области.

Библиографический список

1. Митюрин Д. В. 200 лет использования газа в России // Газ России. 2011. № 2. С. 6–8.

2. О промышленной безопасности опасных производственных объектов : федер. закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ (с изм. от 13 июля 2015 г.): принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 20 июня 1997 г. // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1997. № 30. Ст. 3588.

3. Информационные ресурсы // Межгосударственный совет по промышленной безопасности. URL: http://www.mspbsng.org/stat_accident/ (дата обращения: 07.10.2015).

4. Ребров С. А. и др. Определение основных причин возникновения аварий на опасных производственных объектах газораспределения и газопотребления // Безопасность труда в промышленности. 2015. № 9. С. 62–64.

5. Правила безопасности сетей газораспределения и газопотребления : федер. нормы и правила в обл. пром. безопасности : утв. приказом Ростехнадзора от 15 нояб. 2013 г. № 542 // Бюл. норматив. актов федер. органов исполнит. власти. 2014. № 4.

Влияние освещения на работоспособность человека

Мотовилова Марина Владимировна[a], кандидат технических наук, доцент
Домнин Савелий Николаевич[b], студент
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: влияние освещения на работоспособность человека является актуальной темой. Правильное освещение рабочего пространства повышает производительность, способствует снижению утомляемости, улучшает настроение и здоровье работников. Цель работы – исследовать влияние освещенности на работоспособность человека. Ведущий подход – изучение влияния различных типов источников освещения на продуктивность работы сотрудников в офисных условиях, концентрацию, психическое состояние человека. При исследовании выявлена необходимость оптимальной освещенности рабочих мест с учетом индивидуальных особенностей человека. Результаты исследования показывают, что освещенность имеет значительное влияние на биологические ритмы человека, выработку гормонов и общее самочувствие. Статья представляет интерес для широкой аудитории, специалистов по эргономике и охране труда, психологов, руководителей и сотрудников организаций, занимающихся организацией рабочего пространства.

Ключевые слова: освещенность, трудоспособность, сотрудник, предприятие, свет.

Введение. В современном мире, где большинство работ происходит в закрытых помещениях, освещенность играет важную роль в работоспособности и общем самочувствии человека. Кажется, что просто свет окружает нас повсюду, но его влияние на человека все еще не до конца изучено. В статье рассмотрен вопрос о том, как освещенность воздействует на нашу продуктивность, настроение и здоровье, а также приведены некоторые рекомендации по обеспечению оптимальной освещенности для повышения работоспособности.

Объект исследования – освещенность рабочего места.

Предмет исследования – влияние освещенности на работоспособность человека.

Задачи исследования:

1. Исследовать влияние различных типов источников освещения (естественное свет, LED-лампы, люминесцентные лампы) на продуктивность работы сотрудников в офисных условиях.

2. Проанализировать влияние изменения уровня освещенности на концентрацию и психическое состояние человека.

3. Предложить рекомендации по обеспечению оптимальной освещенности.

Методы исследования. В работе были использованы различные методы исследования, включая научный литературный обзор и анализ статистических данных. Последовательность этапов исследования:

1) обзор литературы по влиянию освещенности на работоспособность человека;

2) сравнительный анализ результатов исследований для выявления общих и различных компонентов освещенности;

3) формулирование выводов о влиянии освещенности на продуктивность и эффективность работников.

Результаты исследований, их обсуждение. Изучение влияния света на человеческий организм выявило не только отрицательное воздействие плохого освещения на глаз и нервную систему человека, но и влияние освещенности на биологические ритмы. Прямой солнечный свет повышает работоспособность организма, а недостаток света в короткий зимний день снижает его продуктивность [1].

Цветовая температура света также оказывает влияние на работоспособность. Теплый свет (2700–3000 К) создает более уютную и расслабленную атмосферу, что способствует повышению комфорта и снижению стресса. С другой стороны, холодный свет, с более высокой цветовой температурой (5000–6500 К), активизирует мозговую деятельность и повышает бодрость, что может быть полезным при выполнении сложных задач.

Также необходимо учитывать расположение и направление источников освещения. Косвенное и равномерное освещение снижает нагрузку на глаза и предотвращает появление усталости, головной боли и проблем со зрением. Однако, некорректное расположение источников света может создавать нежелательные тени и блики, которые могут отвлекать и затруднять восприятие информации.

Влияние типов освещения на трудоспособность и безопасность: а) лампа накаливания. Она не только вредна для здоровья человека, но и представляет пожарную опасность. б) Люминесцентная лампа. Такая лампа содержит ртуть и

поэтому никак не может быть безопасным для здоровья человека. Вредное ультрафиолетовое излучение вызывает проблему с кожей, ее преждевременное старение и рак. в) Галогенная лампа. Эта лампа с йодным циклом менее опасна для здоровья человека. Недостатком является колебание светового излучения. Это приводит к повешению травматизма и увеличению брака. г) Светодиодная лампа. Сейчас этот светильник является самым безопасным, не имеет опасных материалов. Эта лампа прочна, экономична, долговечна и практически не излучает тепла. Светодиодные лампы повышают деятельность персонала более чем на 30% по сравнению с другими видами [2].

Вот несколько рекомендаций по обеспечению оптимальной освещенности:

1. Естественное освещение: необходимо создать максимальное количество естественного света на рабочем месте, установить большие окна или фильтры, чтобы смягчить яркость солнечных лучей. При недостаточности естественного освещения используется совмещенное (комбинированное) освещение. Последнее представляет собой освещение, при котором в светлое время суток используется одновременно естественный и искусственный свет.

2. Регулируемое и равномерное освещение: установить регулируемые светильники, чтобы сотрудники могли контролировать яркость освещения в своем рабочем пространстве. Обеспечить равномерное распределение света по всей площади рабочего помещения, чтобы избежать резких перепадов освещенности. Оптимальным выбором будет нейтральный свет в температурном диапазоне 3800-4500 К.

3. Выбрать правильное освещение в зависимости от задачи. Например, для задач, требующих точности и детализации, таких как чтение или работа с техническими схемами, использовать настольные лампы с направленным светом может быть наиболее подходящим. Для общих рабочих зон лучше использовать общее освещение.

4. Избегать бликов и отражений: поместить светильники таким образом, чтобы минимизировать блики и отражения от поверхностей, таких как столы и мониторы. Использовать матовые или антибликовые покрытия на поверхностях, чтобы снизить отражение света [3].

Выводы:

1. Изучены воздействия различных источников освещения на продуктивность сотрудников в офисе. Естественное освещение и LED-лампы способствуют повышению работоспособности и уровню комфорта, в то время как люминесцентные лампы могут негативно влиять на результативность и общее самочувствие коллектива.

2. Проанализировано влияние изменения уровня освещенности на концентрацию и психическое состояние человека Оптимальный уровень освещенности играет важную роль в поддержании здоровья и благополучия человека. Правильное освещение поможет улучшить работоспособность, снизить уровень стресса и улучшить качество жизни.

3. Предложены рекомендации по обеспечению оптимальной освещенности. Рекомендации включают в себя использование естественного света, регулируемых светильников, выбор правильного освещения в зависимости от задачи, избегание бликов и отражений, а также программированное управление освещением.

Исследовано качество освещения, его цветовая температура, типы источников света, эмоциональное состояние, активность организма и безопасность человека.

Таким образом, для поддержания здоровья и эффективности работы, необходимо обращать внимание на освещение в рабочих и жилых помещениях, а также стремиться к максимальной доступности естественного света.

Библиографический список

1. Влияние освещения на работоспособность человека // inventrade.ru. URL: https://inventrade.ru/articles/vliyanie-osveshcheniya-na-rabotosposobnost-cheloveka/ (дата обращения: 22.03.2024).

2. Сраждин Е. С. Влияние искусственного освещения на трудоспособность сельскохозяйственных работников // В мире научных открытий. 2020. С. 384–386 (дата обращения: 23.03.2024).

3. Оптимизация освещения рабочего места: простые рекомендации для комфорта и эффективности. 2023. URL: https://nauchniestati.ru/spravka/optimizacziya-osveshheniya-rabochego-mesta/ (дата обращения: 23.03.2024).

4. Теплый свет против холодного света: что лучше и почему? 2023. URL: https://www.ledyilighting.com/ru/warm-light-vs-cool-light/ (дата обращения: 23.03.2024).

5. Влияние освещения на работоспособность человека // Государственное учреждение «Жодинский городской центр гигиены и эпидемиологии». URL: https://zgcgie.by/stati/1327-vliyanie-osveshcheniya-na-rabotosposobnost-cheloveka (дата обращения: 25.03.2024).

Действие аммиака и меры по предотвращению воздействия на организм человека на промышленных предприятиях

Мотовилова Марина Владимировна[a], кандидат технических наук, доцент
Кадигроб Дарья Андреевна[b], студент
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: развитие промышленности в сфере производства аммиака ставит вопросы риска по его негативному воздействию на организм человека. Превентивное действие по отношению к риску и управление риском становятся актуальными в процессе производства аммиака. Цель работы заключается в определении основных видов воздействий на организм человека при производстве аммиака и предложении практических рекомендаций, направленных на снижение риска воздействия аммиака на организм человека. Статья имеет интерес для работников сферы промышленной безопасности и охраны труда.

Ключевые слова: аммиак, рекомендации, травмы, воздействие, органы.

Введение. Обеспечение безопасности жизни и здоровья работников на промышленных предприятиях является неотъемлемой частью создания условий трудовой деятельности. В связи с увеличением объемов производства химической промышленности в сфере производства аммиака, возникает проблема повышения риска негативного воздействия аммиака на организм человека. Вопрос снижения профессионального риска, в соответствии с веденными в действие Приказом Министерства труда РФ от 28.12.2021 г. №926 – становится актуальным.

Объект исследования – вредное воздействие аммиака.

Предмет исследования – снижение воздействия аммиака на организм человека.

Цель работы. Определить основные виды воздействий на организм человека при производстве аммиака и предложить практические рекомендации, направленные на снижение риска воздействия аммиака на производстве.

Задачи:

1. Определить основные виды воздействий на организм человека при производстве аммиака;

2. Предложить практические рекомендации, направленные на снижение риска воздействия аммиака на организм человека.

Методы исследования. В качестве материалов для исследования были использованы научные статьи и результаты исследований других авторов, затрагивающих данную тему и научные медицинские источники.

В качестве методов исследования были использован теоретический метод – сопоставительный анализ.

Аммиак является резким и раздражающим веществом, которое может вызвать повреждение глаз, кожи и дыхательных путей. По физиологическому воздействию на организм человека аммиак относится к группе веществ удушающего и нейротропного действия.

К наиболее частым травмам при производстве аммиака можно отнести:

– Различные повреждения кожных покровов: сжиженный аммиак при попадании на кожу вызывает обморожение, зуд, покраснения, волдыри;

– Травмы глаз: пары газообразного аммиака в малой концентрации вызывает жжение в глазах и слезоточивость, при увеличении дозы – химический ожог роговицы и слепоту;

– Травмирование дыхательных путей: вдыхание аммиачных испарений может губительно отразиться на дыхательных путях организма (першение в горле, затруднение дыхания, кашель, ожог слизистых);

– Гиперчувствительность органов слуха: при отравлении аммиаком, возможны глухота и сильные боли в ушах [2, 3].

Проанализировав негативное воздействие, которое аммиак может оказать на организм человека, можно выделить ряд практических рекомендаций для снижения риска этого воздействия:

1. Обучение сотрудников в области охраны труда и методов безопасного исполнения работ.

В ходе обучения сотрудники узнают информацию, применение которой на практике позволяет им обезопасить себя на рабочем месте. Данная мера значительно снижает риск воздействия аммиака на организм человека.

2. Предоставление работникам средств индивидуальной и коллективной защиты.

Предоставление работникам средств индивидуальной защиты позволяет снизить риск появления травм. Работая в защитном костюме [1], перчатках, респираторе [5] и очках, работник обезопасит себя от попадания аммиака на кожу, глаза и в дыхательные пути.

3. Проведение предварительных и регулярных медицинских профилактических осмотров.

Регулярное проведение медицинских осмотров позволит выявить симптомы отравления аммиаком на ранних стадиях и предотвратить возможные последствия.

4. Улучшение санитарных, технических и бытовых условий, в которых пребывают работники в течение рабочей смены.

Внедрение наилучших доступных технологий позволит избежать аварий с выбросом аммиака. Улучшение бытовых условий – создание комнаты отдыха позволяет работникам находиться в безопасных условиях без негативного воздействия во время перерывов.

5. Контроль за соблюдением техники безопасности проведения работ.

Контроль может помочь избежать таких ошибок, как неправильная эксплуатация оборудования и неверное применение средств индивидуальной защиты или их отсутствие, что в свою очередь гораздо снизит риск негативного воздействия [5].

Результаты исследований, их обсуждение. В ходе теоретического исследования предложены практические рекомендации, направленные на снижение риска воздействия аммиака на организм человека. Соблюдение рекомендаций делает риск негативного воздействия минимальным.

Выводы. На основании проведенного исследования были получены следующие результаты: Определены основные виды воздействий на организм человека при производстве аммиака;

1. Предложены рекомендации для снижения риска воздействия аммиака на организм человека.

Библиографический список

1. ГОСТ 12.4.284.2-2021 (EN 943-2:2019) «Система стандартов безопасности труда. Костюмы, изолирующие для защиты от твердых, жидких и газообразных химических веществ, включая твердые и жидкие аэрозоли. Технические требования и методы испытаний газонепроницаемых изолирующих костюмов (тип 1), применяемых при аварийных ситуациях» (дата обращения 23.03.2024).

2. Профессиональные болезни : учеб. / Н.А. Мухин [и др.]. 2-е изд., перераб. и доп. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2016.

3. Хисматуллина З. Н. Заболевания, связанные с воздействием химических факторов окружающей среды. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/zabolevaniya-svyazannye-s-vozdeystviem-himicheskih-faktorov-okruzhayuschey-sredy (дата обращения 21.03.2024).

4. ГОСТ 12.4.296 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Респираторы фильтрующие. Общие технические условия (дата обращения 23.03.2024).

5. Кошечкин Ю. В., Барабанова С. Н. Производственный травматизм и основные направления его профилактики. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/proizvodstvennyy-travmatizm-i-osnovnye-napravleniya-ego-profilaktiki (дата обращения 20.03.2024).

6. Приказ Минтруда РФ от 28.12.2021 г. № 926 "Об утверждении рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков" (дата обращения 22.03.24).

Методы исследования средств индивидуальной защиты для сотрудников пожарного подразделения

Мотовилова Марина Владимировна[a], кандидат технических наук, доцент
Козловских Карина Евгеньевна[b], студент
Вятский государственный университета[a, b], Киров

Аннотация: в современных условиях трудовой деятельности сотрудников пожарного подразделения для сохранения жизни и здоровья необходимы специальные средств индивидуальной защиты. Данные средства защиты должны соответствовать деятельности пожарных и основным нормативным показателям ГОСТ. Применяемые методы основаны на соответствующей методике деятельности пожарного при тушении пожаров и осуществлении аварийно-спасательных работ. Цель – определить методы исследования средств индивидуальной защиты в профессиональной деятельности. В работе применен исследовательский подход. По результатам методов испытаний делаем вывод, что средства индивидуальной защиты соответствуют нормативным правовым стандартам (ГОСТ 34734-2021) и могут использоваться при эксплуатации. Данная статья может быть полезна специалистам по пожарной безопасности.

Ключевые слова: специальная защитная обувь, средства индивидуальной защиты, методы исследования.

Введение. Работа пожарного подразделения сопровождается с высокими рисками для жизни и здоровья**.** Для выполнения своих профессиональных действий специалисту необходимы средства индивидуальной защиты (СИЗ).

Экипировка должна быть комфортна и удобна при эксплуатации, а также совместима с аварийно-спасательным оборудованием и снаряжением.

Цель теоретического исследования заключается в определении методов исследования СИЗ в профессиональной деятельности пожарного.

Для реализации данной цели необходимо рассмотреть следующие задачи: определить защитные свойства СИЗ; провести анализ методов испытания для проверки качества выпускаемых изделий.

Объект исследования – специальные СИЗ сотрудников пожарного подразделения.

Предмет исследования – методы исследования.

Пожарные выполняют свои задачи в непростых условия, поэтому применяемые СИЗ относятся к специальному назначению. Требование которых прописаны в ГОСТ Р 53264-2019.

В РФ разработана концепция создания перспективной амуниции, на основе современных технологических достижений с использования модернизированной специальной защитной одежды и снаряжения [3].

Концепция учреждена на соблюдении принципов: защита – применение средств личностной защиты с установленными требованиями безопасности, соответствующих сведениям предписаниям; эргономичность – внедрение СИЗ с улучшенными диагностическими и санитарными явлениями; экономичность – обслуживание необходимой универсальности при заданных ограничениях на себестоимость формирования и эксплуатации.

Методы исследования. Основным видом испытаний СИЗ являются эксплуатационные испытания.

Этапы выполнения эксплуатационных испытаний включают: предварительный осмотр; удобство надевания; комфортность и удобство при выполнении работ и упражнений; оценку водонепроницаемости: устойчивость к воздействию открытию пламени; устойчивость к прокалыванию.

Оценка комфортности и удобства дается по результатам выполнения следующих работ и упражнений: спокойная ходьба – 2 мин; ходьба с переноской груза – 5 мин; подъём по штурмовой лестнице в окно 4-го этажа учебной башни (по 2 раза); норматив № 10 «Сбор и выезд отделения по сигналу "Тревога!"» – по 2 раза ; боевое развертывание – упражнение выполняется 3 раза [2].

Испытание по оценке водонепроницаемости обуви заключается в прохождении испытателем определенного количества шагов в ванне. Испытательное оборудование – горизонтальная водонепроницаемая ванна (рис. 1)

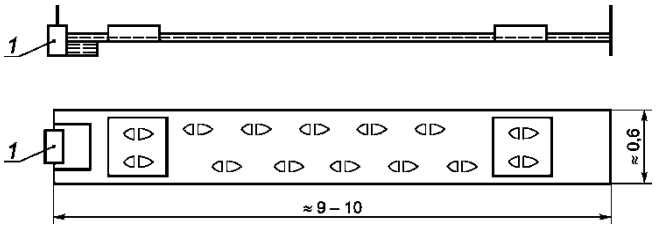


Рисунок 1. Схема горизонтальной водонепроницаемой ванны

Платформы размещают в ванне так, чтобы испытатель сделал 11 шагов нормальной длины от одного конца до другого. Заполняют ванну водой на глубину 30 мм. Испытатель идет в медленном темпе – один шаг в секунду. После прохождения расстояния, равного 100 длинам ванны, испытатель выходит из ванны, аккуратно снимает обувь. Затем тщательно исследуют внутреннюю по-

верхность обуви для выявления признаков проникновения воды (рис. 2). Для каждого испытуемого образца. Повторяют испытание с другими образцами [2].

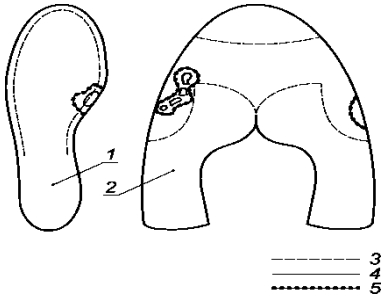


Рисунок 2. Пример обозначения места проникновения и область намокания

Устойчивость обуви к воздействию открытого пламени. Не допускается проводить испытания во время выпадения осадков. В квадратном металлическом поддоне с толщиной стенок 5 мм, внутренней длиной борта 500 мм, высотой борта не менее 50 мм имитируется очаг пожара с помощью бруса деревянного сечением 40 мм, длиной 480 мм – 12 шт. на 1 испытание. В поддон укладывают брус и заливают бензином в количестве 3 л на 1 испытание. Испытатель поочередно левой и правой ногой ступает внутрь поддона на 5 с в течение 300 с.

Дается оценка комфортности нахождения в условиях имитации очага пожара [3].

Рисунок 3. Эксплуатационное испытание обуви

Устойчивость обуви к прокалыванию. Перед проведением испытания участники должны ознакомиться с методикой. Испытания проводятся в присутствии одного ассистента для оказания помощи испытателю в случае необходимости. Вес испытателя в экипировке не должен превышать 120 кг [3].

Испытания по оценке водонепроницаемости и устойчивости обуви к воздействию открытого пламени и прокалыванию представлены на рис. 3.

Результаты исследований, их обсуждение. Методика опытной носки СИЗ обуви в пожарном подразделении включает оценку удобства бега, подъема/спуска, ходьбы с оборудованием и т. д. Результаты оцениваются путем анкетирования. С целью выбора улучшенной конструкции обуви организовано изготовление опытной партии и ее эксплуатация в органах и подразделениях. Исследования позволили выявить положительные и отрицательные свойства разработки. Результаты опытной эксплуатации позволили определить конструкцию ботинок с улучшенными свойствами по влагонепроницаемой и стойкости к повреждениям. Подготовлено техническое описание на ботинки кожаные (специальные пожарные модель 490011 ТО BY 29119354.064-2020) облегченной конструкции, предназначенные для защиты ног спасателя-пожарного от механических воздействий, теплового потока, агрессивных сред и воды, а также от неблагоприятных климатических воздействий при проведении работ по тушению пожаров и аварийно-спасательных работ.

Выводы:

1. Определены защитные свойства СИЗ.

2. Проведины анализ методов испытания для проверки качества выпускаемых изделий.

Библиографический список

1. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной зашиты ног. Методы испытаний: ГОСТ Р 12.4.295-2017. Введ. 26.12.17. М. : Стандартинфоры, 2018. 58 с.

2. Иванов Ю. С., Навроцкий О. Д., Романенко Я. А. Концепция создания перспективной экипировки пожарного-спасателя // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. 2017. № 1 (41). С. 138–142.

3. ГОСТ Р 53264-2019. Национальный стандарт Российской Федерации.

Роль психологического комфорта на рабочем месте в предотвращении травм и заболеваний

Мотовилова Марина Владимировна[a], кандидат технических наук, доцент
Латыпов Павел Рафилевич[b], студент
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: в статье рассматривается важность психологического комфорта на рабочем месте для предотвращения травм и заболеваний сотрудников. Актуальность темы обусловлена влиянием рабочей среды на здоровье работников. Цель работы – выявить роль психологического комфорта в профилактике травм и профзаболеваний. Основной подход – анализ влияния психологического климата на здоровье сотрудников. Результаты исследования подтверждают, что поддерживающая атмосфера способствует уменьшению риска заболеваний. Результат исследования: психологический комфорт напрямую влияет на физическое и эмоциональное здоровье работников, а также на экономическую составляющую предприятия. Представлена важность создания комфортной и оптимальной среды для повышения безопасности труда и снижения риска получения производственных травм и профзаболеваний у работников. Результаты применимы во всех отраслях промышленности.

Ключевые слова: психологический комфорт, охрана труда, травмы, заболевания, рабочее место, психологический климат.

Введение. Современное общество все больше признает важность психологического комфорта на рабочем месте и его влияния на здоровье работников. Отсутствие комфортной атмосферы может привести к ухудшению психического и физического состояния сотрудников, в то время как наличие поддерживающей среды способствует улучшению общего благополучия.

Задачи исследования:

1) изучить существующие подходы к оценке психологического комфорта на рабочем месте;

2) провести анализ влияния психологического комфорта на физическое и эмоциональное здоровье работников;

3) выявить факторы, способствующие или препятствующие созданию психологически комфортной среды на рабочем месте.

Методы исследования. Исследуемый объект: психологический климат в организации. Методы исследования: анализ научных литературных источников, а также применен сравнительный анализ. Последовательность этапов исследования:

1) обзор литературы по психологическому климату в организации;

2) сравнительный анализ результатов исследований различных групп экспертов для выявления общих и различных компонентов психологического климата;

3) формулирование выводов о влиянии психологического климата на продуктивность, удовлетворенность и эффективность работы сотрудников в организации.

Результаты исследований, их обсуждение. Авторы [1] в своих исследованиях утверждают, что сотрудники обычно добиваются лучших результатов, когда бизнес находится в процессе коллективного развития. Поэтому психологические факторы играют решающую роль для бизнеса в создании рабочей среды.

Риску развития различных заболеваний подвержены люди, которые часто испытывают переутомление на работе. По результатам исследований [1] можно сделать вывод, что такому риску подвержены около 50% женщин и 30% мужчин, если они чувствуют усталость на работе более 24 часов в неделю.

Эксперты отмечают, что у таких работников высокие шансы получить проблемы со зрением (67% женщин, 57% мужчин), заболевания эндокринной системы (56% женщин, 40% мужчин), а также сердечно-сосудистой системы (30% женщин и 29% мужчин). Работники испытывают различные типы физических симптомов, таких как частое заболевание из-за ослабленной иммунной системы, депрессии и бессонницы. Все это может вызвать еще больше связанных с утомлением ошибок на работе и повлиять на их личную жизнь [5].

Психологический климат формируется под влиянием отношений между высшим руководством и сотрудниками, отношений между сотрудниками и отношения сотрудников к своей работе. Психологический климат является проявлением общего настроения в организации и проявляется через психологические нюансы. Здоровый психологический климат помогает сотрудникам достигать поставленных целей, приносит радость и вдохновение в их работу, способствует общению, продуктивности и уважению между сотрудниками. В результате сотрудники склонны отдавать предпочтение коллективным интересам перед индивидуальными [2].

Одно из исследований показало, что в психологическом климате присутствуют четыре элемента психологической кульминации: 1) поддержка и благо-

приятные условия со стороны коллег и руководителей; 2) дух дружелюбия и теплоты в рабочем коллективе; 3) автономия на рабочем месте; 4) стресс на рабочем месте и отсутствие гармонии [3].

Другая группа исследователей считает, что психологический климат состоит из шести элементов: 1) поддержка на рабочем месте; 2) четкие должностные обязанности; 3) свобода самовыражения; 4) индивидуальный вклад в достижение организационных целей; 5) соответствующее признание компетентности; 6) вызов на работе [4].

Третьей группой экспертов также был предложен психологический климат, который включает в себя следующие шесть элементов: 1) дружественный климат; 2) доверие к руководителю; 3) честное и открытое общение с руководителями; 4) возможности для обучения и личного развития; 5) справедливость; 6) баланс между работой и семьей [4].

На основании вышеприведенных исследований можно выделить компоненты психологического климата: потребности высшего порядка (согласно теории Маслоу), потребности в отношениях, потребности в развитии (теория ERG), устойчивость и вознаграждение (Герцберг), ожидания (Врум) и мотивация (Портер и Лоулер).

Большинство сотрудников предпочитают работать в организациях, где руководители уделяют особое внимание обучению сотрудников для их взаимного развития и создают возможности для получения новых навыков и совершенствования своей работы. Программы обучения могут помочь сотрудникам развить свои личные компетенции, достичь карьерных целей и подготовить почву для продвижения по службе. Однако компании должны обеспечить всем сотрудникам равные возможности для продвижения по службе, чтобы они могли сопровождать и расти вместе с бизнесом.

Чтобы удержать квалифицированных сотрудников, компании должны обеспечить удовлетворение потребностей сотрудников более высокого уровня, включая их потребности в личном развитии и возможности обучения. Поддержка высшего руководства означает обращение за помощью к руководителям

предприятий в поиске, создании и выборе способов выполнения работы. Руководители также должны поддерживать сотрудников в принятии решений, создавая атмосферу уважительного взаимодействия. В результате, когда сотрудники получают интенсивную поддержку со стороны старших менеджеров, они склонны выполнять свою работу правильно и более эффективно.

Выводы:

1. Изучены существующие подходы к оценке психологического комфорта на рабочем месте. Эти моменты позволяют лучше понять влияние психологического комфорта на работников и их здоровье.

2. Проведенный анализ показал, что психологический комфорт напрямую влияет на физическое и эмоциональное здоровье работников, что подчеркивает важность создания такой среды на рабочем месте.

3. Выявлено, что факторы, способствующие созданию психологически комфортной среды, включают в себя поддержку со стороны руководства, возможность проявления индивидуальности и уважительное отношение к сотрудникам.

Таким образом, улучшение психологического комфорта на рабочем месте играет ключевую роль в предотвращении травм и заболеваний среди работников, что способствует повышению их общего благополучия и производительности.

Библиографический список

1. Геранюшкина Г. П., Разбура Е. А. Формирование команды как условие социально-психологической адаптации продавцов консультантов // Психология в экономике и управлении. 2013. № 2 (дата обращения: 10.03.2024).

2. Щербакова В. П. Влияние личностных качеств сотрудников на психологический климат коллектива // Вестник ТГУ. 2009. № 9 (дата обращения: 16.03.2024).

3. Giao H. N. K., Vuong B. N., Huan D. D. et al. The effect of emotional intelligence on turnover intention and the moderating role of perceived organizational support: Evidence from the banking industry of Vietnam // Sustainability. 2020 12(5). P. 1857 (дата обращения: 19.03.2024).

4. Bambang J., Titi L., Azidatur R. Budgetary partici-pation, organizational commitment, and performance of local government apparatuses // Journal of Asian Finance, Economics and Business. 2020. 7(7). P. 379–390 (дата обращения: 24.03.2024).

5. Рыжук Ф. Психология безопасности труда.

Средства индивидуальной защиты в районах Крайнего Севера и арктической зоны

Мотовилова Марина Владимировна[a], кандидат технических наук, доцент
Левковская Елизавета Сергеевна[b], студент
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: использование средств индивидуальной защиты в районах Крайнего Севера является важной мерой ввиду экстремальных погодных условий и особых трудностей, с которыми сталкиваются работники. Цель работы заключается в определении оптимальных средств индивидуальной защиты, адаптированных к специфическим условиям Крайнего Севера и арктической зоны. Результаты выполненной работы заключаются в рекомендациях по эффективности средств индивидуальной защиты, адаптированных к наиболее опасным и вредным климатическим факторам.

Ключевые слова: средства индивидуальной защиты, эффективность, низкая температура, Крайний Север, работник.

Введение. Северные территории России играют ключевую роль в национальной экономике. В основном это связано с тем, что именно в этих районах сосредоточены основные запасы углеводородного сырья, алмазов, редких, цветных и благородных металлов и многих других полезных ископаемых. Арктический шельф представляет собой колоссальный супербассейн, содержащий не менее 100 млрд. тонн условного топлива [1].

Невзирая на столь высокую социально-экономическую значимость Крайнего Севера, суровые климатические условия усложняют разработку ископаемых. Людям приходится работать в трудных условиях. Согласно Трудовому Кодексу РФ, использование средств индивидуальной защиты (СИЗ) в районах крайнего севера и арктической зоны являются важными мерами, так как выполняемые функции сотрудников должны быть безопасны [1, 3].

Использование специализированных и предназначенных для работы в условиях низких температур и высокой влажности средств индивидуальной защиты способствует снижению рисков, что обеспечивает нормативные и комфортные параметры микроклимата рабочего места [2].

Цель работы: определить оптимальные средства индивидуальной защиты, адаптированных к специфическим условиям крайнего севера и арктической зоны.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Определить наиболее опасные и вредные климатические факторы, действующие на работников;

2. Определить наиболее эффективные и оптимальные средства индивидуальной защиты для северных районов.

Методы исследования. Наиболее опасными и вредными климатическими факторами, снижающие эффективность разработки месторождений, являются: низкая температура воздуха (термометра может опускаться до -50 °С), высокая влажность воздуха, сильный ветер (15–23 м/с), обледенение, продолжительность полярных дня и ночи. Неблагоприятное воздействие этих факторов создает предпосылки для возникновения и развития профессиональных заболеваний, травматизма и аварийных ситуаций на предприятиях.

Работникам приходится работать в условиях быстрой сменяемости погодных условий, выполняя широкий спектр производственной деятельности, требующей высокой подвижности конечностей. Поэтому, в первую очередь, работники могут испытывать охлаждение стоп, головы и рук. Конечности тела (руки) больше всего заняты в работе, они же ввиду физиологических особенностей преимущественно хорошо проводят тепло [3].

В соответствии с ГОСТ 12.4.183-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ) в создании средств защиты (СЗ) для рук рекомендуется используются толстые материалы, ориентированные на температурный комфорт человека. Кроме того, СЗ изготавливаются так, чтобы обеспечить эффективную защиту, данные СЗ должны легко надеваться и сниматься, а также просушиваться. Перчатки должны обеспечивать максимально возможную свободу движения для пальцев, быть комфортными для выполнения трудовых обязанностей с учетом требований безопасности [4].

Анализ применяемых СЗ рук представлен в таблице 1.

Таблица 1

Средства защиты рук

Модель СЗ рук	Характеристика
Рукавицы утепленные «Йока Арктик» [5]	Маслобензостойкие рукавицы общего назначения, устойчивые к истиранию. Защищают от воздействия кислот и щелочей, масел и нефтепродуктов. Легкие и прочные, стойкие к

Окончание табл. 1

Модель СЗ рук	Характеристика
	химическим и механическим воздействиям. Снабжены съемными вкладышами из искусственного утеплителя.
Перчатки Polar 2 (Полар 2) [5]	Морозостойкие водонепроницаемые перчатки с длинной трикотажной манжетой. Не теряют гибкости на морозе благодаря пенополиуретановой изоляции. Толстый слой ПВХ, нанесенный на трикотажную основу, обеспечивает высокую прочность и хороший захват.
Перчатки-краги защитные Alaska (Аляска) В-4012 с покрытием из ПВХ [5]	Перчатки со сплошным поливинилхлоридным морозостойким покрытием рекомендуются для работ в холодное время года и особом климатическом поясе, во влажных и замасленных средах.

Модель перчаток с использованием толстого подклада из хлопкового джерси, а материал покрытия изготовлен из ПВХ, гарантирующая высокую теплозащитные рук, представлена на рисунке 1.

Рисунок 1. Перчатки

Такие перчатки эффективны при работе с предметами и материалами, покрытыми маслами или грязью, работе с химическими веществами в условиях крайне низких температур. Специальная антибактериальная обработка препятствует размножению бактерий, устраняет неприятный запах, предотвращает раздражение кожи рук. Ворсовая подкладка сохраняет руки сухими и теплыми. Яркий оранжевый цвет обеспечивает дополнительное внимание, а значит и безопасность во время работы [5].

Результаты исследований, их обсуждение. В ходе теоретического исследования определено, что применение и обеспечение работников средствами индивидуальной защиты, а также контроль за их использованием, являются важными мерами для обеспечения безопасности сотрудников на рабочем месте.

Рекомендуется использовать СИЗ имеющие следующие характеристики: прочные, износостойкие, удобные, сохраняющие микроклимат человека, быстросохнущие, соответствующие климатическим условиям. Применяя СИЗ можно управлять рисками по тем характеристикам, которые предусмотрены для каждого рабочего места.

Выводы. По работе можно сделать соответствующие основные выводы:

1. Определены наиболее опасные и вредные климатические факторы, действующие на работников.

2. Определены наиболее эффективные и оптимальные средства индивидуальной защиты для северных районов.

Библиографический список

1. Полторыхин С. Н. Повышение эффективности средств индивидуальной защиты горнорабочих на предприятиях севера. URL: https://www.dissercat.com/content/povyshenie effektivnosti-sredstv-individualnoi-zashchity-gornorabochikh-na-predpriyatiyakh-s

2. ГОСТ Р 59123-2020. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты. Общие требования и классификация : принят 2021.10.01 (дата обращения 20.03.2024).

3. Курикалова А. А. Исследование инновационных средств индивидуальной защиты работников в условиях теплового дискомфорта. URL: file:///C:/Users/lizok/Downloads/ issledovanie-innovatsionnyh-sredstv-individualnoy-zaschity-rabotnikov-v-usloviyah-teplovogo-diskomforta %20(1).pdf

4. ГОСТ 12.4.183-91. Система стандартов безопасности труда. Материалы для средств защиты рук. Технические требования : принят 1993.01.01 (дата обращения 20.03.2024).

5. Перчатки для защиты от механических воздействий, устойчивые к низким температурам. URL: https://kirov-forum.technoavia.ru/katalog/siz

Опасные объекты нефтеперерабатывающего производства и обеспечение промышленной безопасности

Мотовилова Марина Владимировна[a], кандидат технических наук, доцент
Паньков Матвей Александрович[b], студент
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: нефтеперерабатывающая промышленность сталкивается с опасными установками, которые угрожают окружающей среде и людям. Цель этого исследования состоит в том, чтобы выяснить, как и почему происходят производственные аварии, и разработать меры безопасности. С помощью методов анализа и обобщения данных были выявлены причины аварий и предложены меры по усовершенствованию в управлении технологическими процессами и обслуживании оборудования. Полученные результаты позволяют разработать эффективные методы предотвращения аварий, которые применимы не только к нефтепереработке, но и к другим отраслям, подверженным риску аварий.

Ключевые темы: опасное производство, авария, охрана труда, нефть, безопасность, несчастный случай.

Введение. В контексте промышленной безопасности нефтеперерабатывающие заводы представляют большую опасность из-за большого количества легких углеводородных газов, паров и непрерывных технологических процессов, в результате которых синтезируется газ. Эта опасность увеличивается из-за недостаточности эффективных мер по предотвращению аварий на всех уровнях и недостаточной готовности к нештатным ситуациям. Федеральный закон РФ № 116-ФЗ от 21.07.97 г. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» подтверждает важность соблюдения законодательства в области промышленной безопасности. Тем не менее, разработка более эффективных методов подготовки к чрезвычайным ситуациям и предотвращения их остается важным вопросом.

Для достижения поставленной цели, необходимо решить ряд задач: во – первых, провести анализ причин нештатных ситуаций на опасных объектах нефтеперерабатывающего производства. Во-вторых, определить мероприятия по обеспечению и организации промышленной безопасности на производстве.

Методы исследования. В качестве основных методов исследования использовались метод анализа и обобщения полученной информации, а также метод синтеза.

Нефтеперерабатывающие предприятия классифицируются как опасные производственные объекты (ОПО) и вносятся в списки государственного ре-

естра опасных производственных объектов. Регистрация нефтеперерабатывающих ОПО осуществляется для лицензирования производства и беспрепятственного мониторинга работы нефтеперерабатывающих предприятий государственными органами контроля для подтверждения безопасности работающего персонала и окружающей среды. В России это регулируется Федеральным законом № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», который также устанавливает минимальные лимиты ответственности и ставки страховой премии. Нефтеперерабатывающие предприятия занимаются переработкой, транспортировкой и хранением нефтепродуктов, что связано с производственными рисками, опасностями, нештатными ситуациями, утечками и возможными пожарами. Для обеспечения промышленной безопасности необходимо соблюдать нормативно правовые государственные, отраслевые и локальные акты. Использовать системы производственного контроля промышленной безопасности и контроля охраны труда персонала [1, 2]. Чаще всего нештатные ситуации (утечки, возгорания, выбросы газа и перегретого пара, разгерметизация оборудования) на предприятиях по переработке углеводородного сырья происходят по следующим причинам [3, 4]: при нарушении правил технологического процесса производства продукции; при ненадлежащем техническом обслуживании и ремонте технических установок, оборудования и трубопроводов, при нарушении правил техники безопасности на производстве; при износе производственного оборудования и утечке углеводородных газов по сетям трубопроводов для транспортировки сырья и готовой продукции; при несоответствии системы молниезащиты (заземления), низкое качество монтажа и повреждения.

Статистика происшествий на объектах нефтеперерабатывающих производств представлена на рисунке 1.

Один из основных аспектов включает в себя регулярное техническое обслуживание оборудования, контроль состояния трубопроводов и проверку их соответствия стандартам безопасности. Также важно проведение обучения персонала в действиях при чрезвычайных ситуациях, применение современных систем мониторинга и автоматизации процессов для предотвращения аварийных ситуаций.

Рисунок 2. Статистика аварийных ситуаций

Можно выделить меры по обеспечению и организации промышленной безопасности (предотвращение опасности) на производстве.

1. Обнаружение возможных локализаций аварий и аварийных ситуаций вовремя. Важным аспектом является наличие систем контроля за технологическим процессом, сигнализации и блокировки.

2. Предупреждение распространения аварий (определение места аварии и уменьшение выброса вредных веществ).

3. Быстрое уведомление ответственных лиц, аварийных служб и населения о происшествии, включая использование местной системы оповещения.

4. Устранение последствий ДТП при помощи аварийно-спасательных служб предприятия и сотрудничающих подразделений [4, 5].

Результаты исследований и их обсуждение. Исследование выявило, что нефтеперерабатывающие предприятия представляют собой опасные производственные объекты с высоким потенциалом для возникновения аварийных ситуаций, таких как нештатные ситуации, пожары и утечки токсичных веществ. Для управления промышленной безопасностью и управления профессиональными рисками на таких объектах необходимо проводить ряд мероприятий, таких как регулярное техническое обслуживание оборудования, обучение персонала правилам безопасности, установка современных систем наблюдения и автоматизация технологических процессов. Анализируя причины аварий на нефтеперера-

батывающих предприятиях, обнаружено, что необходимо улучшить контроль технологических процессов, соблюдать правила техники безопасности и проводить техническое обслуживание оборудования с высоким качеством производимых работ. В настоящее время разработка и внедрение системы контроля за процессом производства, а также оперативное реагирование на выявленные угрозы и неисправности являются важными компонентами обеспечения безопасности данных объектов. Такой метод позволит обеспечить безопасные условия труда на нефтеперерабатывающих предприятиях и снизить риск аварийных ситуаций [5, 6].

Вывод. Нефтеперерабатывающие предприятия имеют высокий риск аварийных ситуаций из-за недостаточного контроля процессов и обслуживания оборудования. Регулярное обслуживание, обучение персонала и внедрение систем контроля необходимы для обеспечения безопасности. По результатам исследования можно сделать соответствующие выводы:

1. Проанализированы причины нештатных ситуаций на опасных объектах нефтеперерабатывающего производства.

2. Определены мероприятия по обеспечению и организации промышленной безопасности на производстве.

Библиографический список

1. О промышленной безопасности опасных производственных объектов от 21 июля 1997 – docs.cntd.ru. URL: https://docs.cntd.ru/document/9046058 (дата обращения: 24.03.2024).

2. Промышленная безопасность и охрана труда в решении экологических проблем нефтепереработки. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36438831 (дата обращения: 24.03.2024).

3. Оценка вероятности аварий на опасных производственных объектах / А. Д. Галеев, С. И. Поникаров. Казань : Изд-во КНИТУ, 2017. 152 с.

4. Основы промышленной безопасности : учеб. пособие / Е. В. Глебова, А. В. Коновалов. М. : РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, 2015. 171 с.

5. Проведение оценки профессиональных рисков (ОПР) на предприятии. URL: https://nkprom.ru/news/provedenie-otsenki-professionalnykh-riskov-opr-na-predpriyatii/ (дата обращения: 24.03.2024).

6. Правила промышленной безопасности для нефтеперерабатывающих производств. ПБ 09-563-03. URL: https://www.ruspromexpert.ru/law/127/747.html (дата обращения: 24.03.2024).

Обеспечение пожарной безопасности на предприятиях

Мотовилова Марина Владимировна[a], кандидат технических наук, доцент
Трофимов Олег Александрович[b], студент
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: предприятия, различных отраслей подвержены риску возникновения пожаров, которые могут привести к материальным потерям, угрожать жизни и здоровью сотрудников. Цель исследований – обеспечение пожарной безопасности на предприятиях. В статье проанализированы меры по обеспечению пожарной безопасности на предприятиях. Рассмотрены основные обязанности специалистов по пожарной безопасности. Результат исследований – практические рекомендации по профилактике и быстрому реагированию в случае возникновения пожара. Обеспечение пожарной безопасности является одной из ключевых задач на предприятиях любого типа. Результаты исследований могут быть полезными в профессиональной деятельности специалистов по пожарной безопасности.

Ключевые слова: безопасность, пожарная безопасность, предприятия, сотрудник, обеспечение, работник, пожар, специалист.

Введение. Любой организации как социально-экономической системе присуще стремление к обеспечению производственной безопасности. Причем источник преобразований системы или функций находится обычно в самой системе. Способность организации к экономической стабильности и развитию обеспечивается правильным выбором стратегии ее развития, в том числе и реализуемой системой пожарной безопасности. При этом должен быть установлен динамический баланс между внешней и внутренней средами. Для самосохранения организации должна функционировать подсистема безопасности [1]. Пожарная безопасность (ПБ) является подсистемой комплексной безопасности и важным аспектом функционирования любого предприятия. Пожары могут нанести огромный ущерб не только имуществу, но и человеческим жизням. Данное направление актуально и активно развивается в работах авторов [1, 2]. Объектом исследования служит пожарная безопасность. Предмет исследования – обеспечение пожарной безопасности на предприятии.

Для достижения поставленной цели необходимо обеспечить решение следующих задач:

1) проанализировать меры по обеспечения ПБ на предприятиях;

2) исследовать роль и рассмотреть основные обязанности специалиста по пожарной безопасности;

3) выработать практические рекомендации по профилактике и быстрому реагированию в случае возникновения пожара.

Методы исследования. Основные меры обеспечения пожарной безопасности на предприятиях включают в себя: во-первых, превентивные меры. Предупреждение возникновения пожара, путем проведения регулярных инструктажей с сотрудниками, обучение персонала правилам пожарной безопасности, проведение проверок наличия и исправности пожарного оборудования, регулярное техническое обслуживание и ремонт систем пожаротушения, установка автоматических пожарных извещателей и систем автоматического пожаротушения. Во-вторых, организационные меры. Разработка и внедрение планов эвакуации, создание пожарно-технических комиссий, обеспечение наличия обученных пожарно-технических служб и оперативного распоряжения ими в случае возникновения пожара, установление ответственности за соблюдение правил пожарной безопасности, проведение регулярных проверок и контроля соблюдения пожарной безопасности на предприятиях. В-третьих, технические меры. Установка средств пожаротушения (огнетушителей, пожарных кранов, гидрантов и т. д.), использование специальных строительных и отделочных материалов, не поддерживающих горение, установка систем вентиляции и дымоудаления, организация отдельных помещений и контрольно-пропускных пунктов, выделение мест для хранения взрывоопасных и пожароопасных веществ.

Каждый работник, при устройстве на работу проходит общий инструктаж по охране труда (ОТ) и ПБ. Знакомится с правилами поведения на рабочем месте, требованиями ОТ, основами ПБ и порядком эвакуации в случае чрезвычайной ситуации. Так же во время работы, проводятся семинары, тренинги, симуляции, тренировки, тестирования для повышения знаний работника в случаях происхождения возникновения пожара, так как объем действий персонала предприятия определяется, прежде всего, уровнем его подготовки. За все перечисленные выше мероприятия отвечают специалисты по ПБ. Они разрабатывают планы действий при пожаре, которые включают в себя процедуры эвакуации, обучение работников и предотвращение пожаров. Осуществляют регулярные инспекции предприятия, чтобы обнаружить и устранить возможные источ-

ники пожара, проверить исправность систем пожарной сигнализации и пожаротушения. Проводят обучение сотрудников предприятия в области пожарной безопасности, включая обучение процедурам эвакуации, использованию средств пожаротушения и предотвращению пожаров. Они планируют и организуют практические тренировки и учения по пожарной безопасности, чтобы работники могли потренироваться в эвакуации и действии в случае возникновения пожара. Активно участвуют в предотвращении и ликвидации пожаров на предприятии, включая активацию систем пожарной сигнализации и координацию эвакуации сотрудников. Поддерживают сотрудничество с местными органами пожарной безопасности, соблюдают требования пожарной безопасности и отчитываются о проводимых мерах безопасности на предприятии.

Без специалистов по ПБ предприятия могут столкнуться с повышенным риском пожара и возникновением опасных ситуаций для сотрудников и имущества. Важно иметь квалифицированный и обученный персонал, который будет отвечать за безопасность и предупреждение пожаров на предприятиях.

Результаты исследований, их обсуждение. Предлагается несколько рекомендаций по профилактике и быстрому реагированию в случае возникновения пожара на предприятиях:

1. Определить основные возможные источники пожара на предприятии; установить средства пожарной безопасности, такие как детекторы дыма и огня, спринклерные системы и пожарные краны; обучить сотрудников правилам пожарной безопасности, включая использование огнетушителей и эвакуацию; проводить регулярные тренировки и пожарные учения.

2. Убедиться, что весь мусор и легковоспламеняющиеся материалы убраны и помещения поддерживаются в чистоте; постоянно проверять электрические системы на предмет коротких замыканий или неисправностей; регулярно очищать вентиляционные системы и вытяжки от жира и других загрязнений.

3. Установить огнетушители в удобном месте, соответствующем требованиям пожарной безопасности; обучить сотрудников правильному использованию огнетушителей и других средств тушения пожаров.

4. Создать подробный план эвакуации, включающий основные выходы и безопасные убежища. Также организовать тренировки и учения по эвакуации, чтобы сотрудники знали, как правильно действовать в случае пожара.

5. Если детекторы или другие системы пожарной безопасности сработали из-за пожара, необходимо незамедлительно вызвать пожарные службы и сообщить о возгорании. Если есть возможность и навыки, начинать тушить пожар, при условии, что это безопасно.

Внедрение и соблюдение данных рекомендаций помогут снизить риск возникновения пожара на предприятиях и обеспечить безопасность сотрудников.

Выводы. Таким образом, были проанализированы меры обеспечения пожарной безопасности на предприятиях, исследована роль и рассмотрены основные обязанности специалиста по ПБ, выработаны практические рекомендации по профилактике и быстрому реагированию в случае возникновения пожара. Обеспечение пожарной безопасности является одной из ключевых задач на предприятиях любого типа. Пожары могут привести к серьезным последствиям, включая гибель людей, разрушение имущества и значительные экономические потери. Стоит обращать внимание на важность поддержания пожарной безопасности на протяжении всей эксплуатации предприятия. Пожарная безопасность должна регулярно проверяться и обновляться в соответствии с изменившимся окружающими условиями.

Библиографический список

1. Серебренников Д. С., Худолей Р. Р., Маркеев А. В. Система обеспечения пожарной безопасности на предприятиях нефтегазовой отрасли // Пожаровзрывобезопасность. 2014. № 10. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-obespecheniya-pozharnoy-bezopasnosti-napredpriyatiyah-neftegazovoy-otrasli (дата обращения: 23.03.2024).

2. Сметанкина Г. И., Романченко С. А. Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности общественных зданий // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2016. № 1 (7). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnye-problemy-obespecheniya-pozharnoy-bezopasnosti-obschestvennyh-zdaniy (дата обращения: 09.04.2024).

3. Морозова В. С. Анализ статистики пожаров, произошедших на промышленных предприятиях на территории Российской Федерации // Молодой ученый. 2024. № 12 (511). URL: https://moluch.ru/archive/511/112221/ (дата обращения: 23.03.2024).

4. Пожарная безопасность на предприятии в 2023 году. URL: https://ecos-security.ru/stati/pozharnaja-bezopasnost-na-predprijatii/ (дата обращения: 23.03.2024).

5. Расчет и независимая оценка пожарного риска в 2023 году. URL: https://serpuhov.engnet.ru/blog/aschet-i-nezavisimaya-ocenka-pozharnogo-riska-v-2023/ (дата обращения: 23.03.2024).

Методические рекомендации по трудоустройству студентов и выпускников

Переверзева Кристина Денисовна[a], студент
Казаков Алексей Павлович[b], студент
Горностаева Елена Анатольевна[c], кандидат биологических наук, доцент
Вятский государственный университет[a, b, c], Киров

Аннотация: в данной работе поднимается актуальная проблема неосведомленности студентов и выпускников в вопросе своих основных прав и обязанностей при устройстве на работу. Соответственно, целью данной статьи является написание рекомендаций с намерением помочь выпускникам с правовой частью при трудоустройстве, с грамотным оформлением документов, с ознакомлением с основными моментами при приеме на работу, на которые стоит обратить внимание. В статье представлена необходимая информация для успешного прохождения первого интервью, основные документы, требуемые при приеме на работу, общие права и обязанности работника.

Ключевые слова: трудоустройство, права, обязанности.

Введение. В условиях рыночной экономики для ее успешного функционирования особое внимание уделяется кадровым вопросам. Проблема, с которой сталкиваются большинство молодых людей – это юридическая безграмотность. Несмотря на то, что через сеть интернет можно найти необходимую информацию, студентов она часто не интересует. Этим пользуются мошенники, которые наживаются на некомпетентности граждан. Таким образом, информирование студентов и выпускников первоочередной информацией для успешного прохождения интервью, перечисление необходимых документов, указание важных пунктов, на которые стоит обратить внимание при подписании трудового договора (ТД), является актуальным вопросом.

Методы исследования. В данном разделе проводили обзор и анализ нормативно-правовой базы в исследуемом вопросе [1, 2].

Результаты исследований, их обсуждение. В разделе рассматривается порядок оформления документов, ТД, прав и обязанностей работника, а также краткая информация для составления резюме. Присутствуют основные понятия для более легкого восприятия информации.

Обычно порядок оформления документов при трудоустройстве выглядит следующим образом [1, 2]:

1. Сотрудник предоставляет резюме.

2. При заинтересованности работодателя в кандидатуре, работодатель знакомит сотрудника с локальными нормативными актами предприятия и правилами внутреннего трудового распорядка перед подписанием ТД.

3. Составляется заявление о приеме на работу.

4. Будущий работник оформляет автобиографию, заполняет анкету, предоставляет требуемые документы.

5. Подписывается ТД.

6. Издается приказ о приеме на работу (унифицированные формы № Т-1 или № Т-1а).

7. В трудовую книжку вносится соответствующая запись.

8. Оформляется личная карточка (унифицированные формы № Т-2, № Т-ГС(МС), № Т-4).

9. В бухгалтерии открывается лицевой счет.

Для проведения процедуры официального оформления на работу необходимы следующие документы (ст. 65 ТК РФ) [2]:

1. Паспорт или иной документ, удостоверяющий личность.

2. Трудовая книжка. В ней отражаются данные о работнике, выполняемой работе, переводах на другую работу, увольнении, основаниях прекращения трудового договора и наградах за успехи в работе.

3. Регистрация по месту пребывания. Работодатель по ТК РФ не может отказать в трудоустройстве гражданину без регистрации, за исключением иностранных граждан. Однако на практике компании редко нанимают персонал без регистрации, особенно на ответственные должности.

4. Документация, подтверждающая квалификацию или образование. В случаях, если выпускник принимается на работу не по специальности, такие документы не предоставляются.

5. Документы воинского учета.

При приеме на работу, в соответствии со ст. 65 ТК РФ, работодатель так же может потребовать справку о судимости, медицинскую книжку, СНИЛС. Условие испытательного срока работника может быть предусмотрено в ТД по

соглашению обеих сторон. Если же в договоре нет условия об испытании, то работник принимается без него.

Давайте рассмотрим, чем же является ТД. Это соглашение между работодателем и работником о работе, условиях труда и заработной плате. Перед подписанием ТД необходимо ознакомиться с его условиями. Согласно законодательству Российской Федерации, ТД должен быть оформлен в письменной форме, подписан сторонами, с одним экземпляром для работника, с другим – для работодателя. В договоре указываются фамилия, имя, отчество работника, наименование работодателя, данные о документах, идентификационный номер налогоплательщика, информация о представителе работодателя, место и дата заключения, условия оплаты труда, режим работы и отдыха, возможные компенсации и льготы, виды социального страхования, права и обязанности работника и работодателя, а также реквизиты сторон. ТД должен содержать сведения о размере должностного оклада. Его отсутствие часто приводит к трудовым спорам между работником и нанимателем касательно размера заработной платы. Запрещается требовать от работника выполнения работы, не обусловленной трудовым договором, за исключением случаев, предусмотренных ТК и иными федеральными законами (ст. 60 ТК РФ).

Следующее понятие, резюме – это документ, содержащий информацию о навыках, опыте работы, образовании, и другую относящуюся к делу информацию, обычно требуемую для рассмотрения кандидатуры человека для найма на работу. Резюме содержит в себе: персональные данные; цель трудоустройства (указание должности, на которую претендует кандидат); образование; опыт работы; профессиональные навыки; общественная деятельность; дополнительная информация (знание иностранных языков, водительские права и прочее); рекомендации.

Таблица 1

Права и обязанности работника

Права работника	Обязанности работника
заключение, изменение и расторжение трудового договора	исполнять свои трудовые обязанности, прописанные в трудовом договоре
предоставление ему работы	соблюдать правила внутреннего трудового распорядка

Окончание табл. 1

Права работника	Обязанности работника
рабочее место, соответствующее государственным нормативным требованиям охраны труда	соблюдать трудовую дисциплину
выплату заработной платы в полном объеме и вовремя	выполнять установленные нормы труда
отдых, обеспечиваемый установлением нормальной продолжительности рабочего времени	соблюдать требования по охране труда и обеспечению безопасности труда
полную и точную информацию о рабочих условиях и требованиях по обеспечению безопасности труда на месте работы	бережно относиться к имуществу работодателя и других лиц
объединение, включая возможность создания профессиональных союзов и их членство для защиты своих трудовых прав, свобод и законных интересов	незамедлительно сообщить работодателю или непосредственному руководителю о возможной опасности для жизни, здоровья сотрудников и сохранности имущества организации
участие в управлении организацией в предусмотренных законами формах	–
защиту своих трудовых прав, свобод и законных интересов путем использования законных средств	–
возмещение вреда, причиненных в результате выполнения трудовых обязанностей, и компенсация ущерба в моральном плане в соответствии с действующим законодательством	–
обязательное социальное страхование	–

Официально устроившись на работу, важно знать свои трудовые права и обязанности. Они обозначены в таблице 1. При нарушении трудовых прав нужно обращаться в Государственную инспекцию труда. Жалобу можно подать устно, получив консультацию в инспекции, либо направить письменную жалобу онлайн через сайт трудовой инспекции или «Госуслуги». Перед обращением важно определить, какие именно права были нарушены в соответствии с ТК РФ.

Выводы. Таким образом, в работе была собрана базовая информация, необходимая выпускникам при приеме на работу. Рассмотрены основные документы, показаны права и обязанности будущих работников.

Библиографический список

1. Конституция Российской Федерации : [принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 г. с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01 июля 2020 г.] // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: http://www.constitution.ru/ (дата обращения: 13.04.2024).

2. Трудовой кодекс Российской Федерации : Федер. закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ : ред. от 06.04.2024 // Российская газета. 2001. № 256. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/ (дата обращения: 13.04.2024).

Внедрение цифровизации в охрану труда посредством применения программного обеспечения

Тертышник Никита Владимирович[a], магистрант
Бузиков Шамиль Викторович[b], доцент кафедры
строительного производства
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: в статье рассматривается использование программного обеспечения для внедрения цифровизации в охрану труда. Представлены преимущества и недостатки различных программных решений, а также практические примеры их применения. Статья предназначена для специалистов по охране труда и руководителей предприятий, стремящихся улучшить безопасность труда и соответствествовать нормативным требованиям.

Ключевые слова: цифровизация, охрана труда, программное обеспечение, управление рисками, анализ данных.

Введение. Внедрение цифровых технологий в охрану труда набирает обороты. Программное обеспечение может значительно повысить эффективность управления рисками, сбора и анализа данных, а также соответствия нормативным требованиям. В этой статье мы рассмотрим преимущества и недостатки программных решений для цифровизации охраны труда, а также приведем примеры успешного внедрения.

Рассмотрим преимущества использования программного обеспечения в охране труда:

− Управление рисками. Программное обеспечение позволяет централизованно идентифицировать, оценивать и контролировать риски для безопасности труда. Это помогает предприятиям предотвращать инциденты и создавать более безопасную рабочую среду.

− Сбор и анализ данных. Программы могут собирать и анализировать данные об инцидентах, нарушениях и показателях эффективности в области охраны труда. Эти данные могут использоваться для выявления тенденций, разработки превентивных мер и оценки эффективности программ по охране труда.

− Соответствие нормативным требованиям. Программное обеспечение может помочь предприятиям соблюдать нормативные требования по охране труда. Оно предоставляет инструменты для управления документацией, обучения и отчетности, что облегчает соблюдение требований регулирующих органов.

− Повышение эффективности. Программные решения могут автоматизировать ручные задачи, такие как документирование инцидентов, управление обучением и отчетность. Это высвобождает время специалистов по охране труда для решения более важных вопросов.

− Улучшение коммуникации. Программное обеспечение может улучшить коммуникацию между специалистами по охране труда, руководителями и сотрудниками. Оно предоставляет платформу для обмена информацией, обсуждения проблем безопасности и разработки совместных решений.

Недостатки использования программного обеспечения для цифровизации охраны труда.

− Стоимость. Программное обеспечение для цифровизации охраны труда может быть дорогостоящим, особенно для небольших предприятий.

− Обучение и внедрение. Для эффективного использования программного обеспечения требуется обучение и поддержка. Это может потребовать дополнительных ресурсов и времени.

− Интеграция с другими системами. Программное обеспечение может не интегрироваться с другими системами предприятия, такими как системы управления качеством или кадрами.

− Безопасность данных. Программное обеспечение должно быть надежным и защищенным, чтобы предотвратить утечку конфиденциальной информации об охране труда.

− Отсутствие гибкости. Некоторые программные решения могут быть негибкими и не подходить для всех типов предприятий.

На рынке представлены разнообразные и многофункциональные программы, приведем пример нескольких из них:

− SafetyCulture. Комплексное программное решение, которое охватывает управление рисками, инцидентами, аудитами и анализом данных;

− Zenefits. Интегрированное решение для управления персоналом и охраной труда, которое предоставляет инструменты для обучения, документирования и отчетности;

− EHS Insight. Облачная платформа, предназначенная для управления экологическими, гигиеническими и требованиями к охране труда;

− CMMS. Система управления техническим обслуживанием, которая может интегрироваться с программным обеспечением для охраны труда для управления рисками, связанными с оборудованием;

− Power BI. Инструмент анализа данных, который можно использовать для визуализации и анализа данных по охране труда;

− «1С: Производственная безопасность. Охрана труда». Программное обеспечение, направленное на автоматизацию и упрощение работы специалиста по охране труда.

Особенно хочется выделить программный продукт «1С: Производственная безопасность. Охрана труда» из предложенных. Этот универсальный комплекс, основанный на платформе «1С: Предприятие», предназначен для автоматизации процессов в области охраны труда на предприятии. Он обеспечивает учет, планирование, контроль и отчетность по охране труда в соответствии с российским законодательством. ПО «1С: Производственная безопасность. Охрана труда» может использоваться специалистами по охране труда, руководителями предприятий и службой безопасности. Этот проверенный инструмент позволяет контролировать соблюдение стандартов по охране труда, снижать риски для работников и предотвращать потенциальный финансовый и социальный ущерб, связанный с неблагоприятными условиями труда.

Выводы. В свете выше изложенного можно сказать, что программное обеспечение для цифровизации охраны труда может принести значительные преимущества предприятиям, стремящимся улучшить безопасность труда и соответствие нормативным требованиям. Однако важно тщательно оценить преимущества и недостатки различных программных решений и выбрать то, которое лучше всего соответствует конкретным потребностям и бюджету предприятия.

Библиографический список

1. Приказ Минтруда РФ от 22 апреля 2021 г. № 274н «Об утверждении профессионального стандарта «Специалист в области охраны труда» // Официальный интернетпортал правовой информации. URL: http://pravo.gov.ru/ (дата обращения: 17.04.2024).

2. Порочкин Д. Цифровая трансформация охраны труда. Наше видение перевода всей сферы охраны труда в цифровую плоскость // EcoStandard.Jourlal. URL: https://journal.ecostandardgroup.ru/ot/tech/tsifrovaya-transformatsiya-okhrany-truda/ (дата обращения: 17.04.2024).

3. Царев В., Веснин Е. Видеоаналитика – мощное оружие в борьбе с производственным травматизмом // Control engineering. Россия. 2020. № 2 (86). С. 46–51.

Разработка умной конфорки газовой плиты на основе термоактивных гигроскопических материалов с системой блокировки и оповещения утечки газа

Устюжанин Иван Андреевич[a], студент
Зыкин Андрей Александрович[b], кандидат технических наук, доцент
Вятский государственный университет [a, b], Киров

Аннотация: в работе проведена оценка безопасности эксплуатации газа в быту: приведена статистика использования бытового газа и среднего ущерба от его взрывов, рассмотрены распространённые причины утечки газа и эффективность существующих приспособлений защиты. Приведены характеристики, особенности и преимущества разработки. Рассмотрены вопросы актуальности, технической значимости и коммерческого потенциала.

Ключевые слова: утечка газа, конфорка, газовая плита, вспученный перлит, нитинол.

Вопрос безопасности эксплуатации газа в быту стоит довольно остро как для непосредственных потребителей, так и государственных организаций. Взрывы бытового газа в последние годы стали массовым явлением, ущерб от которых в каждом многоквартирном доме составляет около 30 млн. рублей, а централизованная стоимость оснащения жилых помещений необходимыми устройствами составит около 320 млрд руб. Самые распространённые причины утечки газа – это заливание, сбивание огня в конфорке и изнашивание труб газопровода [1, 2].

При проведении проектно-изыскательных работ применяются теоретические и практические методы исследования. Для определения актуальности и экономической эффективности разработки используется анализ существующих технических решений и рынка. Поисковые эксперименты с последующим наблюдением и сравнением полученных результатов в отношении свойств материалов обеспечивают актуальность и достоверность данных.

Разрабатывая конфорку газовой плиты, проанализировали перечень уже существующих устройств данного назначения, к которым относятся газоанализатор, сигнализатор загазованности, датчик утечки газа.

Изучив статистику причин взрывов бытового газа в быту, сильные и слабые стороны аналогов, определили несколько основных требуемых функций конфорки: защита от утечки газа по причине затухания пламени, препятствие зажиганию огня при неисправности трубопровода, установка без привлечения

квалифицированного работника и специальных знаний потребителя, съёмное, универсальное и мобильное средство.

Конфорка газовой плиты основывается на физических свойствах применимых материалов, благодаря чему обеспечивается надёжность системы, следовательно, безопасность потребителей.

Разработка состоит из нескольких частей: крышка конфорки и рассекатель с толкателями, выполняющихся из термоактивных гигроскопических материалов.

Крышка конфорки (рис. 1) выполняется особенной формы, закрывающей прорези рассекателя, из магматической горной породы – вспученного перлита. Данный продукт вулканического происхождения обладает уникальными свойствами: 1. Низкая теплопроводность – при действии экстремальных температур, нагреется лишь до приемлемой для человека температуры; 2. Негорючесть – материал выдерживает от -200 до +900°С и не поддерживает горение, что значительно повышает пожаробезопасность конструкций, в которых он используется; 3. Гигроскопичность – поглощает влагу в больших объемах, до 400% собственного веса, и быстро отдает её без потери своих свойств; 4. Химическая инертность – нейтральность к действию щелочей и слабых кислот (уксус, сода), что особенно актуально в бытовых условиях; 5. Природное происхождение – не содержит тяжелых металлов и химических примесей, следовательно, не выделяет отравляющих веществ и является экологически чистым; 6. Биостойкость – перлит не содержит в составе никаких связующих веществ, а значит, в нём невозможно развитие различных бактерий [3, 4].

Особенностью рассекателя конфорки является применение толкателей (рис. 2), пружины которого выполняются из нитинола – соединения титана и никеля, обладающего уникальными и необходимыми свойствами: 1. Память формы – при комнатной температуре, пружина легко деформируется, а при нагреве выше 40 °С – восстанавливает первоначальную форму, заданную на этапе производства; 2. Высокая температура плавления – составляет 1300°С; 3. Обладает сверхупругостью – восстанавливает изначальное положение после снятия нагрузки; 4. Высокая коррозионная стойкость; 5. Возвращение в исходное состояние до 1 000 000 раз; 6. Гашение вибраций [5, 6].

Принцип работы основан на физических преобразованиях применяемых материалов под воздействием температур и жидкостей.

В закрытом состоянии крышка конфорки особенной формы закрывает прорези рассекателя, тем самым перекрывая пути выхода газа. Между рассекателем горелки и его крышкой устанавливаются толкатели, пружины которых выполнены из нитинола (рис. 3).

При нажатии на крышку конфорки, толкатели поднимают её, открывая пути выхода газа (рис. 4) и пламени, а дальнейшее воздействие высоких температур поддерживает вытянутую форму пружины. При попадании жидкости на крышку из вспученного перлита, она впитывает влагу, увеличивается в массе и размере (около 4%), тем самым сильнее давит на толкатели и закрывает прорези в рассекателе конфорки благодаря своеобразной форме. При затухании или сбивании пламени – температура внутри конфорки падает, следовательно, металл нитинол, из которого выполнены пружины, сжимается, опускает толкатели с крышкой и перекрывает прорези рассекателя.

Изобретение контролирует сразу несколько аспектов безопасного использования газовой плиты, а выделиться разработке среди конкурентов способствуют следующие показатели: 1. Универсальность – устройство совместимо с любыми видами газовых плит. 2. Лёгкость в установке и замене – не требуется привлечение специалиста. 3. Неприхотливость – отсутствие каких-либо требований к окружающей среде и обслуживанию; 4. Многофункциональность – изобретение контролирует безопасность использования газовой плиты комплексно, а также препятствует непосредственной утечке. 5. Компактность – не требует дополнительного места. 6. Автономность – не требует постоянного источника питания. 7. Низкая себестоимость.

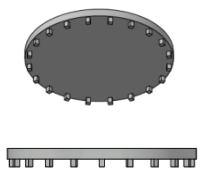


Рис. 1. Крышка конфорки

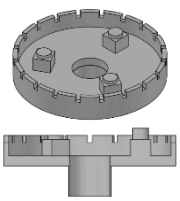


Рис. 2. Рассекатель конфорки с толкателями

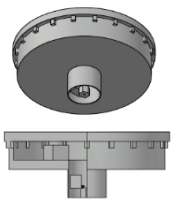


Рис. 3. Конфорка в закрытом состоянии

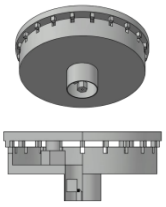


Рис. 4. Конфорка в открытом состоянии

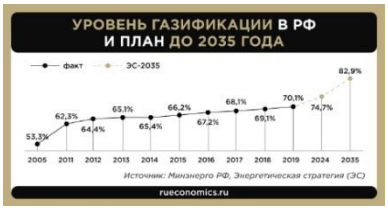


Рис. 7. Уровень газификации в Российской Федерации

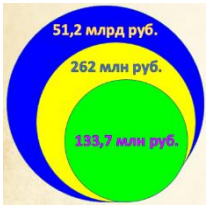


Рис. 8. Оценка размера рынка

По данным ПАО Газпром – уровень газификации России на начало 2021 года составил 71,4%. За пять лет с 2016 года показатель вырос на 5,2%. А к 2030 году его планируется довести до 83% (рис. 5) [7].

Газовые плиты являются лидирующим приспособлением приготовления пищи во всём мире, поэтому число непосредственных потребителей крайне велико, а наша разработка обладает далеко идущей перспективой. При населении России около 146 млн человек, число непосредственных потребителей – практически 102,5 млн.

Анализируя данные компаний ПАО «Газпром» и АО «Газпром газораспределение Киров», можно оценить размер рынка следующим образом (рис. 8): TAM – общий объём целевого рынка. Взяв всю Россию и выделив часть людей, пользующихся газовым оборудованием, получим 102,5 млн чел; SAM – доступный объём рынка в ближайшем будущем – Кировская область – насчитывает 524 тыс. чел; SOM – доступная доля с учетом коммерческой модели и конкуренции; на первоначальном этапе составляет 267 тыс. чел.

Таким образом, можно сделать вывод, что реализация данного проекта крайне важна, актуальна и имеет большой потенциал в связи с высокой частотой взрывов и пожаров по вине бытового газа, а также большим числом потребителей.

Библиографический список

1. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий – МЧС России. URL: https://www.mchs.gov.ru/ (дата обращения: 29.09.2022).

2. Федеральное государственное унитарное предприятие «Информационное телеграфное агентство России (ИТАР-ТАСС)». URL: https://tass.ru/ (дата обращения: 29.09.2022).

3. Общество с ограниченной ответственностью «ПетроПерлит». – URL: http://petroperl.ru/ (дата обращения: 16.10.2022).

4. ГОСТ 10832-2009 «Песок и щебень перлитовые вспученные. Технические условия». URL: https://docs.cntd.ru/document/1200081657 (дата обращения: 16.10.2022).

5. Портал «STANKIEXPERT». URL: https://sterbrust.tech/ (дата обращения: 16.10.2022).
6. ГОСТ 19863.15-91 «Сплавы титан-никель. Метод определения титана». URL: https://docs.cntd.ru/document/1200010727 (дата обращения: 16.10.2022).
7. Публичное акционерное общество «Газпром». URL: https://www.gazprom.ru/ (дата обращения: 16.04.2024).

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Методика разработки обучающего промышленного VR-симулятора

Ануфриев Данил Сергеевич[a], инженер
Макушев Владимир Юрьевич[b], инженер
Якурнова Лада Николаевна[c], студент
Грачев Сергей Павлович, кандидат технических наук[d], доцент
Вятский государственный университет[a, b, c, d], Киров

Аннотация: подготовка специалистов для современной промышленности невозможна без практического обучения. В случаях, когда практика на реальных производствах невозможна или связана с высокими рисками, рационально использовать симуляторы в виртуальной реальности. Актуальной задачей является поиск оптимального способа разработки. Цель работы – создание методики разработки обучающего промышленного VR-симулятора. Описывается подход, применяемый в лаборатории виртуальной реальности ВятГУ, рассмотрен пример разработки VR-приложения. В результате работы описана и апробирована методика создания обучающих промышленных симуляторов с учётом особенностей разработки для VR.

Ключевые слова: VR-приложение, Unity, промышленный симулятор, электрическая подстанция, виртуальная реальность.

Введение. Современная промышленность требует подготовки высококвалифицированных специалистов. Однако практическая деятельность на реальных производственных площадках, являющаяся важной частью обучения, может быть связана с определёнными рисками [1, с. 6–7]. В связи с этим рационально использовать обучающие симуляторы в виртуальной реальности (VR). Они позволяют создавать максимально реалистичное окружение промышленных объектов, где студенты могут практиковаться в сборке изделий, работе на оборудовании, устранении неполадок и отработке различных сценариев действий. Исследования показывают, что внедрение технологии VR в образовательный процесс повышает интерес и мотивацию студентов [2, с. 2998], а также успеваемость [3, с. 6]. Отмечается снижение числа ошибок при отработке в VR-симуляторе требуемой последовательности действий при сборке двигателя и сервисном обслуживании станка [4, с. 2171–2172].

Разработка VR-приложений является трудоёмкой и дорогостоящей, поэтому актуальным становится построение оптимального процесса разработки.

Целью работы является создание методики разработки обучающего промышленного VR-симулятора.

Задачи исследования:

– определение необходимых шагов для разработки приложения;

– выявление особенностей разработки для виртуальной реальности;

– апробация методики на реальном проекте.

Методы исследования. Первым этапом разработки любого обучающего приложения является составление технического задания с описанием формата, наполнения, алгоритма обучения и вывода результатов. VR-приложение должно отвечать дополнительным требованиям: обладать правдоподобностью, интерактивностью, безопасностью и создавать эффект присутствия [5, с. 30–31].

Следующим этапом является подготовка 3D-моделей оборудования и окружения виртуальной сцены. Многие производства имеют цифровые копии, созданные в системах автоматизированного проектирования. Такие модели являются твердотельными и не поддерживаются большинством сред разработки приложений, использующих полигональные модели, поэтому появляется задача их дополнительной подготовки. Возможна автоматическая конвертация через универсальные форматы, такие как OBJ или STL, но зачастую она приводит к появлению большого количества полигонов и сложностям при дальнейшей работе. В этом случае необходимо вручную пересоздавать модели.

Далее происходит сборка виртуальной сцены в среде разработки, включающая в себя расстановку 3D-моделей и наложение материалов, настройку окружающего мира, добавление источников освещения и звуков.

Так как пользователь будет погружён в виртуальную реальность, внешний вид, расположение, размеры и поведение виртуальных объектов должны соответствовать реально существующим.

Взаимодействие пользователя с объектами сцены и реализация алгоритма обучения настраиваются при помощи скриптов – блоков кода, написанных на языке программирования (C# или C++). Подключение устройств виртуальной реальности и настройка их работы выполняются при помощи готовых плагинов, которые также содержат скрипты, реализующие базовые взаимодействия: перемещение игрока, взятие объектов, нажатие кнопок интерфейса.

При разработке приложений с виртуальной реальностью нужно учитывать, что пользователи могут быть незнакомы с VR-оборудованием, и им требуется предварительная адаптация внутри виртуальной среды. Для этого в приложении может быть предусмотрена начальная сцена с информацией по управлению.

Обучающее приложение может быть разработано как для индивидуальной работы пользователей, так и для использования в компьютерных классах, где преподаватель может контролировать процесс, видя действия обучающегося на мониторе и управляя сценарием. Информация о количестве ошибок и времени прохождения сценария может выводиться на экран и записываться в файл.

Финальным этапом разработки является написание сопроводительной документации, такой как руководство пользователя приложения и инструкция по подключению и настройке оборудования.

Результаты исследований, их обсуждение. Таким образом, методика разработки обучающего промышленного симулятора в среде виртуальной реальности включает в себя следующие шаги:

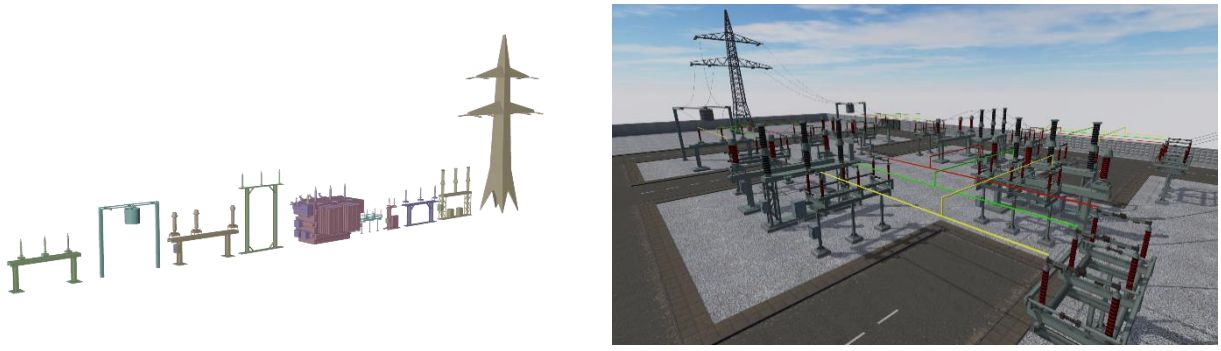
1. Формирование технического задания и анализ требований.
2. Подготовка 3D-моделей для импорта в среду разработки.
3. Сборка виртуальной сцены из созданных моделей.
4. Интеграция плагинов для работы с VR-оборудованием.
5. Написание скриптов, реализующий заданный алгоритм обучения.
6. Реализация вывода статистической информации.
7. Адаптация приложения для новых пользователей.
8. Подготовка сопроводительной документации.

По данной методике разработано VR-приложение для обучения студентов действиям по выводу в ремонт трансформатора на электрической подстанции.

Использованные в работе 3D-модели показаны на рисунке 1.

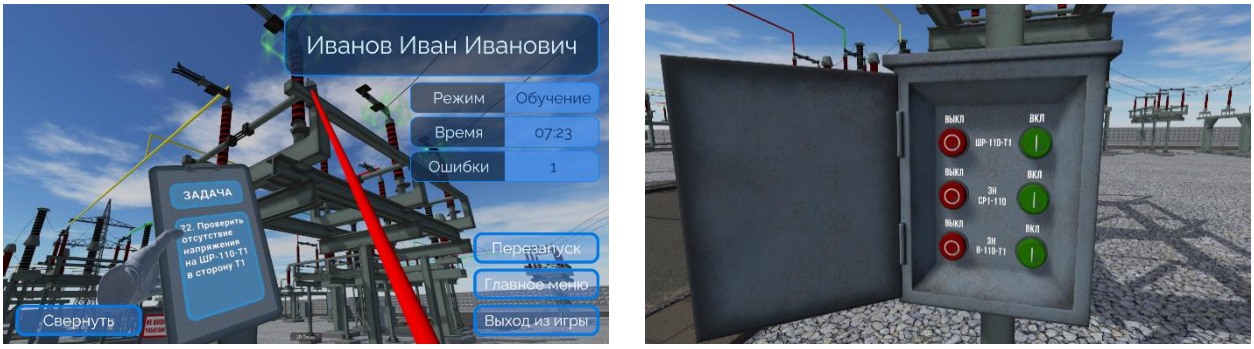
Приложение имеет два режима работы: обучающий и экзаменационный. В режиме обучения пользователь может использовать подсказки, сообщающие о том, что в данный момент нужно сделать. В режиме экзамена подсказки не появляются, а результаты записываются в файл. Информация о прохождении

сценария отображается на мониторе преподавателя и включает в себя имя пользователя, время прохождения теста и количество ошибок. Интерфейсы приложения показаны на рисунке 2.



а б

Рисунок 1. а – 3D-модели оборудования; б – настроенные модели в пространстве сцены.



а б

Рисунок 2. а – интерфейс преподавателя; б – интерфейс виртуального пульта.

Для создания эффекта присутствия процесс обучения сопровождается визуальными (анимация объектов), звуковыми (фоновая музыка, локальные звуки) и тактильными (вибрация контроллеров) эффектами. Для уменьшения укачивания перемещение по сцене реализовано при помощи телепортации: пользователь указывает точку, в которую хочет переместиться, экран темнеет, после чего происходит перемещение.

Выводы. Обучающие VR-симуляторы позволяют в значительной степени сократить затраты на практическую подготовку обучающихся, при этом повысив безопасность и вовлечённость в процесс обучения.

В ходе работы определены необходимые шаги и описана методика создания обучающих промышленных симуляторов с учётом особенностей разработки для виртуальной реальности. Методика апробирована и применяется в лабо-

ратории виртуальной реальности ВятГУ при разработке VR и трёхмерных приложений, отображаемых на мониторе персонального компьютера.

Библиографический список

1. The application of reality simulators for improving the education quality at universities / O. Simonova, V. Barashyan, A. Gampartsumov, M. Khlebnikova // E3S Web Conf. 2021. Vol. 273. 12081. DOI: 10.1051/e3sconf/202127312081.

2. Immersive virtual reality to enforce teaching in engineering education / O. Halabi // Multimed. Tools Appl. 2020. Vol. 79. P. 2987–3004. DOI: 10.1007/s11042-019-08214-8.

3. Use of Virtual Reality Tools in an Undergraduate Mechanical Engineering Manufacturing Course / Z. Syed, T. Wang, K. Frady and others // ASEE Annual Conference & Exposition. 2017. DOI: 10.18260/1-2--29067.

4. Evaluation of an immersive virtual learning environment for operator training in mechanical and plant engineering using video analysis / C. Pletz, B. Zinn // British Journal of Educational Technology. 2020. Vol. 51. № 6. P. 2159–2179. DOI: 10.1111/bjet.13024.

5. Виртуальная и дополненная реальность / С. Хачатурова // Вестник педагогических наук РЭУ им. Г. В. Плеханова. 2022. № 2. С. 30-33.

Оценка погрешности измерения сигнала синхронизации в цифровых телекоммуникационных сетях

Батенков Кирилл Александрович,
доктор технических наук, профессор, профессор
РТУ МИРЭА, Москва

Аннотация: в статье отмечается, что точная работа и тщательное планирование систем синхронизации требуются не только для предотвращения возникновения неприемлемых рабочих характеристик, но и для ослабления скрытых, дорогостоящих и трудноопределимых проблем и уменьшения малозаметных взаимных влияний сетей различного подчинения. Цель статьи – рассмотреть различные параметры, используемые для оценки точности передачи сигнала синхронизации. Ведущий подход – анализ существующей нормативной базы в области оценки качества в телекоммуникациях. Основные результаты: показаны основные параметры, рассчитываемые по измерениям принимаемого сигнала синхронизации и позволяющие судить о качестве его передачи. Основным предназначением представленных материалов является их использование в качестве научно-технического обоснования критериев и показателей, обеспечивающих оценку качества предоставляемых телекоммуникационных услуг.

Ключевые слова: сети связи, качество обслуживания, синхронизация, цифровой тракт, погрешность частоты.

Введение. *Синхронизация* – (от греч. synchronos – одновременный) приведение двух или нескольких процессов к синхронности, то есть такому их протеканию, когда одинаковые или соответствующие элементы процессов совершаются с неизменным сдвигом по фазе друг относительно друга [1].

В телекоммуникациях *синхронизация* – это средство поддержания работы всего цифрового оборудования в сети связи на одной средней скорости [2]. Синхронизация должна существовать на трех уровнях: битовая синхронизация, синхронизация на уровне канальных интервалов (time slot) и кадровая синхронизация.

Точная работа и тщательное планирование систем синхронизации требуются не только для предотвращения возникновения неприемлемых рабочих характеристик, но и ослабления скрытых, дорогостоящих и трудноопределимых проблем и уменьшения малозаметных взаимных влияний сетей различного подчинения.

Погрешность частоты. Поскольку непрерывное значение функции погрешности времени $x(t)$ практически неизмеримо, то рассматривают последовательность эквидистантных отсчетов

$$x_i = x[t_0 + (i-1)\tau_0], i = 1, 2, \dots, N,$$

где t_0 – момент начала измерений, τ_0 – временной интервал между соседними отсчетами (дискретизации).

Так как производной в непрерывном времени соответствует оператор разности в дискретном [3], то отсчеты относительного отклонения частоты

$$y_i = \frac{|x_{i+1} - x_i|}{\tau_0}, i = 1, 2, \dots, N-1.$$

Соответственно период измерений τ содержит целое число n отсчетов, то есть $\tau = n\tau_0$.

Тогда погрешность частоты

$$y_m = \max_i y_i\,, i = 1, 2, \dots, N-1\,.$$

Взаимосвязь отсчетов функции времени T_i, полной (обобщенной) мгновенной фазы Φ_i, времени эталонного генератора $T_{r,i}$ и погрешности времени x_i имеют вид:

$$T_i = \frac{\Phi_i}{2\pi v_0}.$$

$$x_i = T_i - T_{r,i}.$$

Погрешность времени. Девиация Аллана d_A (Allan deviation) рассчитывается на основе пары отчетов частоты или тройки отсчетов времени [4]:

$$d_A = \sqrt{\frac{1}{2n^2\tau_0^2(N-2n)} \sum_{i=1}^{N-2n} (x_{i+2n} - 2x_{i+n} + x_i)^2}\,, n = 1, 2, \dots, \left\lfloor \frac{N-1}{2} \right\rfloor.$$

Слабая различительная способность дисперсии Аллана относительно белого шума и фазового фликкер-шума привела к использованию модифицированной девиации Аллана $d_{A'}$ (modified Allan deviation) [3]. Модифицированная дисперсия отличается от основной дополнительным усреднением по n соседним измерениям [4, 5]:

$$d_{A'} = \sqrt{\frac{1}{2n^4\tau_0^2(N-3n+1)} \sum_{j=1}^{N-3n+1} \left[\sum_{i=j}^{n+j-1} (x_{i+2n} - 2x_{i+n} + x_i) \right]^2}\,, n = 1, 2, \dots, \left\lfloor \frac{N}{3} \right\rfloor.$$

Девиация Аллана и модифицированная девиация Аллана безразмерны, поскольку являются показателями стабильности относительной частоты [3]. Для непосредственной оценки стабильности времени введена девиация времени d_t (TDEV – time deviation), связанная с модифицированной девиацией Аллана:

$$d_t = \frac{n\tau_0}{\sqrt{3}} d_{A'} = \sqrt{\frac{1}{6n^2(N-3n+1)} \sum_{j=1}^{N-3n+1} \left[\sum_{i=j}^{n+j-1} (x_{i+2n} - 2x_{i+n} + x_i) \right]^2}, n = 1, 2, \dots, \left\lfloor \frac{N}{3} \right\rfloor.$$

Среднеквадратическое значение погрешности интервала времени (root mean square time interval error):

$$d_r = \sqrt{\frac{1}{N-n} \sum_{j=1}^{N-n} (x_{i+n} - x_i)^2}, n = 1, 2, \dots, N-1.$$

Выводы. В работе представлен основной терминологический аппарат, касающийся оценки погрешности измерения сигнала синхронизации в цифровых телекоммуникационных сетях.

Библиографический список

1. Большая советсткая энциклопедия / гл. ред А. М. Прохоров. 3-е изд. М. : Сов. энцикл., 1975. Т. 19. 647 с.

2. Сообщение по применению 1264-1. Синхронизация телекоммуникационных сетей: основные понятия. Hewlett-Packard, 1995. 26 p.

3. Брени С. Синхронизация цифровых сетей связи / Стефано Брени ; пер. с англ. Н. Л. Бирюкова, С. Я. Несвитской, Н. Р. Триски ; под ред. А. В. Рыжкова. М. : Мир, 2003. 417 с.

4. Rec. G.810. Definitions and terminology for synchronization networks. 1996-08. Geneva : ITU-T, 1996. 27 p.

5. Батенков А. А., Батенков К. А., Фокин А. Б. Формирование сечений телекоммуникационных сетей для анализа их устойчивости с различными мерами связности // Информатика и автоматизация. 2021. Т. 20. № 2. С. 371–406.

Оценка качества биометрических данных в системе васкулярной аутентификации

Земцов Антон Валерьевич[a], аспирант
Прозоров Дмитрий Евгеньевич[b], доктор технических наук, профессор
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: в статье предложены алгоритмы контроля качества биометрических данных, поступающих со сканера изображений вен ладоней, в системе васкулярной аутентификации. Предложенные алгоритмы позволяют снизить количество ошибок в процессе извлечения дескрипторов изображений и, вследствие этого, повысить вероятность правильной классификации клиентов системы. Определены метрики качества биометрических данных, такие как геометрические оценки и оценки дистанции между классифицируемыми объектами. Разработаны следующие алгоритмы контроля качества биометрических данных: алгоритм регистрации с контролем качества, алгоритм очистки базы данных биометрической системы.

Ключевые слова: биометрическая аутентификация, обработка изображений, параметрические хэш-функции, дескрипторы изображений, аугментация.

Введение. Оценка качества биометрических данных, хранимых биометрической системой контроля и управления доступом (БСКУД) необходима по следующим причинам.

1. Обеспечение надежности системы распознавания.

Качественные биометрические данные, такие как: регион интереса с венами ладони руки – РИВЛ (в зарубежной литературе «Region of Interest» – ROI), отпечатки пальцев, изображения лиц, образцы голоса и т. д., обеспечивают более точное и надежное распознавание личности. Низкое качество данных приводит к снижению метрик качества, увеличению повторных попыток верификации/аутентификации клиентов БСКУД [1].

2. Повышение безопасности.

В системах контроля доступа, идентификации и верификации личности качественные биометрические данные критически важны для предотвращения несанкционированного доступа. Плохое качество биометрических данных и сопутствующее снижение надежности БСКУД может привести к нарушениям вида «повышение уровня привилегий» (клиент с меньшими правами проходит как клиент с большими правами) и нарушению периметра (незарегистрированный клиент проходит внутрь защищаемого периметра) [2].

3. Оптимизация хранения данных:

Оценка качества позволяет отфильтровать некачественные данные и хранить только надежные образцы, экономя место для хранения [3].

Кроме того, в некоторых отраслях и приложениях существуют строгие нормативные требования к качеству биометрических данных для обеспечения точности и целостности систем.

Методы исследования. Методы алгебры, математической статистики, теории вероятностей, теории информации и динамического программирования.

1 Метрики оценки качества биометрических данных

1.1 Постановка задачи

Необходимо разработать метрики РИВЛ, позволяющие оценить качество извлеченных РИВЛ с целью «отбраковки» «плохих» экземпляров РИВЛ при выполнении процедуры регистрации клиента и процедуры верификации/ аутентификации клиента, для повышения эффективности работы системы в целом.

1.2 Геометрические оценки

Под «качеством» экземпляра биометрических данных клиента будем понимать свойство, позволяющее однозначно соотнести указанный экземпляр идентификатору клиента. Экземпляры «хорошего» качества позволяют снизить количество ошибок в процессе верификации/аутентификации клиента. Под «плохими» понимаются РИВЛ с некорректными ориентацией, расположением или размерами.

Особенностью данных, хранимых в БД БСКУД является большое количество классов (количества клиентов БСКУД) $N_{\text{кл}} \sim 10^3 \dots 10^6$ при небольшом числе экземпляров каждого класса $N_{\text{э}} \sim 10^1$.

Наиболее простыми и очевидными признаками, позволяющими отбросить «плохие» РИВЛ являются его геометрические размеры.

Обозначим:

x_i^k – размер *i*-го РИВЛ *k*-го клиента по горизонтали,

y_i^k – размер *i*-го РИВЛ *k*-го клиента по вертикали,

d_{ij}^k – дистанция между *i*-м и *j*-м РИВЛ *k*-го клиента; $d_{ij}^k = f_{dist}(\mathbf{V}_i^k, \mathbf{V}_j^k)$,

$f_{dist}(\bullet)$ – функция, вычисляющая дистанцию между векторизированными биометрическими данными клиента (евклидово расстояние, косинусное расстояние и т. п.),

$\mathbf{V}_i^k = f_{emb}(O_i^k)$ – вектор признаков *i*-го РИВЛ *k*-го клиента,

$f_{emb}(\bullet)$ – функция векторизации (вычисления вектора признаков РИВЛ).

Сформулируем критерий оценки качества РИВЛ по геометрическим размерам:

$$\widetilde{x_i^k \cdot y_i^k} \le h_g, \quad (1)$$

$$\widetilde{x_i^k \cdot y_i^k} = \frac{x_i^k \cdot y_i^k - m(x \cdot y)}{\sigma(x \cdot y)},$$

$m(x \cdot y)$ – среднее значение площади РИВЛ по генеральной совокупности (по всем РИВЛ БД БСКУД); $\sigma(x \cdot y)$ – СКО площади РИВЛ по генеральной совокупности.

В соответствии с критерием (1) экземпляр РИВЛ принимается, если его нормированная площадь не превышает порога h_g. В противном случае экземпляр РИВЛ отбрасывается.

1.3 Оценки дистанции между объектами

Предположим, что анализируемые объекты удовлетворяют т.н. гипотезам компактности и непрерывности [4]:

– гипотеза компактности: близкие (похожие) объекты, как правило, лежат в одном классе,

– гипотеза непрерывности: близким (похожим) объектам соответствуют близкие ответы (вектора признаков).

Пусть d_i^k – среднее значение дистанции от *i*-го вектора РИВЛ *k*-го клиента, до других векторов РИВЛ *k*-го клиента,

$$d_i^k = \frac{1}{N_э} \sum_{j=1, j \ne i}^{N_э} d_{ij}^k,$$

Однако, можно предположить, что РИВЛ, имеющие среднюю дистанцию до других экземпляров того же класса, сильно отличающуюся от среднего

значения будут малопригодны для верификации/аутентификации *k*-го клиента БСКУД, поскольку: а) слишком малое значение d_i^k означает, что *i*-й РИВЛ очень похож на другие экземпляры того же класса (дублирует имебщуюся информацию), б) слишком большое значение d_i^k означает, что *i*-й РИВЛ мало похож на другие экземпляры того же класса и, при верификации/аутентификаии, может дать ошибочный результат.

Тогда, по аналогии с (1), для отбора «качественных» канидидатов можно использовать критерий

$$\widetilde{d_i^k} \le h_d, \qquad (2)$$

где

$$\widetilde{d_i^k} = \frac{d_i^k - m(d_i)}{\sigma(d_i)} -$$

$m(d_i)$ – среднее значение d_i^k по генеральной совокупности, $\sigma(d_i)$ – СКО d_i^k по генеральной совокупности.

2 Алгоритмы контроля качества биометрических данных

С учетом предложенных в п.1 критериев качества биометрических данных, предлагаются следующие алгоритмы регистрации клиента БСКУД и очистки БД БСКУД.

Алгоритм регистрации клиента БСКУД с контролем качества

1. Получение $IMAGE_i^k$ (*i*-го снимка *k*-го клиента БСКУД).

2. Извлечение ROI_i^k (*i*-го РИВЛ *k*-го клиента БСКУД).

3. Линейное масштабирование ROI_i^k к заданному размеру.

4. Вычисление вектора $\mathbf{V}_i^k = f_{emb}\left(ROI_i^k\right)$ признаков *i*-го РИВЛ *k*-го клиента [5].

5. Повтор п.1-п.4 для получения заданного количества снимков ладони клиента.

6. Вычисление средних дистанций d_i^k.

7. Нормировка размеров ROI_i^k и проверка критерия (1) для всех РИВЛ клиента.

8. Нормировка средних дистанций d_i^k и проверка критерия (2) для всех РИВЛ клиента.

9. При невыполнении критерия (1) или критерия (2) для i-го РИВЛ этот РИВЛ и его вектор признаков $\mathbf{V}_i^k$ удаляются из БД БСКУД.

10. Если необходимое количество экземпляров РИВЛ отсутствует, повтор п.1–п.9.

По мере увеличения количества зарегистрированных клиентов БД БСКУД статистически оценки параметров РИВЛ (среднее значение, СКО) улучшаются. Поэтому имеется возможность повторного контроля всех биометрических данных БД БСКУД.

Алгоритм очистки БД БСКУД

1. Получение всех ROI_i^k БД БСКУД в цикле.

2. Нормировка размеров ROI_i^k и средних дистанций d_i^k.

3. Проверка критериев (1) и (2) для всех РИВЛ БД БСКУД.

4. При невыполнении критерия (1) или критерия (2) для i-го РИВЛ этот РИВЛ и его вектор признаков $\mathbf{V}_i^k$ удаляются из БД БСКУД.

3 Аугментация биометрических данных

Аугментацию биометрических данных (снимков ладоней) можно применять и на этапе предварительной обработки, в процессе извлечения РИВЛ. Вероятность того, что ладонь будет «хорошо» расположена для алгоритма извлечения РИВ

Л возрастает после аугментации. С целью уменьшения общего объема БД БСКУД, в процессе регистрации нового клиента, могут быть отобраны наилучшие РИВЛ.

Алгоритм отбора наилучших РИВЛ после аугментации

1. Получение $IMAGE_i^k$ (i-го снимка k-го клиента БСКУД).

2. Формирование аугментированных данных: $IMAGE_{i,j}^k$, где индекс j означает j-й аугментированный вариант i-го снимка ладони клиента.

3. Извлечение $ROI_{i,j}^k$ для всех i, j.

4. Линейное масштабирование $ROI_{i,j}^{k}$ к заданному размеру.

5. Вычисление векторов $\mathbf{V}_{i,j}^{k} = f_{emb}\left(ROI_{i,j}^{k}\right)$ признаков для всех i, j.

6. Вычисление средних дистанций $d_{i,j}^{k}$.

7. Вычисление индекса n: $\forall j \left(n = argmin\left(d_{i,j}^{k}\right)\right)$ для i-го снимка клиента.

8. Удаление $ROI_{i,j}^{k}$ таких, что $j \neq n$.

Указанный алгоритм отбирает такие РИВЛ, которые наиболее похожи на других членов кластера РИВЛ клиента.

4 Результаты исследований

Серии экспериментов по классификации клиентов БСКУД представлены в таблице 1.

Таблица 1

Обозначения, принятые в серии экспериментов

Методы векторизации РИВЛ			
Применяемое сокращение	Тип хэш-функции	Применяется алгоритм очистки БД БСКУД от некачественных данных	Применяется аугментация данных (поворот на углы -30, -15, 0, 15, 30 град)
phash_1	перцептивная хэш-функция (phash)	нет	нет
ahash_1	усредняющая хэш-функция (average hash)	нет	нет
phash_2	перцептивная хэш-функция (phash)	да	нет
ahash_2	усредняющая хэш-функция (average hash)	да	нет
phash_3	перцептивная хэш-функция (phash)	нет	да
ahash_3	усредняющая хэш-функция (average hash)	нет	да
phash_4	перцептивная хэш-функция (phash)	да	да
ahash_4	усредняющая хэш-функция (average hash)	да	да

Использован алгоритм очистки БД БСКУД с порогами $\mathrm{h_g} = 2.5\sigma(\mathrm{x} \cdot \mathrm{y})$ и $\mathrm{h_d} = 2.5\sigma(\mathrm{d_i})$. Алгоритм очистки применялся повторно до полного удаления данных, не соответствующих критериям (1) и (2).

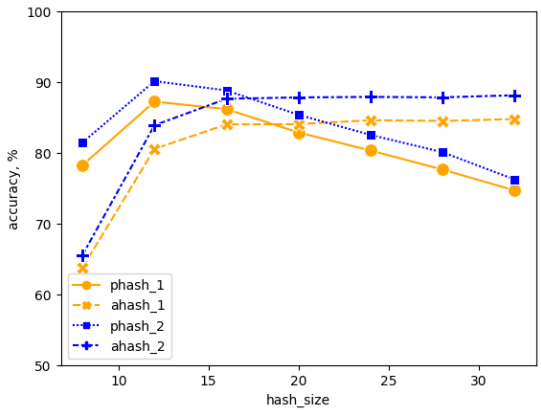


Рис. 1 – Вероятность корректной классификации клиентов БСКУД

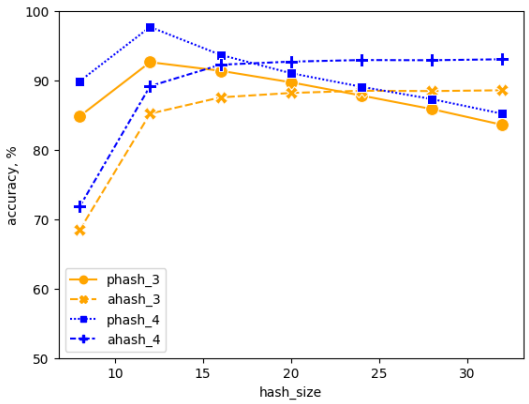


Рис. 2 – Вероятность корректной классификации клиентов БСКУД после аугментации данных (поворот на -30,-15,0,15,30 град)

Бежевые кривые – без применения алгоритма очистки БД, 400 клиентов; синие кривые – после применения алгоритма очистки БД, 388 клиентов.

В таблице 2 приведены обобщенные данные по исследованным алгоритмам. Значения “hash_size” соответствуют размеру хеш-функции (число бит на каждое из двух измерений снимка). Жирным шрифтом выделен наилучший результат в строке. Зеленым маркером выделен наилучший результат по всем выполненным экспериментам.

Таблица 2

Качество классификации клиентов БСКУД (overall accuracy, %)

	Метод							
hash_size	**phash_1**	**ahash_1**	**phash_2**	**ahash_2**	**phash_3**	**ahash_3**	**phash_4**	**ahash_4**
8	78,2	63,7	81,4	65,5	84,8	68,4	**89,9**	71,8
12	87,2	80,6	90,1	83,9	92,6	85,2	**97,7**	89,2
16	86,2	84,0	88,8	87,6	91,4	87,6	**93,7**	92,3
20	82,9	84,0	85,4	87,8	89,7	88,2	91,0	**92,7**
24	80,3	84,6	82,5	87,9	87,8	88,5	89,1	**92,9**
28	77,6	84,5	80,1	87,8	85,9	88,5	87,3	**92,9**
32	74,7	84,8	76,2	88,1	83,6	88,6	85,2	**93,0**

Помимо влияния размера хэш-функции на качество классификации можно отметить следующие особенности.

– Аугментация данных во всех исследованных случаях повышает вероятность правильной классификации. Помимо этого, аугментация биометрических данных позволяет снизить общее количество «некачественных» биометрических данных (которые могут быть отброшены при контроле качества).

– Вероятность правильной классификации повышается при использовании алгоритмов контроля качества биометрических данных. При этом «некачественные» данные, выявленные алгоритмом, отбрасываются. Данные 12 из 400 клиентов при отсутствии аугментации определены как некачественные, данные 10 из 400 клиентов при наличии аугментации определены как некачественные.

Выводы

Выполненные исследования показывают необходимость контроля качества биометрических данных, получаемых в процессе регистрации клиентов БСКУД.

Разработанный алгоритм очистки БД БСКУД от «некачественных» данных позволяет повысить вероятность правильной классификации на 1.5% – 3.7% при векторизации РИВЛ хэш-функциями ‘phash’ и ‘average hash’ и количестве клиентов 400. Частично этот эффект обусловлен удалением данных части клиентов из БД.

Разработанный алгоритм аугментации и выбора наилучших кандидатов РИВЛ обеспечивает повышение вероятности правильной классификации на 3.9% – 8.9% при векторизации РИВЛ хэш-функциями ‘phash’ и ‘average hash’ и количестве клиентов 400.

Совместное применение разработанных алгоритмов аугментации, выбора наилучших РИВЛ и контроля качества биометрических данных позволяет повысить вероятность правильной классификации на 7.5% – 11.6% при векторизации РИВЛ хэш-функциями ‘phash’ и ‘average hash’ и количестве клиентов 400. Частично этот эффект обусловлен удалением данных части клиентов из БД.

Алгоритм аугментации позволяет снизить количество ошибок при извлечении РИВЛ с 3% до 2.5%.

Список литературы

1. El-Abed M., Charrier C., Rosenberger C. Quality assessment of image-based biometric information // EURASIP Journal on Image and video Processing. 2015. Vol. 2015. P. 1–15.

2. Alonso-Fernandez F., Fierrez J., Ortega-Garcia J. Quality measures in biometric systems // IEEE Security & Privacy. 2011. Vol. 10. № 6. P. 52–62.

3. Hartung D., Martin S., Busch C. Quality Estimation for Vascular Pattern Recognition //

2011 International Conference on Hand-Based Biometrics. Hong Kong, China, 2011. P. 1–6. DOI: 10.1109/ICHB.2011.6094332.

4. Jiaqiang W., Ming Y., Hanbing Q., Bin L. Analysis of palm vein image quality and recognition with different distance // Fourth international conference on digital manufacturing automation. 2013. P. 215–218.

5. Prozorov D. E., Zemtsov A. V. Using a lightweight Siamese neural network for generating a feature vector in a vascular authentication system // Computer Optics. 2023. 47(3). P. 433–441. DOI: 10.18287/2412-6179-CO-1204.

Проектирование редактора сценариев для создания интерактивных мультимедийных образовательных ресурсов

Зимулько Илья Вадимович[a], студент
Сучкова Лариса Иннокентьевна[b], доктор технических наук,
профессор каф. ИВТиИБ
Алтайский государственный университет им. И. И. Ползунова[a, b], Барнаул

Аннотация: в свете растущей потребности в электронных образовательных ресурсах, данное исследование направлено на проектирование редактора сценариев для создания мультимедийных обучающих материалов. Было спроетировано приложение, позволяющее преподавателям создавать уникальные обучающие сценарии. Результаты показывают, что данное приложение может значительно повысить эффективность обучения, активизируя познавательную деятельность учащихся. Это исследование может найти применение в области образования, особенно в контексте дистанционного обучения.

Ключевые слова: интерактивное обучение, редактор сценариев, образовательные ресурсы, WPF, Ren'Py.

Введение. С каждым годом преподавать материал в достаточно интересной для обучающихся форме становится всё сложнее в связи с тем, что молодое поколение привыкает к наличию большого количества электронных ресурсов типового содержания и формы представления, зачастую сводящихся к поверхностному и скучному предоставлению информации, что ведёт к потере интереса и утрате даже уже имеющихся знаний.

В связи с этим актуальны интерактивные средства предоставления информации, обеспечивающие активное вовлечение обучающихся в образовательный процесс. Для педагога важным является возможность разработки различных сценариев поведения обучающегося при работе в виртуальной среде, обеспечивающей элементы игры при принятии решений в представленных проблемных ситуациях.

Такие ситуации возможно смоделировать для предметов, которые предполагают повествовательный характер обучения, например, история, литература или география, с последующей проверкой знаний. Так, преподаватель истории может создать сюжет, повторяющий действия какого-либо исторического события, но при этом добавить некоторые выборы, приводящие к исторически достоверному продолжению или к «плохому концу».

Рассмотрим проектирование приложения, предназначенного для создания, редактирования, удаления сценариев, а также их запуска.

Методы исследования. В качестве методов исследования выбраны анализ интерактивных образовательных технологий и технологий реализации сценариев, синтез структуры классов для реализации сценария.

Результаты исследований, их обсуждение.

Технологии. Реализация приложения планируется на языке программирования C# с использованием следующих технологий:

– WPF (Windows Presentation Foundation) – рекомендуемая технология реализации пользовательских интерфейсов для Windows-приложений [3].

– Ren`Py – бесплатный, свободный и открытый движок для создания графических квестов с диалоговой системой [4]. Является основой приложения для настройки визуальной части сценария.

Принцип работы. Так как движок использует скриптовый язык, принцип работы приложения заключается в создании таких скриптов, собирая их в одной директории вместе с медиафайлами, нужными для сценария, такими как спрайты (изображения персонажей сценария), фоны, а также аудиофайлы. При запуске проекта все копируется в папку с движком Ren`Py и запускается через исполнительный файл.

Для того чтобы хранить введенные пользователем данные, используются специальные классы – модели, которые в будущем могут быть внедрены в базу данных с помощью Entity Framework.

Структура моделей состоит из следующих классов:

– Класс Project. Предназначен для хранения информации о проектах, а именно название и описание, добавленных персонажей, медиа и события сценария;

– Класс Event. Представляет с собой какое-либо действие, например, показ персонажа, чьей-то реплики, смены фона, аудио и добавления выбора. Также содержит поля, которые заполняются пользователем, которые меняются в зависимости от самого события;

– Класс Media. Является моделью медиафайлов проекта таких как аудио, фоны и спрайты. Содержит поля для типа файла и пути к файлу;

– Класс Character. Содержит информацию о персонаже.

Для удобства отображения данных и управления проектами в приложении разработан пользовательский интерфейс с помощью WPF.

Страница управления проектами (рис. 1) позволяет добавлять, редактировать и удалять проекты, а также предоставляет базовую информацию о проектах (название, описание, дата создания и изменения).

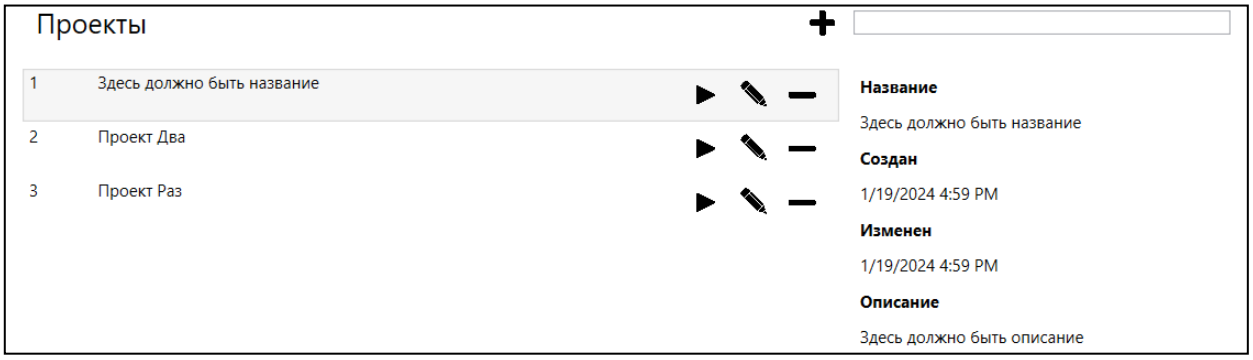


Рисунок 1. Страница управления проектами

Каждый проект позволяет добавить персонажи и медиафайлы. На странице добавления медиафайлов (рис. 2) пользователь может добавить аудиофайлы, спрайты для персонажей или фоны. Каждый загруженный файл сохраняется в виде объекта класса Media с указанием типа этого файла и его пути. При сохранении проекта, файлы копируются в директорию проекта.

Рисунок 2. Страница добавления медиафайлов

Затем пользователь создаёт сценарий из событий (рис. 3). Поля событий, требующие выбора медиафайлов или персонажей, представляют с собой список, в котором отображаются указанные на прошлых страницах данные.

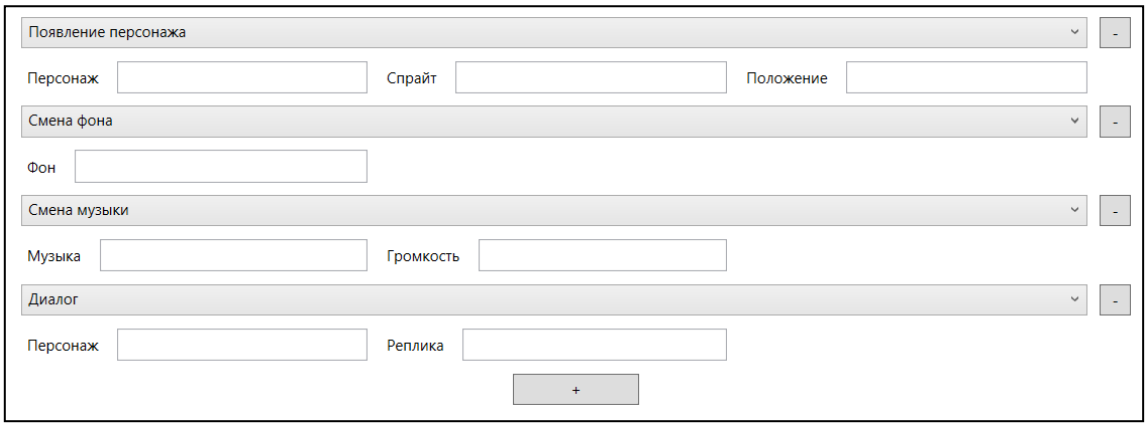


Рисунок 3. Страница построения сценария

При сохранении проекта создается директория проекта, именованная по названию проекта, внутри создается файл description.txt с описанием проекта, директории для скриптов и медиафайлов. Указанные пользователем медиафайлы копируются, а скрипты генерируются программой согласно грамматике скриптового языка (см. табл. 1).

Таблица 1

Основные правила скриптового языка

Вводимые данные	Скрипт
Добавление персонажа Имя: «имя_перс»	define имя_перс = Character('имя_перс', color="#c8ffc8")
Добавление блока start	label start:
Показать персонажа Персонаж: «имя_перс» Спрайт: «имя_перс_спрайт»	show имя_перс_спрайт
Показать диалог Персонаж: «ch_name» Реплика: «hello!»	ch_name 'hello!'
Сменить фон Файл: «фон_файл.png»	scene фон_файл
Проиграть аудио Файл: «аудио_файл.mp3»	play аудио_файл
Добавить вопрос Вопрос: «Год начала Второй мировой войны?» Неправильный ответ: «1914» Правильный ответ: «1939» Текст неправильной концовки: «Неправильно!»	jump вопрос1 label вопрос1: menu: 'Год начала Второй мировой войны?' '1914': 'Неправильно!' jump вопрос1 '1939': jump вопрос1_продолжение label вопрос1_продолжение:

Выводы. Спроектированные классы использованы для создания приложения для работы со сценариями, что позволило повысить эффективность передаче знаний и информации от преподавателей к учащимся, а также обеспечить активность в познавательной деятельности у обучающихся.

Список использованных источников

1. Данильченко М. А., Мухина М. В., Булаева М. Н. Возможности использования игровых интерактивных методов в образовательном процессе вуза // CYBERLENINKA : электронный журнал. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-ispolzovaniya-igrovyh-interaktivnyh-metodov-v-obrazovatelnom-protsesse-vuza/viewer. Дата публикации: 2020;

2. Маслова А. Г., Поляков О. Ю., Полякова О. А. Литературный квест как интерактивная образовательная технология и форма профориентационной деятельности // CYBERLENINKA : электронный журнал. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/literaturnyy-kveskak-interaktivnaya-obrazovatelnaya-tehnologiya-i-forma-proforientatsionnoy-deyatelnosti/viewer. Дата публикации: 2019. ISSN 2541-7606.

3. Натан А. WPF 4. Подробное руководство / пер. с англ. СПб.: Символ-Плюс, 2011. 880 с., ил. ISBN 978-5-93286-196-7.

4. Ren'Py : сайт. URL: https://www.renpy.org/ (дата обращения: 08.03.2024).

Показатели качества цифровой системы АРУ

Козлов Андрей Анатольевич[a], аспирант
Частиков Александр Вениаминович[b], доктор технических наук, профессор
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: определены показатели качества алгоритма цифровой системы автоматической регулировки усиления (АРУ) на основе предложенной системы показателей качества.

Ключевые слова: цифровая система автоматической регулировки усиления, показатели качества, система радиомониторинга.

Введение. В когнитивных сетях радиосвязи нашли применение системы радиомониторинга для обеспечения информацией о параметрах функционирующих в данном частотном диапазоне систем радиосвязи (полоса частот, уровень сигнала, время начала и завершения радиосеансов). Уровень сигналов, поступающих на вход системы радиомониторинга, может изменяться в больших пределах. Причинами могут быть как изменение расстояния до источника сигнала, так и различные эффекты при распространении радиоволн. Это приводит к ухудшению качества приема и искажению результатов выделения параметров принимаемого сигнала.

Поэтому система автоматической регулировки усиления является важным узлом приемного устройства системы радиомониторинга. Основной задачей АРУ является поддержание заданной амплитуды выходного сигнала при значительных изменениях амплитуды входного сигнала на уровне, не позволяющем насыщению следующих за АРУ узлов приемника и обеспечивающем максимальное отношение сигнал-шум [1, 2].

В основном системы радиомониторинга являются цифровыми, что обусловлено широким применением цифровой схемотехники и алгоритмов цифровой обработки сигнала. Поэтому большинство узлов цифровых систем радиомониторинга реализуются не схемотехнически, а программно в виде математических алгоритмов, описывающих функционирование узлов [2, 3]. Обычно цифровая АРУ строится с помощью цифровых вычислительных устройств и программируемых логических интегральных схем [1]. Использование цифровых АРУ позволяет повысить точность и гибкость регулирования и, как след-

ствие, обеспечить надежность и стабильность функционирования системы радиомониторинга.

Для сравнительного анализа предложенного ранее алгоритма работы цифровой АРУ [4] в работе предлагается использовать простую систему показателей качества.

Методы исследования. В классической теории автоматического управления к статическим показателям качества систем управления относятся: пределы регулирования (регулировочная зависимость), чувствительность и статическая погрешность регулирования (точность). В качестве основных динамических показателей качества используются: скорость регулирования, время регулирования, перерегулирование. При представлении АРУ как системы управления качество работы АРУ можно оценивать с использованием этих показателей качества.

Нахождение параметров качества для цифровых АРУ имеет специфику и требует компьютерного моделирования или исследований статистики цифровой реализации АРУ на отладочном стенде. Так, в [1] предложена методика определения с помощью математического моделирования цифрового АРУ части статических и динамических показателей качества: статическая ошибка регулирования, время переходного процесса, перерегулирование.

Часто на начальном этапе практического оценивания качества цифрового АРУ наиболее важно определить параметры качества без использования сложных расчетов и моделирования.

Поэтому с целью простого и понятного нахождения показателей качества алгоритмов цифрового АРУ предлагается система из трех количественных показателей качества:

– динамический диапазон [дБ] – изменение входного сигнала между минимальным и максимальным значениями, при которых выходной сигнал находится в допустимых пределах;

– статическая ошибка регулирования [%];

– время регулирования АРУ – время от начала регулирования до момента, после которого отклонение усиления от установившегося значения не превышает 5% от первоначального отклонения.

Результаты исследований, их обсуждение. Измерение показателей качества автоматической регулировки усиления проведено на основе алгоритма, описанного в [4].

Платформа исследования базируется на макетном образце цифровой АРУ, изображенном на рисунке 1.

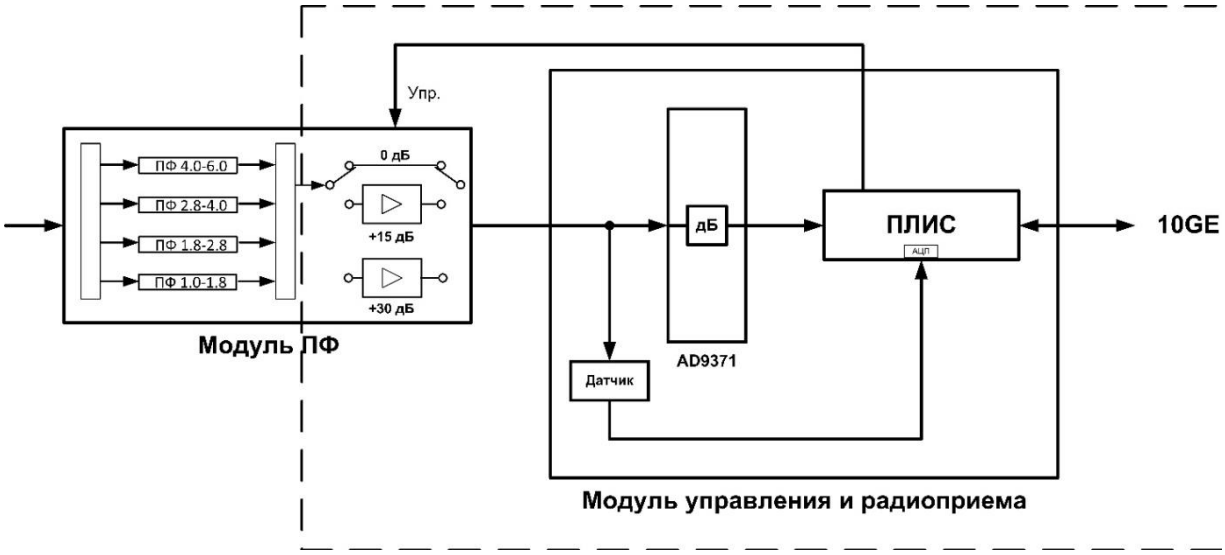


Рисунок 1. Функциональная схема АРУ

В состав системы цифровой АРУ входят следующие узлы:

– управляемые усилители в модуле ПФ (0 дБ, +15 дБ и +30 дБ);

– модуль управления и радиоприема на платформе ZYNQ-7045, в состав которой входит ПЛИС, двухъядерный процессор ARM со встроенной памятью, интерфейсы и АЦП для оцифровки сигнала с датчика мощности;

– датчик мощности (логарифмический детектор);

– аттенюаторы, встроенные в широкополосный трансивер AD9371.

На рисунке 2 представлена регулировочная зависимость датчика мощности. Линейный участок представляет собой диапазон работы АРУ.

Опорная мощность АРУ установлена на уровне -35 дБм, а минимальный шаг изменения мощности составляет 3 дБм. На рисунке 3 показана зависимость поддержания заданного уровня усиления от частоты входного сигнала.

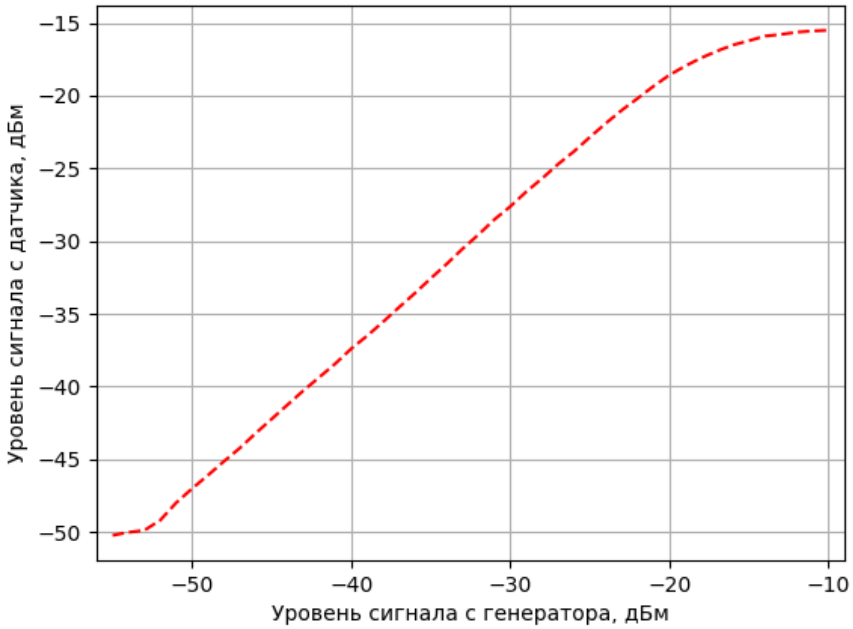


Рисунок 2. Регулировочная зависимость датчика

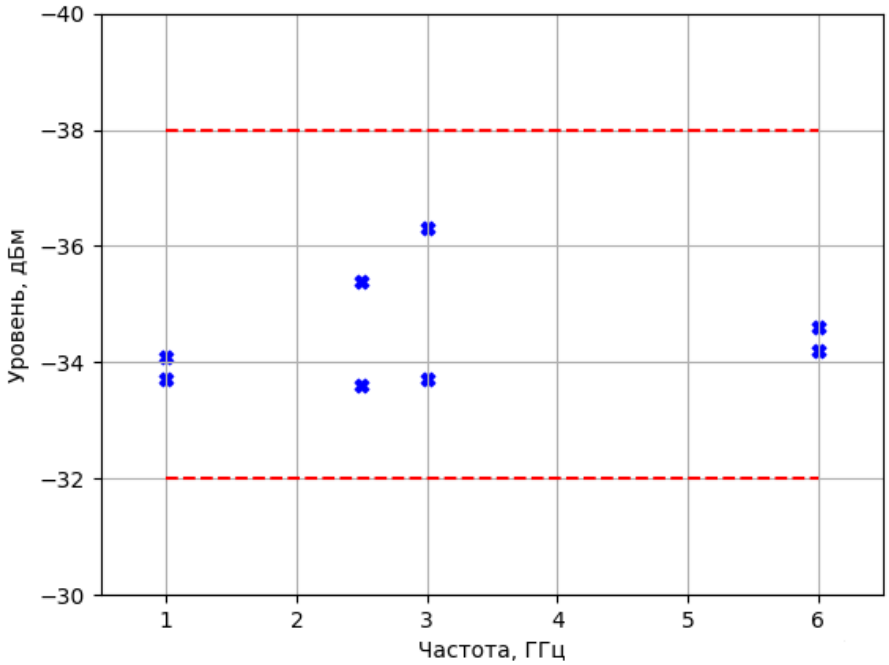


Рисунок 3. Результаты работы цифровой системы АРУ

Анализ результатов экспериментов показал, что инструментальные отклонения измеренного коэффициента усиления АРУ от коэффициента, задаваемого парой «усилитель-аттенюатор» (статическая погрешность) составили от 0,4 до 1,4 дБм (1,15 – 4 %). В ходе экспериментов установлено, что время регулирования цифрового АРУ не хуже 5,5 мс.

Результаты исследований показателей качества сведены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели качества АРУ

Показатель качества	Значение
Динамический диапазон	~30 дБ
Статическая ошибка	не более 4%
Время регулирования	не более 5,5 мс

Выводы. Для сравнительной оценки качества работы цифровых АРУ предложены три показателя качества: динамический диапазон, статическая ошибка и время регулирования. Расчет этих показателей качества показал простоту нахождения их количественных значений, не противоречащих аналогичным показателям в публикациях [1–3].

Библиографический список

1. Прасолов А. А. Характеристики цифровой АРУ при операциях с фиксированной точкой // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. 2019. Т. 22. № 2. С. 5–12.

2. Прасолов А. А. Моделирование цифровой системы автоматической регулировки усиления // Информационные технологии и телекоммуникации. 2019. Т. 7. № 2. С. 55–64.

3. Мешков С. А., Богачев М. А. Разработка алгоритма автоматической регулировки усиления для обработки реальных цифровых сигналов // Аэрокосмическая техника и технологии. 2023. Т. 1. № 2. С. 108–117.

4. Козлов А. А., Частиков А. В. Исследование алгоритма автоматической регулировки усиления // Общество. Наука. Инновации (НПК-2023). Киров, 2023. Т. 2. С. 137–141.

Применение модулей специального вида для снижения аппаратных затрат при проектировании модулярных умножителей

Коржавина Анастасия Сергеевна[a], кандидат технических наук, доцент
Бикметов Игорь Русланович[b], студент
Терещенко Тимофей Леонидович[c], студент
Вятский государственный университет[a, b, c], Киров

Аннотация: проблема аппаратной поддержки вычислений в больших диапазонах 128–256 бит и более является актуальной, например, для задач криптографии. Цель работы – исследование специальных наборов модулей СОК для снижения аппаратных затрат при проектировании модулярных умножителей. Проведено описание, моделирование, синтез и сравнение сложности разработанных устройств со стандартными решениями, применяемыми при разработке модулярных устройств. Разработанные устройства умножения в 1,7 раза меньше по аппаратным затратам, чем стандартные модулярные умножители, и могут быть использованы для построения вычислительных блоков в больших и сверхбольших числовых диапазонах до 1024–4096 бит и выше.

Ключевые слова: система остаточных классов, ПЛИС, устройство умножения, высокоточные вычисления.

Введение. Одним из актуальных направлений исследований в области вычислительной математики высокой точности является использование арифметики остаточных классов для построения энергоэффективных и быстрых вычислительных устройств в диапазонах представления, многократно превышающих стандартные [1, 2]. В качестве технологической базы для проектирования специальных вычислительных устройств в таких диапазонах используются программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) и системы на кристалле [2].

Система остаточных классов (СОК, модулярная система) – способ кодирования, при котором целое число рассматривается как набор независимых остатков от деления по некоторому набору модулей, или оснований [1].

Как правило, СОК используются для работы с числами в сверхбольших диапазонах (длиной от 128–256 бит и выше) в приложениях цифровой обработки сигналов и криптографии для снижения аппаратных затрат и повышения быстродействия [3].

Операция умножения и устройство, ее реализующее, традиционно требуют сокращения аппаратурных и временных затрат, поскольку как правило в них применяются базовые алгоритмы умножения квадратичной сложности, что

приводит к значительному росту аппаратной сложности при увеличении разрядности перемножаемых чисел.

Целью работы является исследование специальных наборов модулей СОК для снижения аппаратных затрат при проектировании модулярных умножителей. Основными задачами являются подбор модулей специального вида, обеспечивающих требуемый диапазон представления длинных целых чисел, а также проектирование модулярных умножителей и исследование аппаратной сложности при моделирование их на ПЛИС.

Методы исследования. Пусть $\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ – набор целых, попарно взаимно простых чисел, причем

$$P = \prod_{i=1}^{n} p_i ,$$

где P – диапазон представления чисел в СОК.

В системе остаточных классов целое положительное число A представлено набором чисел

$$A \xrightarrow{\text{СОК}} (X_{p_1}, X_{p_2}, \dots, X_{p_n}),$$

где $X_{p_i} = A \; mod \; p_i \equiv |X|_{p_i}$ – i-й остаток от деления числа A по i-му модулю p_i.

Остаток от деления при этом вычисляется следующим образом

$$X_i = |A|_{p_i} = A - \left\lfloor \frac{A}{p_i} \right\rfloor \cdot p_i, i = 1, 2, \dots, n,$$

где $\left\lfloor \frac{A}{p_i} \right\rfloor$ – целая часть частного $\frac{A}{p_i}$, $\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ – набор оснований или базис СОК.

Преимуществом СОК является естественный параллелизм при выполнении операций сложения и умножения за счет отсутствия межразрядных переносов.

Для оснований малой разрядности (5–8 бит) умножение по модулю реализуется табличным способом, однако для оснований средней разрядности (12–16 бит) такой подход является нецелесообразным, поскольку приводит к экспоненциальному росту таблиц [3].

Поэтому требуется использовать специальные устройства модулярного умножения, вычисляющие остаток от деления произведения двух чисел по произвольному модулю. Для вычисления такого остатка используется метод Барретта [5].

В соответствии с методом Барретта, остаток от деления произвольного числа z по модулю p вычисляется следующим образом

$$|Z|_p = Z - \left\lfloor Z \frac{1}{p} \right\rfloor \cdot p,$$

где величина $\frac{1}{p}$ может быть вычислена заранее для конкретного.

При использовании метода Барретта фактически операция деления заменяется операцией умножения на константу

$$|Z|_p = Z - \left\lfloor \frac{Z \cdot W}{2^k} \right\rfloor \cdot p,$$

где $W = \frac{2^k}{P}$. Величина k в данном случае подбирается таким образом, чтобы она была не менее чем вдвое больше разрядности модуля.

Устройство умножения по произвольному модулю состоит из двух умножителей разрядностью $q \times q$ бит, умножителя разрядностью $2q \times (q+1)$ бит, вычитателя и схемы коррекции модуля.

Зачастую используются специальные модули вида $2^n \pm 1$ [4], позволяющие сократить аппаратные затраты на умножители, однако их использование не позволяет строить модулярные устройства большой разрядности.

В данной работе предлагается использовать специальные наборы модулей вида $2^n - a$, где a – число, содержащее в двоичной записи 2 или 3 единицы. Обратная величина, вычисленная в соответствии с методом Баррета, представляет из себя константу вида $2^n + a$, где a также содержит в двоичной записи несколько единиц.

Таким образом, операция умножения на такие константу сведется к нескольким операциям сложения, а вместо умножителя необходимо использовать сумматоры, сложность которых значительно меньше по сравнению с умножителями.

Устройство умножения длинных чисел будет состоять из модулярных каналов, каждый из которых умножитель по конкретному модулю из набора модулей.

Результаты исследований, их обсуждение. Разработанные модулярные умножители были синтезированы для ПЛИС Altera Cyclone III для различных значений разрядностей модулей p_i и двух диапазонов представления целых чисел в 128 и 256 бит соответственно. Результаты представлены в табл. 1.

Графики зависимости аппаратной сложности от разрядности модулей представлены на рис. 1. На графике по оси абсцисс указаны разрядности модулей, по оси ординат – количество логических элементов (ЛЭ), требующихся для синтеза умножителей на универсальных (У) и специальных (С) наборах модулей.

Как следует из таблицы и графика, сложность модулярных умножителей для одного типа модулей и одной разрядности возрастает незначительно с ростом разрядности модулярных каналов. Это связано с квадратичной сложностью позиционных умножителей, которые являются частью модулярного канала. В среднем, использование модулей специального вида позволяет сократить аппаратные затраты в 1,7 раз по сравнению с универсальными наборами. В то же время, наборы модулей специального вида применимы только в устройствах с фиксированным диапазоном представления длинных целых чисел.

Таблица 1

Сложность модулярных умножителей для различной разрядности модулей и диапазонов представления чисел

	128 бит		256 бит	
Разрядность модулей, бит	Универсальный	Специальный	Универсальный	Специальный
12	2134	1266	4268	2408
13	2240	1322	4480	2594
14	2560	1530	4864	2900
15	2628	1592	5256	3188
16	2934	1693	5542	3236

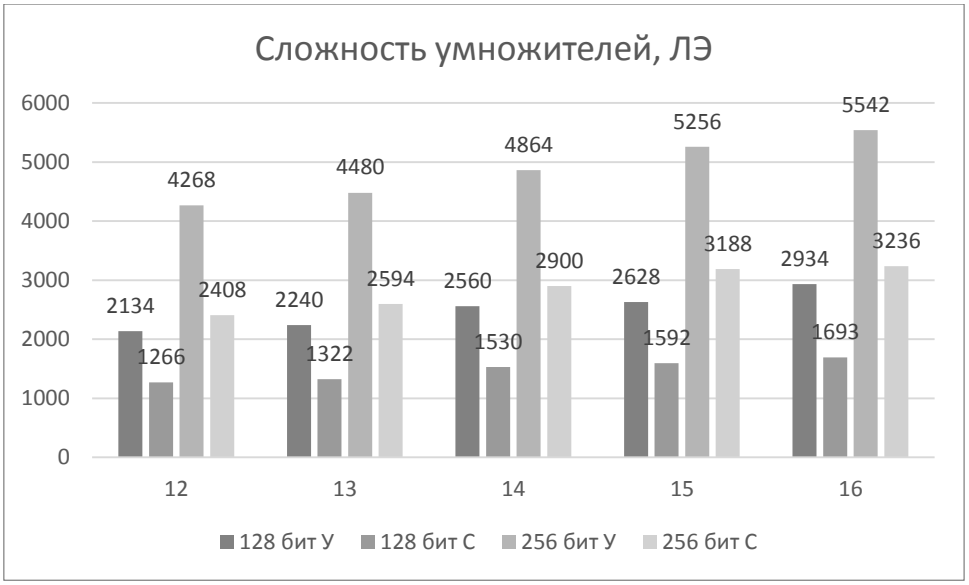


Рисунок 1. График зависимости количества логических элементов (ЛЭ) от разрядности модулей и используемых наборов модулей.

Выводы. В ходе работы были исследованы различные наборы модулей СОК, используемые для проектирования модулярных умножителей, подобраны наборы модулей специального вида разрядностью 12–16 бит для организации модулярных умножителей в диапазонах 128 и 256 бит.

Результаты синтеза модулярных умножителей на ПЛИС показали, что использование модулей специального вида сокращает аппаратные затраты в среднем в 1,7 раз по сравнению с умножителями, построенными на универсальных наборах модулей.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что использование специальных наборов модулей сокращает аппаратные затраты при реализации модулярных умножителей, в особенности на сверхбольших диапазонах, соответствующих длине чисел 1024–4096 бит и выше.

Библиографический список

1. Акушский И. Я. Машинная арифметика в остаточных классах. М. : Советское радио, 1968. 440 с.

2. Fast Modular arithmetic on the Kalray MPPA-256 processor for an energy efficient implementation of ECM / M. Ishii // IEEE Transactions on Computers. 2017. Vol. 66. No. 12. P. 2019–2030.

3. Contributions to the Design of Residue Number System Architectures / B. Gérard, J.-G. Kammerer, N. Merkiche // 22nd IEEE International Symposium on Computer Arithmetic. France, 2015. P. 105–112.

4. RNS processor using moduli sets of the form $2^n \pm 1$ / V. Prediger, F. Bairros, L. O. Seman, E. A. Bezerra, H. Pettenghi // International Journal of Circuit Theory and Applications. 2023. Vol. 51. № 7. P. 3432–3442.

5. New residue arithmetic based Barrett algorithms: Modular polynomial computations / H. K. Garg, H. Xiao // 2017 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). 2017. P. 1178–1182.

Применение нейросетевых моделей для исправления грамматических ошибок в тексте

Лаптев Дмитрий Александрович[a], студент
Бызов Виктор Александрович[b], кандидат физико-математических наук, доцент
Котельников Евгений Вячеславович[c], доктор технических наук, доцент, профессор
Вятский государственный университет[a, b, c], Киров

Аннотация: современные нейросетевые языковые модели способны решать задачи обработки естественного языка, в том числе исправлять грамматические ошибки в тексте с учётом его контекста. Целью работы является сравнение различных архитектур языковых моделей для решения данной задачи для разных типов грамматических ошибок. Была проведена предобработка данных, а также сравнение нескольких моделей на двух датасетах. Качество оценки определялось с помощью метрики Accuracy, учитывающей долю правильно исправленных грамматических ошибок для каждого примера из набора. Наилучшей по качеству оказалась модель, основанная на архитектуре Text-to-Text Transformer. Данная модель может применяться как для коммерческого, так и для некоммерческого использования в сферах деятельности человека, связанной с написанием статей, книг, сообщений и других текстов.

Ключевые слова: автоматическое исправление грамматических ошибок, обработка естественного языка, языковые модели, машинное обучение, нейронные сети.

Введение. В настоящее время одним из приоритетных направлений в области машинного обучения является обработка естественного языка. Данное направление решает множество задач, направленных на анализ, обработку и поиск закономерностей в естественном языке. Одной из таких является задача исправления грамматических ошибок (*англ.* Grammatical Error Correction, GEC).

Задача автоматического исправления грамматических ошибок в тексте представляет интерес, поскольку многие из данных ошибок довольно часто совершаются человеком. Программные продукты, решающие данную задачу, могут использоваться в различных сферах деятельности: в процессе изучения языка иностранцами и носителями, а также при составлении документов.

Целью данной работы является получение языковой модели, которая может решить поставленную задачу с оптимальным процентом качества.

Для достижения цели были решены следующие задачи:

– поиск качественных размеченных наборов данных;

– анализ и предобработка данных;

– выбор подходов и нейросетевых моделей для решения задачи;

– тестирование и доработка существующих решений.

Методы исследования

1. Сбор и предобработка данных.

Для решения задачи были выбраны два датасета:

– набор данных «Russian Learner Corpus» был взят из статьи Н. Ремнева и др. [1]. В нём содержится 1500 предложений с ошибками, которые были размечены соответствующими тегами. Каждый пример из набора содержит одну грамматическую ошибку.

– Набор данных «Spellcheck Benchmark» был взят из статьи Н. Мартынова и др. [2]. В нём содержится 2000 предложений, содержащих различные грамматические, орфографические ошибки и опечатки.

В данной работе использовались нейросетевые модели следующих архитектур:

– модели архитектуры BERT [3, 4], обученные задаче Fill-Mask на русскоязычных текстах;

– большая языковая модель архитектуры GPT [5], дообученная на русскоязычных текстах для решения различных задач генерации;

– семейства моделей RuM2M100 архитектуры T5, дообученные на русскоязычных текстах задаче исправления грамматических ошибок в тексте [2];

– модели архитектуры T5, обученные задаче машинного перевода на мультиязычных текстах [6].

2. Предобработка данных.

В наборе данных «Russian Learner Corpus» были выделены несколько тегов грамматических ошибок:

– Морфологические ошибки:

○ **Infl** – использование несуществующего аффикса в слове;

○ **Num** – употребление слова в несуществующей числовой форме;

○ **Gender** – изменение родовой принадлежности слова.

– Синтаксические ошибки:

○ **AgrNum** – ошибка в согласовании по числу;

○ **AgrCase** – ошибка в согласовании по падежу;

○ **AgrGender** – ошибка в согласовании по роду;

○ **AgrPers** – ошибка в согласовании сказуемого по лицу;

○ **Brev** –неправильное использование прилагательных.

В наборе данных «Spellcheck Benchmark» был взят подкорпус RuSpellRu, содержащий грамматически неверные тексты вместе с правильными вариантами (для дополнительной проверки модели на исправление правильных текстов). Все тексты являются статьями из LiveJournal и отражены в таблице 1 тегом Spelling.

3. Проведение эксперимента, получение результатов.

Для каждой из выбранных архитектур моделей были применены различные подходы к проведению эксперимента:

– Для архитектуры BERT: маскировался последний токен грамматически неверного слова в предложении с помощью токена [MASK] с последующим подбором вероятного токена. При этом учитывается основа исходного слова.

– Для архитектуры GPT использовался подход «prompt engineering» для подбора инструкции, с помощью которой достигается наилучшее исправление грамматики в предложении.

– При использовании модели архитектуры BERT на вход подавалось исходное предложение и производился процесс его перевода с русского языка на русский.

В таблице 1 приведены результаты экспериментов, отражающие значения метрики Accuaracy, где полужирным шрифтом выделены лучшие показатели для каждого тега.

Таблица 1

Результаты тестирования нейросетевых моделей на задаче коррекции грамматических ошибок

Модель	Тип модели	Размер модели	Infl	Num	Gen-der	Agr Num	Agr Case	Agr Gender	Agr Pers	Brev	Spel-ling
ruBert-large	BERT	427M	0,3828	**0,4578**	**0,4848**	**0,5200**	**0,4107**	**0,4123**	**0,6923**	**0,3448**	0,4982
ruRoberta-large	BERT	355M	0,2662	0,2436	0,2424	0,3300	0,1607	0,2990	0,3846	**0,3448**	0,4982
saiga_mistral_7b_lora	GPT	7B	0,5219	0,1586	0,1818	0,2750	0,2946	0,1856	0,0769	0,2069	0,4804
RuM2M100	T5	418M	**0,5311**	0,0840	0,1212	0,1500	0,2143	0,2577	0,0769	0,2069	**0,7756**
		1.2B	0,4428	0,0419	0,1212	0,0550	0,0714	0,1237	0,0000	0,0689	0,7295
FRED-T5-large-spell		770M	0,3468	0,0449	0,1212	0,0550	0,0982	0,0825	0,0000	0,1034	0,6602
mbart-large-50-many-to many-mmt		582M	0,3948	0,1724	0,3333	0,2050	0,3214	0,2887	0,0769	0,2414	0,4091
fred_t5_ru_turbo _alpaca		1.7B	0,5515	0,1532	0,2121	0,2750	0,2500	0,2268	0,3076	0,1379	0,5864

Результаты исследований, их обсуждение. После получения результатов эксперимента были сделаны следующие выводы об использовании различных архитектур моделей для решения задачи коррекции грамматических ошибок.

– Модели архитектуры BERT с высокой точностью исправляют окончания слов в текстах почти у всех тегов ошибок, за исключением тега Infl.

– Модели архитектуры T5 с высокой точностью исправляют орфографические, грамматические и пунктуационные ошибки в зашумлённых текстах, превосходя модели архитектуры BERT.

– Модели архитектуры GPT исправляют ошибки различных типов в зашумлённых текстах сравнимо с моделями архитектуры BERT.

Библиографический список

1. Remnev N., Obiedkov S., Rakhilina E. et al. A Language Model for Grammatical Error Correction in L2 Russian. 2023. arXiv:2307.01609 [cs]. URL: http://arxiv.org/abs/2307.01609 (accessed 08.04.2024).

2. A Methodology for Generative Spelling Correction via Natural Spelling Errors Emulation across Multiple Domains and Languages / N. Martynov, M. Baushenko, A. Kozlova et al. ; ed. by Y. Graham, M. Purver. Association for Computational Linguistics, 2024. P. 138–155. URL: https://aclanthology.org/2024.findings-eacl.10 (accessed 08.04.2024).

3. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding / J. Devlin, M.-W. Chang, K. Lee et al. / ed. by J. Burstein, C. Doran, T. Solorio. Association for Computational Linguistics, 2019. P. 4171–4186. URL: https://aclanthology.org/N19-1423 (accessed 08.04.2024).

4. Liu Y., Ott M., Goyal N. et al. RoBERTa: A Robustly Optimized BERT Pretraining Approach. 2019. arXiv:1907.11692 [cs]. URL: http://arxiv.org/abs/1907.11692 (accessed 08.04.2024).

5. Jiang A. Q., Sablayrolles A., Mensch A. et al. Mistral 7B. 2023. URL: http://arxiv.org/abs/2310.06825 (accessed 08.04.2024).

6. Tang Y., Tran C., Li X. et al. Multilingual Translation with Extensible Multilingual Pretraining and Finetuning. 2020. URL: http://arxiv.org/abs/2008.00401 (accessed 08.04.2024).

Принцип Гаусса в обобщённых координатах в задачах динамики твёрдого тела

Левашов Александр Павлович[a], кандидат технических наук, доцент
Бурдукова Анна Андреевна[b], студент
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: проведенный обзор статей, а также учебников и монографий по теоретической механике и аналитической динамике [1–6] выявил отсутствие примеров применения принципа Гаусса для вывода дифференциальных уравнений в обобщенных координатах.

В докладе представлена методика получения данных уравнений движения механической системы, соответствующих уравнениям Лагранжа II рода с использованием выражений кинетической энергии системы в обобщенных координатах и обобщенных силах. Методика базируется на принципе Гаусса.

Ключевые слова: вариационные принципы, математическая модель, принуждение по Гауссу, механическая система, дифференциальные уравнения.

Введение. При использовании вариационных принципов действительное течение процесса отбирается из всех возможных вариантов развития процесса по определенному условию. Обычно это условие состоит в том, что некоторый показатель достигает экстремального значения в ходе действительного развития процесса (при действительном движении механической системы). Запись условий экстремума выбранного показателя в математической форме приводит к дифференциальным уравнениям, представляющим математическую модель исследуемого процесса.

В дифференциальном вариационном принципе Гаусса таким показателем является так называемое принуждение. Принцип наименьшего принуждения был изложен одним из величайших математиков XIX века Карлом Фридрихом Гауссом (1777–1855) в заметке «Об одном новом принципе механики», опубликованной в 1829 году в немецком математическом журнале «Журнал Крелле». Русский перевод в сборнике [7] с. 170–172. В дальнейшем принцип получил существенное развитие в многочисленных теоретических исследованиях российских и зарубежных ученых [8, 9].

Методы исследования. Как известно [10], аналитическое выражение принуждения по Гауссу для несвободной механической системы имеет вид:

$$Z = \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{N} m_k \left[\left(\ddot{x}_k - \frac{F_{kx}}{m_k} \right)^2 + \left(\ddot{y}_k - \frac{F_{ky}}{m_k} \right)^2 + \left(\ddot{z}_k - \frac{F_{kz}}{m_k} \right)^2 \right], \qquad (1)$$

где N – число точек механической системы;

$\vec{F}_k$ – равнодействующая активных сил, действующих на точку M_k;

$\frac{\vec{F}_k}{m_k}\left(\frac{F_{kX}}{m_k},\frac{F_{kY}}{m_k},\frac{F_{kZ}}{m_k}\right)$ $(k=1,2,\cdots,N)$ – ускорение точки M_k в свободном движении (только под действием заданных сил и при отсутствии связей);

$\vec{a}_k(\ddot{x}_k,\ddot{y}_k,\ddot{z}_k)$ $(k=1,2,\cdots,N)$ – ускорение точки M_k в кинематически возможном движении (под действием как заданных сил, так и реакций связей).

Для твердого тела общее выражение принуждения по Гауссу можно записать в виде:

$$Z=\left\{\left(\frac{1}{2}\int\limits_{(V)}a_x^2\cdot\rho dV-\int\limits_{(V)}a_x\cdot F_x^e\cdot dV\right)+\left(\frac{1}{2}\int\limits_{(V)}a_y^2\cdot\rho dV-\int\limits_{(V)}a_y\cdot F_y^e\cdot dV\right)+\right.$$
$$\left.+\left(\frac{1}{2}\int\limits_{(V)}a_z^2\cdot\rho dV-\int\limits_{(V)}a_z\cdot F_z^e\cdot dV\right)\right\}+\cdots, \quad (2)$$

где $\rho(x,y,z)$ – плотность вещества тела в выделенном элементарном объеме, принимаемом в дальнейшем за материальную точку;

a_x,a_y,a_z – компоненты векторного поля ускорений данной точки твердого тела, отнесенные к осям выбранной системы координат;

F_x^e,F_y^e,F_z^e – проекции внешних активных сил, действующих на данную точку тела, на выбранные оси координат;

Введем обобщенные координаты и выразим через них декартовые координаты точек механической системы:

$$x_K=x_K(q_1,q_2,\cdots,q_n),y_K=y_K(q_1,q_2,\cdots,q_n),z_K=z_K(q_1,q_2,\cdots,q_n)(k=\overline{1,N}), \quad (3)$$

где $N-$ число точек механической системы, а $n-$ число степеней свободы системы.

Двукратно дифференцируя по времени зависимости (3), получим выражения проекций ускорений точек системы на оси декартовых координат через выбранные обобщенные координаты и их производные:

$$\ddot{x}_K = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial x_K}{\partial q_i} \ddot{q}_i + \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \frac{\partial^2 x_K}{\partial q_i \partial q_j} \dot{q}_i \dot{q}_j \ (K = 1,2,\cdots,N)$$

$$\ddot{y}_K = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial y_K}{\partial q_i} \ddot{q}_i + \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \frac{\partial^2 y_K}{\partial q_i \partial q_j} \dot{q}_i \dot{q}_j \ (K = 1,2,\cdots,N). \qquad (4)$$

$$\ddot{z}_K = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial z_K}{\partial q_i} \ddot{q}_i + \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \frac{\partial^2 z_K}{\partial q_i \partial q_j} \dot{q}_i \dot{q}_j \ (K = 1,2,\cdots,N)$$

Условие экстремума принуждения (1) по обобщенным ускорениям в данном случае будет иметь вид:

$$\delta Z = \sum_{i=1}^{n} \left(\sum_{K=1}^{N} \left[\frac{\partial Z}{\partial \ddot{x}_K} \cdot \frac{\partial \ddot{x}_K}{\partial \ddot{q}_i} + \frac{\partial Z}{\partial \ddot{y}_K} \cdot \frac{\partial \ddot{y}_K}{\partial \ddot{q}_i} + \frac{\partial Z}{\partial \ddot{z}_K} \cdot \frac{\partial \ddot{z}_K}{\partial \ddot{q}_i} \right] \right) \cdot \delta \ddot{q}_i = 0, \qquad (5)$$

где

$$\frac{\partial Z}{\partial \ddot{x}_K} = m_K \ddot{x}_K - F^e_{KX}; \frac{\partial Z}{\partial \ddot{y}_K} = m_K \ddot{y}_K - F^e_{KY}; \frac{\partial Z}{\partial \ddot{z}_K} = m_K \ddot{z}_K - F^e_{KZ}. \qquad (6)$$

В силу независимости вариаций $(\delta \ddot{q}_1, \delta \ddot{q}_2, \cdots, \delta \ddot{q}_n)$ из условия (5) следуют уравнения движения системы в обобщенных координатах:

$$\sum_{j=1}^{n} \left(\sum_{K=1}^{N} \left\{ m_K \cdot \left\langle \frac{\partial x_K}{\partial q_j} \cdot \frac{\partial x_K}{\partial q_i} + \frac{\partial y_K}{\partial q_j} \cdot \frac{\partial y_K}{\partial q_i} + \frac{\partial z_K}{\partial q_j} \cdot \frac{\partial z_K}{\partial q_i} \right\rangle \right\} \right) \cdot \ddot{q}_j -$$

$$- \sum_{K=1}^{N} \left(F^e_{KX} \cdot \frac{\partial x_K}{\partial q_i} + F^e_{KY} \cdot \frac{\partial y_K}{\partial q_i} + F^e_{KY} \cdot \frac{\partial z_K}{\partial q_i} \right) + \sum_{j=1}^{n} \sum_{l=1}^{n} \left\{ \sum_{K=1}^{N} m_K \cdot \left(\frac{\partial^2 x_K}{\partial q_j \partial q_l} \cdot \frac{\partial x_K}{\partial q_i} + . \right. \right. \qquad (7)$$

$$\left. \left. + \frac{\partial^2 y_K}{\partial q_j \partial q_l} \cdot \frac{\partial y_K}{\partial q_i} + \frac{\partial^2 z_K}{\partial q_j \partial q_l} \cdot \frac{\partial z_K}{\partial q_i} \right) \cdot \dot{q}_j \cdot \dot{q}_l \right\} = 0 \ (i = \overline{1,n})$$

Как известно [10, 11], множители $\sum_{K=1}^{N} \left\{ m_K \cdot \left\langle \frac{\partial x_K}{\partial q_j} \cdot \frac{\partial x_K}{\partial q_i} + \frac{\partial y_K}{\partial q_j} \cdot \frac{\partial y_K}{\partial q_i} + \frac{\partial z_K}{\partial q_j} \cdot \frac{\partial z_K}{\partial q_i} \right\rangle \right\}$ представляют матрицу обобщенных коэффициентов инерции механической системы

$$a_{ij}(q_1, q_2, \cdots, q_n) \ (i, j = \overline{1,n}),$$

а выражения $\sum_{K=1}^{N} \left(F^e_{KX} \cdot \frac{\partial x_K}{\partial q_i} + F^e_{KY} \cdot \frac{\partial y_K}{\partial q_i} + F^e_{KY} \cdot \frac{\partial z_K}{\partial q_i} \right)$ определяют обобщенные силы механической системы $Q_i \ (i = \overline{1,n})$.

С учетом вышесказанного, уравнения движения механической системы (7) можно записать в виде:

$$\frac{d}{dt}\sum_{j=1}^{n} a_{jl}\cdot\dot{q}_j - \frac{1}{2}\sum_{j=1}^{n}\sum_{l=1}^{n}\frac{\partial a_{jl}}{\partial q_l}\cdot\dot{q}_j\cdot\dot{q}_l = Q_i \ \ (i=\overline{1,n}). \qquad (8)$$

Уравнения (8) представляют явную форму записи дифференциальных уравнений Лагранжа II рода.

Результаты исследований, их обсуждение. Принуждение по Гауссу обладает свойством аддитивности: для системы твердых тел, совершающих различные виды движений, принуждение по Гауссу будет равно сумме принуждений для отдельных тел системы.

Выводы. Принцип наименьшего принуждения Гаусса позволяет получить дифференциальные уравнения движения твердого тела, а также все основные виды уравнений движения механических систем в обобщенных координатах.

Библиографический список

1. Аппель П. Теоретическая механика : в 2 т. Т. 2. М. : ГИФМЛ, 1960. 487 с.
2. Бухгольц Н. Н. Основной курс теоретической механики. М. : Наука, 1968. 332 с.
3. Веретенников В. Г., Синицын В.А. Теоретическая механика (дополнение к общим разделам). М. : МАИ, 1996. 340 с.
4. Лурье А. И. Аналитическая динамика. М. : ГИФМЛ, 1961. 824 с.
5. Маркеев А. П. Теоретическая механика. М. : Наука, 1990. 416 с.
6. Полак Л. С. Вариационные принципы механики: их развитие и применения в физике. М. : Либроком, 2010. 600 с.
7. Гаусс К. Об одном новом общем принципе механики // Вариационные принципы механики. М. : Физматгиз, 1959. С. 170–172.
8. Тюлина И. А. История и методология механики. М. : Изд-во МГУ, 1979. 282 с.
9. Поляхов Н. Н., Зегжда С. А., Юшков М. П. Теоретическая механика. Л. : Изд-во ЛГУ, 1985. 536 с.
10. Суслов Г. К. Теоретическая механика. М. : Гостехиздат, 1946. 656 с.
11. Четаев Н. Г. Теоретическая механика. М. : Наука, 1987. 308 с.

Обзор методов помехоустойчивого кодирования в современных системах связи

Медведева Елена Викторовна[a], доктор технических наук, доцент, профессор
Ляпин Даниил Владимирович[b], студент
Вятский государственный университет[a,b], Киров

Аннотация: в статье перечислены требования к помехоустойчивым кодам (ПК), применяемым в современных системах связи. Приводится краткое описание методов формирования ПК, таких как турбокоды, Рида-Соломона, сверточные, фонтанные, полярные и пространственные коды. Показаны их характерные особенности, перечислены стандарты связи, в которых они применяются.

Ключевые слова: помехоустойчивые коды, стандарты связи, характеристики помехоустойчивых кодов, требования к помехоустойчивым кодам.

Введение. Стремительное развитие средств вычислительной техники и информационных технологий, которое происходит в настоящее время, приводит все к большему усилению требований, предъявляемых к современным системам связи. Такими требованиями являются: необходимая достоверность передаваемых данных, скорость, задержка передачи информации, энергетическая и спектральная эффективность. Для обеспечения данных требований используют ПК, которые различаются исправляющей способностью, скоростью передачи, сложностью реализации кодеров и декодеров и рядом других параметров. Коды, которые были разработаны и применялись ранее: Хэмминга, Голея, Рида-Маллера, БЧХ и др., не в полной мере удовлетворяют требованиям, предъявляемым к современным системам связи. И в последние два десятилетия были усовершенствованы некоторые известные методы и разработаны новые методы ПК и внедрены в ряд стандартов, которые рассматриваются в данном обзоре.

Современные методы помехоустойчивого кодирования. Благодаря простоте построения алгебраических декодеров широкое применение в цифровых коммуникационных системах нашли коды Рида-Соломона (РС). *РС-коды* используются для защиты данных, являются частным случаем БЧХ-кодов, используя в качестве кодового вектора не биты, а блоки, например, байты. РС-коды образуется порождающим многочленом, используя примитивные элементы поля Галуа GF(q): α^i, $i = \overline{0,(q-1)}$ [1]. Двоичные РС-коды характеризуют-

ся относительно невысокой эффективностью по отношению к независимым битовым ошибкам, однако являются чрезвычайно мощными как по отношению к пакетам ошибок, так и к обнаружению ошибок, находящихся на расстоянии, превышающем исправляющую способность кода. Этот факт обусловливает широкое использование РС-кодов в беспроводных системах связи с многолучевым распространением.

РС-коды находят применение в системах связи, предъявляющих высокие требования к производительности, а также как составная часть каскадных кодов. В частности, РС-коды применяются в стандартах IEEE802.3bs и Open ROADM MSA 3.01 для оптических сетей со скоростью передачи данных до 400 Гбит/с [1, 2].

Мощным средством повышения надежности и эффективности систем связи при умеренной сложности алгоритмов кодирования и декодирования являются *Турбокоды* (ТК). Существуют две основные схемные конструкции ТК. В первой конструкции ТК сверточные кодеры соединяются параллельно (TCC, Turbo Convolutional Codes), а во втором случае последовательно соединяются блочные кодеры (TPC, Turbo Product Codes). В обеих конструкциях ТК кодеры разделяются перемежителями, которые позволяют уменьшить корреляцию между соседними символами кодового слова и, тем самым, улучшить корректирующую способность кода при декодировании. Различные варианты ТК применяются в системах космической, спутниковой, сотовой, проводной связи [1–3].

В последнее время специалистами особое внимание уделяется классу *кодов с малой плотностью проверок на четность* (LDPC – Low-Density Parity-Check). Коды LDPC относятся к линейным блоковым кодам, которые задаются с помощью проверочной матрицы, содержащей небольшое (<10) число единиц в строках и столбцах. В соответствие проверочной матрице LDPC кода ставится граф Таннера, в котором для представления столбцов матрицы используются определённым образом связанные между собой битовые и проверочные узлы. Всё это позволяет получить высокую эффективность с малыми вычислительными затратами на их декодировании [1, 3]. Применение LDPC-ко-

дов предусматривает большинство современных стандартов передачи данных и стандартов цифрового вещания.

Для передачи потоковых сообщений по сети Интернет разработано семейство *фонтанных кодов* (Digital Fountain Codes) [4], таких как торнадо коды, online коды, Raptor коды, Luby transform коды. Фонтанные коды формируются на основе разреженных графов и операций суммирования по модулю два, благодаря чему имеют эффективные по времени алгоритмы кодирования и декодирования. Фонтанные коды создают пакеты, которые являются случайными функциями всего файла. Как только получатель получит N пакетов, где N лишь немного превышает исходный размер файла K, весь файл можно будет восстановить.

В системах связи, которые используют несколько передающих и принимающих антенн (MIMO, Multiple Input Multiple Output), в качестве канального кодирования применяют неизбыточные *пространственные коды* [5].

Суть метода передачи данных заключается в создании нескольких параллельных каналов связи, используя разные антенны на приемной и передающей сторонах. Каждый из этих каналов уникален и обеспечивает дополнительные потоки данных. Приемная сторона комбинирует и обрабатывает эти потоки для восстановления исходного сигнала. Пространственные коды реализуются на схемах и методах перераспределения сигнальных конструкций ортогональных сигналов между каналами. Этот метод позволяет увеличить пропускную способность канала и сократить вероятность ошибок передачи данных.

Еще одним классом кодов, которые используются в современных системах связи, являются *полярные коды* (polar code). Полярные коды – это класс линейных корректирующих кодов, способных приблизиться к пропускной способности дискретного канала без памяти, которые базируются на явлении поляризации канала [6]. Задаются полярные коды с помощью порождающей матрицы, в которой удаляются строки, соответствующие наименее надежным виртуальным каналам. Декодирование основывается на методе последовательных исключений.

Полярные коды вошли в стандарт 5G в качестве кодов канала для сценария передачи данных в мобильной широкополосной связи (eMBB – encanced

Mobile Broad Band). Это связано с их хорошими корректирующими свойствами при умеренной длине блока, а также с наличием простых алгоритмов кодирования и декодирования.

Помимо блоковых ПК, также существуют сверточные коды (СК), для построения которых используется несколько порождающих многочленов. Кодовое слово образуется сверткой порождающих многочленов на входную информационную последовательность. Для декодирования СК небольшой длины применяется относительно простой в реализации алгоритм Витерби, реализующий максимальное правдоподобие [1,3] и минимизирующий вероятность ошибки на блок. Систематические рекурсивные СК являются основной компонентой ТК и широко используются в сетях IEEE 802.11, IEEE 802.16, дальней космической связи CCSDS, спутниковой связи TIA-1008 и других. Для декодирования СК большей длины используются последовательные алгоритмы декодирования (например, Фано), которые находят применение в стандарте TIA-1008.

Также следует отметить, что новым направлением повышения энергетической эффективности в современных системах связи является внедрение *методов декодирования, основанных на методах глубокого обучения нейронных сетей* [7]. Суть таких методов заключается в извлечения признаков, имеющие некий смысл, характерный для определенной категории данных. Это достигается за счет обучения на больших наборах данных, что позволяет нейронным сетям эффективно фиксировать и использовать сложные взаимосвязи для точной оценки канала. Например, в работе [7] для выделения в принятом кодовом векторе определенных признаков предлагается применить два способа. Первый способ заключается в использование принципа кластерного разбиения векторов, а второй – в использование этого принципа в сочетании с методом вариационного приближения к цели.

В таблице 1 показаны области применения и стандарты, в которых применяются рассмотренные коды.

Таблица 1

Применение помехоустойчивых кодов

Название	Стандарт	Применение
Коды Рида-Соломона [1, 2]	Ethernet 100BASE-T, IEEE 802.16, IEEE802.3bs, Open ROADM MSA 3.01	беспроводные системы связи с многолучевым распространением; устройства хранения информации, оптические сети
Турбокоды [3]	IEEE 802.16 (WiMAX), CDMA2000, DVB-S, CCSDS, TIA-1008, UMTS, INTELSAT	системы космической, спутниковой, сотовой, проводной связи
Фонтанные коды [4]	IETF RFC 5053, IETF RFC 6330, 3GPP MBMS, DVB-H	службы широковещательной доставки файлов и потоковой передачи; доставка IP-услуги в сетях DVB и DVB-IP TV; предоставление коммерческих ТВ-услуг по IP-сети.
Коды с малой плотностью проверок на четность [1, 2]	IEEE 802.11, IEEE 802.16, DVB-S2, DVB-T2, DVB-C2, 5G	передача данных с высокой достоверностью и малой задержкой (URLLC); широкополосная передачи (EMBB)
Пространственные коды [5]	ITU-T Recommendation G.803, IEEE Std 802.16e-2005, ISO/IEC 27018:2014, 4G и 5G, MIMO	WiMAX, Wi-Fi, беспроводные сети, спутниковая связь
Полярные коды [6]	IEEE 802.16, IEEE 802.20, 4G LTE	спутниковые и сотовые системы связи, цифровое телевидение
Сверточные коды [1, 3]	TIA-10008, IEEE802.11, IEEE802.16, CCSDS	беспроводные сети, спутниковая связь, дальняя космическая связь

Заключение. В данной статье представлен обзор методов помехоустойчивого кодирования, применяемых в современных системах связи. Показаны способы их формирования, характерные особенности, перечислены стандарты связи, в которых они применяются.

Можно предположить, что активное развитие вычислительной техники и информационных технологий приведет к еще большему усилению требований, предъявляемых к системам передачи информации и, как следствие, к развитию методов помехоустойчивого кодирования.

Библиографический список

1. Дворкович В. П., Дворкович А. В. Цифровые видеоинформационные системы (теория и практика). М. : Техносфера, 2012. 1008 с.

2. Обзор современных методов помехоустойчивого кодирования / П. В. Трифонов, Б. Д. Кудряшов, В. Д. Милославская // Электросвязь. М., 2021. № 6. С. 61–66.

3. Помехоустойчивое кодирование в цифровых системах передачи данных/ Ю. Б. Зубарев, Г. В. Овечкин // Электросвязь. М., 2008. № 12. С. 58–61.

4. Fountain codes/ D. J. C. Mackay // IEE Proc.-Commun. 2005. Vol. 152. No. 6. P. 1062–1068.

5. Кодирование информации в сетях подвижной связи / С. Б. Саломатин // Минск: БГУИР, 2017. 78 с.

6. Design of polar codes in 5G new radio / B. Valerio, C. Carlo, L. Ingmar // IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2020. P. 1–12.

7. Парадигма нейросетевого декодирования недвоичных избыточных кодов / Н. А. Пчелин, М. А. Я. Дамдам, А. С. А. Ал-Месри, А. А. Брынза // Автоматизация процессов управления. 2021. № 1. С. 74–81.

Разработка потоковых алгоритмов нелинейной фильтрации данных для их последующего сжатия в системах температурного мониторинга

Поливаев Илья Анатольевич[a], студент
Якунин Алексей Григорьевич[b], доктор технических наук, профессор
Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова[a,b], Барнаул

Аннотация: в статье описываются алгоритмы фильтрации данных результатов наблюдений, позволяющие избавить их от избыточной информации и привести к виду, более удобному для последующего сжатия.

Ключевые слова: температурный мониторинг, фильтрация данных, компрессия данных.

Введение. Вопрос сжатия данных является актуальным в различных сферах производства, где используются автоматизированные системы управления технологическими процессами, в том числе, связанными с температурными изменениями. В рамках таких систем циркулирует и, главное, накапливается большой объем информации, необходимый как для оперативного управления процессом, так и для его ретроспективного анализа. Поэтому как при передаче, так и при хранении таких данных часто используется их компрессия, что позволяет существенно уменьшить объём хранимых и циркулирующих в системе потоков информации.

Цель работы – устранение избыточности в обрабатываемых данных за счёт сочетания методов компрессия с предварительной нелинейной фильтрацией исходных «сырых» данных, предназначенной для удаления из них избыточной, не несущей прагматической ценности информации и преобразования к виду, удобному для последующего сжатия конкретным алгоритмом.

Предлагаемое решение. Для подготовки измерительной информации к компрессии предлагается исключить из исходной последовательности данных флуктуаций, лежащих в пределах погрешности измерений использованной в системе измерительной аппаратуры. Для этого возможно два подхода:

– анализ зарегистрированной последовательности отсчётов и исключение из неё тех из них, которые отличаются от выбранных в последовательности реперных точек на величину, не превышающую погрешность измерения;

– замена последовательности исходных данных набором аппроксимирующих функций таких, которые на участках аппроксимации отличаются от фактических отсчётов не более, чем на величину погрешности измерений.

Остановимся на этих походах более подробно

Метод на основе замены очередного отсчёта предыдущим значением

Суть данного метода состоит в том, что в серии отсчётов фиксируется значение первого отсчёта, а все остальные, отличающиеся от него на величину, меньшую погрешности измерений, заменяются значением этого отсчёта. Как только отклонение значения очередного отсчёта превысит величину погрешности, такой отсчёт станет первым в следующей серии отсчётов.

Возьмём, например, последовательность выборок [10.1, 10.2, 10.3, 10.4, 10.5, 10.6, 10.7, 10.8, 10.9, 11.0, 11.2] и зададимся величиной погрешности, равной 0.4. Тогда, в соответствии с вышеописанным алгоритмом, в этой последовательности выделится три серии, начинающиеся с первого, пятого и десятого отсчётов, и исходная последовательность отсчётов заменится на [10.1, 10.1, 10.1, 10.1, 10.5, 10.5, 10.5, 10.5, 10.5, 11.0, 11.0]. Для такой последовательности одним из наиболее подходящих алгоритмов сжатия будет алгоритм кодирования длин серий RLE (англ. run-length encoding) [1], после применения которого получим три серии [10.1, 4], [10.5, 4], [11.0, 2]

Метод замены очередных отсчётов разностными значениями

Данный метод отличается от предыдущего тем, что все повторяющиеся значения отсчётов заменяются не первым значением, а нулями, поскольку их отклонение от первого отсчёта в серии полагается нулевым. При этом вместо записи исходных значений отсчётов, начинающих очередную серию, можно сохранять отклонение этих значений от значения первого отсчёта предыдущей серии. Тогда, при наличии линейного тренда изменения наблюдаемых данных потребуется зафиксировать лишь значение самого первого отсчёта в серии, а все последующие отсчёты заменятся либо нулями, либо практически одинаковыми значениями их отклонений. Так, в вышеприведённой последовательности отсчётов на выходе после применения такого алгоритма фильтрации получится

последовательность [10.1, 0, 0, 0, 0, 0.4, 0, 0, 0, 0, 0.4. 0]. Поскольку в ней очень много повторяющихся значений, для неё более эффективным может оказаться алгоритм сжатия Хаффмана [2].

Метод аппроксимирующих функций

В основе данного метода лежит, как уже отмечалось выше, замена исходного ряда отсчётов аппроксимирующей его функцией так, чтобы для всех членов ряда различие между ними и соответствующих им значениями аппроксимирующей функции не превышало величину погрешности измерения. При этом возможно три варианта реализации метода:

– фиксируется число отсчётов, входящих в образующих общую последовательность отсчётов серий и для каждой серии подбирается наиболее подходящий вид аппроксимирующей функции и значения её параметров;

– фиксируется как вид аппроксимирующей функции, так и число входящих в серию отсчётов.

– фиксируется вид аппроксимирующей функции, и всякий раз для очередной серии подбирается число входящих в неё отсчётов так, чтобы соблюдалось вышеупомянутое условие.

В качестве примера первого варианта рассмотрим его применение для последовательности данных, состоящей из шести отсчётов и четырёх видов аппроксимирующих функций: линейной, степенной, показательной и квадратичной. Результаты такой аппроксимации сведены в таблицу 1. Для подбора входящих в функции коэффициентов использовался метод наименьших квадратов

Таблица 1

Результаты аппроксимации одной серии из 6 отсчётов

Номер отсчёта x_i	1	2	3	4	5	6
Значение отсчёта y_i	1,0	1,5	3,0	4,5	7,0	8,5
Вид аппроксимирующей функции	Отклонения аппроксимированных значений					
$y = 1{,}59\,x - 1{,}30$	0.71	-0.38	-0.47	-0.56	0.35	0.26
$y = 0{,}82 \cdot x^{1{,}26}$	0.18	-0.46	-0.27	-0.2	0.77	0.66
$y = 0,\,68 \cdot e^{0{,}45x}$	-0.07	-0.17	0.38	0.39	0.55	-1.62
$y = 0{,}16x^2 + 0,\,46x + 0,\,20$	0.18	-0.26	-0.02	-0.1	0.5	-0.22

Из полученных результатов видно, что самой близкой к исходным данным является квадратичная функция. Поскольку для хранения данных нужно фиксировать не шесть исходных значений отсчётов, а лишь два или три параметра аппроксимирующей функции (и указания её вида), такой метод фильтрации уже сам по себе позволяет сократить объем хранимых данных.

Поскольку выбор аппроксимирующей функции для каждой серии отсчётов требует дополнительных вычислительных затрат, обычно ограничиваются применением для аппроксимации только одной конкретной функции (линейной или параболической), то есть применением второго варианта реализации метода.

Как показали ранее проведённые исследования [3], недостаток обоих вариантов состоит в том, что заранее невозможно сказать, сколько значений отсчётов должно входить в одну аппроксимируемую серию. Поэтому может оказаться, что результат преобразования окажется либо излишне точным, либо, в случае наблюдения динамичных процессов, например, резких температурных скачков, отклонения могут превысить пороговое значение.

Выходом из данной ситуации является переход к третьему варианту метода. По вычислительно сложности он занимает промежуточное место между первым и вторым вариантом, зато гарантированно обеспечивает условие сохранения необходимой точности аппроксимации без её избыточности независимо от характера поведения отсчётов в исходных данных.

Методы исследования. Как и в работе [3], для исследования эффективности применения того или иного метода фильтрации использовались данные температурного мониторинга как внутри помещений, так и вне их вблизи университетского кампуса. При этом на всей серии наблюдений выбирались участки с резкими и плавными перепадами температуры.

Результаты исследований. Как показали проведённые исследования, наиболее универсальным и результативным является применение последнего варианта метода на основе аппроксимации исходной последовательности данных линейными или параболическими функциями.

Вывод. Проведённые исследования показали, что каждый метод фильтрации данных имеет свои достоинства и недостатки, поэтому они могут быть

использованы в зависимости от характера изменения входных данных. Применительно к решению задач температурного мониторинга применение предварительной нелинейной фильтрации входных данных до их сжатия позволяет существенно повысить степень их дальнейшей компрессии.

Библиографический список

1. Пантелеев Е. Р., Алыкова А. Л. Алгоритмы сжатия данных без потерь : учеб. пособие для вузов. СПб. : Лань, 2021. С. 15–23.

2. Котиева Х. М. Сжатие данных без потерь. Использование алгоритма Хаффмана // Молодой ученый. 2020. № 35 (325). С. 12–14.

3. Mogahed H., Yakunin A., Suchkova L. A comparison of data compression methods for solving problems of temperature monitoring // MATEC Web of Conferences. 2016. Vol. 79. DOI: https://doi.org/10.1051/matecconf/20167901076

Программное обеспечение для моделирования работы лесосечных машин

Сергеева Татьяна Владиславовна, аспирант
Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола

Аннотация: изучение того, как работают современные многофункциональные лесосечные машины, является важной и актуальной областью исследований. Цель исследования – создание программного обеспечения для моделирования работы лесосечных машин с возможностью постановки имитационных исследований. Использован метод агентного моделирования. Для моделирования работы лесозаготовительной машины в рамках программной среды AnyLogic было разработано программное обеспечение, имитирующее движение лесозаготовительной машины в пределах лесосеки. Программное обеспечение дает множество возможностей для визуального представления результатов, проведения анализа на чувствительность и просмотра того, как модель работает в серии смоделированных сценариев применительно к определенным географическим районам.

Ключевые слова: AnyLogic, лесозаготовительный харвестер, лесосека, имитационное моделирование.

Введение. Изучение того, как работают современные многофункциональные лесосечные машины, в частности харвестеры, является важной и актуальной областью исследований [2, 6, 9]. Один из способов достижения результата – это имитационное моделирование процесса [5, 7, 8, 10]. Проводя имитационный эксперимент, в ходе которого в режиме реального времени демонстрируется производственный процесс, можно ускорить режим функционирования модели. Это предполагает возможность сокращения временного диапазона оценки результатов работы лесозаготовительного предприятия по целому ряду, заложенных в программу переменных факторов.

Методы исследования. Из широкого спектра программного обеспечения, такого как EcoLab, StarLogo, Mason, NetLogo, Swarm, Cormas и Repast, реализующего агентный и дискретный подходы к моделированию, в исследовании уделено основное внимание использованию функциональных возможностей программы имитационного моделирования AnyLogic, Она отлично подходит для создания имитационных моделей, которые помогут руководителям и организациям лесной отрасли принимать решения. Программа предоставляет возможность агентного моделирования. Это означает, что она имитирует взаимодействие не связанных между собой, динамичных агентов. У каждого агента есть набор правил и свойств, которые определяют их поведение. Это действи-

тельно полезно для анализа того, как можно оптимизировать различные лесохозяйственные операции в лесном комплексе.

Целью исследования является создание программного обеспечения для моделирования работы лесосечных машин с возможностью постановки имитационных исследований.

Программное обеспечение должно удовлетворять следующим требованиям:

– возможность ввода и коррекции исходных данных при анализе различных природно-производственных условий;

– наглядность и хорошая графическая визуализация элементов функционирования лесосечных машин;

– возможность реализации многофакторных имитационных экспериментов в решении исследовательских задач лесопромышленного комплекса.

Результаты исследований, их обсуждение. Для моделирования работы лесосечных машин в рамках программной среды AnyLogic было разработано программное обеспечение, имитирующее движение техники в пределах лесосеки [1, 3, 4]. Программное обеспечение получило свидетельство о государственной регистрации программы [11].

На рис.1 показано, как с помощью пользовательского ввода реализованного в созданной программе ввести координаты контура лесосеки любой геометрической конфигурации. Пользователи могут вводить эти координаты графически с помощью компьютерной мыши или они могут вводить координаты для каждой точки в отдельности, в табличной форме. Таким образом, можно получить координаты точек, ограничивающих абрис лесосек, а также точек на траектории движения по лесосеке специализированной техники.

Количественный состав деревьев, которые вырубаются на обрабатываемой территории, подроста и остающихся на лесосеке после рубки деревьев, определяется пользователем путем ввода числовых значений параметров.

Когда программа активируется, распределение вырубаемых и остающихся на доращивание деревьев, производится случайным образом в пределах анализируемого лесного участка. Каждый из сгенерированных объектов, представ-

ляющих компоненты лесосеки, моделируется в имитационной модели как отдельный агент моделирования с определяющими его уникальными параметрами. Например, основными характеристиками деревьев, которые будут срублены, и тех, которые оставляются на лесосеке после рубки, являются их порода и диаметр. Пользователи могут задать значения для каждого из этих параметров при вводе исходных данных.

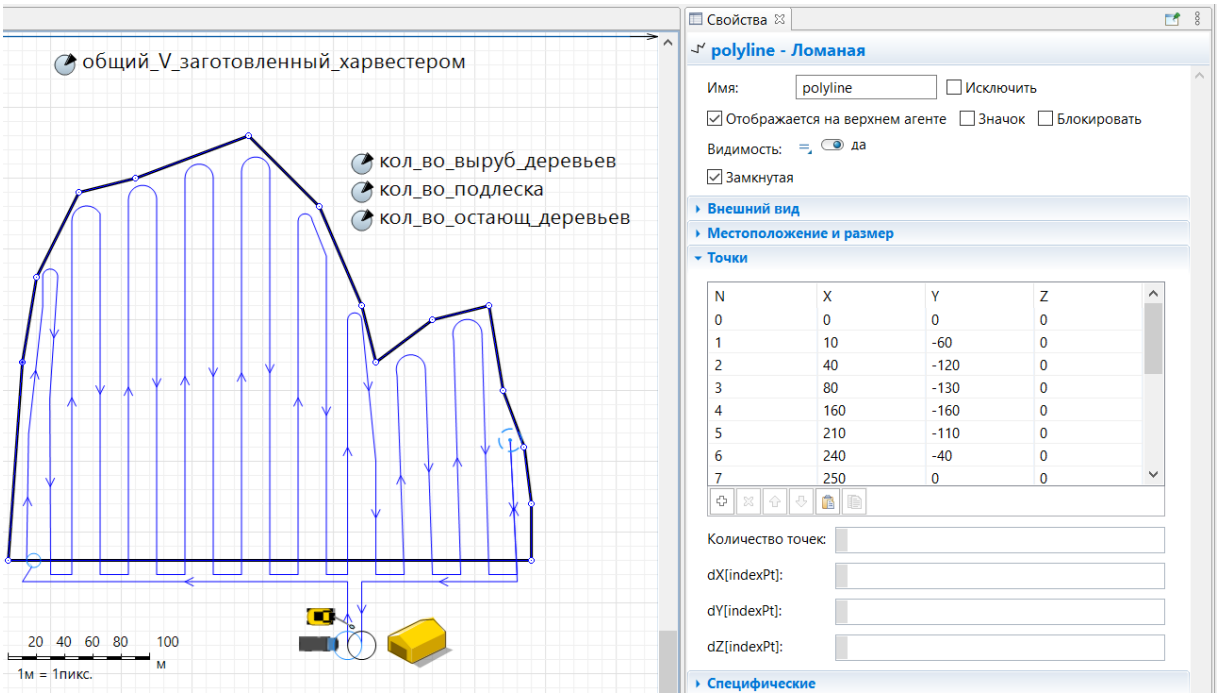


Рисунок 1. Пример ввода координат абриса лесосеки

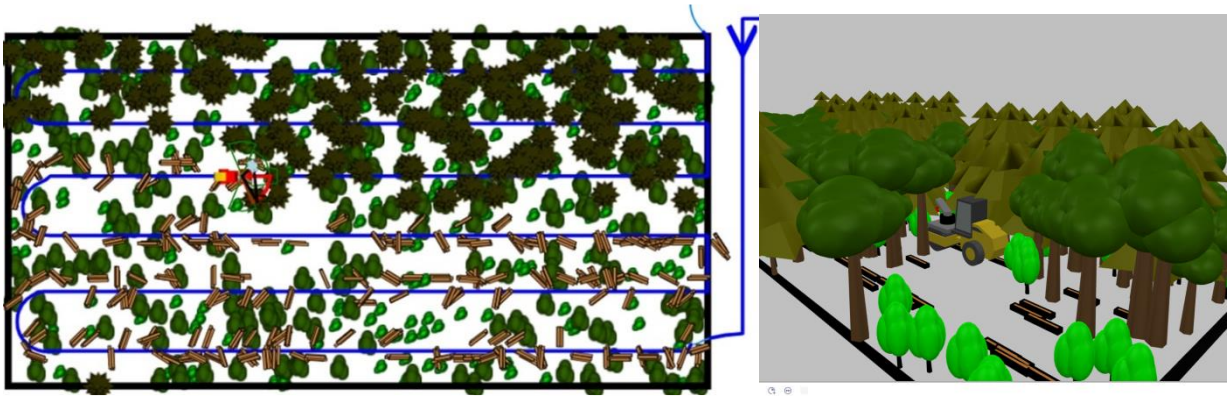


Рисунок 2. Пример активации программы. Условные обозначения:
– вырубаемые деревья; – оставляемые деревья; – подлесок; – бревна;
– лесозаготовительный харвестер

На рис. 2 показан пример того, как лесозаготовительный харвестер перемещается по лесосеке во время запуска созданного программного обеспечения. Машина следует по маршруту, указанному в технологической карте разработки

лесосеки, вырубая деревья, предназначенные в рубку, оставляя нетронутыми другие деревья и подлесок. Алгоритм действий оператора лесозаготовительной машины при заготовке бревен, заложенный в программу, можно представить в виде диаграммы состояний его работы (рис. 3).

Выводы. Предложенное программное обеспечение, позволяет пользователям воссоздавать процесс рубки леса с учетом широкого спектра технических, технологических и природных факторов, которые могут повлиять на эффективность работы машин и дает множество возможностей для визуального представления результатов, проведения анализа на чувствительности и просмотра того, какие результаты может продемонстрировать техника в серии смоделированных сценариев применительно к определенным географическим районам.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 24-26-00129, https://rscf.ru/project/24-26-00129/

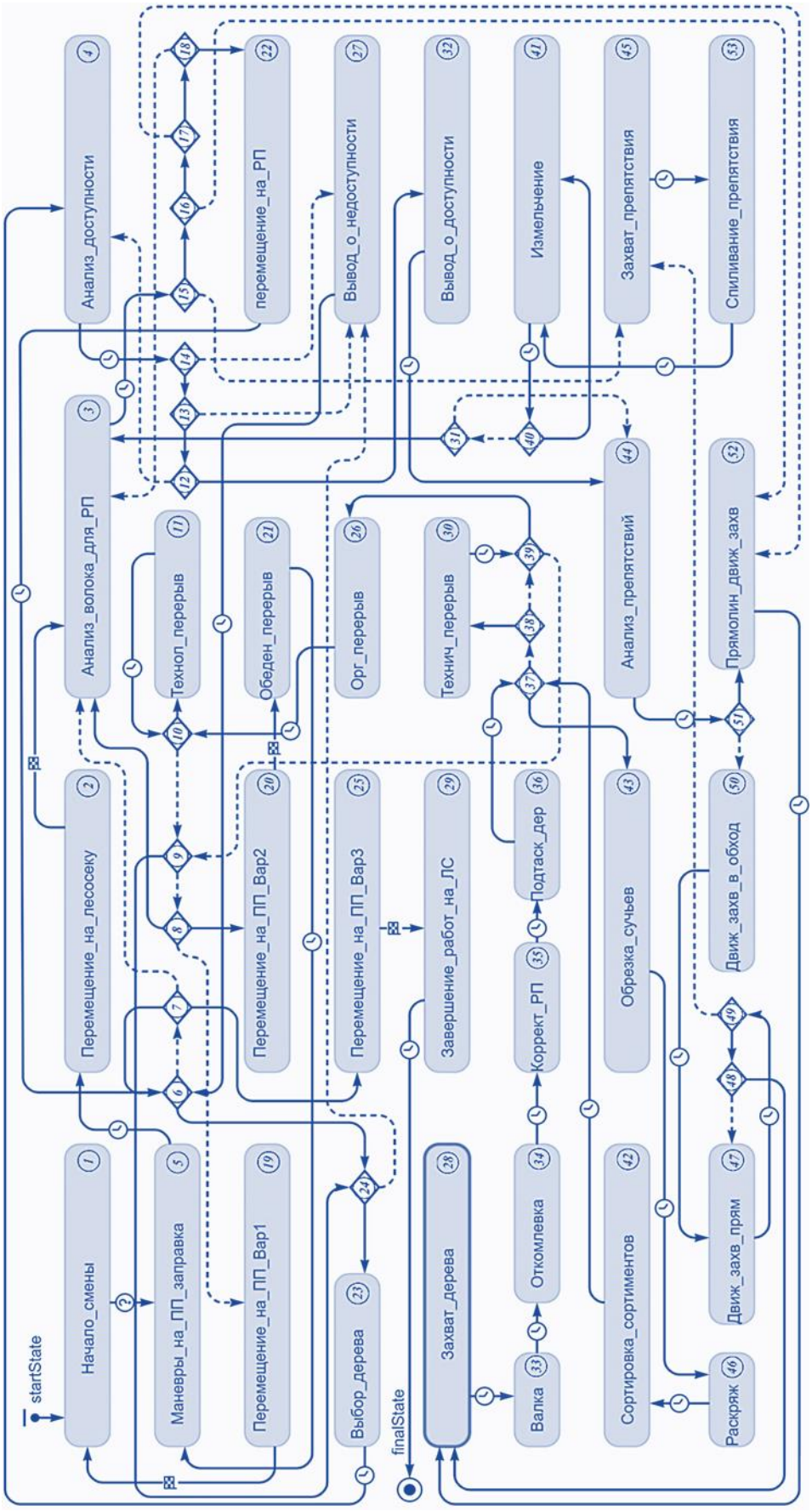


Рисунок 3. Диаграмма состояний работы лесозаготовительного харвестера.
Условные обозначения: ПП – погрузочный пункт, РП – рабочая позиция; – переход по модельному времени; – переход при прибытии агента моделирования

Библиографический список

1. Computer modeling to support management and organizational decisions in the use of a forest harvester / K. P. Rukomojnikov, T. V. Sergeeva, T. A. Gilyazova, V. P. Komisar // Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering, Dushanbe, 21–23 декабря 2021 года. Dushanbe, 2022. P. 122510P. DOI: 10.1117/12.2631137.

2. A method for delimbing tree-trunks and a device for applying the method / K. Rukomojnikov, S. Vedernikov, M. Gabdrahmanov // Journal of Applied Engineering Science. 2018. Vol. 16. No. 2. P. 263–266. DOI: 10.5937/jaes16-16442.

3. Имитационное моделирование технологического процесса заготовки древесины на примере лесного харвестера / К. П. Рукомойников, Т. В. Сергеева, Т. А. Гилязова [и др.] // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2023. Т. 27. № 3. С. 69–80. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-3-69-80.

4. Компьютерная симуляция разработки лесосек с использованием валочно-сучкорезно-раскряжевочных машин / К. П. Рукомойников, Т. В. Сергеева, Т. А. Гилязова [и др.] // Системы. Методы. Технологии. 2022. № 2(54). С. 108–113. DOI: 10.18324/2077-5415-2022-2-108-113.

5. Мохирев А. П., Рукомойников К. П. Моделирование структуры лесотранспортных потоков. Йошкар-Ола : ПГТУ, 2022. 396 с. ISBN 978-5-8158-2263-4.

6. Рукомойников К. П. Ведерников С. В. Модернизация сучкорезного ножа харвестерной головки // Лесной журнал. 2019. № 1(367). С. 120–127. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.1.120.

7. Рукомойников К. П. Имитационное моделирование взаимосогласованной работы комплектов адаптивно-модульных лесных машин. Вестник Московского государственного университета леса // Лесной вестник. 2013. № 3. С. 154–158.

8. Рукомойников К. П. Результаты имитационного моделирования технологических процессов выполнения лесосечных работ на территории лесного квартала // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1. С. 410.

9. Рукомойников К. П., Купцова В. О. Обоснование норм расхода топлива многооперационных лесозаготовительных машин на примере харвестера // Лесной журнал. 2020. № 3(375). С. 117–127. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-3-117-127.

10. Рукомойников К. П. Выбор рациональной технологии и обоснование параметров поквартального освоения лесных участков. Йошкар-Ола : ПГТУ, 2016. 296 с. ISBN 978-5-8158-1672-5.

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022614531 РФ. Программа моделирования работы харвестера: № 2022613687: заявл. 16.03.2022: опубл. 23.03.2022 / К. П. Рукомойников, Т. В. Сергеева, Т. А. Гилязова [и др.]; заявитель ПГТУ.

Алгоритм сегментации сосудов склеры для системы биометрической аутентификации

Харина Наталья Леонидовна[a], кандидат техннических наук, доцент
Чернядьев Сергей Юрьевич[b], аспирант
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: в работе представлен алгоритм выделения рисунка сосудов склеры, состоящий из процедуры предобработки биометрического шаблона, выделения области склеры и выделения непосредственно рисунка сосудов. Для объективной оценки полученного результата проведена процедура сравнения с шаблонами базы несколькими способами, основанными на выявлении признаков в изображениях. Разработанный алгоритм может быть использован в системах биометрической аутентификации. Исследования проводились с использованием датасета SBVPI.

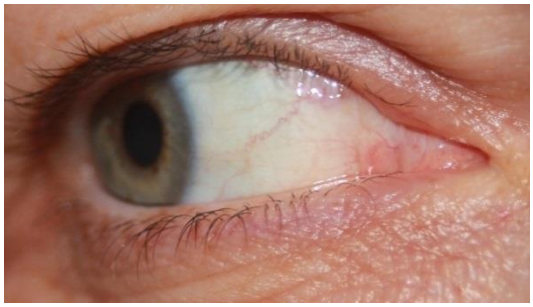
Ключевые слова: биометрическая аутентификация, биометрический шаблон, область интереса, рисунок сосудов склеры.

Введение. Среди многообразия способов биометрической аутентификации наиболее перспективными считаются системы, в основе работы которых лежат механизмы распознавания рисунка кровеносных сосудов в ладони, пальца или глаза человека. Данные методы интересны тем, что рисунок кровеносной системы уникален для каждого человека. Биометрическим образом здесь является цифровое изображение, содержащее рисунок кровеносных сосудов. Подобный биометрический образ сложно подделать, а процесс получения биометрического образа безболезненный. Подобные методы получают широкое распространение в системах биометрической аутентификации, а разработка алгоритмов выделения рисунка сосудов (вен), позволяющих повысить точность аутентификации является актуальной задачей [1, 2, 3, 4]. Технологию распознавания рисунка сосудов или вен можно разделить на два шага – предобработка и выделение области интереса и рисунка вен/сосудов, сопоставление рисунка с шаблонами базы, которое может быть выполнено с использованием различных методов.

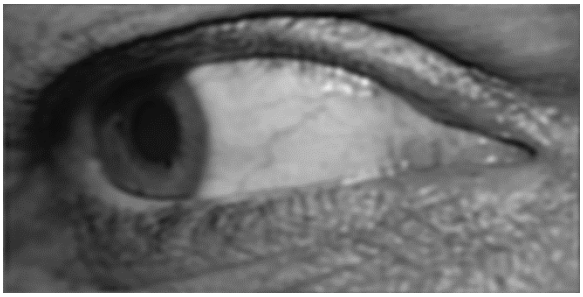
Методы исследования. В работе представлен алгоритм выделения рисунка сосудов склеры, включающий процедуры предобработки биометрического шаблона, выделения области склеры и выделения непосредственно рисунка сосудов. Для анализа эффективности алгоритма использован датасет SBVPI, содержащий набор изображений глаз разных субъектов во всех ориентациях

[5]. Для проверки алгоритма использовались только случаи, когда взгляд пользователя направлен вправо или влево.

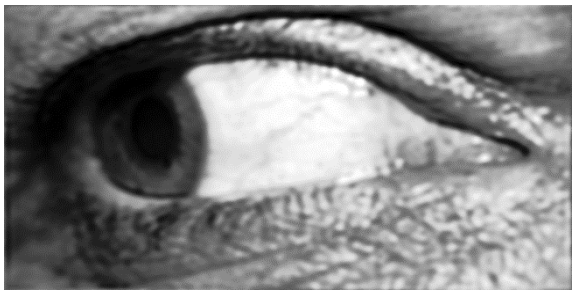
Процедура предобработки заключается фильтрации синего канала исходного изображения (RGB) биометрического шаблона с помощью низкочастотного фильтра Баттерворта для скрытия сосудов на склере, сглаживания изображения и удаления шумов. Канал синего цвета выбран, так как разность яркостей между склерой и кожей в этом цветовом канале обычно больше по сравнению с другими каналами. Для повышения контрастности осуществляется выравнивание гистограммы. Результат выполнения процедуры предобработки представлен на рисунке 1.



а) Исходный тестовый шаблон



б) Результат применения фильтра Баттерворта



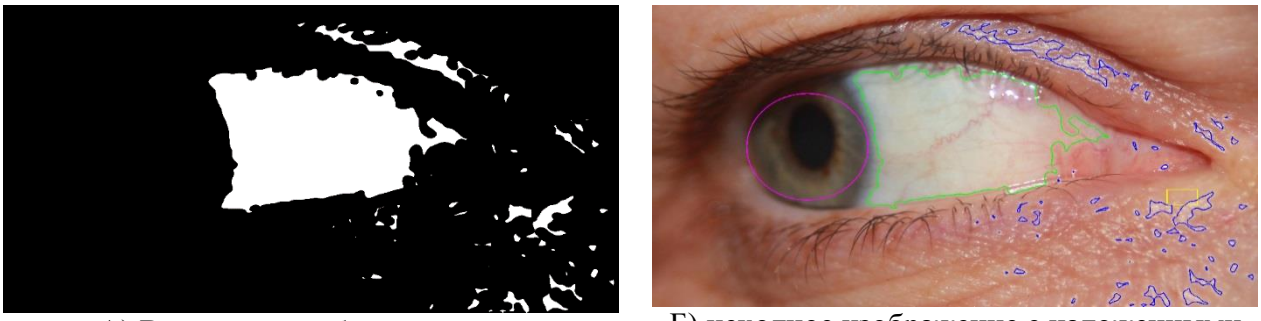
в) Шаблон после выравнивания гистограммы

Рисунок 1. Результат процедуры предобработки

Далее для выделения области склеры выполняется пороговое преобразование с эмпирически выбранным статическим пороговым значением (рис. 2а), по которому затем выполняется поиск контуров. Как видно из рисунка, склера подсвечивается белым цветом, участки кожи и радужка остаются чёрными.

Результат выполнения представлен на рис. 2б. Для наглядности контур выделенной области наложен на исходное изображение. Видно, что помимо основной области склеры (зеленый контур) присутствуют область радужки (розо-

вая область) и мелкие области участков кожи (синие области). Для дальнейшей обработки выбирается самый большой по площади контур с противоположной стороны от позиции радужки глаза, находящийся при этом вертикально на одном уровне с радужкой, остальные контуры отбрасываются (отображены синим цветом).



А) Выделенная область склеры

Б) исходное изображение с наложенными контурами

Рисунок 2. Результат выделения области склеры

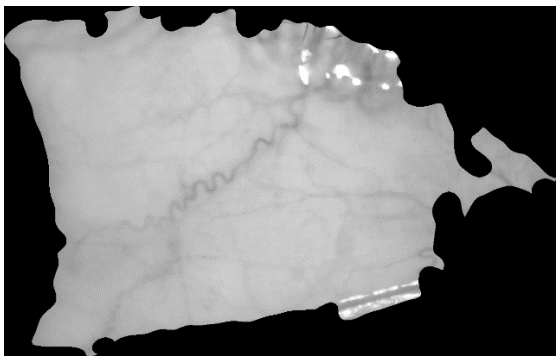
Выбранный контур склеры используется в процедуре выделения рисунка сосудов. Для наглядности контур склеры наложен на соответствующую область исходного изображения (рис. 3а). В используемом датасете на части изображений присутствуют небольшие области засветки, которые удаляются следующим способом (результат работы – рис. 3б):

1) Над областью интереса выполняется гауссовое размытие, после чего выполняется пороговое преобразование;

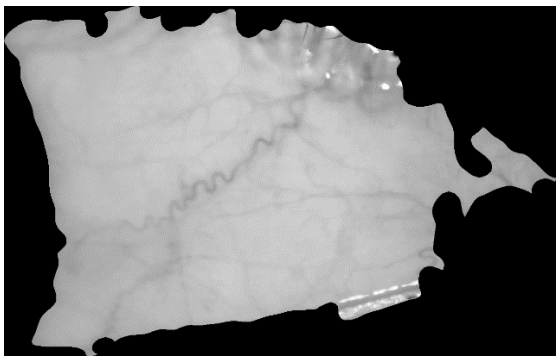
2) Выполняются операции эрозии и дилатации бинарного изображения

3) Полученное бинарное изображение далее используется как маска в алгоритме восстановления [6].

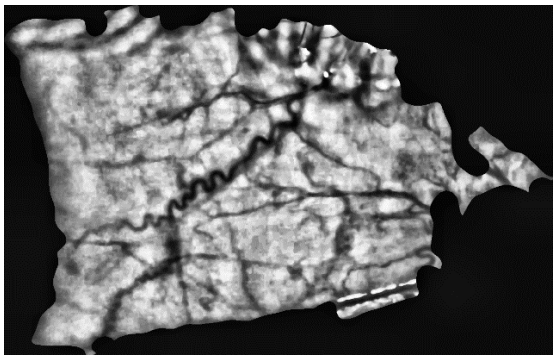
Далее для выравнивания контраста локальных областей используется 2 итерации алгоритма динамического выравнивания гистограммы CLAHE и медианных фильтров (рис. 3в) с последующим пороговым преобразованием со скользящим окном (рис. 3г).



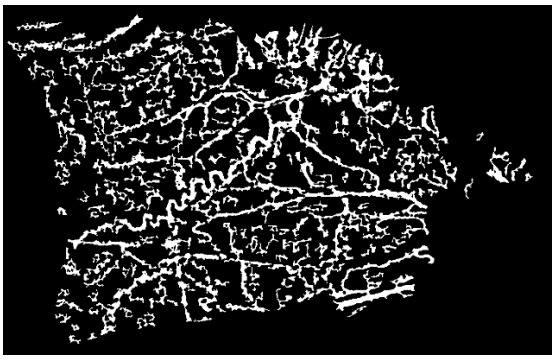
а) Область исходного изображения



б) Область после удаления засветки



в) Область после выравнивания гистограммы



г) Область после порогового преобразования

Рисунок 3. Результат выделения рисунка сосудов

Выделенный рисунок вен далее сравнивается с шаблонами базы и выносится решение о соответствии (не соответствии) входного биометрического шаблона пользователю.

Результаты исследований, их обсуждение. Полученный с помощью предложенного алгоритма рисунок сосудов адекватно отображает истинный рисунок, что видно из сравнения рис. 3а и 3г. Для объективной оценки полученного результата проведена процедура сравнения с шаблонами базы несколькими способами, основанными на выявлении признаков в изображениях, такие как LBP, HOG, и SIFT. Для сравнения результатов LBP и HOG был использован метод опорных векторов. Наибольшую эффективность показал алгоритм SIFT с точностью распознавания 90%. Остальные алгоритмы показали точность в 70% для LBP и 62% для HOG. Не очень высокая точность распознавания можно объяснить отсутствием трансляционной инвариантности у используемых методов сравнения шаблонов и наличием артефактов засветки склеры глаза вспышкой при получении биометрического шаблона.

Библиографический список

1. Алгоритмы сегментации кровеносных сосудов сетчатки глаза / М. А. Нафиков // Прикладная информатика. 2016. Vol. 11. No. 3(63). P. 39–45.

2. Sclera Segmentation techniques / G. R. V. Swechchha Sharma // International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE). July 2020. Vol. 9. No. 2. P. 1072–1076.

3. Investigating Palm Vein Pattern Recognition Methods / E. Kurbatova, N. Kharina, A. Zemtsov, S. Plyaskin // 2022 24th International Conference on Digital Signal Processing and its Applications (DSPA). Moscow, 2022.

4. Palm vein recognition method based on fusion of local Gabor histograms / J. X. Ma Xin // The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications. 2017. Vol. 24, No. 6. P. 55–66.

5. A Comprehensive Investigation into Sclera Biometrics: A Novel Dataset and Performance Study / M. Vitek, P. Rot, V. Štruc, P. Peer // Neural Computing and Applications. 2020. P. 1–15.

6. An image inpainting technique based on the fast marching method / A. Telea // Journal of graphics tools 9.1. 2004. P. 23–34.

Электронные состояния, обусловленные дислокациями в сульфиде кадмия

Хлебов Алексей Георгиевич, кандидат физико-математических наук, доцент
Вятский государственный университет, Киров

Аннотация: В статье обсуждаются результаты, полученные методами емкостной спектроскопии для метастабильных центров, связанных с ростовыми дислокациями в сульфиде кадмия. Оценивается количество возможных электронных состояний в области пространственного заряда Шоттки-диода, обусловленных этими центрами. Анализируется возможность образования одномерной энергетической зоны в пределах запрещённой зоны сульфида кадмия.

Ключевые слова: Сульфид кадмия, Дислокации, Емкостная спектроскопия, Метастабильные центры

Монокристаллы сульфида кадмия (CdS) относятся к широкозонным полупроводникам (ширина запрещённой зоны порядка 2,42 эВ), что определяет возможность их применение в качестве фоторезисторов, фотодатчиков, фотоэлементов и т. д. для видимого оптического диапазона. Большое влияние на протекание различных фотоэлектрических процессов в подобных устройствах оказывают, как точечные дефекты, так и линейные структурные дефекты-дислокации [1, 2].

В работах авторов [3, 4, 5], емкостными методами, были зафиксированы электронные состояния, обусловленные ростовыми дислокациями призматической системы скольжения в низкоомных монокристаллах сульфида кадмия n-типа. Были отмечены метастабильные свойства этих состояний (зависимость от условий начального заполнения) и необычные кинетики заполнения и опустошения энергетических уровней, соответствующих этим центрам. Авторы ассоциировали эти состояния с двухзарядными точечными дефектами, сгруппированными вблизи дислокаций.

Вместе с тем, фундаментальный интерес представляет анализ возможной принадлежности этих электронных состояний, одномерной разрешённой зоне образованной «оборванными связями» дислокаций, возможность существования которой была предсказана Шокли и Ридом [2] (см. рис. 1а). Авторами [3, 4, 5] была определена энергия термической ионизации электронных состояний в широком диапазоне энергий от 0,4эВ до 0,7 эВ, что нехарактерно для обычных точечных дефектов. Метастабильность центров, т. е. зависимость от условий

начального заполнения уровней, может быть объяснена наличием энергетического барьера ~0,15 эВ вблизи заполненной электронами дислокационной зоны (рисунок 1б).

Для оценки количества возможных дислокационных состояний и сравнения с экспериментальными результатами воспользуемся следующими данными и несложными оценочными расчётами. При диаметре Шоттки-контакта 0,5 мм, максимальное количество малоугловых границ под контактом не превышает 56, т. е. общая длина МУГ под контактом не превышает 3 мм. Плотность ростовых дислокаций, сгруппированных в основном в МУГ, составляет 10^2–10^3 на 1см длины МУГ. Т.о. общее количество дислокаций в области Шоттки-контакта $0{,}3*10^3$. Толщина области пространственного заряда в исследуемых образцах сульфида кадмия порядка 1 мкм, при расстоянии между базовыми плоскостями монокристаллов CdS с решёткой вюрцита 0,67 нм, получаем

$$N_e = 0{,}3*10^3*10^{-6}/0{,}67*10^{-9} = 4{,}48*10^5$$

общее количество возможных электронных состояний, образованных «оборванными связями» дислокаций.

Тогда изменение электроёмкости Шоттки-контакта при полном опустошении этих уровней составляет

$$\Delta C = N*e/U = 4{,}48*10^5*1{,}6*10^{-19}/1 = 7{,}2*10^{-14}\ \Phi,$$

где e – заряд электрона, U – рабочее напряжение Шоттки-контакта.

При собственной ёмкости Шоттки-контакта ~ 80 пФ, получаем относительное изменение ёмкости $\Delta C/C = 0{,}072*10^{-12}/80*10^{-12} = 0{,}0009$.

Полученный результат более чем на порядок превышает максимальные значения $\Delta C/C \sim 0{,}01$, которые экспериментально регистрировались при опустошении электронных состояний, обусловленных ростовыми дислокациями.

Следует заметить, что в расчёте не учтены ростовые дислокации не сгруппированные в малоугловые границы, а ёмкость Шоттки-контакта может изменяться при перераспределении электронов в области пространственного заряда. Таким образом, вопрос о принадлежности электронных состояний, связанных с дислокациями в сульфиде кадмия, требует дальнейшего изучения.

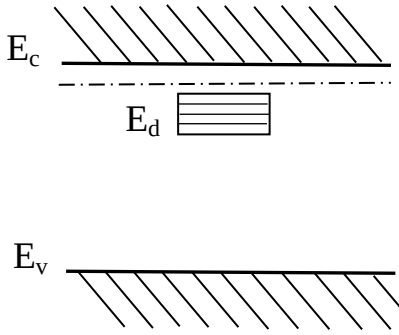


Рисунок 1а. Структура запрещённой зоны сульфида кадмия с незаполненной «дислокационной зоной»

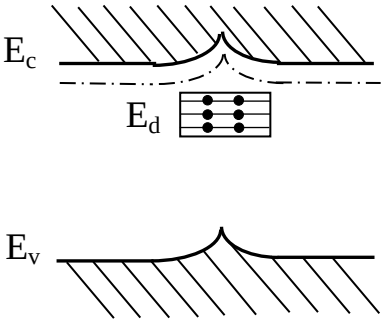


Рисунок 1б. Структура запрещённой зоны сульфида кадмия с заполненной «дислокационной зоной»

Библиографический список

1. Бьюб Р. Х. Фотопроводимость твердых тел / пер. с англ. под ред. Т. М. Лифшица. М. : Изд-во иностр. лит., 1962. 558 с.

2. Хирш Дж., Лоте И. Теория дислокаций. М. : Атомиздат, 1972. С. 549.

3. Истратов А. А., Вывенко О. Ф., Хлебов А. Г. Метастабильность дефектов, связанных с дислокациями, в сульфиде кадмия // Физика и техника полупроводников. 1989. Т. 23. Вып. 8. С. 1521–1524.

4. Вывенко О. Ф., Истратов А. А., Хлебов А. Г. Двухзарядный метастабильный центр, обусловленный дислокациями в CdS // Физика и техника полупроводников. 1990. Т. 24, Вып. 9. С. 1650–1658.

5. Хлебов А. Г. Метастабильные дефекты вблизи ростовых дислокаций в сульфиде кадмия // Бутлеровские сообщения. 2014. Т. 39. № 9. С. 107–112.

Проектирование классов голосового ассистента для поддержки работы на компьютере лиц с нарушением зрения

Шапошников Антон Валерьевич[a], студент
Сучкова Лариса Иннокентьевна[b], доктор технических наук,
профессор каф. ИВТиИБ
Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова[a, b], Барнаул

Аннотация: в условиях растущего числа людей с нарушениями зрения актуальность создания голосового ассистента для работы на компьютере неоспорима. Целью данной работы является проектирование классов голосового ассистента, способного облегчить использование компьютерной техники для людей с ограниченными возможностями. С использованием методов программирования на Python и его библиотек (PyQt5, vosk, PyAudio, pyttsx3) были спроектированы классы голосового ассистента, учитывающего потребности и особенности пользователей с нарушениями зрения. Результаты показывают, что такой подход может значительно улучшить качество жизни людей с ограниченными возможностями. Выводы подтверждают эффективность и применимость разработанного голосового ассистента в реальных условиях.

Ключевые слова: голосовой ассистент, проектирование классов, нарушения зрения.

Введение. В наше время в мире проживает много людей с плохим зрением, только в России на 2021 год насчитывается более 218 тысяч человек [1, с. 5]. Как правило, таким людям сложно пользоваться компьютерной техникой. На помощь им приходят голосовые ассистенты.

Для людей с ограниченным зрением голосовой ассистент может стать средством поиска информации и коммуникации. С помощью своего голоса они смогут отправлять сообщения в социальных сетях и мессенджерах и искать нужную информацию в браузере. Также для людей с ограниченным зрением полезно чтение информации со страниц текстового документа или браузера и возможность воспроизведения аудиозаписей.

Создание голосового помощника, учитывающего потребности и особенности людей с различными ограниченными возможностями по зрению, является важным аспектом в создании голосового помощника. Необходимо обеспечить доступность и удобство использования для всех пользователей. Это может включать адаптивный интерфейс, возможность настройки и персонализации, а также просмотр документации по командам голосового ассистента.

В связи с этим является актуальным разработка приложения, позволяющего поиск информации в интернете, открытие приложений на персональном

компьютере, общение с искусственным интеллектом, отправка сообщений во ВКонтакте.

Методы исследования. Использовался анализ существующих программных решений и средств разработки программного продукта требуемой функциональности, методы проектирования классов.

Для реализации приложения выбран язык программирования Python и следующие библиотеки и фреймворки:

– PyQt5 – это фреймворк для языка Python, предназначенный для создания графического пользовательского интерфейса (GUI) на основе платформы Qt5. Фреймворк предоставляет обширный набор классов, функций и методов, которые позволяют разрабатывать сложные и профессиональные приложения с графическим интерфейсом [2, с. 5].

– vosk – библиотека поддерживает 20+ языков и диалектов и работает без доступа к сети. Модели сравнительно малы (занимают около 50 Мб на накопителе) и довольно быстро преобразовывают речь в текст. Библиотека позволяет настраивать словарь для улучшения точности распознавания и идентифицировать говорящего [3, с. 5].

– PyAudio – библиотека, предоставляющая функциональность для записи и воспроизведения аудио данных, а также для работы с потоками аудио [4, с. 5].

– pyttsx3 – библиотека для преобразования текста в речь, служащая озвучкой голосового ассистента [5, с. 5].

Результаты исследования, их обсуждение. Основными классами голосового помощника являются: UiAssistant, VkAuthorization, AssistantWindow, Assistant.

Класс VkAuthorization необходим для авторизации в социальной сети «ВКонтакте», чтобы пользователь мог взаимодействовать со своей учётной записью через голосового помощника, не открывая при этом сайт социальной сети (рис. 1).

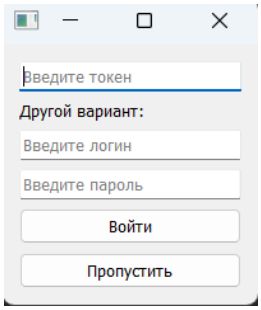


Рисунок 1. Окно авторизации пользователя в социальной сети «ВКонтакте»

Самым надёжным способом для авторизации является ввод токена доступа, поскольку не нужно вводить код для двухфакторной аутентификации, который нужен для входа по логину и паролю, также при работе с авторизацией по логину и паролю у пользователя может возникнуть проблема с капчей.

Основные методы класса **VkAuthorization**:

– skip_authorization: этот метот пропускает авторизацию в социальной сети ВКонтакте при нажатиии на кнопку «Пропустить».

– log_in: этот метод вызывается при нажатии на кнопку «Войти», проверят корректность вводимых данных при авторизации пользователя во ВКонтакте.

Класс **UiAssistant** служит для реализации пользовательского интерфейса голосового помощника. В классе всего два основных метода: setupUi и retranslateUi. Метод setupUi отвечает за инициализацию и настройку основных компонентов интерфейса. Метод retranslateUi обеспечивает многоязычность интерфейса голосового помощника. Этот метод отвечает за перевод текстовых элементов пользовательского интерфейса на выбранный пользователем язык.

Принцип работы приложения заключается во взаимодействии двух классов: **AssistantWindow** и **Assistant**. Класс AssistantWindow отвечает за взаимодействие с пользовательским интерфейсом. В нём создаётся экземпляр класса Assistant для связи его сигналов с нужными слотами.

Основные методы класса **AssistantWindow**:

– stop_listening: этот метод прекращает прослушивание микрофона.

– start_listening: этот метод запускает два потока: первый для прослушивания команд от пользователя, а второй для приёма сообщений из социальной сети ВКонтакте, если пользователь вошёл в свою учётную запись.

– listen_loop: этот метод в цикле выделяет задания пользователя из метода listen класса Assistant, выполняя их.

– user_query: этот метод является слотом и добавляет команду пользователя в компонент listWidget, выравнивая текст по правому краю.

– assistant_answer: этот метод добавляет ответ ассистента в компонент listWidget, выравнивая текст по левому краю.

Класс **Assistant** отвечает за распознавание речи и выполнение команд. Он использует модель KaldiRecognizer библиотеки vosk для преобразования аудио в текст. Когда текст распознается, он отправляется в метод execute_command, который проверяет наличие известных команд в тексте и выполняет соответствующие действия.

Основные методы класса **Assistant**:

– execute_command: этот метод получает текст от пользователя, проверяет его на наличие известных команд и выполняет соответствующие действия. Если команда не найдена, то ассистент сообщает об этом.

– load_config: этот метод загружает конфигурацию из файла config.json, который содержит известные команды и соответствующие им действия.

– listen: этот метод слушает ввод пользователя и возвращает распознанный текст, используется модель KaldiRecognizer для преобразования аудио в текст.

Выводы. Спроектированные классы использованы для создания приложения, ориентированного на поддержку работы на компьютере лиц с нарушениями зрения.

Библиографический список

1. Романов А. Ю. Социализация и адаптация лиц с нарушением зрения в процессе овладения современными информационными технологиями : специальность 44.04.02 «Социальная психология образования» : автореф. выпускной квалификационной работы / Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского. Саратов, 2021. 12 с.

2. PyQt5: первые программы // pythonworld : [сайт]. URL: https://pythonworld.ru/gui/pyqt5-firstprograms.html (дата обращения: 09.03.2024).

3. Офлайн распознавание речи. Библиотека // vc : [сайт]. URL: https://vc.ru/dev/ 247450-oflayn-raspoznavanie-rechi-biblioteka-vosk (дата обращения: 09.03.2024).

4. PyAudio // pypi : [сайт]. URL: https://pypi.org/project/PyAudio/ (дата обращения: 09.03.2024).

5. Pyttsx3 // pypi : [сайт]. URL: https://pypi.org/project/pyttsx3/ (дата обращения: 09.03.2024).

ХИМИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Анализ морфофункциональных показателей студентов высшего учебного заведения

Беличева Татьяна Васильевна[a], кандидат биологических наук, доцент
Постников Николай Константинович[b], преподаватель, аспирант
Колупаев Александр Андреевич[c], студент
Рябова Анна Николаевна[d], студент
Вятский государственный университет[a, b, c, d], Киров

Аннотация: в работе представлен анализ физического развития и функционального состояния студентов факультета автоматики и вычислительной техники. Рассматриваются различные физиологические и антропометрические показатели студентов первого и второго курсов, оцениваются индексы массы тела, силы, пропорций тела, а также функциональные показатели, такие как частота сердечных сокращений (ЧСС) и артериальное давление. Обсуждается влияние регулярных физических нагрузок на состояние здоровья и физическую подготовленность студентов, тенденции изменения этих показателей в динамике.

Ключевые слова: физиологические показатели, антропометрические индексы, ЧСС, физическая нагрузка.

Введение. Здоровье человека характеризуется комплексом морфофункциональных показателей и на сегодняшний день вызывает большое опасение [3, 5]. На сегодняшний день многие авторы говорят о том, что ежегодно увеличивается число первокурсников с различными отклонениями в состоянии здоровья. Исследователи отмечают тенденцию ухудшения уровня физической подготовленности и физического развития студентов [1, 6]. В связи со значительной умственной нагрузкой у студентов, которая подразумевает «сидячий» образ жизни, все меньше времени выделяется для занятий физическими упражнениями. Как следствие, даже незначительная нагрузка при выполнении различных функциональной проб вызывает ухудшение в работе сердечно-сосудистой системы, учащение дыхания [4].

Рассматривая физическое развитие как процесс изменения функциональных и морфологических свойств организма, реализуемых в процессе жизни, а также как уровень физических качеств, отмечают, что во время обучения в вузе наиболее выраженную тенденцию к снижению имеют такие качества как сила и выносливость [2, 3]. Физическая активность оказывает комплексное воздействие на организм человека, улучшая его адаптационные способности и обес-

печивая высокую работоспособность всех систем. Согласно А. А. Иштугановой (2018), аэробные упражнения положительно влияют на сердечно-сосудистую систему, увеличивая количество гемоглобина и эритроцитов, тем самым улучшая кислородное насыщение органов и тканей [7].

Методы исследования. Исследование проводилось на базе Вятского государственного университета. В работе приняли участие студенты второго курса, обучающихся по направлению «Информатика и вычислительная техника» в количестве 20 человек. Использовали методы антропометрических индексов и функциональных проб. Рассчитывали индексы: WHtR, индекс массы тела (ИМТ), силовой индекс, индекс скелии, индекс грудной клетки, оценивали результаты дыхательных проб.

Результаты исследований, их обсуждение. На основе представленных данных можно провести анализ нескольких функциональных и морфологических показателей студентов первого и второго курсов, обучающихся по направлению «Информатика и вычислительная техника». В таблице 1 приведены данные антропометрических индексов, таких как WHtR, ИМТ, силовой, Мануврие (индекс скелии), индекс грудной клетки (табл.1). Функциональные показатели сердечно-сосудистой системы: частота сердечных сокращений и артериальное давление приведены в таблице 2.

Таблица 1

Изменения морфологических показателей студентов

Индексы	1 курс (n=20)		2 курс (n=20)	
	M±m	Интерпретация	M±m	Интерпретация
WHtR, см	0,42±0,01	Выраженная худоба	0,45±0,01	Норма (нижняя граница)
ИМТ, кг/м	23,90±1,00	Вес выше среднего	23,10±1,11	Средний вес
Силовой индекс, %	53,10±2,35	Уровень силы средний	58,50±2,57	Уровень силы выше среднего
Индекс скелии, %	77,40±2,73	Брахискелия (коротконогость)	92,40±3,15	Макроскелия (длинноногость)
Индекс грудной клетки, см	48,50±1,12	Долихоморфность	51,40±1,27	Мезоморфность

Индекс WHtR (отношение талии к росту) у студентов первого курса составил 0,42±0,01 см, что указывает на выраженную худобу, тогда как на втором

курсе (0,45±0,01 см) находится на нижней границе нормы. Показатели индекса массы тела первокурсников говорят о весе выше среднего, в то время как у второкурсников показатели ИМТ находится пределах среднего значения.

Силовой индекс ведущей руки у студентов первого курса составил 53,10±2,35 %, у студентов второго курса уровень силы выше среднего 58,5±2,57 %, что может свидетельствовать о положительном влиянии регулярных физических нагрузок или специализированных программ тренировок. Индекс скелии и индекс грудной клетки показывают изменение пропорций тела от брахискелии (коротконогость) к макроскелии (длинноножность) и от долихоморфности к мезоморфности, что может указывать на изменения в физическом развитии студентов.

Таблица 2

Изменения функциональных показателей студентов

Функциональные показатели	1 курс (n=20)	2 курс (n=20)
	M±m	M±m
ЧСС, уд/мин.	79,0±3,13	78,6±3,44
Систолическое артериальное давление, мм.рт.ст.	109,2±2,39	126,2±3,50
Диастолическое артериальное давление, мм.рт.ст.	76,7±1,78	65,7±1,53
Проба Штанге, сек.	76,0±3,01	73,4±4,85
Проба Генчи, сек.	37,5±2,82	36,3±3,07

Как видно из таблицы 2, частота сердечных сокращений и артериальное давление показывают незначительные изменения, что может отражать успешную адаптацию организма к учебной нагрузке. Пробы Штанге и Генчи оценивают способность задерживать дыхание после максимального вдоха и выдоха, что является индикатором функции внешнего дыхания и общей выносливости организма. На первом курсе среднее значение задержки дыхания после максимального вдоха составляет 76,0 ± 3,01 сек. Уже на втором курсе это значение уменьшилось до 73,4 ± 4,85 сек., а среднее значение задержки дыхания после максимального выдоха составило 37,5 ± 2,82 сек., а на следующем курсе – 36,3 ± 3,07 сек. Это может указывать на изменения в режиме физической активности студентов в течение обучения. Незначительное улучшение показателей на вто-

ром курсе говорит о лучшей адаптации организма второкурсников к физическим нагрузкам, по сравнению с первокурсниками, о повышении уровня их физической активности и свидетельствует об улучшении эффективности работы сердечно-сосудистой системы.

Выводы. Показано, что студенты 2 курса, обучающиеся на факультете автоматики и вычислительной техники, за год обучения стали более упитанней, но при этом их вес снизился, уровень силы вырос, длина конечностей увеличилась, обхватные параметры грудной клетки увеличились. Для студентов, занимающихся сферой IT важно учитывать особенности телосложения при дозировании нагрузок и составлении программы на занятиях физической культурой, т. к. большую часть времени обучающиеся ведут «сидячий» образ жизни.

Результаты исследования показывают, что у студентов сохраняются стабильные функциональные возможности организмов с первого по второй курс обучения. Однако для улучшения физического состояния и поддержания здоровья необходимо уделить больше внимания регулярным занятиям физической культурой и спортом в вузе.

Библиографический список

1. Артеменков А. А. Оценка физического развития студентов // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2012. (3). Р. 19–21. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-fizicheskogo-razvitiya-studentov

2. Антропова М. В., Бородкина Г. В., Кузнецова Л. М. Проблемы здоровья детей и их физическое развитие // Здравоохранение Российской Федерации. 2011. № 5. С. 17.

3. Беличева Т. В., Постников Н. К. Состояние физической подготовленности студентов первого курса // Общество. Наука. Инновации (НПК-2023) : сб. материалов XXIII Всерос. (нац.) науч.-практ. конф., приуроченной к 60-летию ВятГУ : в 2 т. Т. 1. Киров, 2023. С. 400–403.

4. Вьюшин С. Г., Викулов А. Д. Физическое развитие студентов-первокурсников и необходимость его коррекции // Ярославский педагогический вестник. 2014. № 4. Т. II. С. 119–122.

5. Дубровский В. И., Лядов К. В., Дубровская А. В. Функциональная диагностика и восстановительные технологии в спортивной медицине // Вестник восстановительной медицины. 2009. № 2. С. 91–94.

6. Кардангушева А. М., Шугушева З. А., Бекулова И. Х. и др.Мониторинг отдельных показателей физического развития студентов Кабардино-Балкарского государственного университета (2011 г. и 2017 г.) // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2017. (3). С. 36–39. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=30575315

7. Иштуганова А. А., Крылов В. М. Влияние физических нагрузок на организм человека // Международный научный журнал «Вестник науки». 2018. № 8 (8). С. 45–50.

Оценка функционального состояния позвоночника и осанки у юных фигуристов 7–9 лет

Власова Юлия Валерьевна[a], бакалавр
Ковязина Галина Викторовна[b], доцент кафедры спортивных дисциплин и адаптивной физической культуры
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: в статье раскрывается феномен влияния фигурного катания на состояние осанки юных фигуристов 7–9 лет. Оценивается состояние осанки, функциональность позвоночника и мышечного корсета юных фигуристов.

Ключевые слова: функциональное состояние позвоночника, осанка юных фигуристов, нарушения осанки, фигурное катание.

Фигурное катание является одним из самых зрелищных и грациозных видов спорта, однако данный вид спорта оказывает серьёзную нагрузку на нижние конечности и позвоночный столб, так как на них ложится самая большая нагрузка, соответственно они более всего подвержены травматичности и структурным изменениям [10]. Изменения организма при нарушениях осанки носят отрицательный характер: уменьшается подвижность позвоночника и грудной клетки, нарушается внутрибрюшное и внутригрудное давление и другое [6]. Также важно отметить, что асимметричность тренировок, высокая травматичность, работа определённых групп мышц и их перенапряжение – все это может показать негативное влияние на уже имеющиеся дефекты или приводить к ним [9]. В современной научно-методической литературе на данный момент отсутствует достаточная база знаний о специфике нарушений осанки у юных фигуристов [5].

Проблемы нарушений осанки у юных спортсменов актуальна как в России, так и во всем мире [2]. Согласно данным Минздрава Российской Федерации за 2020 год, 60% детей имеют нарушенную осанку. У спортсменов повреждения и заболевания позвоночника составляют 11,5% всех патологий опорно-двигательного аппарата [1].

В связи с тем, что статистические данные о нарушениях осанки среди юных фигуристов освещены недостаточно, мы решили провести исследование, связанное с оценкой состояния осанки у юных фигуристов 7–9 лет.

Методика исследования:

Обследование осанки у юных фигуристов 7–9 лет было выполнено в спортивной школе «Дымка» по адресу г. Киров, ул. Воровского д.175. в декабре 2023 года.

В качестве испытуемых были отобраны 7 юных фигуристов 7–9 лет (3 мальчика и 4 девочки).

Для оценки состояния осанки, функциональности позвоночника и мышечного корсета использовались следующие тесты:

1. Тест Matthiassh – распознавание степени нарушения осанки [3].

2. Статическая силовая выносливость мышц спины [7].

3. Динамическая силовая выносливость мышц брюшного пресса [7].

4. Статическая силовая выносливость мышц правой и левой боковых сторон туловища [8].

5. Проба Томайера [4].

Для оценки состояния осанки юных фигуристов в исследовании были использованы методы математической статистики.

Анализ результатов исследования представлен в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Название теста	Показатели в норме	Исходные показатели M±m
1	Тест Matthiassh (с)	– Удержание осанки более 30 с – нормальная, здоровая осанка. – 10–29 с – ослабленная осанка. – Менее 10 с – утрата нормальной осанки, нарушения осанки.	7,8±0,88
2	Статическая силовая выносливость мышц спины (с)	– 60 с – Отлично. – 45–59 с – Хорошо. – 30–44 с – Удовлетворительно. – Менее 30 с – Неудовлетворительно.	29±0,9
3	Динамическая силовая выносливость мышц брюшного пресса (количество раз)	– Более 30 раз – Отлично. – 24–29 раз – Хорошо. – 18–23 раз – Удовлетворительно. – Менее 23 раз – Неудовлетворительно.	22±1,2
4	Статическая силовая выносливость мышц правой и левой боковых сторон туловища (с)	– 60 с – Отлично. – 45–59 с – Хорошо. – 30–44 с – Удовлетворительно. – Менее 30 с – Неудовлетворительно.	23,5±0,76
5	Проба Томайера (см)	– Менее 0 см – выше нормы. – 0–10 см – норма. – Более 10 см – ниже нормы.	8,7±0,55

Из таблицы 1 следует, что большинство среднегрупповых показателей неудовлетворительные и низкие.

В тесте Matthiassh среднегрупповые показатели равны 7,8 – это говорит нам о том, что у юных фигуристов имеются нарушения осанки.

В тесте статическая силовая выносливость мышц спины показатели экспериментальной группы равны 29, что сообщает о неудовлетворительных результатах.

В тесте динамическая силовая выносливость мышц брюшного пресса показатели равны 22 – неудовлетворительно.

В тестировании статическая силовая выносливость мышц правой и левой боковых сторон туловищ среднегрупповой показатель равен 23,5, что говорит нам о неудовлетворительном результате.

В пробе Томайера показатель равен 8,7 – ниже нормы.

Выводы:

Обследование состояния осанки, функциональности позвоночника и мышечного корсета показало наличие нарушений осанки у всех испытуемых.

Выявлена недостаточная силовая выносливость мышц спины, брюшного пресса, правой и левой боковых сторон у юных фигуристов 7–9 лет, а также низкая подвижность позвоночного столба.

Необходимо дифференцированно подойти к корректирующим занятиям с юными фигуристами 7–9 лет, применяя специализированные упражнения на подвижность позвоночника, укрепление мышечного корсета.

Дальнейшее исследование данной проблемы будет построено на основе формирующего и контрольного эксперимента с этой же группой испытуемых.

Ссылки на источники

1. Бардамов Г. Б. Совершенствование индивидуального комбинационного стиля ведения поединков борцов // Научно-теоретический журнал «Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. 2008. 2(36). С. 22–24.

2. Есаков С. А. Возрастная анатомия и физиология : курс лекций. Ижевск : УдГУ, 2010. С. 21–22.

3. Закиров В. Р., Шарова Л. В. Особенности коррекции саггитальных нарушений осанки подростков 12–15 лет в процессе занятий самбо. Пермь, 2018. С. 21–22.

4. Князева Л. И., Князева Л. А., Горяйнов И. И. Внутренние болезни : учеб. для студ. мед. вузов. Издание четвертое, доп. и перераб. Курск, 2013. С. 91.

5. Мишина А. Н. Фигурное катание на коньках : учеб. для ин-тов физ. культуры / под общ. ред. А. Н. Мишина. М. : Физкультура и спорт, 1985. С. 15–24.

6. Мишина А. Н. Фигурное катание на коньках : учеб. для ин-тов физ. культуры / под общ. ред. проф. А. Н. Мишина. М. : ФиС, 2011. С. 88.

7. Скиндер Л. А. Физическая реабилитация детей с нарушениями осанки и сколиозом : учеб.-метод. пособие. Брест : Брест. гос. ун-т имени А. С. Пушкина, 2012. С. 57–65.

8. Саматова Ю. В. Исследование коррекционной методики при сколиозе у детей младшего школьного возраста. Тольятти, 2020. С. 28–29.

9. Сергеева Д. Д., Зимина А. С., Абрамова М. А. Особенности физического развития и координационных способностей детей, занимающихся фигурным катанием // Материалы МСНК «Студенческий научный форум 2023». 2021. № 7. С. 45–47.

10. Федулова Д. В., Бердюгин К. А. Коррекция и профилактика нарушений осанки у детей : учеб.-метод. пособие. Екатеринбург, 2022. С. 55–56.

Антибиотикорезистентность актиномицетов из техногенных почв

Дормидонтова Софья Михайловна[a], студент
Широких Ирина Геннадьевна[a], доктор биологических наук, профессор,
главный научный сотрудник
Вятский государственный университет[a, b], Киров
ФАНЦ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого[b], Киров

Аннотация: актуальность работы обусловлена проблемой распространения антибиотикорезистентности к патогенным микроорганизмам в окружающей среде. В работе проведён анализ структуры комплексов актиномицетов в образцах техносолей, отобранных на месте ликвидированного хранилища жидких отходов. Определена резистентность изолятов стрептомицетов к антибиотикам разных классов и механизмов действия при помощи диско-диффузного метода. Структура стрептомицетного комплекса и антибиотикорезистентность изолятов зависела от механического состава, содержания органического вещества и подвижных форм азота в формирующихся почвах. Полученные результаты представляют интерес в связи с прогнозом влияния техногенных загрязнений и нарушений почвенного покрова на формирование почвенного антибиотического резистома.

Ключевые слова: техносоли, загрязнение почвы, стрептомицеты, антибиотики, резистентность.

Введение. Известно, что загрязнение тяжёлыми металлами (ТМ) повышает устойчивость к антибиотикам. Так, примером может являться воздействие Cu , приводящее к облегчению конъюгативного процесса переноса плазмиды RP4 [1]. Наряду с ТМ аналогичное действие оказывают и загрязнения, содержащие азот. Так бактерии, подвергавшиеся воздействию четвертичных аммониевых соединений, имели более высокую устойчивость к воздействию антибиотиков, за счёт получения интегронов 1 класса [2].

Цель данной работы – определение антибиотикоустойчивости актиномицетов из техносолей, формирующихся на месте бывшего хранилища жидких отходов химического производства.

Задачи были поставлены следующие: определить видовой состав стрептомицетов в техногенных почвах, отобрать и изучить влияние антибиотиков на изоляты актиномицетов из данных почв.

Методы исследования. Образцы техносолей (с глубины 0 – 5 см) были любезно предоставлены профессором Л. В. Кондаковой (ВятГУ) и отбирались с территории, расположенной в пойме реки Вятки, на месте одного из ликвидированных в 2012 г. хранилищ жидких отходов химического предприятия. Об-

разцы отличались по механическому составу: техносоль 1 представлена супесью (песок с примесью гальки), $C_{орг.}$ 0,8%, низкое содержание подвижных форм азота; техносоль 4 – гипсовой коркой, 1,6%, высокое содержание подвижных форм азота.

Для определения видовой структуры комплекса стрептомицетов из каждого образца почвы отбирали по 3 навески (по 1,0 г), прогревали при 70 °С в течение 4 ч для ограничения роста немицелиальных бактерий. Из каждой обработанной навески готовили почвенную суспензию в соотношении 1:100, после чего подвергали разведению до 10^{-3} и высевали поверхностно по 0,1 мл на казеин-глицериновый агар (КГА) в трёх повторностях.

Культивировали посевы 14 суток при 28 °С. Учитывали общую численность прокариот и мицелиальных бактерий, дифференцировали актиномицетный комплекс по составу представителей цветовых секций и серий рода *Streptomyces,* согласно определителю Гаузе [3]. Из каждого образца отбирали по 9 изолятов различных морфотипов, выделяли в чистую культуру и хранили в пробирках с косым овсяным агаром.

Изучение устойчивости изолятов к антибиотикам проводили на среде Гаузе 1 диско-диффузным методом [4]. Использовали антибиотики в следующих концентрациях: 20 мкг амоксициллин (АКЦ); 30 мкг налидиксовая кислота (НК); 1,25/23,75 мкг триметоприм/сульфаметоксазол (ТС); 30 мкг тетрациклин (ТЕТ); 5 мкг рифампицин (РИФ); 300 ЕД полимиксин (ПМ); 15 мкг азитромицин (АРН), 30 мкг цефтриаксон (ЦРО). Фиксировали величину диаметров зон ингибирования роста изолятов каждым антибиотиком.

Результаты исследования, их обсуждение

Доля актиномицетов в прокариотном комплексе техносолей (26,7 и 49,8%), значительно превышала долю (10%) в почве-аналоге, отобранной на особо охраняемой территории (ГПЗ «Нургуш»), находящейся также в пойме р. Вятки, ниже по течению (10%) [5] (табл.).

Таблица

Структура комплекса актиномицетов на КГА в техносолях 1 и 4

Показатели	Общая численность		Доля актиномицетов в прокариотическом комплексе, %	Доля видов секций,%					
	Прокариот, 10^3 КОЕ/г	Актиномицетов, 10^3 КОЕ/г		Helvo-lo-Flavus	Roseus	Azureus	Cinereus	Albus	Imperfectus
Супесь									
Среднее	1743,3 ± 462	466,7 ± 158,2	26,68	0	1,5	1,6	8,99	21,4	53,4
Минимум	1210	330	21,5	0	0	0	6,97	15,2	42,2
Максимум	2020	640	31,68	0	3	4,7	11	28	66,7
Гипсовая корка									
Среднее	1127,7 ± 511	553,3 ± 238	49,8	1,97	1,3	4,9	4,6	29,4	36,2
Минимум	630	340	46,3	1	0	2	0	12	33,3
Максимум	1650	810	54	2,9	9,8	9,8	9,8	41	40

По общей численности актиномицетов техносоли (4,7–5,5×10^5 КОЕ/г) тоже существенно превосходили почву ООПТ (1501 ± 354 КОЕ/г) [5]. При сопоставлении вновь формирующихся почв между собой, отметим, что образец с четвёртой площадки (гипсовая корка), уступает пробе, взятой из супеси, по общей численности прокариот, но превосходит по количеству и доле актиномицетов. Также можно отметить большее разнообразие видовых секций в образце из гипсовой корки. В обоих образцах преобладали представители секций Albus (21,4 и 29,4%) и Imperfectus (53,37 и 36,2 %). В образце супеси полностью отсутствовали виды из секции Helvolo-Flavus. По встречаемости видов отдельных секций почва с четвёртой площадки уступает супеси лишь по секции Cinereus (рис. 1).

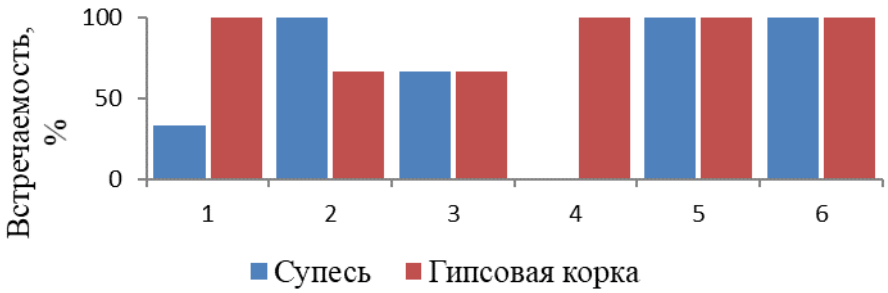


Рисунок 1. Встречаемость представителей цветовых секций: 1 – Azureus, 2 – Cinereus, 3 – Roseus, 4 – Helvolo-flavus, 5 – Albus, 6 – Imperfectus

Проверка антибиотикорезистентности изолятов из техногенных почв показала, что они характеризуются в сравнении с почвой «Нургуша» [5], отсутствием полирезистентных штаммов (рис. 2).

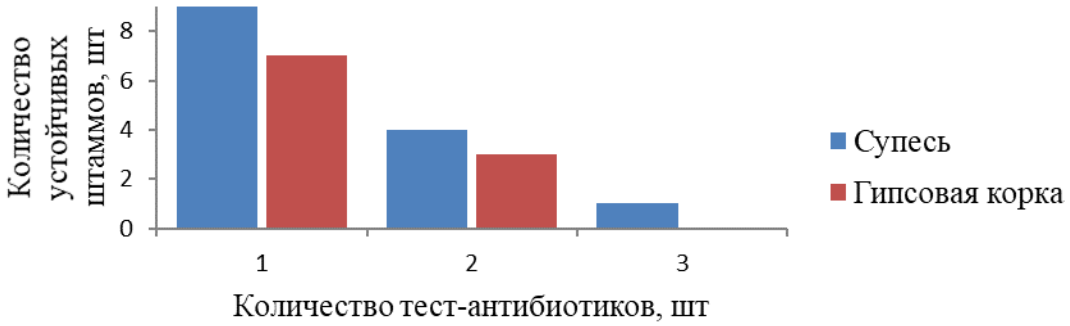


Рисунок 2. Распространение полирезистентности в выборках стрептомицетов из техногенных почв, формирующихся на месте ликвидированного хранилища жидких отходов

Наиболее устойчивыми изолятами из техногенных почв оказались полученные из супеси (площадка 1) (рис. 3). Они имели устойчивость к большему числу антибиотиков, чем изоляты из гипсовой корки.

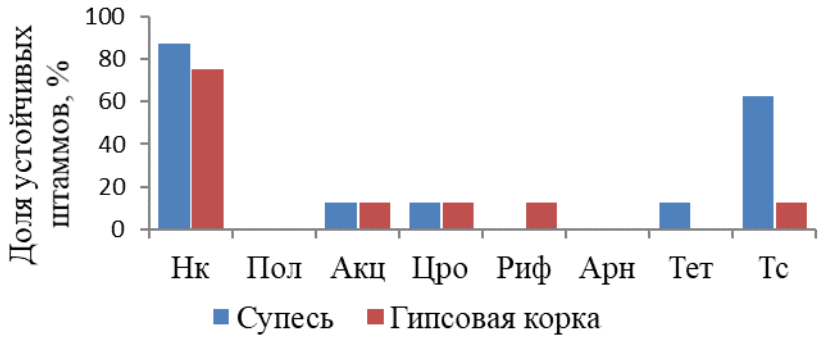


Рисунок 3. Доля штаммов актиномицетов, устойчивых к антибиотикам, в образцах техносолей

Наибольшей устойчивостью изоляты из техносолей (75-87,5%), как и из почвы ГПЗ «Нургуш» (100%) [5] отличались в отношении НК (7 устойчивых штаммов из образца 1 и 6 штаммов из образца 4). В то же время, не выявлено изолятов с устойчивостью к ПОЛ и АРН. Устойчивость к ТС у изолятов из супеси существенно превосходила резистентность изолятов из гипсовой корки.

Выводы

Анализ структуры актиномицетных комплексов в образцах техносолей, отобранных на месте ликвидированного хранилища жидких отходов химического предприятия, выявил что в образце 1 (супесь), количество актиномицетов и их доля в прокариотном комплексе были ниже, чем в образце 4 (гипсовая корка). Но при этом среди изолятов из супеси чаще встречались устойчивые к антибиотикам формы. Структура стрептомицетного комплекса и антибиотикорезистентность изолятов зависела от механического состава, содержания органического вещества и подвижных форм азота в формирующихся почвах. Выявлена связь между влиянием техногенных загрязнений и нарушений почвенного покрова с формированием почвенного антибиотического резистома.

Библиографический список

1. Влияние полютантов на распространение генов устойчивости к антибиотикам в окружающей среде / Т. Н. Ажогина, С. Г. Скугорева, А. А. К. Аль-Раммахи [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 3. С. 6–14.

2. Incidence of class 1 integrons in a quaternary ammonium compound-polluted environment / W. H. Gaze, N. Abdouslan, P. M. Hawkey, E. M. H. Wellington // Antimicrobial agents and Chemotherapy. 2005. Vol. 49. № 5.

3. *Гаузе Г. Ф., Преображенская Т. П.* Определитель актиномицетов. Роды *Streptomyces, Streptoverticillium, Chainia*. М. : Наука, 1983. 246 с.

4. МУК 4.2.1890-04. Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам : метод. указания. М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 91 с.

5. Антагонизм и резистентность к антибиотикам актиномицетов из почв трёх особо охраняемых природных территорий / И. Г. Широких, А. А. Широких // Почвоведение. 2019. № 10. С. 1203–1210.

Исследование возможности формования и упрочнения сорбционных материалов на базе лигнина

Земцова Екатерина Анатольевна[a], кандидат химических наук, доцент
Мусихина Татьяна Анатольевна[b], кандидат географических наук, доцент, заведующая кафедрой
Корякин Павел Андреевич[c], студент
Вятский государственный университет[a, b, c], Киров,

Аннотация: среди широкого разнообразия методов очистки сточных вод от загрязнителей различной природы по-прежнему достаточно высокой эффективности удается достигнуть за счет использования сорбционных материалов. Независимо от природы сорбентов их использование ограничивается избирательностью действия, возможностями регенерации и последующей утилизации. По этой причине сорбенты на растительной основе можно отнести к наиболее перспективным материалам, особенно в условиях получения их из отходов производств. В данной работе рассмотрены вопросы повышения эффективности и применения сорбционных материалов на основе лигнина для очистки сточных вод. Проведено изучение сорбционных свойств полученного упрочнённого сорбента на основе лигнина, а также проведена оценка его эффективности в процессе очистки сточных вод.

Ключевые слова: лигнин, лигносульфонат, адсорбент, сточная вода, формование, упрочнение.

Введение. Использование вторичного сырья в условиях ограниченного количества ископаемых и вырабатываемых ресурсов – важное направление в современной промышленности. Лигнин-целлюлозные отходы переработки растительного сырья относятся к наиболее массовым источникам поступления в окружающую среду органических веществ.

Лигнин (Л) – один из трех основных компонентов сосудистых растений. Это аморфный трехмерный полимер, состоящий, преимущественно, из метоксилированных фенилпропановых структур. Установлено, что лигнин в клеточной ткани растений выполняет функцию связывания и упрочнения лигноцеллюлозной матрицы, заполняя пространство между основными полисахаридами [1, с. 6; 2, с. 252].

Величины молекулярной массы Л очень разнообразны и в зависимости от метода его выделения из лигноцеллюлозной биомассы изменяются в пределах 500 – 50000 Да [2]. Л практически не растворим в водных растворителях, за исключением лигносульфанатов (ЛС) и модифицированных Л с гидрофильными кислотными группами [3, с. 412].

При химической переработке древесины в промышленных условиях в качестве побочных продуктов получают так называемые технические Л. К ним относятся щелочные лигнины (ЩЛ): сульфатный (тиолигнин) и натронный. ЩЛ выделяют из отработанных варочных растворов в ходе обрабатки их углекислотой или другими более сильными кислотами.

В ходе сульфитных варок Л сульфируется и переходит в варочный раствор в виде солей лигносульфоновых кислот – лигносульфонатов (ЛС). Могут быть выделены из раствора обработкой солями, кислотами, органическими растворителями и различными ароматическими азотсодержащими соединениями. В промышленности получали распространение безреагентные методы выделения с использованием мембран.

Гидролизный лигнин ГЛ получают в качестве остатка от гидролиза растительного сырья. Поэтому он неоднороден по размеру частиц и химическому составу [3]. ГЛ обладает пористой структурой (радиус пор достигает от 30 до 200 Å), имеет небольшую объемную массу в сухом состоянии, которая достигает 190–220 кг/см^3 [4]. При этом, химическая переработка ГЛ осложняется сильной конденсацией Л в условиях гидролиза. Поэтому обработку ГЛ ограничивают его модифицированием с получением различных продуктов (наполнители, регуляторы вязкости, дубители, удобрения, комплексоны, сорбенты, в том числе медицинского назначения, и др.) [5]. При этом масштабы использования таких материалов до сих по не превышает 20 % [2].

Лигнин, являясь одним из основных компонентов растительного сырья, обладает высоким потенциалом в качестве сырья для производства сорбентов. Стоит отметить некоторую ограниченность его использованию, ввиду сложности постсорбционной утилизации и особенностями его технической эксплуатации в качестве сорбента для очистки сточных вод.

Таким образом, целью данной работы являлось изучение различных подходов к формованию и упрочнению сорбционных материалов на базе лигниносодержащих отходов с оценкой их сорбционных свойств.

Методы исследования. Для формования и упрочнения сорбционных материалов на основе лигнинсодержащих отходов были использованы методы

механического формования и формования в присутствии связующих веществ. В ходе формования создавались сферические гранулы, диаметр которых не превышал 0,5 см. Состав исследуемых смесей приведен в таблице 1.

Таблица 1

Состав образцов

№ образца	Содержание компонента							Условия формования
	Цемент, г	ГЛ, г	ЛС, г	ПВА, г	Зола, г	Пектин, г	Глина, г	
1	2,3	6,3	–	–	–	1,4	2	120 °С, 30 мин
2	1,2	3	–	2,4	–	–		140 °С, 30 мин
3	6,5	20	–	–	–	–	2	160 °С, 30 мин
4	1,4	4	4	1,6	1,5	–		100 °С, 30 мин
5	2	5	–	–	1,6	–	1,5	160 °С, 30 мин
6	–	3,2	1,9	–	–	–	2	140 °С, 30 мин
7	2,1	7	2	2,6	–	–		100 °С, 30 мин
8	–	4	2	–	–	2		100 °С, 30 мин
9	–	5,6	4,6	3,4	–	–		120 °С, 30 мин

Формованные и упроченные сорбционные материалы (ФУСМ) переносились в коническую колбу со 100 мл дистиллированной воды и помещались на встряхиватель. После 30 минутной экспозиции образцы изымались и отправлялись на сушку при температуре 105 °С.

Сорбционные свойства ФУСМ оценивались в статических условиях по способности поглощения ионов железа из модельной сточной воды (МСВ) с концентрацией $Fe_{общ}$=0,85 г/дм^3. Для этого 1 г ФУСМ помещался в плоскодонную колбу емкостью 250 мл и заливался 100 мл МСВ. Изменение концентрации ионов железа определялось фотометрическим методом согласно ПНД Ф 14.1:2:4.50-96. Для определения условий насыщения ФУСМ осуществлялось измерение изменения концентрации ионов железа каждые 10 минут от начала эксперимента. Сорбционная емкость ФУСМ рассчитывалась по следующей формуле:

$$A_n = \frac{(C_{исх} - C_n) * V_{МСВ}}{m}, \text{ мг/г}$$

где $C_{исх}$ – исходная концентрация $Fe_{общ}$ в МСВ, мг/л

C_n – остаточная концентрация $Fe_{общ}$ в МСВ, мг/л;

$V_{МСВ}$ – объем МСВ, л;

m – масса сорбента, взятого на анализ (г).

Результаты исследований, их обсуждение. В ходе определения возможности получения упрочненных сорбционных материалов на основе лигнинсодержащих отходов были получены следующие результаты: образцы под номера 3, 9, 5, 8 разрушились сразу после формования, образцы 7,4 разрушились после встряхивателя, образцы 2 и 6 разрушились после нахождения в сушильном шкафу. Образец под номером 1 прошёл проверку на прочность.

Исследование сорбционных свойств осуществлюсь на образце № 1. Было установлено, что максимальная эффективность очистки МСВ была достигнута через 90 мин после начала эксперимента и составила 77 %. На рисунке 1 показано изменение сорбционной емкости ФУСМ от времени контакта с МСВ.

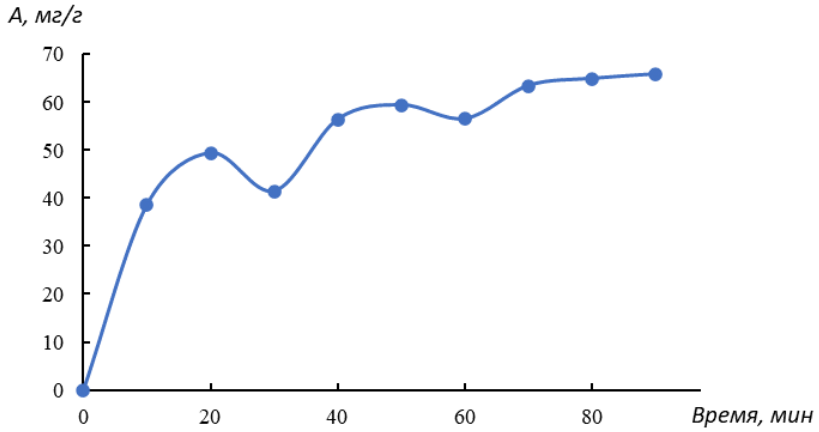


Рисунок 1 – Изменение сорбционной емкости от времени поглощения

Из представленного рисунка видно, что степень поглощения металла неравномерна. Это, вероятно, может быть связано с неоднородностью структуры и сорбционных центров ФУСМ, а также возможными диффузионными затруднениями.

Выводы. В ходе исследования было установлено, что сорбционная емкость формованных и упрочненных сорбционных материалов по отношению к ионам железа не превышает 70 мг/г. При этом максимальная эффективность поглощения составляет 77%. Таким образом, можно сделать вывод, что приведенный способ формование и упрочнение сорбционного материала не ухудшает эффективность поглощения металла и может быть рекомендован для получения технически значимого сорбента.

Библиографический список

1. Боголицын К. Г., Лунин В. В. Физическая химия лигнина. М. : Академкнига, 2010. 489 с.

2. Лигнин – возобновляемый ресурс углеводородных продуктов и энергоносителей / О. В. Арапова, А. В. Чистяков, М. В. Цодиков // Нефтехимия. 2020. Т. 60. № 3. С. 251–269. URL: https://sciencejournals.ru/view-article/?j=neftkhim&y=2020&v=60&n=3&a=NeftKhim2003004Arapova (дата обращения 03.04.2024).

3. Азаров В. И., Буров А. В., Оболенская А. В. Химия древесины и синтетических полимерных материалов : учеб. для вузов. СПб. : СПбЛТА, 1999. 628 с.

4. Лигнины как компонент полимерных композиционных материалов / Е. Б. Любешкина // Успехи химии. 1983. Т. LII. Вып. 7. С. 1196–1224.

5. Смирнова И. А., Демьянцева Е. Ю. Переработка и применение полимеров. Лигнины: получение. Свойства. Переработка : учеб. пособие. СПб. : ВШТЭ СПбГУПТД, 2021. 98 с. URL: https://nizrp.narod.ru/metod/kaffizikollchem/1617725738.pdf?ysclid=lv3776jm4n757896356 (дата обращения 15.02.2024).

Клеточная культура люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) – перспективный ингредиент косметических средств и функциональных продуктов питания

Коновалова Ирина Александровна[a], кандидат биологических наук, младший научный сотрудник
Алалыкин Александр Алексеевич[b], кандидат химических наук, доцент
Душина Елена Эдуардовна[c], аспирант, младший научный сотрудник
Скоробогатая Мария Николаевна[d], кандидат биологических наук, младший научный сотрудник
Вятский государственный университет[a, b, c, d], Киров

Аннотация: применение растительных клеточных культур как источника биологически активных веществ набирает популярность: их используют в производстве фармацевтических препаратов, пищевых добавок и косметических ингредиентов. Такой биотехнологический подход позволяет оптимизировать условия синтеза целевых метаболитов и устранить временные рамки получения сырья. В связи с тем что биологической активностью обладают многие аминокислоты, цель настоящего исследования – определить содержание аминокислот в клеточном соке каллусной ткани *L. angustifolius* и оценить возможность его использования в производстве косметических средств и функциональных продуктов питания. Методом жидкостной хроматомасс-спектрометрии определено 15 аминокислот. В связи с достаточно высоким содержанием некоторых из них сок каллуса *L. angustifolius* оцениваем как перспективный ингредиент косметических и пищевых продуктов.

Ключевые слова: клеточные культуры, аминокислоты, высокоэффективная жидкостная хроматомасс-спектрометрия, косметические продукты, пищевые добавки.

Введение. Культивирование растительных клеток в контролируемой асептической среде – хорошо известная и широко используемая технология производства биологически активных вторичных метаболитов растительного происхождения для нужд фармации [1, с. 2]. За последнее десятилетие произошел значительный прогресс в разработке технологий культивирования растительных клеток, используемых для производства биологически активных косметических ингредиентов [2] и пищевых добавок [3, с. 1388; 4, с. 69]. Установлена пищевая ценность клеточных культур (каллусных тканей) люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.), полученных в лабораториях Института биологии и биотехнологии ВятГУ [5, с. 18], однако потенциал культуры как источника активных ингредиентов может быть гораздо шире.

Цель настоящего исследования – определить содержание аминокислот (АК) в клеточном соке каллусной ткани *L. angustifolius*, и оценить возможность его использования в производстве косметических средств и функциональных

продуктов питания. В задачи исследования входило получение сока из каллусной ткани *L. angustifolius*, аналитическое определение в нем комплекса аминокислот и, в соответствии с литературными данными, оценка возможности применения сока каллусной ткани люпина узколистного в рецептурах косметических средств и пищевых продуктов.

Методы исследования. Объект исследования – сок каллусной ткани *L. angustifolius*. Культивирование растительной клеточной культуры проводили в термостатах Binder (Германия) при 26°С в темноте в течение 21 суток на питательной среде Мурасиге-Скуга, содержащей витамины (мг/л: В1 – 1.0; В2 – 0.5; В3 – 2.0; В5 – 1.0; В6 – 1.0; В7 – 1.0; В9 – 0.5; В12 – 0.0015) и фитогормоны (нафтилуксусную кислоту – 1,0 мг/л; кинетин – 0,1 мг/л). Каллус характеризуем как гомогенный белого цвета, рыхлый, умеренно обводненный с удельной скоростью роста 0,99±0,25 сут-1. С целью сохранения его замораживали. Сок получали из размороженного каллуса путем отжима через марлевый фильтр.

Для определения содержания АК использовали метод высокоэффективной жидкостной хроматомасс-спектрометрии (ВЭЖХ-МС/МС). Он позволяет проводить анализ АК без предварительной дериватизации компонентов, непосредственно в неочищенных экстрактах.

Для определения содержания АК клеточный сок каллусной ткани фильтровали через шприцевой полиамидный фильтр «Chromafil Xtra PA-20/25» с диаметром пор 0,2 мкм для последующего анализа. Исследования проводили на тандемном жидкостном хроматомасс-спектрометре LCMS-8040 («Шимадзу», Япония) с хроматографической колонкой «Dr. Maisch Reprosil-Pur Basic C18» 100× 2 мм×3 мкм и ионным источником типа «электроспрей». Ионизирующее напряжение 3,5 кВ. Коллизионный газ – аргон. Энергия коллизии 35 эВ. Температура интерфейса 400°С. Температура линии десольватации 250°С. Расход газа-распылителя (азот) 3 л/мин. Расход газа-осушителя (азот) 15 л/мин. Дозируемый объем пробы 3 мкл. Состав подвижной фазы: фаза А – 0,1 %-й водный раствор муравьиной кислоты, фаза Б – ацетонитрил. Расход подвижной фазы 0,25 мл/мин. Режим элюирования: фаза Б – 0 % до 8 мин, 0 % – 45 % с 8 до 10 мин, 45 % с 10 до 12 мин. Режим сбора данных MRM по заданным переходам m/z.

Последующую обработку данных осуществляли с помощью программного обеспечения LabSolutions LCMS 5.86. Количественное определение АК осуществляли по методу внешнего стандарта с калибровкой прибора по стандартной смеси АК.

Результаты исследований, их обсуждение. Методом ВЭЖХ-МС/МС в соке каллуса выявили 15 АК; лейцин и цистин не были обнаружены (табл.).

Таблица

Содержание аминокислот в соке каллусной ткани *L. angustifolius*

Номер пика	Аминокислота	Площадь пика	Время удерживания, мин.	Переход m/z	Содержание, мкг/мл
1	Аланин	184531	1,08	90,10>44,10	0,883
2	Аргинин	91587	0,80	175,10>70,10	0,066
3	Аспарагиновая кислота	28838	1,19	134,10>73,95	0,351
4	Глутаминовая кислота	161657	1,08	148,10>84,10	0,828
5	Глицин	7193	1,07	75,80>30,10	0,027
6	Гистидин	158203	1,04	156,10>110,10	1,147
7	Изолейцин	2573287	2,19	132,10>86,15	26,884
8	Лизин	722115	1,07	147,00>84,10	0,640
9	Лейцин	–	–	132,10>86,15	–
10	Метионин	1360337	1,68	150,10>56,10	2,730
11	Фенилаланин	3103529	6,54	166,10>120,10	6,483
12	Пролин	3121292	1,22	116,10>70,10	4,577
13	Серин	21289	1,21	106,10>60,20	0,301
14	Треонин	29829	1,07	120,10>74,00	1,212
15	Тирозин	69614	3,43	182,10>136,25	1,501
16	Валин	777320	1,40	118,10>72,05	5,542
17	Цистин	–	–	241,00>151,95	–
Всего:					53,172

Массовая доля большинства АК варьирует в диапазоне 0,027–1,501 мкг/мл, что составляет 0,1–2,8 % от их общего числа. Среди АК с большим содержанием отмечены: метионин (5 %), пролин (8,6 %), валин (10,4 %) и фенилаланин (12 %). Более 50 % (26,884 мкг/мл) от общего содержания АК составляет изолейцин (табл.).

Известно, что изолейцин повышает скорость синтеза белка и снижает скорость его распада в мышцах человека в состоянии покоя [6, с. 265]. Валин также необходим для поддержания нормального обмена в мышцах, его недостаток приводит к потере мышечной массы. Эти АК обладают анаболическим

эффектом: ускоряют образование и обновление структурных частей клеток и тканей. В связи с этим, сок каллусной ткани *L. angustifolius* может использоваться в разработке косметических продуктов, направленных на регенерацию кожи. В пищевой промышленности он представляет интерес при создании пищевых добавок, способствующих восстановлению мышечной массы при заболеваниях, связанных с истощением мышц. Биологически активная добавка на основе сока каллусной ткани *L. angustifolius* также будет полезна для спортсменов благодаря способности изолейцина влиять на обмен белка в скелетных мышцах, снижая скорость протеолиза и увеличивая синтез белка.

Выводы. В составе сока каллусной ткани *L. angustifolius* с использованием метода высокоэффективной жидкостной хромато-масс-спектрометрии определено 15 аминокислот. Более половины общего содержания аминокислот сока каллуса составляет изолейцин, который наряду с валином обладает анаболическим действием и активирует синтез мышечного белка. Благодаря достаточно высокому содержанию и других аминокислот, клеточный сок каллусной ткани *L. angustifolius* может рассматриваться как перспективный ингредиент косметических средств и функциональных продуктов питания.

Библиографический список

1. Davoodi A., Khoshvishkaie E., Azadbakht M. Plant cells technology as an effective biotechnological approach for high scale production of pharmaceutical natural compounds: a meta analysis study // Pharm. Biomed. Rese. 2019. Vol. 5. P. 1–9.

2. Wu T., Kerbler S. M., Fernie A. R., Zhang Y. Plant cell cultures as heterologous bio-factories for secondary metabolite production // Plant Communications. 2021. Vol. 2. Is. 5. P. 100235. URL: https://doi.org/10.1016/j.xplc.2021.100235

3. Kowalczyk T., Wieczfinska J., Skała E. et al. Transgenesis as a tool for the efficient production of selected secondary metabolites from in vitro plant cultures // Plants (Basel). 2020. Vol. 9. P. 132.

3. Che P., Anand A., Wu E., Sander J. D. et al. Developing a flexible, high-efficiency Agrobacterium-mediated sorghum transformation system with broad application // Plant Biotechnol. 2018. Vol. 16. P. 1388–1395.

4. Krasteva G., Georgiev V., Pavlov A. Recent applications of plant cell culture technology in cosmetics and foods // Eng Life Sci. 2021. Vol. 21(3–4). P. 68–76. DOI: 10.1002/elsc.202000078

5. Dushina E., Popov S. et. al. Effect of homogenized callus tissue on the rheological and mechanical properties of 3D-printed food // Gels. 2024. Vol. 10. No. 1. 18 p.

6. Balage M., Dardevet D. Long-term effects of leucine supplementation on body composition // Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care. 2010. Vol. 13. P. 265–270.

Методы химической сорбции белков на поверхности твёрдой фазы

Конышев Илья Владимирович [a], кандидат биологических наук, доцент кафедры БТ
Загоскин Максим Андреевич [b], магистр кафедры микробиологии
Дудина Любовь Геннадьевна[c], кандидат биологических наук, доцент кафедры БТ
Белозеров Владислав Сергеевич [d], младший научный сотрудник
Вятский государственный университет[a, b, c, d], Киров

Аннотация: в статье рассмотрены основные линкеры для химической «сшивки» белков с поверхностью полимерных и минеральных носителей. Несмотря на разнообразие методов активной сорбции, каждый раз исследователь обязан выбирать один – наиболее подходящий для конкретных условий эксперимента. В статье коротко рассмотрены несколько линкеров, обобщены их преимущества и недостатки с учётом особенностей работы в условиях жидкой среды.

Ключевые слова: линкер, белок, сенсибилизация, носитель.

Введение. Белки, иммобилизованные на поверхности носителя, широко используются в биологии для изучения сил межмолекулярных взаимодействий, строения макромолекул и каталитической активности [1]. Носителями белков могут быть металлы (золото, алюминий, титан, цирконий), кремний, кварц, стекло, магнетит и полимеры (полистироловые микросферы). Поскольку на поверхности таких носителей отсутствуют активные функциональные группы, для сорбции белков широко применяются ковалентные линкеры [2]. Подбор метода сопряжён с известными трудностями. Так, ферменты и антитела чрезвычайно чувствительны к изменению pH и присутствию в растворе агрессивных агентов (спиртов, кислот, щелочей и т. д.). Кроме того, при химической обработке не должны возникать побочные связи, влияющие на структуру белка. Целевые связи должны быть стабильны в жидкой среде со значительной ионной силой, а сами реагенты безопасны и недороги.

Краткий обзор базовых линкеров и являлся целью настоящей работы.

Наиболее часто для сорбции белков на поверхности минералов используют: 1-этил-3-(3-диметиламинопропил) карбодиимид (EDC) в сочетании N-гидроксисукцинимидом (NHS), бензохинон, глютаральдегид и некоторые другие реагенты (Таблица 1).

Таблица 1

Основные химические линкеры в молекулярной биологии

Реактив/Метод активации	Тип связи с белком	Стабильность связи	Химическая безопасность
Цианоген бромид	Изомочевинная или имидо-карбонатная	Низкая	Коррозионный агент, токсичен, вреден для окружающей среды
Цианурхлорид	Вторично аминная	Высокая	Коррозионный агент, токсичен
Ацилгалиды	Карбаматная	Высокая	Вызывают раздражение
Тионилхлорид	Амидная или тиоэфирная	Высокая	Коррозионный агент, вызывает раздражение
Глутаральдегид	Вторично аминная	Высокая	Вызывает раздражение
Карбодиимиды (EDC)	Амидная	Высокая	Вызывает раздражение
Дивинилсульфон	Эфирная или тиоэфирная	Средняя	Токсичен, канцероген
Бензохинон	Анилиновая	Высокая	Токсичен, вызывает раздражение
Дисукцинимидил суберат	Амидная	Высокая	Вызывает раздражение
Карбонилдиимидазол	Карбаматная	Средняя	Коррозионный агент, вызывает раздражение

Наиболее надёжными и безопасными линкерами можно считать глутаральдегид, EDC, бензохинон и дисукцинимида суберат. Опишем коротко методы сорбции и химизм соответствующих реакций.

1. Имидный метод. EDC и NHS непосредственно перед использованием смешать в соотношении 1:1. Выдерживать носитель в полученной смеси в течении 5–10 мин. Промыть носитель фосфатным буферным раствором [3].

2. Альдегидный метод. После предварительной часовой обработки носителя 2.5%-ным раствором глутаральдегида последний отмывают ФБР, а затем приливают к нему раствор целевого белка [4]. По истечении 60 минут носитель промывают свежим ФБР.

3. Бенхохиноновый метод. Осторожно смешать раствор 0.01–0.1 М п-бензохинона в 20% этаноле с носителем, инкубировать в течении 1 ч, затем промыть ФБР [5].

4. Субератный метод. Дисукцинимидил суберат растворить в неорганическом растворителе (метаноле или диметилформамиде) и смешать в соотношении 1:10 или 1:5 с носителем. Выдержать в течении 1 ч при постоянном помешивании. Тщательно промыть органическим растворителем [6].

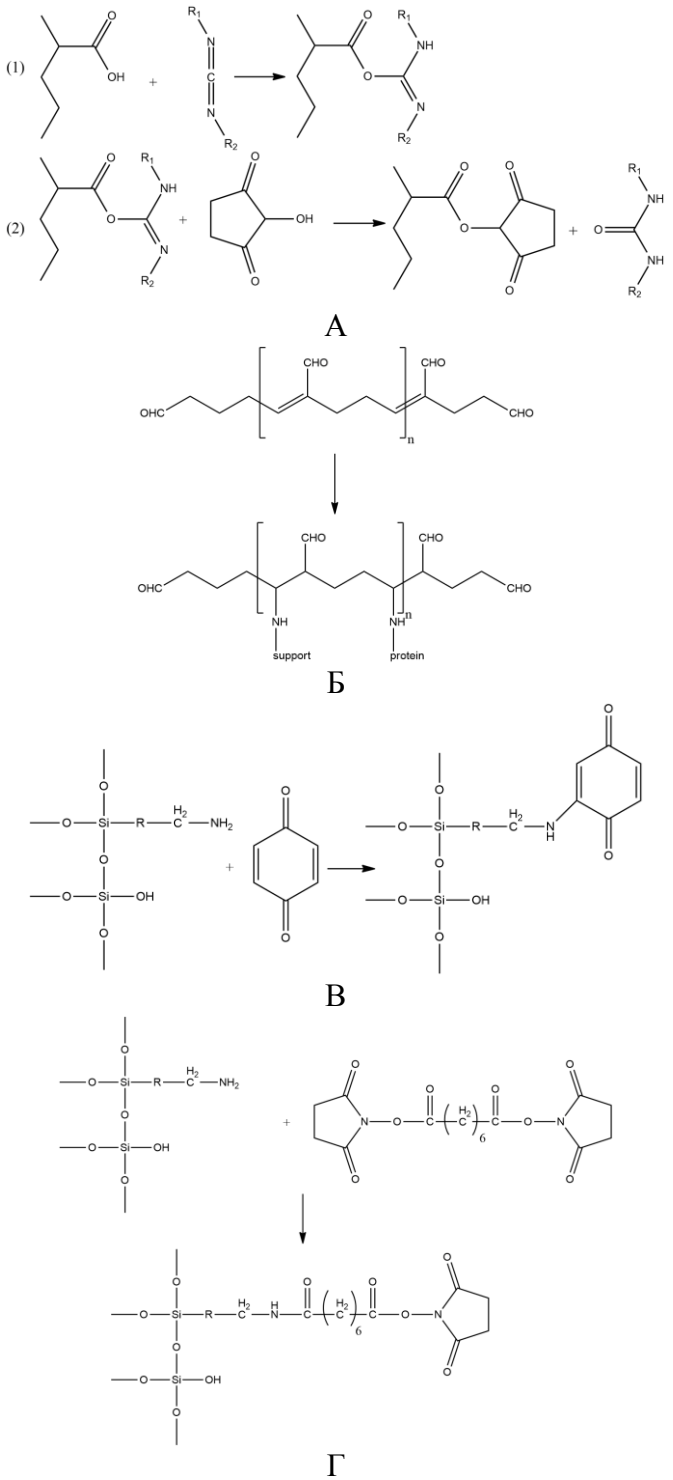


Рисунок 1. Механизмы образования линкеров на основе: EDC/NHS (А), глутаральдегида (Б), бензохинона (В) и дисукцинимидил суберата (Г)

Обсуждение. Из рассмотренных реактивов для химической активации поверхности носителя белковых молекул, наиболее устойчивые связи с белками образуют: цианурхлорид, ацилгалиды, тионилхлорид, глутаральдегид, карбодиимиды, бензохинон и дисукцинимидил суберат. Наиболее безопасными для применения в биологической лаборатории являются глутаральдегид, карбодии-

миды, бензохинон и дисукцинимидил суберат. Использование последнего в биологических исследованиях ограничено необходимостью промывания субстрата токсичными органическими растворителями, следовые количества которых могут изменить структуру белков и повлиять на исход эксперимента.

Вывод. Исходя из вышесказанного, для «сшивки» белков в целесообразно использовать имидный, альдегидный или бензохиноновый методы.

Библиографический список

1. Optical tweezers in single-molecule biophysics / C. J. Bustamante, Y. R. Chemla, Sh. Liu et al. // Nature Reviews Methods Primers. 2021. Vol. 1. No. 1. URL: https://www.nature.com/articles/s43586-021-00021-6 (accessed 12.04.2024).

2. Inorganic materials as supports for covalent enzyme immobilization: methods and mechanisms / Zucca P., Sanjust E. // Molecules. 2014. Vol. 19. No. 9. P. 14139–14194.

3. Thermo Fischer Scientific NHS, sulfo-NHS Instruction. URL: https://alamed.ru/upload/iblock/505/505d2cfe2e080c9c0f504e17e2825c19.pdf (accessed 13.04.2024).

4. Preparation of immobilized proteins covalently coupled through silane coupling agents to inorganic supports / H. H. Weetall // Applied Biochemichal Biotechnology. 1993. No. 41. P. 157–188.

5. Affinity covalent immobilization of glucoamylase onto ρ-benzoquinone activated alginate beads: I. Beads preparation and characterization / M. S. M. Eldin, E. I. Seuror, M. A. Nasr et al. // Applied biochemistry and biotechnology. 2011. Vol. 164. P. 10–22.

6. Development and evaluation of N-hydroxysuccinimide-activated silica for immobilizing human serum albumin in liquid chromatography columns / H. S. Kim, Y. S. Kye, D. S. Hage // Journal of Chromatography A. 2004. Vol. 1049. P. 51–61.

7. Technological development of antibody immobilization for optical immunoassays: progress and prospects / Q. Yu, Q. Wang, B. Li et al. // Critical Reviews in Analytical Chemistry. 2015. Vol. 45. No. 1. P. 6–75.

Влияние большого тенниса на жизнь спортсмена. Основные проблемы при выборе данного вида спорта как основного

Кривоногов Артем Дмитриевич[a], старший преподаватель
Ефимов Егор Олегович[b], студент
Казанский государственный энергетический университет[a, b], Казань

Аннотация: большой теннис как ключевой спорт в современном мире достаточно актуальная тема в науке. В статье рассматриваются основные проблемы, связанные с популяризацией данного вида спорта в России. Также говорится о влиянии этой игры на организм человека. Упомянута небольшая историческая справка о возникновении тенниса и его развитии как вида спорта.

Ключевые слова: обльшой теннис, спорт, спортсмен.

Введение. На сегодняшний день в большом теннисе сохраняется множество правил и требований, основоположниками которых стал «лаун-теннис» начала XIX века. Следует отметить, что видоизменен он был не полностью и с тех пор активно набирал популярность у различных слоев населения. Вскоре, большой теннис внесли в программу Олимпийских игр, в которой данный вид спорта остается и в настоящее время.

Основой большого тенниса является динамичность и подвижность игры, благодаря которой организм спортсмена не только переносит определенные физические нагрузки, но и улучшает кровоснабжение, нервную систему и иммунитет человека. Необходимо заметить, что наряду с данным перечнем, происходит формирование волевых качеств и улучшение гормонального фона, что дает возможность испытать больше положительных эмоций [1].

Цель исследования – выявить определенные закономерности в проблематике данного вида спорта и основных сложностей при овладении дисциплины. Необходимо определить специфику и состояние большого тенниса в России и повсеместно.

Методы исследования. Средства, которые использованы при подготовке данной статьи включают в себя информационные источники информации, логические рассуждения, а также языковые построения при сопоставлении фактов и составлении определенных выводов.

Результаты исследований, их обсуждение. Личностные качества успешных теннисистов обусловлены эмоциональной и психологической устойчиво-

стью при возникновении стрессовых ситуаций. Кроме того, человеку рекомендуется иметь твердый характер и качества экстраверта.

Для воспитания успешного спортсмена необходимо принимать во внимание особенности двигательных и психических возможностей, тем самым выстраивая эффективную систему подготовки к соревнованиям.

Большой теннис полезен, как спорт с аэробными нагрузками, благодаря которым спортсмен менее подвержен сердечно-сосудистым заболеваниям, чем его сверстники. Причиной этому является обогащение тканей организма кислородом. Также, улучшается дыхательная система, поскольку через легкие происходит сам процесс насыщения крови. Улучшение нервной системы основано на подобном принципе. Обогащенные кислородом ткани воздействуют на головной мозг, который, в свою очередь, помогает организму в улучшении настроения и гормонального фона. Обменная система также приходит в норму. Частые тренировки спортсмена останавливают выработку особых липидов, способных спровоцировать атеросклероз [2].

Благодаря особой диете, спортсмен эффективно восполняет свою энергию, потраченную на занятии спортом. По статистике, теннисист за игру может потерять около трех килограмм веса [3]. Поэтому очень важно включать в свой рацион продукты богатые белком и витаминами.

Спортсмену рекомендуется употреблять мясо, печень, морепродукты, мед и фрукты. Особый состав говядины, рыбы, бананов, винограда, фиников и шоколада помогает организму человека дольше усваивать данные продукты, тем самым, передавая большое количество энергии телу. Для увеличения мышечной массы необходимо есть небольшими интервалами. Теннисисты затрачивают огромное количество белков, жиров, углеводов, различных витаминов, минеральных элементов и воды, находясь на корте, поэтому так важно следить за диетой и восстанавливать потраченную энергию [4].

При сравнении спортсменов ФГБОУ ВО «КГЭУ», которые играют в теннис на любительском уровне, мы применили специальный опросник, состоящий из 10 базовых вопросов на основе темы большого тенниса.

По результатам, оказалось, что большинство занимались данным видом спорта и не делали больших успехов только из-за низкого волевого потенциала. Такие люди получали удовольствие от самой игры, а не от результата и достижения определенных побед. Также, у них была занижена готовность к риску, как и у другой группы опрашиваемых.

Во второй группе были показаны обратные результаты, которое характеризовали спортсменов, как людей с высоким уровнем воли, поскольку у них была более выражена амбициозность в развитии своих физических характеристик и в спорте в целом (рис. 1). Преимущественно, в этой группе находились студенты, занимающиеся футболом в различных секциях. В среднем, спортсмены из этой группы более готовы к риску, чем другая группа опрашиваемых. Результат показал 25% среди опрашиваемых у второй группы и 35% среди первой (рис. 2).

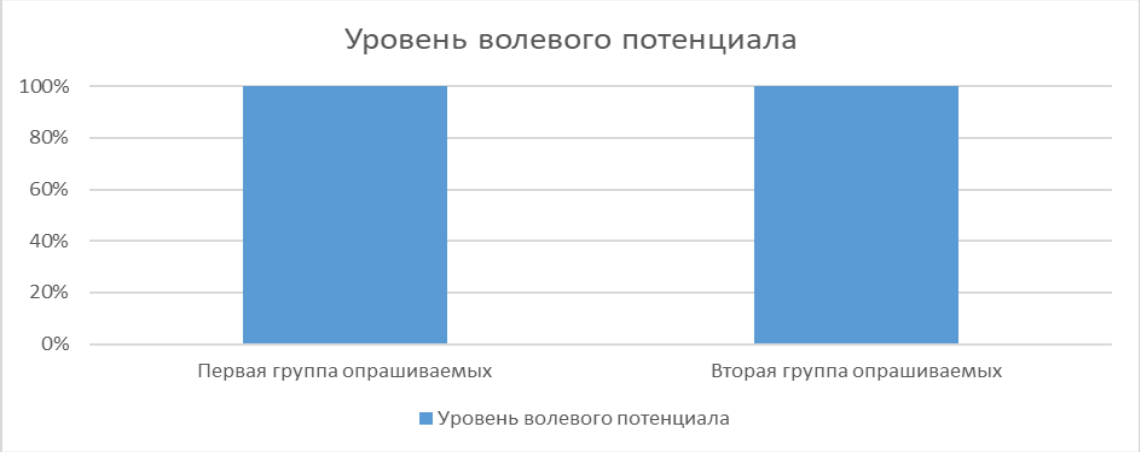


Рисунок 1. Уровень волевого потенциала опрашиваемых групп студентов ФГБОУ ВО «КГЭУ»

Рисунок 2. Уровень опрашиваемых по готовности к риску.

В России развитию большого тенниса мешает достаточно сложный климат. Необходимо проводить тренировки в крытых помещениях на специально оборудованных площадках. Данная проблема затормаживает развитие тенниса в стране, поскольку корты есть, в основном, только в крупных городах. Именно поэтому отсутствие круглогодичного доступа спортсменов к тренировкам усугубляет и без того шаткое положение по популяризации данного вида спорта [5].

Как правило, летом спортсмены не могут тренироваться в полную силу, ведь именно в этот период года проходят различные соревнования по теннису. Для поддержания хорошей физической формы необходимо снижать тренировочные нагрузки для организма.

Однако, ситуация все же улучшается, поскольку все больше людей придерживаются здорового образа жизни, находят время и место для собственных тренировок. Увеличение количества фитнес-залов и спортивных центров ведет за собой возрастающее желание заниматься активной физической деятельностью не только на любительском, но и на профессиональном уровне.

Выводы. Большой теннис – один из самых популярных видов спорта в мире. Существует достаточное количество источников, которое утверждает, что древние греки первыми придумали данную игру: они отбивали мяч палкой или рукой. Однако, в России теннис появился только в начале XIX века, несильно видоизменяясь до нашего времени.

В нашей стране теннис только набирает обороты, поскольку мы выявили ряд проблем, останавливающих популяризацию данного вида спорта. Среди них: отсутствие специализированных площадок для игры и особенности климата.

Для поддержания тела спортсмена в форме требуются не только периодические тренировки, но и специальная диета. Набор продуктов, о которых мы рассказали в этой статье, указывают на потребность спортсмена в недостающей энергии после занятий. Большое количество белков, жиров и углеводов может легко уменьшиться при средней игре.

Тема для исследования является наиболее перспективной, поскольку популяризация тенниса становится не только модной, но и достаточно проблематичной деятельностью для нашей страны.

Библиографический список

1. Нечаев С. В. Теннис как социально-политический и культурный феномен в XX–XXI вв.: историография проблемы // Восьмые байкальские международные социально-гуманитарные чтения : в 2 т. Иркутск : Иркутский государственный университет, 2015. С. 171–180.

2. Абрамов, Р. Н., Воронова Я. И. Профессиональный теннис: субкультура, биография, спортивная индустрия // Журнал социологии и социальной антропологии. 2008. Т. 11. № 2. С. 53–66.

3. Воронов Н. А. Становление и развитие игры в большой теннис // Современные научные исследования и разработки. 2018. № 6 (23). С. 156–160.

4. Прасолов В. И. Теннис в политическом ландшафте России // Теннис – вчера, сегодня, завтра : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Москва, 13–14 октября 2016 года. М. : Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодёжи и туризма (ГЦОЛИФК), 2016. С. 90–92.

5. Кривоногов А. Д. Современные (цифровые) технологии в физической культуре и БЖД // Глобальный научный потенциал. 2023. № 12(153). С. 129-131. EDN LXNHTL.

Влияние условий Севера на функциональное состояние и здоровье подростков

Кузнецова Дарья Александровна[a], старший преподаватель
Беспятых Олег Юрьевич[b], доктор биологических наук,
доцент, заведующий кафедрой
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: вопрос о влиянии условий Севера на организм человека, а тем более детей и подростков остается актуальным. Мы сравнили показатели функционального состояния подростков, проживающих на средних и северных широтах. Результаты показали, что проживание в условиях северных широт не влияет на темпы физического развития и наполненность групп здоровья, но снижает у мальчиков количество эритроцитов и повышает абсолютное содержание лимфоцитов у девочек и мальчиков. Установили, что проживание в условиях северных широт способствует усилению иммунного надзора у подростков и не оказывает влияние на остальные физиологические процессы.

Ключевые слова: Европейский Север, средние широты, техногенное загрязнение, подростки.

Введение. Освоение Севера началось еще в прошлом столетии и продолжается до настоящего времени [1]. Поэтому изучение процесса адаптации человека к проживанию в условиях высоких широт и по сей день остается актуальным. Общеизвестно, что климатические условия северных широт являются суровыми и состоят из нетипичной световой среды (полярные и белые ночи), низкие температуры, сильные ветра, увеличенный электромагнитный фон, большее количество осадок и пр. Все это не может сказаться на организме человека [1], особенно детей и подростков.

Целью нашей работы было оценить влияние факторов северных широт на организм 14-летних подростков.

Методы исследования. Нами были изучены данные физического развития, уровня здоровья и гематологические показатели 14-летних подростков, полученных во время проведения обязательной диспансеризации. Всего было обследовано 213 подростков, из которых 163 проживали на территории средних широт (г. Яранск, Кировская область) и 50 – на территории северных широт (п. Седью, Республика Коми).

Чтобы исключить влияние техногенного загрязнения, в обоих населенных пунктах были проанализированные данные по загрязнению атмосферного воздуха, а чтобы подтвердить принадлежность населенных пунктов к разным кли-

матическим зонам, мы сравнили территории по 16 климато-географическим показателям.

Результаты подверглись статистическому анализу. Распределение всех показателей было нормальным (по критерию Шапиро-Уилка), в связи с чем результаты исследования выразили в виде средней арифметической и ее ошибки [2]. Различия количественных показателей оценивали по t-критерию Стьюдента, а качественных показателей – по Хи-квадрат. Во всех случаях их считали статистически значимыми при $p<0,05$ [2].

Результаты исследований, их обсуждение. Выявлено, что концентрация основных загрязняющих веществ находится значительно ниже ПДК в обоих населенных пунктах, что позволяет говорить о том, что п. Седью и г. Яранск можно рассматривать как «чистые» территории.

Так же нами выявлено, что п. Седью отличается от г. Яранска по 9 климато-географическим показателям (табл. 1), что свидетельствует о том, что данные территории принадлежат к разным климатическим зонам.

Таблица 1

Основные климато-географические показатели (M±m) местоположения населенных пунктов

№ п/п	Климатогеографические показатели	Северные широты (п. Седью)	Средние широты (г. Яранск)
1	Широтность	63°33'00"с.ш.	57°18'11"с.ш.
2	Тип климата	Умеренно-континентальный	Умеренно-континентальный
3	Тип природной зоны	тайга	тайга
4	Среднегодовая температура, °С	−1,1±0,01	+2,2±0,03
5	Среднемесячная температура летних месяцев, °С	+13,5±0,71	+19,1±0,6
6	Среднемесячная температура зимних месяцев, °С	−15,7±0,3	−10,8±0,4
7	Среднее многолетнее количество осадков, мм	700,2±30,4	600,10±18,4
8	Среднее число дней со снежным покровом, дней	190,5±3,5	162,3±4,2
9	Глубина промерзания почвы, м	2,0±0,02	0,9±0,01
10	Многолетняя мерзлота	отсутствует	отсутствует
11	Средняя скорость ветра, м/с	4,1±0,01	3,8±0,01
12	Среднее атмосферное давление, м.рт.ст	748,0±0,06	747,0±0,03
13 14	Преобладающее направление ветра: – в январе, – в июле	 юго-западное северное	 южное северное
15 16	Продолжительность светового дня: – в январе, дн – в июле, дн	 336,5±0,4 1167,4±0,5	 440,06±0,3 1140,5±0,3

В итоге мы получили, что п. Седью является населенным пунктом, расположенным на территории северных широт, а г. Яранск – на средних широтах и имеют присущие этим широтам наборы факторов.

Для оценки влияния Севера на 14-летних подростков мы исследовали данные их физического развития (табл. 2).

Таблица 2

Показатели (M±m) физического развития 14-летних девочек и мальчиков, проживающих на разных широтах

Показатель	Северные широты		Средние широты	
	Д (n=25)	М (n=25)	Д (n=80)	М(n=83)
Длина тела, см	165,31±1,86	166,07±3,77	162,48±0,78	165,84±1,05#
Масса тела, кг	48,88±3,13	63,03±4,50#	52,99±1,30	53,75±1,28
Массо-ростовой индекс, г/см	294,82±16,68	378,97±24,71#	325,21±7,10	322,24±6,29
Индекс Кетле , кг /м^2	17,80±0,90	22,87±1,56#	19,99±0,40	19,38±0,32
Индекс Рорера, кг/м^3	10,76±0,50	13,86±1,90#	12,32±0,25	11,70±0,18#
САД, мм.рт.ст.	112,50±2,34	112,86±5,24	113,14±1,22	115,13±1,29
ДАД, мм.рт.ст.	70,63±1,63	70,00±2,02	70,44±0,84	70,40±0,84
Пульсовое давление, мм.рт.ст.	41,88±2,79	42,86±4,39	42,70±0,98	44,73±1,03
Среднее артериальное давление, мм.рт.ст.	126,46±3,18	127,14±6,61	127,37±1,47	130,04±1,56#

Примечание: Д – девочки, М – мальчики; # – различия с девочками статистически значимы ($p<0,05$) по критерию Стьюдента.

Сравнив показатели физического развития девочек, проживающих на Севере с показателями подростков, проживающих на средних широтах, мы не выявили достоверных различий. Таким образом, можно заключить, что проживание в условиях Севера не влияет на показатели физического развития подростков 14 лет.

Полученные нами показатели сопоставимы с показателями физического развития 14–15-летних подростков, проживающих в аналогичных условиях по данным Ю. Г. Солонина и соавт. [1]. Наш вывод о не влиянии условий Севера на физическое развитие подростков не соответствует данным литературы. Так по данным авторов [3] у подростков, проживающих на Севере показатели физического развития выше, чем у их сверстников из районов, расположенных южнее. А по данным Ю. Г. Солонин и соавт. [1] установили, что у 14–15 летних подростков, проживающих на широте 65°, масса и длина тела были такими же, как у сверстников, проживающих на широте 62°, а значения систолического и пульсового давления выше. Все это говорит о том, что вопрос влияния условий Севера на физическое развитие требует более глубоких исследований.

Сравнение наполненности групп здоровья 14-летних подростков (табл. 3) не обнаружило достоверных различий по всем 5 группам. Т. е. можно заключить, что проживание на Севере не влияет на здоровье подростков.

Таблица 3

Показатели наполненности групп здоровья 14-летних девочек и мальчиков, проживающих на разных широтах

Показатель	Северные широты		Средние широты	
	Д (n=25)	М (n=25)	Д (n=80)	М (n=83)
Наполненность I группа здоровья, %	20,0	16,0	11,4	13,3
Наполненность II группа здоровья, %	32,0	36,0	41,8	51,8
Наполненность III группа здоровья, %	48,0	48,0	46,8	33,7
Наполненность IV группа здоровья, %	0,0	0,0	0,0	1,2
Наполненность V группа здоровья, %	0,0	0,0	0,0	0,0

Примечание: Д – девочки, М – мальчики.

К сожалению, мы не нашли данные литературы, которое смогли бы подтвердить или опровергнуть наши результаты.

Сравнение показателей красной и белой крови показало (табл. 4), что у мальчиков, проживающих на Севере статистически значимо ($p<0,05$) ниже количество эритроцитов на 16%, но выше абсолютное содержание лимфоцитов на 27%, по остальным показателям достоверных различий не выявлено. У девочек достоверно различается ($p<0,05$) только абсолютное содержание лимфоцитов, которое выше у северянок на 20%.

Таблица 4

Гематологические показатели (M±m) 14-летних девочек и мальчиков, проживающих на разных широтах

Показатель	Северные широты		Средние широты	
	Д (n=25)	М (n=25)	Д (n=80)	М(n=83)
Количество эритроцитов, кл/л, $x10^{12}$	4,50±0,10	4,00±0,22#	4,38±0,03	4,64±0,05# *
Концентрация гемоглобина, г/л	130,30±2,01	128,45±2,21	129,40±1,41	137,42±1,15#
Содержание гемоглобина в отдельном эритроците, пг	30,35±0,38	30,29±0,59	29,60±0,33	29,76±0,30
СОЭ, мм/ч	7,90±1,00	5,55±1,17	11,16±0,89	8,77±0,65#
Лейкоциты, кл/л, $x10^{9}$	6,90±0,50	7,10±0,61	6,29±0,21	6,24±0,21
Лимфоциты, %	36,01±0,49	37,01±2,25	32,38±0,97	32,76±0,95
Лимфоциты, кл/л, $x10^{9}$	2,43±0,20	2,73±0,41	1,94±0,07*	1,97±0,06*
Моноциты, %	6,57±0,52	6,43±0,74	7,72±0,29	7,23±0,30
Моноциты, кл/л, $x10^{9}$	0,45±0,04	0,37±0,06	0,47±0,02	0,44±0,02

Примечание: Д – девочки, М – мальчики; # – различия с девочками статистически значимы ($p<0,05$) по критерию Стьюдента; * – различия с девочками статистически значимы ($p<0,05$) по критерию Стьюдента между широтами

Это говорит о том, что у девочек интенсивность эритропоэза не меняется, а у мальчиков даже снижается. Не исключено, что это связано с более низким у мальчиков содержанием андрогенов, которые как известно, повышают продукцию эритроцитов [4].

Изначально считалось, что жители Севера подвергаются воздействию гипоксии из-за низкого содержания кислорода, что запускает усиление выработки эритроцитов, как компенсаторную реакцию. В дальнейшем другие авторы нашли подтверждение тому, что давление кислорода на Севере такое же как и на средних широтах и, следовательно, у северян не может наблюдаться гипоксии и усиления эритропоза [5].

Согласно нашим исследованиям, у 14-летних подростков, проживающих на Севере, не наблюдается изменение количества лейкоцитов, что противоречит данным литературы [6]. Мы полагаем, что это повышение связано с тем, что исследуемые проживали на территории уровень техногенного загрязнения которой, не был оценен.

Увеличение у подростков абсолютного содержания лимфоцитов может свидетельствовать о росте Т-лимфоцитов, так как их популяция является доминирующей среди лимфоцитов, в том числе, вероятно, и у жителей Севера. Мы полагаем, что рост абсолютного числа лимфоцитов у жителей Севера обусловлено повышенной потребностью в лимфоцитах в связи с более низкой резистентностью у этих жителей к возбудителям инфекций, что проявляется в более высокой частоте инфекций. Как известно, что на Севере частота инфекций среди детей выше, чем в средних широтах [7].

Выводы. Условия Севера не оказывают воздействие на темпы физического развития и на уровень здоровья 14-летних подростков. Но при этом снижают количество эритроцитов у мальчиков, и повышают абсолютное содержание лимфоцитов у девочек и мальчиков. По нашему мнению, это свидетельствует об усилении иммунного надзора и может рассматриваться как результат адаптации организма подростка к условиям Севера.

Библиографический список

1. Влияние широты проживания в условиях Севера на организм сельских подростков / Ю. Г. Солонин, А. Л. Марков, Т. П. Логинова // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2. Биология. Геология. Химия. Экология. 2019. № 10. С. 55–60.

2. Гланц С. Медико-биологическая статистика / пер. с англ. М., 1998. 459 с.

3. Влияние климатических факторов и условий Крайнего Севера на физическое развитие детей / А. С. Самаров // Трибуна ученого. 2020. № 12. С. 1140–1147.

4. Эритроцитозы в клинической практике / В. В. Войцеховский, Ю. С. Ландышев, С. С. Целуйко, А. В. Лысенко // Амурский медицинский журнал. 2016. № 2(14). С. 7–20.

5. Циркумполярная гипоксия : обзорная статья / Н. А. Дыдымов, А. П. Койносов // Научный медицинский вестник Югры. 2021. № 1(27). С. 12–15.

6. Сравнительное содержание внеклеточного пула рецепторов и активности иммунных реакций у жителей арктических территорий и города Архангельска / А. В. Самодова, Л. К. Добродеева // Материалы XXIII съезда Физиологического общества им. И. П. Павлова с международным участием, Воронеж, 18–22 сентября 2017 года. Воронеж : Издательство Истоки, 2017. С. 2208–2210.

7. Показатели заболеваемости детей Крайнего Севера / О. Н. Иванова // Medicus. 2018. № 2(20). С. 43–44.

Современный подход к вопросам мотивации к физической активности у детей младшего школьного возраста с нарушением интеллекта посредством занятий физической культурой с элементами игры

Лыскова Кристина Александровна[a], бакалавр
Ковязина Галина Викторона[b], доцент кафедры спортивных дисциплин
и адаптивной физической культуры
Вятский государственный университет[a, b], Киров

Аннотация: в статье представлен анализ методики формирования мотивации к физической активности у детей младшего школьного возраста с легкой степенью нарушения интеллекта посредством занятий физической культурой с элементами игры.

Ключевые слова: нарушение интеллекта, мотивация, физическая культура, игра, формирование, дети младшего школьного возраста.

Введение. Дети с нарушением интеллекта развиваются медленнее своих сверстников из-за задержки психомоторного развития. Они проходят через процесс развития медленнее, чем их сверстники. Их способность к сосредоточению ограничена, объем мыслей узок, концентрация нестабильна и иногда сложно меняется [2, с. 160]. Они начинают сидеть, стоять, ползать и ходить значительно позже по сравнению со своими сверстниками.

Двигательные навыки детей с нарушением интеллекта проявляются через неуклюжесть, неспособность к координации, чрезмерную медлительность и, одновременно, импульсивность и потерю структуры в движении. Это является одной из ключевых причин, почему таким детям так сложно освоить самые элементарные и важные навыки и привычки.

В то время как на занятиях физической культурой эти особенности становятся заметными в отсутствии точных и дифференцированных движений, необходимой координации в сложных актах движения, отсутствии способности к усвоению и выполнению уже сформированных навыков.

Однако, проблема, связанная с мотивацией детей младшего школьного возраста с нарушением интеллекта к физической активности, является одной из наиболее важных. Согласно заявлениям специалистов, у таких детей отсутствует борьба мотивов, а также существенные нарушения в сознательном контроле произвольной активности, что связано с недостаточно развитыми функциями коры головного мозга [4, с. 152].

Методы исследования. В ходе нашей работы были применены различные методы научного исследования:

1. Диагностика мотивации к реализации двигательной активности по Е. М. Ревенко (2018). Мотивация играет ключевую роль в структуре личности и является важным фактором для успешной реализации деятельности, включая учебную. Наличие ярко выраженных потребностей, мотивов и интересов к обучению является неотъемлемым условием достижения целей образовательного процесса.

2. Тест-опросник «Потребность в достижении цели» по Ю. М. Орловва (1978). Значимость потребности в достижении цели заключается в том, что она является мощным движущим мотивом, способствующим развитию и личностному росту. Люди, имеющие высокую потребность в достижении цели, обычно более успешны в своей деятельности и стремятся к постоянному совершенствованию.

Исследование проводилось на базе КОГОБУЗ ОВЗ №50 г. Кирова. Для данного исследования были сформированы две группы детей с легкой степенью нарушения интеллекта. Группы были формированы методом случайной выборки. В каждую группу входило по 6 испытуемых из 1 класса.

В процессе исследования были применены методы математической статистики для оценки среднегрупповых показателей формирования мотивации к физической активности у детей младшего школьного возраста с легкой степенью нарушения интеллекта.

Результаты исследований и их обсуждение. Из таблицы 1 видно, что уровень мотивации детей младшего школьного возраста с нарушением интеллекта к физической активности ниже нормы. Проведенное тестирование по методике Орлова Ю. М. позволило нам установить, что средний показатель в экспериментальной группе составил 8,7 баллов, в то время как в контрольной группе этот показатель составил 8,35. А при использовании методики Ревенко Е. М. мы получили следующие результаты: в экспериментальной группе средний показатель составил 54,04 балла, а в контрольной группе – 56,35 бал-

лов. Это подтверждает, что дети в экспериментальной группе имеют более высокий уровень мотивации к физической активности, по сравнению с детьми в контрольной группе.

Таблица 1

Среднегрупповые показатели уровня мотивации у детей младшего школьного возраста с легкой степенью нарушения интеллекта экспериментальной (n=6) и контрольной (n=6) групп на начало педагогического эксперимента.

Уровни мотивации	Экспериментальная группа	Контрольная группа	T	P
	$M_{эксп} \pm m$	$M_{контр} \pm m$		
Диагностика мотивации к реализации двигательной активности по Е. М. Ревенко (балл)	54,04±7,02	56,35±4,25	0,96	>0,05
Потребность в достижении цели по Ю. М. Орлова (балл)	8,7±5,88	8,35±3,95	0,37	>0,05

Выводы:

1. Выявлено, что наиболее важным вопросом остается проблема, связанная с мотивацией детей с нарушением интеллекта к физической активности.

2. Необходимо повышать мотивированность детей младшего школьного возраста за счет включения в физическую культуру игровой деятельности.

3. Дальнейшее исследование данного вопроса будет построено на основе начального и контрольного тестирования.

Библиографический список

1. Бахарева Е. В., Иванова Л. В., Коваленко Е. А. Формирование мотивации к занятиям физической культурой у школьников // Евразийский Научный Журнал. 2015. № 7. С. 30–34.
2. Выготский Л. С. Вопросы детской психологии. М. : Издательство Юрайт, 2023. 160 с.
3. Дуркин П. К., Лебедева М. П. К проблеме изучения мотивационно-потребностной сферы школьников и студентов как системообразующей основы воспитания у них физической культуры // Физическая культура. 2015. № 6. С. 48–52.
4. Литош Н. Л. Адаптивная физическая культура для детей с нарушениями в развитии : учеб. пособие для среднего профессионального образования. М. : Издательство Юрайт, 2022. 156 с.
5. Матковская И. Г. Роль мотива в достижении цели // Учитель. 2007. № 5. С. 70–72.
6. Эльконин Д. Б. Психология игры. 2-е изд. М. : Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2009. 360 с.

Определение суммы антиоксидантов зерномицелия Ежовика гребенчатого *(Hericium erinaceus)* в экстракте на основе этилового спирта

Нилова Алиса Борисовна[a], студент
Козачок София Сергеевна[b], студент
Сазанов Александр Викторович[c], кандидат биологических наук, доцент
Вятский государственный университет[a, b, c], Киров

Аннотация: ежовик гребенчатый *(Hericium erinaceus)* является источником большого количества биологически активных веществ, оказывающих стимулирующее влияние на рост и регенерацию нервных клеток человека. Однако большинство исследований не акцентируют своё внимание на изучении содержания суммы антиоксидантов, играющих большую роль в физиологической активности экстрактов из ежовика. Целью данного исследования было определить содержание антиоксидантов в экстракте на основе этилового спирта зерномицелия ежовика гребенчатого. Для определения суммы антиоксидантов были адаптированы методики инверсионной вольтамперометрии, потенциометрии и перманганатометрии. По результатам определения суммы антиоксидантов наибольшие значения получены при использовании метода инверсионной вольтамперометрии. Полученные результаты исследования можно использовать при производстве БАДов на основе спиртового экстракта зерномицелия ежовика.

Ключевые слова: ежовик гребенчатый (*Hericium erinaceus)*, антиоксидантные свойства, инверсионная вольтамперометрия, потенциометрия, перманганатометрия.

Введение. Ежовик гребенчатый (от лат. *Hericium erinaceus*) – гриб семейства герициевых порядка сыроежковых. Является источником многих биологически активных веществ (эринацины, герициноны, эгостерол, эрготионеин и т. д.) [1], оказывающих стимулирующее влияние на рост и регенерацию нервных клеток человека [2, 3]. Также Ежовик является источником природных антиоксидантов, в том числе флавоноидов и полифенолов [4]. К сожалению, большинство исследований направлены на установление количественного содержания и физиологические эффекты, связанные с группой биологически активных веществ – эринацинов и не акцентируют своё внимание на изучении содержания прочих антиоксидантов, играющих большую роль в физиологической активности, проявляемой продуктами из данного гриба.

Целью настоящего исследования являлось определение содержания антиоксидантов в экстракте зерномицелия Ежовика гребенчатого (*Hericium erinaceus)* на основе этилового спирта.

Для этого необходимо выполнить ряд следующих задач:

1. приготовить экстракт на основе этилового спирта из зерномицелия Ежовика гребенчатого;

2. адаптировать к объекту исследования методы инверсионной вольтамперометрии, потенциометрии и перманганатометрии для определения содержания антиоксидантов в экстракте;

3. определить содержание антиоксидантов в спиртовом экстракте Ежовика гребенчатого.

Методы исследования. Использовали зерномицелий Ежовика, выращенный на пшеничном субстрате. В данном исследовании для определения содержания антиоксидантов в экстракте на основе этилового спирта (10 граммов зерномицелия заливали 500 мл 96% этилового спирта) Ежовика гребенчатого были адаптированы методики инверсионной вольтамперометрии, потенциометрии и перманганатометрии.

Метод инверсионной вольтамперометрии основан на изменении тока электровосстановления пероксида водорода на электроде после введения антиоксидантов. Потенциометрический метод основан изменении потенциала платинового электрода после взаимодействия антиоксидантов с медиаторной системой $K_3[Fe(CN)_6]$ / $K_4[Fe(CN)_6]$ (0,01 / 0,00001 н), приготовленной с использованием фосфатного буфера (pH = 6,8). Метод перманганатометрии включал в себя взаимодействие антиоксидантов анализируемой пробы с перманганатом калия в кислой среде. В качестве эталонных растворов во всех трёх методиках были использованы:

– спиртовой раствор кверцетина (С = 1 мг/мл);

– водный раствор L-глутатиона (С = 1 мг/мл);

– водный раствор аскорбиновой кислоты (С = 1 мг/мл).

Результаты исследований, их обсуждение. Так как все примененные методы не селективны и позволяют определить сумму антиоксидантов согласно потенциалу применяемого окислителя, следует отметить, что потенциометрическим методом определяется наименьшее количество искомых веществ. Наибольшей точностью, на наш взгляд, обладает метод инверсионной вольтамперометрии (табл. 1). Количество антиоксидантов, установленных вольтамперометрическим методом, согласуется с величинами их стандартных потенциа-

лов (чем больше потенциал, тем в большей степени произошло окисление антиоксидантов). В дальнейшем полученный результат необходимо учитывать в исследованиях при выборе условий, в которых будет использоваться экстракт.

Таблица 1

Результат определения суммы антиоксидантов в экстракте Ежовика гребенчатого (*H. Erinaceus)*

В пересчете на стандарт, мг/мл	Метод		
	Инверсионная вольтамперометрия, мг/мл	Потенциометрия, мг/мл *	Перманганатометрия, мг/мл
L-глутатион	0,790±0,120	0,0737	0,441±0,022
Аскорбиновая кислота	4,870±0,417	0,0384	0,394±0,019
Кверцетин	0,680±0,085	0,0325	0,106±0,006

* – относительная ошибка для результатов, полученных методом потенциометрии, не превышает 5%.

Выводы:

1. Для исследования был приготовлен экстракт на основе этилового спирта из зерномицелия Ежовика гребенчатого (*Hericium erinaceus).*

2. В ходе исследования были адаптированы методы инверсионной вольтамперометрии, потенциометрии и перманганатометрии для определения содержания антиоксидантов в экстракте Ежовика гребенчатого (*Hericium erinaceus).*

3. В ходе исследования была определена антиоксидантная активность экстракта на основе этилового спирта Ежовика гребенчатого (*Hericium erinaceus)* тремя методами, в т.ч.: инверсионной вольтамперометрией, потенциометрией и перманганатометрией.

4. Наиболее точным из адаптированных под исследуемый объект методов является метод инверсионной вольтамперометрии, т.к. показатели, полученные данным методом, наиболее достоверные и соответствуют данным, приведенным в литературе.

Библиографический список

1. In vitro assessment of multipotential therapeutic importance of Hericium erinaceus mushroom extracts using different solvents / W. B. Suleiman, R. M. Shehata, A. M. Younis // Bioresources and Bioprocessing: электронный журнал. URL: https://doi.org/10.1186/s40643-022-00592-6 (дата публикации: 16.09.2022).

2. Improving Effects of the Mushroom Yamabushitake (Hericium erinaceus) on Mild Cognitive Impairment: A Double-blind Placebo-controlled Clinical Trial / M. Koichiro, I. Satoshi, O. Kenzi [et al.] // Wiley InterScience: электронный журнал. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18844328/ (дата публикации: 10.11.2008).

3. Hericium erinaceus Extract Exerts Beneficial Effects on Gut–Neuroinflammaging-Cognitive Axis in Elderly Mice / E. C. Priori, D. Ratto, F. De Luca [et al.] // Biology: электронный журнал. URL: https://www.mdpi.com/2079-7737/13/1/18 (дата публикации: 28.12.2023).

4. Optimization of Ultrasonic Extraction to Obtain Erinacine A and Polyphenols with Antioxidant Activity from the Fungal Biomass of Hericium erinaceus / M. V. Valu, L. C. Soare, N. A. Nicoleta Anca Sutan [et al.] // Foods: электронный журнал. URL: https://www.mdpi.com/2304-8158/9/12/1889 (дата публикации: 08.12.2020).

Сравнительная оценка различных видов кофе как источника антиоксидантов и кофеина

Фоминых Елена Геннадьевна[a], кандидат технических наук, доцент
Блинова Валерия Вадимовна[b], студент
Марущак Ксения Максимовна[c], студент
Царькова Дарья Ивановна[d], студент
Вятский государственный университет[a, b, c, d], Киров

Аннотация: оздоровительные эффекты кофе связывают с высоким содержанием антиоксидантов (АО), а ощущение бодрости и негативное действие – с кофеином. Впервые для количественного определения кофеина и суммы АО в различных видах кофе-напитков использован комплекс из трех окислительно-восстановительных методов. Показано, что содержание АО в кофе-напитках на основе молотого кофе значительно выше, чем в растворимых аналогах. Установлено влияние силы окислителя и условий проведения реакции на номинальную величину концентрации АО. Корреляции между антиоксидантной активностью (АОА) образцов и содержанием в них кофеина не выявлено.

Ключевые слова: антиоксиданты, кофеин, перманганатометрия, потенциометрия, иодометрия.

Введение. Человечество пьет кофе более 1000 лет, однако споры о его вреде или пользе продолжаются и сегодня, а проблема исследования химического состава кофе и взаимовлияния компонентов остается актуальной [1, с. 106]. Популярный напиток привлекателен не только из-за уникальных аромата и вкуса, но и из-за известного тонизирующего воздействия на организм. Антиоксидантные свойства кофе обусловлены, в основном, соединениями полифенольного ряда, способными отдавать электроны и протоны при взаимодействии с активными формами кислорода (АФК), окисляясь при этом до феноксильных радикалов, а далее − до хинонов [1, с. 102–104]. АОА кофе связывают с присутствием в нем хлорогеновой, феруловой, кофейной и п-кумаровой кислот [2, с. 88–102]. Кофеин – это алкалоид пуринового ряда, известен как стимулятор умственной и физической деятельности [3, с. 142–145]. Информация о его АОА в литературе отсутствует.

Анализ публикаций, посвященных исследованиям кофе, показал, что результаты, полученные разными методами на разных объектах, существенно отличаются, по некоторым показателям − на порядок. Задача данной работы − количественное определение и сравнительный анализ содержания АО и кофеина

в выбранных образцах кофе, а также сопоставление результатов двух методов исследования интегральных антиоксидантных свойств.

Методы исследования. Изучаемые объекты были разделены на две группы: растворимый кофе («Jacobs», «Fresco») и молотый кофе («Lavazza Oro», «Barista», «Nescafe Dolce Gusto», «Bello Coffee», «Paulig», «Carraro»).

Определение АОА растворов методом потенциометрии основано на взаимодействии АО с окисленным компонентом $K_3[Fe(CN)_6]$ медиаторной системы, в качестве которой используется смесь $K_3[Fe(CN)_6]/K_4[Fe(CN)_6]$ в фосфатном буферном растворе (pH=6,8). Аналитическим сигналом служит изменение потенциала измерительного электрода [4, с.184-185]. Метод перманганатометрии заключается в окислении АО в анализируемой пробе 0,05 н раствором $KMnO_4$ в кислой среде [5].

В качестве стандарта при определении АОА использовался раствор кверцетина с концентрацией 0,5 мг/мл (для растворимого кофе) и 1,0 мг/мл (для молотого кофе).

Метод иодометрического определения кофеина основан на его осаждении в анализируемой пробе в форме периодида 0,1 н раствором I_2 в присутствии H_2SO_4 и последующем титровании избытка иода раствором 0,1 н $Na_2S_2O_3$ [6].

Результаты исследований, их обсуждение. В табл.1 представлены полученные данные о содержании АО и кофеина в кофе-напитках. Очевидно, что суммарная концентрация АО в экстрактах на основе молотого кофе намного выше, чем у растворимых аналогов.

Таблица 1

Содержание АО и кофеина в водных экстрактах кофе

Образец кофе	Суммарная концентрация антиоксидантов в пересчёте на кверцетин, мг/мл		Содержание кофеина, мг/мл
	Метод перманганатометрии	Метод потенциометрии	
Растворимый кофе (1 г/100 мл)			
Jacobs	0,67	0,60	0,073
Fresco	0,64	0,73	0,097
Молотый кофе			
Lavazza Oro (5,0 г/50 мл)	1,97	0,93	0,413
Barista (5,0 г/50 мл)	1,77	0,80	0,243

Окончание табл.1

Образец кофе	Суммарная концентрация антиоксидантов в пересчёте на кверцетин, мг/мл		Содержание кофеина, мг/мл
	Метод перманганатометрии	Метод потенциометрии	
Nescafe Dolce Gusto (5,5 г/50 мл)	2,92	1,45	0,097
Bello Coffee (5,0 г/50 мл)	2,13	1,32	0,461
Paulig (5,0 г/50 мл)	1,45	0,86	0,218
Carraro (7,0 г/50 мл)	3,87	2,34	0,146

Рез ультаты перманганатометрического определения концентрации АО для разных объектов в 1,6–2,2 раза превышают данные потенциометрического анализа. Из этого следует, что с таким сильным окислителем как $KMnO_4$, реагируют не только АО, но и другие восстановители, присутствующие в водном экстракте кофе, а полученная концентрация АО отражает общую концентрацию всех восстановителей. Метод потенциометрии более информативен, так как окислитель средней силы $K_3[Fe(CN)_6]$ и нейтральная среда (pH=6,8) моделируют условия окисления, близкие к физиологическим. В реакцию с $K_3[Fe(CN)_6]$ вступают именно АО, являющиеся по своей природе сильными восстановителями.

В литературе данные о содержании тех или иных веществ в кофейных зернах часто приводятся на единицу массы сухого образца. Из табл. 2 следует, что, если экспериментальные значения пересчитать подобным образом, то в растворимом кофе содержание АО и кофеина будет выше. Этот факт вполне объясним с учетом технологии изготовления растворимого кофе, которая заключается в обработке измельченных кофейных зерен водяным паром (175^0C) при высоком давлении и последующем удалении воды из полученного концентрата. Растворимый кофе является высушенным водным экстрактом, тогда как молотый кофе на 55–60% состоит из соединений, не экстрагируемых водой. Поэтому такой подход представляется некорректным и малоинформативным при количественном анализе кофейных напитков.

Таблица 2

Содержание АО и кофеина в образцах кофе в пересчёте на сухое вещество

Образец кофе	Суммарная концентрация антиоксидантов в пересчёте на кверцетин, мг/г		Содержание кофеина, %
	Метод перманганатометрии	Метод потенциометрии	
Растворимый кофе (1 г/100 мл)			
Jacobs	66,8	60,0	0,73
Fresco	64,0	73,1	0,97
Молотый кофе			
Lavazza Oro (5,0 г/50 мл)	19,7	9,3	0,41
Barista (5,0 г/50 мл)	17,7	8,0	0,24
Nescafe Dolce Gusto (5,5 г/50 мл)	26,6	13,2	0,09
Bello Coffee (5,0 г/50 мл)	21,3	13,2	0,46
Paulig (5,0 г/50 мл)	14,5	8,6	0,22
Carraro (7,0 г/50 мл)	27,6	16,7	0,10

Содержание кофеина во всех образцах невелико и варьируется в пределах 7–46 мг на 100 мл напитка (табл. 1 и 2), что ниже дозы 250 мг/сутки, считающейся в клинической практике лечебной [7]. Взаимосвязь между АОА кофе-напитков и концентрацией кофеина в них не прослеживается.

Выводы. Выполнен сравнительный анализ 8 видов кофе. В роли маркеров качества кофе-напитков исследованы 2 показателя: содержание кофеина и интегральная АОА. Установлено, что суммарное содержание АО в образцах на основе натурального молотого кофе в среднем в 1,2–5,9 раза выше, чем в растворимых версиях напитка.

Оба методы позволили получить воспроизводимые результаты, однако абсолютная величина АО концентрации АО зависит от используемой в данном методе модели red-ox-системы. Лучшими АО свойствами обладают: среди растворимого кофе (0,67 мг/мл в водном экстракте и 66,8 мг/г в пересчёте на сухое вещество) – «Jacobs», среди молотого кофе (3,87 мг/мл в водном экстракте и 27,6 мг/г в пересчёте на сухое вещество) – «Carraro».

Содержание кофеина для всех кофе-напитков лежит в интервале 7,3–46,1 на 100 мл и составляет 2,92–18,44% от терапевтической дозы. Корреляции между АОА образцов и содержанием в них кофеина не выявлено.

Библиографический список

1. Шарова Е. И. Антиоксиданты растений : учеб. пособие. СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2016. 140 с.
2. Кофе: химический состав, антиоксидантная активность и влияние на здоровье человека / А. Я. Яшин, Д. А. Левин, Л. В. Левина и др. // Лаборатория и производство. 2020. № 2. С. 88–102.
3. Красова Л. Д. Влияние кофе на организм человека // Экологические проблемы региона и пути их разрешения : материалы XII междунар. науч.-практ. конф. Омск, 2018. С. 142–145.
4. Методы определения антиоксидантной активности объектов растительного и синтетического происхождения в фармации (обзор) / О. В. Тринеева // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2017. № 4. С. 184–185.
5. Патент № 2000111126/14 РФ. Способ определения антиокислительной активности : заявлено 05.05.2000 : опубл. 20.07.2021 / Т. В. Максимова, И. Н. Никулина, В. П. Пахомов и др.
6. ГОСТ 29148-91. Кофе натуральный растворимый. Технические условия : принят 07.02.1992 ; действ. с 01.01.1993. М., 1992. URL: https://gostexpert.ru/gost/gost-29148-91
7. Пенджиев А. М. Физико-химический состав кофейного напитка // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. 2016. № 1. С. 100–111. URL: https://s.journal-nutrition.ru/pdf/2016/1/35722.pdf

Влияние метода синтеза материла $La_{0,9}Sr_{0,1}Sc_{0,4}Mn_{0,6}O_{(3\pm\delta)}$ на микроструктуру

Шестаков Андрей Николаевич[a], студент
Ичетовкина Виктория Андреевна[b], студент
Бервицкая Ольга Сергеевна[c], старший преподаватель
Вятский государственный университет[a, b, c], Киров

Аннотация: в современном мире наблюдается тенденция к переходу на новые альтернативные источники энергии в связи с их экономической и экологической целесообразностью. В качестве перспективных альтернативных источников энергии рассматривают топливные элементы (ТЭ), работающие на водородном топливе. Повсеместное применение топливных элементов ограничивается разработкой новых функциональных материалов и оптимизацией их микроструктуры [1].

Целью данной работы является изучение влияния методов синтеза на микроструктуру материала $La_{0,9}Sr_{0.1}Sc_{(1-x)}Mn_xO_{(3\pm\delta)}$. Данный состав был синтезирован твердофазным и цитрат-нитратным методами. Аттестация материалов проводилась рентгеновской порошковой дифракцией. Изучение морфологии порошков и микроструктуры спеченных образцов проводили энергодисперсионной микроскопией.

Работа вносит вклад в развитие водородной энергетики, в особенности альтернативных источников энергии.

Ключевые слова: водородная энергетика, протонно-керамический топливный элемент, альтернативная энергетика.

Введение. По всему миру предпринимаются меры по снижению использования углеродсодержащих топлив как основных источников энергии. Данные меры включают в себя разработку альтернативных источников энергии, улучшение эффективности использования энергоресурсов в промышленности и другие. Аналогичные меры принимаются и в Российской Федерации в рамках развития водородной энергетики, где ключевым моментом достижения цели является увеличение использования энергоносителей с низким уровнем углерода [1].

Топливный элемент – устройство, преобразующее энергию топлива в электричество посредством электрохимической реакции**.** ТЭ обладает такими преимуществами, как высокая эффективность, низкий уровень выбросов и топливная гибкость [2].

Топливные элементы состоят из катода, анода и электролита. Между катодом и анодом находится электролит, проводящий протоны. На поверхности катода происходит адсорбционная диссоциация кислорода, и образующиеся ионы кислорода затем реагируют с протонами (H^+), которые диффундируют от анода через электролит.

Данное исследование направлено на изучение катодных материалов. На производительность катода влияет его микроструктура, электропроводность. Микроструктура пористого электрода должна обеспечивать перенос активного компонента в полном объёме, а заряженные частицы должны достаточно свободно перемещаться по элементу, тогда электропроводность можно считать приемлемой.

Микроструктура материала зависит от метода синтеза [3]. В литературе имеется достаточно исследований состава манганита лантана-стронция $La_{0.8}Sr_{0.2}Sc_{0.2}Mn_{0.8}O_{3\pm\delta}$ [4], но синтезированный нами материал, в литературе не изучен. Поэтому целью данной работы было изучение влияния методов синтеза на микроструктуру полученных материалов

Методы исследования. В работе были выбраны несколько методов синтеза: твёрдофазный синтез и метод сжигания.

Твёрдофазный синтез проводили в ходе помола исходных компонентов в планетарной мельнице. Для этого были взяты в качестве исходных реагентов оксиды лантана La_2O_3 и скандия Sc_2O_3 (ос.ч.) диоксида марганца MnO_2, а также карбонат стронция $SrCO_3$ (ос.ч) и изопропиловый спирт.

Полученную массу сушили при температуре 65°С, измельчали в ручной ступке и обжигали образцы в виде порошка и таблеток, спрессованных с помощью лабораторного одноосного гидравлического пресса, при температуре 1450°С.

Цитрат-нитратный метод основан на выпаривании раствора нитратов исходных компонентов в присутствии горючего до инициирования реакции горения. В качестве горючего использовали лимонную кислоту, так как это органическое соединение легко окисляется и не загрязняет получаемый продукт. В процессе сжигания выделяется большое количество газообразных продуктов, которые разрыхляют полученный порошок. Данный метод позволяет формировать высокодисперсные материалы.

Из синтезированных порошков прессовали таблетки диаметром 12 мм и спекали при температуре 1500°С для получения плотной керамики.

Аттестация материалов проводилась рентгеновской порошковой дифракцией. Изучение морфологии порошков и микроструктуры спеченных образцов проводили энергодисперсионной микроскопией. Параметры кристаллической решётки были уточнены методом Ритвельда в программе GSASII.

Результаты исследований, их обсуждение. Были синтезирован материал $La_{0,9}Sr_{0,1}Sc_{0,4}Mn_{0,6}O_{(3\pm\delta)}$. Согласно фазовому анализу, полученный порошок изоструктурен манганиту лантана #01-089-2771 и соответствует структуре перовскита с пространственной группой Pnma. Пики примесных фаз не наблюдаются. Методом Ритвельда рассчитаны параметры кристаллической решетки. Объем кристаллической решетки синтезируемого состава больше объема кристаллической решетки манганита лантана за счет большего ионного радиуса Sc.

Показано влияние метода синтеза на морфологию и размер частиц полученных порошков.

Выводы. В ходе работы твердофазным и цитрат-нитратным методами был синтезирован порошок $La_{0,9}Sr_{0,1}Sc_{0,4}Mn_{0,6}O_{(3\pm\delta)}$, не содержащий примесных фаз. Изучено влияние метода синтеза на размеры частиц полученного порошка и пористость спеченной керамики. Полученные результаты позволят снизить поляризационные потери на катоде топливной ячейки за счет оптимизации микроструктуры катодного материала. Представленные данные могут стать основой для выбора метода при синтезе порошков с другим катионным составом.

Библиографический список

1. Филипов С. П., Ярославцев А. Б. Водородная энергетика: перспективы развития и материалы // Успехи химии ИОХ РАН. М. : РАН, 2021. С. 627–643.

2. Na Li, Liping Sun, Qiang Li et al. Novel and high-performance (La,Sr)MnO_3 based composite cathodes for intermediate-temperature solid oxide fuel cells // Journal of the European Ceramic Society. 2023. № 43. P. 5279–5287.

3. Bell R. J., Millar G. J., Drennan J. Influence of synthesis route on the catalytic properties of $La_{1-x}Sr_xMnO_3$ // Solid State Ionics. 2000. № 131. P. 211–220.

4. Hongxia Gu, Yao Zheng, Ran Ran et al. Synthesis and assessment of $La_{0.8}Sr_{0.2}Sc_yMn_{1-y}O_3$−ı as cathodes for solid-oxide fuel cells on scandium-stabilized zirconia electrolyte // Journal of Power Sources. 2008. № 183. P. 471–478.

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Исследование аэропалинологического спектра воздушной среды города Кирова

Пупышева Светлана Анатольевна[a], кандидат географических наук, доцент,
заведующая кафедрой географии и МОК
Платунов Андрей Романович[b], студент
Бадикова Арина Дмитриевна[c], студентка
Вятский государственный университет[a, b, c], Киров

Аннотация: в данной работе отражены результаты исследования аэропалинологического спектра в черте г. Кирова. Рассмотрена методика и этапы определения количественного и качественного состава пыльцы в воздушной среде, и выявлена динамика цветения растений-аллергенов, типичных для исследуемой территории. Выявлена связь между изменением количества пыльцы в воздухе в разные дни и изменением температурных показателей в период наблюдения, сформулированы закономерности в формировании пиков концентрации пыльцы.

Ключевые слова: аэропалинология, поллиноз, пыльца, аэропалинологический мониторинг.

Введение. Аллергическая реакция в современности является обыденным для человека и связана с многими причинами, но пыльца растений имеет наибольшую активность и вызывает поллиноз. Распространённость аллергических реакций на пыльцу растений имеет ярко выраженный региональный характер и обусловлена разнообразием флоры, сроками цветения растений, степенью аллергенности их пыльцы, экологическими условиями региона. Для Кировской области проблема является актуальной, так как мониторинг пыльцы в воздухе не осуществляется, но крайне необходим, ведь показатель заболеваемости поллинозом выше среднего по стране 226 случаев на 100 тысяч человек.

Поэтому целью работы стало определение количественного и качественного состава пыльцевого спектра атмосферного воздуха в черте г. Кирова в наиболее активный по времени цветения весенний период.

Задачи данного исследования:

1. Сбор пыльцевых зерен с воздушной среды в черте города Кирова.

2. Исследование аэропалинологического спектра.

3. Выделение закономерностей на основе анализа данных.

Методы исследования. Для сбора препаратов использовались предметные стекла, на которые пыльца из воздушной среды осаждалась под действием

сил тяжести на подготовленную смесь. Раствор наносился равномерным тонким слоем на стекло на, которое экспонировалось 24 часа. Определение и подсчет пыльцы происходил с помощью бинокулярного микроскопа Микромед 3 Profesional.

В качестве исследуемой была выбрана территория микрорайона «Солнечный берег» г. Кирова, отличающаяся высокой плотностью произрастания растений, пыльца которых является причиной аллергической реакции населения.

Результаты исследований, их обсуждение. Качественный анализ пыльцевого спектра показал присутствие типичных для данной территории древесных растений рода: *Betula, Piceae, Rosaceae, Ulmus, Populus, Salix* (Рисунок 1). Количественный анализ данных образцов показал доминирующее положение рода *Betula* (Рисунок 3) в спектре всего периода наблюдений.

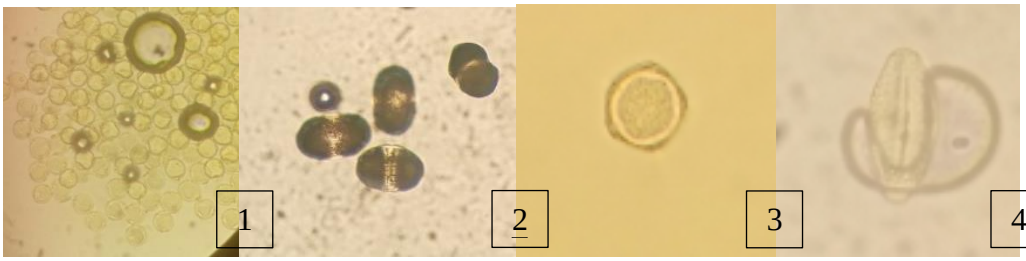


Рисунок 1. Пыльца древесных растений под микроскопом:
1 – Березы (*Betula*); 2 – Ель (*Piceae*); 3 – Вяз (*Ulmus*); 4 – Ива (*Salix*)

За период наблюдения были замечены два крупных пика концентрации пыльцы в воздухе. Первый приходится на период с 19 по 28 апреля. Максимальная продуктивность наблюдалась 25 апреля у рода *Ulmus, Populus, Salix,* когда дневная температура была на пике в +22°С (Рисунок 2). Данные таксоны в дальнейшем в формировании пыльцевого дождя большой роли не играли. 28 апреля наблюдался пик пыльцы рода *Betula*, максимальная продуктивность составила 12100 зерен на 12 см^2 предметного стекла. В дальнейшем содержание пыльцы березы в воздушной среде был в среднем на уровне 2000 штук в сутки. Четко выделяются небольшие пики концентрации пыльцевых зерен в период 2–3, 6, 10, 18 мая. В основном это связано с ростом температуры, что видно на графике (Рисунок 2).

Второй крупный пик концентрации пыльцы пришел на 2-3 декаду мая. Максимальная продуктивность пришла на растения рода: *Piceae, Rosaceae.* Влияние на рост произвел резкий подъем температуры с 13 по 17 мая с +13°С до +25°С градусов выше нуля.

При понижении дневных температур концентрация пыльцы в атмосфере заметно падает, так в самый холодный день периода исследования было 7 мая, при среднесуточной температуре +1°С было зафиксировано наименьшее количество пыльцевых зерен. Например, продуктивность березы составила всего 635 пыльцевых зерен.

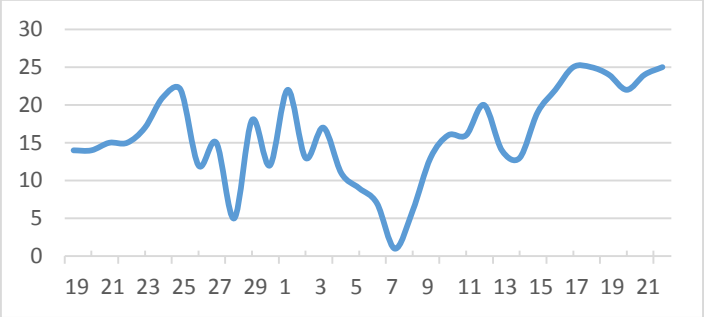


Рисунок 2. График колебания дневных температуры апрель-май 2023

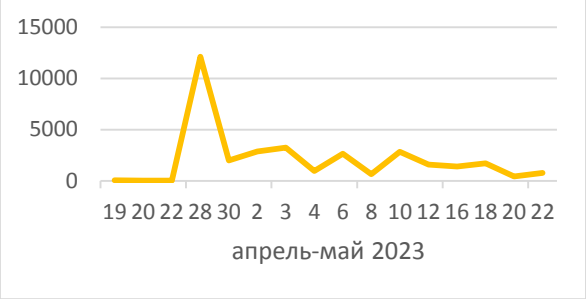


Рисунок 3. График изменения содержания пыльцы березы в г. Кирове

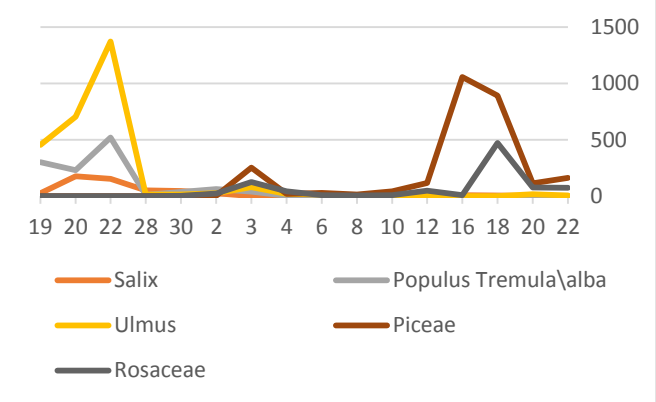


Рисунок 4. График изменения содержания пыльцы растений:
ива, тополь, вяз, ель, розоцветные

Выводы. Во время работы был создан раствор «глицерин-желатин» для улавливания пыльцы из воздуха. В период с 19 апреля по 22 мая 2023 года производился сбор пыльцевого спектра из воздушной среды.

Благодаря исследованию аэропалинологического спектра были определены количественный и качественный состав пыльцы, построены графики изменения концентрации ее в воздухе. Были изучены данные архива погоды, построен график изменения дневных температур за весь период наблюдения.

Таким образом, используя аэропалинологический метод изучения пыльцевой составляющей воздуха городских территорий, можно установить сроки появления и динамику содержания пыльцы, что позволит прогнозировать пыление растений в весенне-летний период с целью предупреждения у населения вспышек аллергического ответа.

Библиографический список

1. Соколов С. М., Науменко Т. Е., Гриценко Т. Д. и др. Методика аэробиологических исследований пыльцы растений и спор грибов для составления календаря пыления. Минск : Министерство здравоохранения республики Беларусь, 2005. 27 с.

2. Названы регионы – лидеры по числу страдающих аллергией в России // NEWS.ru: [сайт]. URL: https://news.ru/society/v-minzdrave-nazvali-stradayushie-allergicheskim-rinitom-regiony/ (дата обращения: 09.03.2024).

3. Дзюба О. Ф. Атлас пыльцевых зёрен (неацетолизированных и ацетолизированных), наиболее часто встречающихся в воздушном бассейне Восточной Европы. М., 2005. 68 с.

4. Pollen atlas // Палинологический атлас – PollenLab : [сайт]. URL: https://pollenlab.ru/pollen-atlas/ (дата обращения: 10.09.2023).

5. GISMETEO.RU: Gismeteo. Дневник : дневник погоды в Кирове за Апрель 2023 г. Архив погоды за за Апрель 2023 г. по г. Киров, Киров, Россия // GISMETEO : [сайт]. URL: https://www.gismeteo.ru/diary/4292/2023/4/ (дата обращения: 01.03.2024).

Электронное научное издание

ОБЩЕСТВО. НАУКА. ИННОВАЦИИ (НПК-2024)

Сборник материалов

XXIV Всероссийской (национальной) научно-практической конференции 23 апреля – 25 апреля 2024 г.

Том 2
Техничесике и естественные науки

Статьи публикуются в авторской редакции
Технический редактор *Л. А. Кислицына*

Электронное издание сетевого распространения

Объем издания: 8,3 Мб

Дата подписания к использованию: 26.06.2024

Вятский государственный университет
610000, г. Киров, ул. Московская, 36
www.vyatsu.ru, www.vestnik43.ru
Тел. (8332) 20-89-64 (Научное издательство ВятГУ)