Министерство образования Республики Беларусь

Белорусский национальный технический университет

Факультет информационных технологий и робототехники

Актуальные вопросы и направления в инженерии

Материалы 81-й студенческой научно – технической конференции БНТУ

апрель – май 2025 года

Минск
БНТУ
2025

Редакционная коллегия:
Б.А. Бадак, Ю.В. Полозков, С.В. Александровский, А.В. Бородуля,
С.М. Качан, В.А. Мартинович

Составитель: В.А. Мартинович, А.А. Олешкевич

Издание включает материалы 81-й студенческой научно-технической конференции «Актуальные вопросы и направления в инженерии», проведенной кафедрами факультета информационных технологий и робототехники: «Программное обеспечение информационных систем и технологий», «Робототехнические системы», «Электропривод и автоматизация промышленных установок и технологических комплексов», «Техническая физика» и «Высшая математика».

© Белорусский национальный
технический университет, 2025

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

МАГНЕТИКИ
Долбик Н.Н.
Научный руководитель – Смурага Л.Н., к.т.н., доцент 23

ТРЕБОВАНИЯ К АТМОСФЕРНОМУ СОСТАВУ СРЕДЫ МИКРОКЛИМАТА
Лавник А.Д., Блинков Т.В.
Научный руководитель – Симонова-Лобанок М.П., к.с.- х.н., доцент 26

ЭЛЕКТРОНИКА И РАДИОЛОКАЦИЯ В ВОЕННОЙ ТЕХНИКЕ: ФИЗИКА В ДЕЙСТВИИ
Жилко И.В.
Научный руководитель – Русакевич Д.А., к. т. н., доцент 28

ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В КОСМОСЕ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМОНАВТАМИ
Кабанов Н.И., Синкевич А.С
Научный руководитель – Русакевич Д.А., к. т. н., доцент 31

ТЕПЛОВИДЕНИЕ. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВИДЕНИЯ В МЕДИЦИНЕ
Шелест Д.А.
Научный руководитель – Русакевич Д.А., к.т.н., доцент 35

ТАНКАВЫЯ СНАРАДЫ
Мамайка У.В.
Навуковы кіраўнік- Русакевіч Д.А., к.т.н., дацэнт 38

МЕЖКОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ БАЛЛИСТИЧЕСКИЕ РАКЕТЫ
Жилко И.В.
Научный руководитель – Русакевич Д.А., доцент 40

РАДИОХИРУРГИЯ В МЕДИЦИНЕ
Субоч Я.А., Макаренко Н.С.
Научный руководитель – Маркова Л.В., д.т.н. 44

ПСИХОАКУСТИКА В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ
Лесота А.Н., Карпейчик Д.А.
Научный руководитель – Маркова Л.В., д.т.н. 47

СОГЛАСОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАЗЛИЧНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ
Понфиленко В.В.
Научный руководитель – Хорунжий И.А., к.ф.-м.н., доцент 49

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ КПД СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ
Даниленко К.А., Вершило Г.Г.
Научный руководитель – Хорунжий И.А., к.ф.-м.н., доцент 52

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ В НЕПРОЗРАЧНОЙ ТРУБЕ БЕЗ МЕХАНИЧЕСКОГО ПРОНИКНОВЕНИЯ ВНУТРЬ НЕЁ ТЕПЛОВЫМ МЕТОДОМ
Булахов Ф. К.
Научный руководитель – Блинкова Н. Г., к.ф.-м.н., доцент..... 54

СВИСТЯЩАЯ СЕТКА
Чернявская Е.Е., Третяк Т.О., Никитин Д. А
Научный руководитель – Блинкова Н.Г., к.ф.-м.н., доцент..... 61

ЗВУКОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ И ЗАКОНЫ В МУЗЫКЕ
Летун М. А., Примкулова В. Х.
Научный руководитель – Блинкова Н. Г., к.пед.наук, доцент..... 63

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНОВ ФИЗИКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ В СПОРТЕ. ФИЗИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНИКИ ПЛАВАНИЯ И БЕГА
Рубченя А.С., Аверьянова Е.А.
Научный руководитель – Блинкова Н. Г., к.ф.-м.н., доцент..... 65

PHYSICS CONCEPTS AND LAWS IN AUTOMATION AND ROBOTICS
Tadiwanashe Mudondo S.
Scientific Supervisor – Martinovich V.A., Ph.D. in Physics and Mathematics, Associate Professor 67

ЭЛЕКТРОПРИВОД И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТЕЛЕЖКИ МОСТОВОГО КРАНА
Бубен В.И.
Научный руководитель – Александровский С.В., к.т.н. 71

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОГРУЖНОГО СКВАЖИННОГО НАСОСА ТИПА ЭЦВ 10-65-160 НАСОСНОЙ СТАНЦИИ ГОРОДА ИВЬЕ
Левчук Д. А.
Научный руководитель – Александровский С. В., к.т.н. 72

ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ВОЗДУШНОЙ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ
Граков В. П.
Научный руководитель – Александровский С. В., к.т.н. 74

ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ЛЕНТОЧНОЙ МАШИНЫ Л2-60-1
Рунович А.О.
Научный руководитель – Александровский С.В., к.т.н. 76

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА МЕХАНИЗМА СПУСКА-ПОДЬЕМА МОСТОВОГО КРАНА
Балабанович Д.О.
Научный руководитель – Александровский С.В., к.т.н. 78

ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПЕРЕДВИЖЕНИЯ МОСТОВОГО КРАНА
Гусак Е. В.
Научный руководитель – Александровский С. В., к.т.н. 80

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПОВЫСИТЕЛЬНОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ ЦТП МНОГОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА
Морозов Е.В.
Научный руководитель – Горюнова В.А., ст. преподаватель 83

АВТОМАТИЗАЦИЯ НАМОТОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СТАНКА БЗС0299
Бернат В.И.
Научный руководитель – Горюнова В.А., ст. преподаватель 85

ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫЙ ТЯГОВЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ТРЕХСЕКЦИОННОГО ВАГОНА ТРАМВАЙНОГО
Кузьмичёв Р.Г.
Научный руководитель – Горюнова В.А., ст. преподаватель 88

ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД НАСОСА ВПРЫСКА КОНДЕНСАТА В ПАРОВУЮ СИСТЕМУ ТЕПЛОПУНКТА
Бушуев А.А.
Научный руководитель – Горюнова В.А., ст. преподаватель 92

ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД НАСОСА ПЕРЕКАЧКИ ЖИДКОГО ТОПЛИВА МОДЕЛИ NKG 125-80-400/36
Шестаков А.А.
Научный руководитель – Миронович А.В., ст. преподаватель..... 94

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПОВОРОТА БАРАБАНА УСТАНОВКИ РАДИАЦИОННОЙ ПОВЕРОЧНОЙ УРПН-РМ9200
Корабельникова А.Д.
Научный руководитель – Миронович А. В., ст. преподаватель..... 96

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПЕРЕДВИЖНОЙ ПЛАТФОРМЫ УСТАНОВКИ РАДИАЦИОННОЙ ПОВЕРОЧНОЙ УРПН-РМ9200
Корабельникова А.Д.
Научный руководитель – Миронович А. В., ст. преподаватель 99

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОФАЗНОГО ДВУХУРОВНЕВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ
Жуковец П.Н., Хандалова А.А.
Научный руководитель – Александровский С. В., к. т. н. 103

РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

ROBOTICS AND CONTROL THEORY IN MEDICAL AND CARE HEALTH
Anushika Jayasooriya
Scientific adviser – Zayarny V.P Senior Lecturer 106

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЭТАПОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ В РАМКАХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА
Бахуревич А.М.
Научный руководитель – Журавлёва Е.Р., к.т.н., доцент 108

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ АВТОМАТИЗАЦИИ СИСТЕМ ДЫМОУДАЛЕНИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ
Ванина А.М.
Научный руководитель – Воюш Н.В., ст. преподаватель 110

ТЕСТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ
Вашкевич И.С.
Научный руководитель – Гутич И.И., ст. преподаватель 113

ИНТЕГРИРУЕМЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ “КОНВЕЙЕР”
Гармаза Д.И., Ходатович А.С.
Научный руководитель – Марченко И.С. 118

ЦИФРОВАЯ ТОПОЛОГИЧЕСКИ СВЯЗАННАЯ МОДЕЛЬ ПОДСТАНЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕМАНТИКИ CIM
Вашкевич И.С.
Научный руководитель – Гутич И.И., ст. преподаватель 120

УСТРОЙСТВО СИСТЕМЫ СЛЕЖЕНИЯ ДЛЯ БПЛА НА ОСНОВЕ РАДИОАНТЕНН
Германович А.П., Щеклеина В.П.
Научный руководитель – Заярный В.П., заведующий лабораторией 125

СИСТЕМА ИНЖЕКТИРОВАНИЯ СИЛИКОНА ДЛЯ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ МЯГКИХ РОБОТОВ
Германович А.П. Гришков Т.А. Щеклеина В.П.
Научный руководитель – Воюш Н.В., ст. преподаватель 128

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ТОЧКИ ИНСТРУМЕНТА 5-ТИ ОСЕВОГО РОБОТА
Байханов Д.С., Гриб В.В.
Научный руководитель – Заярный В.П., заведующий лабораторией..... 132

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ОПТИЧЕСКОГО ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ
Гриб В.В.
Научный руководитель – Заярный В.П., заведующий лабораторией..... 135

РАЗОМКНУТЫЕ СИСТЕМЫ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ
Гришков Т.А.
Научные руководители - Марченко И.С., Благодаров К.Е. 137

AUTONOMOUS DRONE BASED-CROP MONITORING SYSTEM FOR AGRUCLTURE
Hapauarachchige Sakith Gunaratna Scientific adviser,
Senior teacher: Zayarny V.P. 140

РОЛЬ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕХНИКИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ МИКРОКЛИМАТА СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ
Домаренко Е.Н.
Научный руководитель – Кункевич Д.П., к.т.н. доцент 146

МОДЕРНИЗАЦИЯ СТАНКОВ С ПОМОЩЬЮ УСТРОЙСТВ ЦИФРОВОЙ ИНДИКАЦИИ (УЦИ)
Зарецкая М.М.
Научный руководитель – Заярный В.П., заведующий лабораторией..... 148

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ДРОБЛЕНИЯ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
Зеников И.В.
Научный руководитель – Гутич И.И., ст. преподаватель 150

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ «УМНАЯ ТЕПЛИЦА»
Косов А.А., Праслов К.Д.
Научный руководитель – Воюш Н.В., ст. преподаватель 153

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ НАНЕСЕНИЯ ПАЯЛЬНОЙ ПАСТЫ
Кунашко А.В.
Научный руководитель – Заярный В.П., заведующий лабораторией..... 158

ПРИМЕНИЕ СТАНДАРТА ISA-88 В НАПИСАНИИ ПРОГРАММ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСВТЕННЫХ ПРОЦЕССОВ
Щекало М.Н., Леонов В.Д.
Научный руководитель – Холод П.В, ассистент кафедры..... 160

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОТОКОЛА MODBUS ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ МЕЖДУ УСТРОЙСТВАМИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА
Щекало М.Н., Леонов В.Д.
Научный руководитель – Холод П.В, ассистент кафедры..... 163

РЕПЛИКАЦИЯ БАЗ ДАННЫХ
Ломаченков Е.В., Маркушевский А.Р.
Научный руководитель – Холод П.В., ассистент кафедры..... 166

ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПЕДАНС-КОНТРОЛЯ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОЙ СРЕДЫ
Маркушевский А.Р., Ломаченков Е.В.
Научный руководитель – Холод П.В., ассистент кафедры..... 169

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ РОБОТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ДОЕНИЯ МОЛОКА ДЛЯ МАЛЫХ ФЕРМ
Любко А.А.
Научный руководитель – Журавлёва Е.Р., к.т.н., доцент..... 172

ПОДХОДЫ К РАСПОЗНАВАНИЮ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИИ
Ляшевич М.С.
Научные руководители – Гутич И.И., ст. преподаватель, Дербан А.Н., ст. преподаватель 176

СОВРЕМЕННАЯ УПАКОВКА, ОБЗОР ЕЁ ВИДОВ И ИМЕЮЩИХСЯ ПРОБЛЕМ
Малиновский Е.А., Пшеничный М.Л.
Научный руководитель – Заярный В.П., заведующий лабораторией..... 180

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОПОДГОТОВКОЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ
Манюк Д.В.
Научный руководитель – Гутич И.И., старший преподаватель 183

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ
Мухачёв И.Б., Тетерюков А.А.
Научный руководитель: Воюш Н.В., ст. преподаватель..... 185

АВТОМАТИЗИРОВАНЫЙ АНТРОПОМОРФНЫЙ РОБОТ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ
Огиевич Г.А., Коваленко В.С., Щипер И.А.
Научные руководители – Прохорович С.С., ст. преподаватель, Очеретний А.М. 189

ХОДОВАЯ ЧАСТЬ АНТРОПОМОРФНОГО РОБОТА
Огиевич Г.А.
Научные руководители – Прохорович С.С., ст. преподаватель, Очеретний А.М. 193

THE ROLE OF CONTROL THEORY IN SPORTS AND DRONES
Ronald Munachimso Oonodugo
Scientific supervisor, Senior Lecturer: Mr. Zaryany V.p 195

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ ЦИКЛОИДАЛЬНОГО РЕДУКТОРА
Паршев В.В., Гришков Т.А.
Научный руководитель – Холод П.В., ассистент кафедры 198

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ КООРДИНАТ ПОЛОЖЕНИЯ КОНЕЧНОЙ ТОЧКИ МАНИПУЛЯТОРА В УГЛЫ ПОВОРОТА ЗВЕНЬЕВ
Паршев В.В., Шевченко А.В.
Научный руководитель – Матрунчик Ю.Н., ст. преподаватель 202

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ НА ПЛАЗМЕННЫХ ПАНЕЛЯХ В УСЛОВИЯХ АГРЕССИВНЫХ СРЕД
Пшеничный М.Л., Малиновский Е.А.
Научный руководитель – Заярный В.П., заведующий лабораторией 205

АВТОМАТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ КРИМПИРОВАНИЯ РЕНТГЕНОКОНТРАСТНЫХ МАРКЕРОВ В КАРКАСЫ НИТИНОЛОВЫХ САМОРАСШИРЯЮЩИХСЯ СТЕНТОВ
Розов Д.В.
Научный руководитель – Воюш Н.В., ст. преподаватель 208

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ ПОДСТАНЦИЙ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕСЕ SOFIT-SCADA-PLUS
И.В. Романовский, Ляшевич М.С.
Научные руководители – Гутич И.И., Воюш Н.В., ст. преподаватели .. 211

РОБОТИЗИРОВАННАЯ МОБИЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ УЧАСТИЯ В КОНКУРСЕ «PROFSKILLS 2025»
Руселевич Д.Д.
Научный руководитель – Прохорович С.С., ст. преподаватель 213

ИССЛЕДОВАНИЕ NOSQL БАЗ ДАННЫХ: ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ПО СРАВНЕНИЮ С РЕЛЯЦИОННЫМИ
Мельникова Е. А., Савченко И. С., Радюк Д. Д.
Научный руководитель – Воюш Н. В., ст. преподаватель 216

AUTOMATIC VISION SYSTEMS IN ROBOTICS: A COMPREHENSIVE STUDY
Sajjad Ahmed M.R.
Scientific adviser - Zayarny V.P., Senior Lecturer 220

ELEVATOR CONTROL SYSTEM WITH GSM INTEGRATION
Hettiarachchige Ranush Sankalpa
Scientific supervisor, Senior Teacher, Zayarny V.P. 223

РАЗРАБОТКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЁТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ПЕРСОНАЛЬНЫХ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ
Сапсай А.Ф.
Научный руководитель – Прохорович С.С. ст. преподаватель 225

ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА И ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ДЕЛЬТА-РОБОТА, РАЗРАБОТАННОГО С ЦЕЛЬЮ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ
Слизавский М.О., Вороник Л.Ч.
Научный руководитель – Матрунчик Ю.Н., ст. преподаватель, Марченко И.С. 227

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ ПОДОГРЕВА СТОЛА 3D ПРИНТЕРОВ
Субботин С.И.
Научный руководитель – Заярный В.П, заведующий лабораторией 229

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ РЕКУРЕНТНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ЛЭП
Сухобоков А.А.
Научный руководитель – Воюш Н.В., ст. преподаватель 233

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШКАФА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПРИЕМО-СДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ
Тарасюк А.В.
Научный руководитель Заярный В. П., заведующий лабораторией 235

ЛИНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА ПО ПРОИЗВОДСТВУ ГЛЮКОМЕТРОВ
Черевко П. М., Хвесько М.А.
Научный руководитель – Заярный В. П., заведующий лабораторией 238

СРАВНЕНИЕ СУБД POSTGRESQL В РАМКАХ СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СЧЕТЧИКОВ
Чернявский Д.И., Шемет В.А.
Научный руководитель – Воюш Н.В., ст. преподаватель 241

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ SMD-УСТАНОВЩИКОВ
Чиж В.В.
Научный руководитель – Заярный В.П., заведующий лабораторией..... 244

БОРЬБА С ВИБРАЦИЕЙ ПРОГРАММНЫМИ СПОСОБАМИ
Карим Квитунга, Шклёда Д.А.
Научный руководитель – Заярный В.П., заведующий лабораторией..... 247

РАЗВИТИЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ВИБРАЦИИ
Щеклеина В.П.
Научный руководитель – Заярный В.П., заведующий лабораторией..... 250

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К РАСПОЗНАВАНИЮ ЭЛЕМЕНТОВ СХЕМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ
Ляшевич М.С.
Научный руководитель – Дербан А.Н., ст. преподаватель 253

УСОВЕРШЕННСТВОВАННЫЙ СПОСОБ ОБРАБОТКИ ГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА БАЗЕ OPENCY
Крыжановский И.С.
Научный руководитель – Дербан А.Н., ст. преподаватель 254

ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА

РАЗРАБОТКА НАВИГАЦИОННЫХ КАРТ ПРИ ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ-ПРОГРАММИСТОВ
Пономаренко А.В., Москевич А.С.
Научный руководитель – Бадак Б.А., старший преподаватель 256

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В АНАЛИЗЕ ДАННЫХ
Лапцевич И.А., Шибеко В.А.
Научный руководитель – Бадак Б.А., старший преподаватель 259

РАЗРАБОТКА НОВЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ
Михалюк К.О.
Научный руководитель – Бань Л.В., ст. преподаватель 261

ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
Пашковский С. Н., Сварцевич А. В.
Научный руководитель – Бань Л.В., ст. преподаватель 263

ПРИМЕНЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ОПИСАНИИ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ
Бумбуль Д.Ю., Петровец К. А.
Научный руководитель – Бань Л.В., ст. преподаватель 265

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ
Карпейчик Н.Д., Растовский Н.А.
Научный руководитель – Бань Л.В., ст. преподаватель. 271

РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОТЛА ГМ-50 СТ.1-4
Попова П.А., Ашейчик Д.О.
Научный руководитель – Бань Л.В., ст. преподаватель 273

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ИСЧИСЛЕНИЯ В АНАЛИЗЕ И МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭКОНОМИКИ
Юшкевич А. В., Барладян М. В.
Научный руководитель – Бань Л.В., ст. преподаватель 279

МАТЕМАТИКА ЭНЕРГИИ: ОТ УРАВНЕНИЙ К УСТОЙЧИВОМУ БУДУЩЕМУ
Куцепалова Д.А.
Научный руководитель – Бричикова А.П., ассистент 282

ОПТИМИЗАЦИЯ: МЕТОДЫ ЛИНЕЙНОГО И НЕЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ИНЖЕНЕРИИ
Кузнецова В.С.
Научный руководитель – Бричикова А.П., ассистент 284

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ В ОБУЧЕНИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
Мильяненко А. А.
Научный руководитель – Евсюк А. В., ассистент 287

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОСТАВЛЕНИЮ И СОДЕРЖАНИЮ ТЕСТОВ ПО ТЕМЕ «НЕОПРЕДЕЛЕННЫЕ И ОПРЕДЕЛЕННЫЕ ИНТЕГРАЛЫ»
Боровцова В. Ю.
Научный руководитель – Кожевко О.Ф., ст. преподаватель 290

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ИСЧИСЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ
Глухов Д.Г.
Научный руководитель – Кожевко О.Ф., ст. преподаватель 293

О ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ БАЗОВЫМИ ПОНЯТИЯМИ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ И НЕКОТОРЫМИ ПРИНЦИПАМИ РАБОТЫ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ПРИМЕРАХ
Штейнерт Я.А.
Научный руководитель – Кожевко О.Ф., ст. преподаватель 295

ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТА ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ПРОГРЕССИИ ВОСПИТАТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ
Казак И.Н.
Научный руководитель – Кожевко О.Ф., ст. преподаватель 298

ПРИМЕНЕНИЕ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ЭНЕРГЕТИКЕ
Шаюков П.С.
Научный руководитель – Кожевко О.Ф., ст. преподаватель 301

ПРОИЗВОДЫЕ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЫ ФУНКЦИЙ ОДНОЙ И МНОГИХ ПЕРЕМЕННЫХ. ПРИМЕНЕНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ И ДИФФЕРЕНЦИАЛОВ В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЯХ ПЕРВОГО ПОРЯДКА
Антонио Мануель Нгонг Ондо Нзанг
Научный руководитель – Кожевко О.Ф., ст. преподаватель 304

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИКИ В ВОЕННОМ ДЕЛЕ
Кучик В.Ю.
Научный руководитель – Кожевко О.Ф., ст. преподаватель 306

СТИМУЛИРОВАНИЕ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ СТУДЕНТОВ НА ЗАНЯТИЯХ ПО ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКЕ
Кулик А.Э.
Научный руководитель – Кожевко О.Ф., ст. преподаватель 309

МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ НА ПЕРВОМ КУРСЕ ТЕХНИЧЕСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
Мыхлык В.Е., Даниленко К.А.
Научный руководитель – Кожевко О.Ф., ст. преподаватель 312

ПРОБЛЕМА ТОЧНОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОПРЕДЕЛЁННЫХ ИНТЕГРАЛОВ ЧИСЛЕННЫМИ МЕТОДАМИ
Пилипенко А.О.
Научный руководитель – Кожевко О.Ф., ст. преподаватель 314

ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТИ В РАСЧЁТАХ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ
Пенкратик Д. И.
Научный руководитель –Кленовская И. С., ст. преподаватель 317

ЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ РАСЧЁТА НАДЁЖНОСТИ
Карачан Д. В.
Научный руководитель – Кленовская И. С., старший преподаватель.... 320

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ
Фролов А.Д.
Научный руководитель – Кондратьева Н.А., ст. преподаватель..... 323

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ВЕСОВЫХ МАТРИЦ
Сухобоков А.А.
Научные руководители – Королева М.Н., Воюш Н.В., ст. пр. 326

РЕШЕНИЕ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ, ОПИСЫВАЮЩИХ ДВИЖЕНИЕ МАНИПУЛЯТОРА, С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА РУНГЕ-КУТТА 4-ГО ПОРЯДКА
Тишук А.Г., Наркович А.М.
Научные руководители – Королёва М.Н., Воюш Н.В., ст. пр. 328

КОТ ШРЁДИНГЕРА В МАТЕМАТИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ
Никонович Д.М., Пахомова К.А., Сабецкая А.К.
Научный руководитель – Королёва М. Н., ст. преподаватель..... 331

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЭНЕРГОСНАБЖЕНИИ
Праслов К.Д., Косов А.А.
Научные руководители — Королёва М.Н., Воюш Н.В., ст. пр. 334

REAL LIFE APPLICATIONS OF INTEGRATION
Tadiwanashe Mudondo
Scientific supervisor – Senior Lecturer M.N. Koroliova 337

ВЫЧИСЛЕНИЕ В АЛГЕБРАХ КВАТЕРНИОНОВ В MAGMA
Ковальчук С.В., Рудая И.В.
Научный руководитель – Королёва М.Н., ст. преподаватель..... 340

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПЕРАТОРА ЛАПЛАСА В ОБРАБОТКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ
Тилигузова Е.Д.
Научный руководитель – Королёва М.Н., ст. преподаватель..... 343

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ
Тетерюков А.А., Мухачёв И.Б.
Научный руководитель – Лебедева Г.И., доцент 346

ГЕОМЕТРИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ: ПРИМЕНЯЕМ ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫЕ ТОЧКИ ТРЕУГОЛЬНИКА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ
Ермалинской А.В., Федорович К.Н.
Научный руководитель – Лебедева Г. И., к.т.н., доцент 349

РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ КИНЕМАТИКИ ДЕЛЬТА-РОБОТА
Гармаза Д. И., Ходатович А.С, Беловежа В. С.
Научный руководитель – Лебедева Г. И., к.т.н., доцент 352

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА
Ермолина П. И.
Научный руководитель – Лебедева Г. И., к. т. н., доцент 355

ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ РОБОТА ГЕКСОХОДА ГХ-06 «ГОША»
Руселевич Д.Д., Трушко Я.Г.
Научный руководитель –Лебедева Г. И., к.т.н., доцент 357

МЕТОД ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТИ В АНАЛИЗЕ РАБОТЫ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ
Москалёва К.Д., Андриевич В.Н.
Научный руководитель –Лебедева Г. И., к.т.н., доцент 360

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В НЕЙРОННЫХ СЕТЯХ И МАШИННОМ ОБУЧЕНИИ
Карпук М.А., Дульский П.М.
Научный руководитель – Лебедева Г. И., к.т.н., доцент 364

ПОСТРОЕНИЕ ДОРОЖНОГО ГРАФА ДЛЯ МАРШРУТИЗАЦИИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА В ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЕ КОРИДОРОВ
Ирванцова В.С., Лазута В.С.
Научный руководитель –Лебедева Г. И., к.т.н., доцент 367

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВОЙСТВ ПСЕВДОТРЕХМЕРНЫХ ПРОСТРАНСТВ
Диковицкий И.А.
Научный руководитель –Лебедева Г. И., к.т.н., доцент 370

ФУНКЦИИ ОПТИМИЗАЦИИ НЕЙРОННЫХ СИСТЕМ
Савицкая М.М., Розыкова О.Г.
Научный руководитель – Лебедева Г. И., к.т.н., доцент 373

АНАЛИЗ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ НА КОРОНУ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ А.К. Мартынов
Научные руководители – А.Н. Рудый, доцент, Г.Н.Лебедева, доцент ... 376

МАТЕМАТИКА АЗАРТНЫХ ИГР: КАК КАЗИНО СОХРАНЯЮТ СВОЁ ПРЕИМУЩЕСТВО
Алексей Ш.А., Иван Л.А.
Научный руководитель –Лебедева Г. И., к.т.н., доцент 380
О НЕКОТОРЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ ТЕОРИИ НЕПРЕРЫВНЫХ ДРОБЕЙ
Лашко Н.К., Якуценя А.С.
Научный руководитель – Роговцов Н.Н. д.ф.м.н., профессор..... 383
ОЦЕНИВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО КРИТЕРИЯ ОТНОШЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ДЛЯ ДИСКРЕТНОГО СЛУЧАЯ НА ОСНОВЕ БИНОМИАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
Ивашкевич И. И.
Научный руководитель – Скуратова Д. А., ассистент..... 386
РЕАЛИЗАЦИЯ ПАМЯТИ В ЦЕПЯХ МАРКОВА С ДИСКРЕТНЫМ ВРЕМЕНЕМ
Петров Л.А.
Научный руководитель – Скуратова Д.А., ассистент..... 389
ТЕОРИЯ ЧИСЕЛ. НОВЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТЫХ ЧИСЕЛ
Степанов М.А., Лисовский В. Д.
Научный руководитель – Скуратова Д. А., ассистент..... 392
ПРОВЕРКА СТОЙКОСТИ КЛЮЧЕЙ RSA ПРИ ПОМОЩИ НЕЙРОСЕТЕЙ
Забелло М. В., Кучинский Е. Д.
Научный руководитель – Скуратова Д. А., ассистент..... 395
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ НА ПЛОСКОСТИ С АНИМАЦИЕЙ В MATHCAD 15
Гудкова С.А., Жучкова С.В.
Научный руководитель –Юринок В.И., к.т.н., доцент 399
ПРИМЕНЕНИЕ МАТРИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ПРЕДОБРАБОТКЕ ДАННЫХ: МЕТОД ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ
Лобань И. Д.
Научный руководитель – Юринок В. И., к.т.н., доцент 402
РЕШЕНИЕ ОБОБЩЕННОЙ МОДЕЛИ ПАРАДОКСА МОНТИ ХОЛЛА
Попов М. П., Борщёв А. И., Прелов Е. С.
Научные руководители – Юринок В. И., к.т.н., доцент, Савчик А. В., ст. преподаватель. 406

ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРЕВОДОВ В БАНКОВСКОЙ СИСТЕМЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГРАФОВ
Никитин Д.А., Самринов Р.В.
Научный руководитель – Юринок В. И., к.т.н., доцент 411

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПРИБЛИЖЕНИЙ ФУНКЦИИ РЕГРЕССИИ НА ПРИМЕРЕ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ
Шкантов И.Н.
Научный руководитель – Юринок В. И., к.т.н., доцент 413

ЭМОЦИОНАЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ В ПРИНЯТИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ: ОТ ИНТУАЦИИ К АНАЛИЗУ
Юрченко И.А.
Научный руководитель – Воронович Г.К., к.т.н., доцент; Готина Л.Н., ст. преподаватель 417

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УРОВНИ ИЗОЛЯЦИИ ТРАНЗАКЦИЙ В SQL
Зеленухо А. Д., Тимощенко Н. В.
Научный руководитель – Воронич Л.В., ст. преподаватель 420

БЕЗОПАСНОСТЬ БАЗ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА: ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ АТАК
Каркота А.С., Сташинская М.С.
Научный руководитель – Воронич Л.В., ст. преподаватель 423

БРОКЕРЫ СООБЩЕНИЙ: ЗАДАЧИ, ПРОБЛЕМЫ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
Пригодич Р.В., Гришко Д.И.
Научный руководитель – Воронич Л.В., ст. преподаватель 425

ПРОБЛЕМА ВНУТРЕННЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ DOCKER
Пригодич Р.В., Гришко Д.И.
Научный руководитель – Воронич Л.В., ст. преподаватель 429

СРАВНЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ JDBC, JPA И SPRING DATA ПРИ РАБОТЕ С РАЗЛИЧНЫМИ СУБД
Солдатов Н. В.
Научный руководитель – Воронич Л.В., ст. преподаватель 431

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ
Сташинская М.С., Каркота А.С.
Научный руководитель – Воронич Л.В., ст. преподаватель 435

ШАРДИНГ В REDIS КЛАСТЕРАХ
Тимощенко Н. В., Зеленухо А. Д.
Научный руководитель – Воронич Л.В., ст. преподаватель 437

СОЗДАНИЕ НЕЗАВИСИМЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ В СРЕДЕ MATLAB
Бабашка М.И., Выросток Г.В.
Научный руководитель – Напрасников В.В., к.т.н., доцент 440

АНАЛИЗ ЧАСТОТ И ФОРМ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ В MATHCAD
Богушевич В.А., Русакович К.А.
Научный руководитель – Напрасников В.В., к.т.н., доцент 443

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ХАБОЛТА ДЛЯ ПРЯМОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ
Борщёв А.И.,
Научный руководитель – Напрасников В.В., к.т.н., доцент 446

ПОСТРОЕНИЕ ДИАЛОГОВОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ГРАФАХ
Гапоненко О.В., Ручиц А.В.
Научный руководитель - Напрасников В.В., к.т.н., доцент 449

МЕТОД КВАДРАТНЫХ КОРНЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ СЛАУ В СРЕДЕ MATHCAD
Корнейчик М.С. Куцко В.В. Нелипович Е.Г.
Научный руководитель – Напрасников В.В., к.т.н., доцент 452

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ APPDESIGNER В MATLAB ПРИ СОЗДАНИИ EXE-ФАЙЛОВ
Пимошенко Д. А., Доленко А. А.
Научный руководитель - Напрасников В.В., к.т.н., доцент 456

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ θ – МЕТОДА ВИЛСОНА ДЛЯ ПРЯМОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ
Попов М. П., Сапежко Д.А., Широкопытов А.В.
Научный руководитель – Напрасников В.В., к.т.н., доцент 458

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ЦЕНТРАЛЬНЫХ РАЗНОСТЕЙ ДЛЯ ПРЯМОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ
Прелов Е. С.
Научный руководитель – Напрасников В.В., к.т.н., доцент 461

АВТОНОМНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ НА ОСНОВЕ MATLAB ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ГРАФАХ
Канаш А.Н., Стук М.А.
Научный руководитель – Напрасников В.В., к.т.н., доцент 464

СРАВНЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИИ БАЛКИ В СРЕДЕ DESIGNMODELER И SPACECLAIM
Лозичный А.С.
Научный руководитель – Напрасников В.В., к.т.н., доцент 467

ТРЕХМЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ ПРУЖИННО-МАЯТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ В MATLAB С БИБЛИОТЕКОЙ SIMSCASE
Шайковский И.Г. Осипов Д.И.
Научный руководитель – Напрасников В.В., к.т.н., доцент 470

РЕАЛИЗАЦИЯ В MATHCAD ОДНОГО СПОСОБА УЧЁТА ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ В КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ
Шкантов И.Н., Медведев В.В.
Научный руководитель – Напрасников В.В., к.т.н., доцент 472

КОРРЕКЦИЯ ПОЛОЖЕНИЯ РАБОЧЕГО ИНСТРУМЕНТА 3D-ПРИНТЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ARDUINO НА ОСНОВЕ ДАННЫХ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ
Азаревич В.А.
Научный руководитель – Ковалева И. Л., к.т.н., доцент..... 474

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ ДИПФЕЙКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ FACEFUSION 3
Барковец Р. С.
Научный руководитель – Ковалева И. Л., к.т.н., доцент..... 478

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ “ВИРТУАЛЬНЫЙ СОБЕСЕДНИК”
Бартось П.Д.
Научный руководитель – Ковалева И. Л., к.т.н., доцент..... 481

WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СКЛАДСКИМИ ЗАПАСАМИ
Баяманова А.К.
Научный руководитель – Ковалева И. Л., к.т.н., доцент..... 484

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ЭКСПЕРТИЗЫ ВИДЕОКОНТЕНТА
Высоцкая В.А.
Научный руководитель – Ковалева И. Л., к.т.н., доцент..... 487

WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ «КОРПОРАТИВНЫЙ ПОЧТОВЫЙ КЛИЕНТ»
Гедревич Е.А.
Научный руководитель – Ковалева И. Л., к.т.н., доцент..... 490

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ УЧАЩИХСЯ ИНЖЕНЕРНЫХ КЛАССОВ
Кабыш Я. А.
Научный руководитель – Ковалева И. Л., к.т.н., доцент 493

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ КОНТРОЛЯ ВЕРСИЙ СТУДЕНЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ GIT
Ошуковская О.Э.
Научный руководитель – Ковалева И.Л., к.т.н., доцент 496

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ АНАЛИЗА АДАПТАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РАБОТНИКОВ БИБЛИОТЕКИ
Парфенова У. Д.
Научный руководитель – Ковалева И. Л., к.т.н., доцент 499

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ГРУПП ПРОГРАММИСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ
Козловская Ю.Б.
Научный руководитель – Прихожий А.А., д.т.н., профессор 502

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ СОРТИРОВКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ
Мурза Д.А., Киянко М.В., Толкач И.В.
Научный руководитель – Прихожий А.А., д.т.н., профессор 505

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЕ: ВОЗМОЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ HADOOP И SPARK
Пригодич Р.В., Гришко Д.И.
Научный руководитель – Прихожий А.А., д.т.н., профессор 509

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
Букатый Я.С.
Научный руководитель – Гурский Н.Н., к.т.н., доцент 513

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОМ-МАНИПУЛЯТОРОМ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕССОВ
Глушанин И. А.
Научный руководитель – Гурский Н. Н., к.т.н., доцент 518

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛИЦЕЙ НА БАЗЕ ESP8266 – ИННОВАЦИИ ДЛЯ УМНОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
Гришко Д.И.
Научный руководитель – Юденков В.С., к.т.н., доцент 522

ПРОГРАММНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАНИЯ КИСЛОТНОСТИ ХЛЕБОБУЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ
Васенков А.Д.
Научный руководитель - Белова С.В., старший преподаватель..... 525

WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ УЧЁТА И ОБРАБОТКИ СВЕДЕНИЙ О СОТРУДНИКАХ, СОСТОЯЩИХ НА УЧЁТЕ В ПЕРВИЧНОЙ ПРОФСОЮЗНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТНИКОВ БНТУ
Иванов М.Ю.
Научный руководитель - Белова С.В., старший преподаватель..... 527

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ЧТЕНИЯ ПО ГУБАМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТИ
Кругликовский М.А.
Научный руководитель –Белова С.В., ст. преподаватель 530

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦА В ВИДЕОПОТОКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЗОБРАЖЕНИЯ
Нестерков Д.А.
Научный руководитель –Белова С.В., ст. преподаватель 533

АДАПТИВНОЕ МАСШТАБИРОВАНИЕ ТЕТРАЭДРИЧЕСКИХ ЯЧЕИСТЫХ СТРУКТУР В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛЕГКОВЕСНЫХ ДЕТАЛЕЙ
Огородник И.В.
Научный руководитель – Полозков Ю.В., к.т.н., доцент 535

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ ШЕСТИГРАННЫХ ЯЧЕИСТЫХ СТРУКТУР ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛЕГКОВЕСНЫХ ДЕТАЛЕЙ
Руцкий В.А.
Научный руководитель – Полозков Ю.В., к.т.н., доцент 538

DESIGN OF A VIRTUAL EXHIBITION HALL FOR ANCIENT CHINESE WEAPONS BASED ON UNITY3D
YuanYiyi
Scientific Supervisor – Martinovich V.A., Ph.D. in Physics and Mathematics, Associate Professor 541

AI-POWERED MANAGEMENT INFORMATION SYSTEMS IN EDUCATION
Deng Wanqiu
Scientific Supervisor – Martinovich V.A., Ph.D. in Physics and Mathematics, Associate Professor 543

РАЗРАБОТКА ИГРОВОГО ПРИЛОЖЕНИЯ НА ИГРОВОМ ДВИЖКЕ UNITY
Василевский А. А.
Научный руководитель – старший преподаватель Кондратёнок Е. В.... 547
ВЛИЯНИЕ АРХИТЕКТУРНЫХ ПАТТЕРНОВ НА РАЗРАБОТКУ И ПОДДЕРЖКУ ANDROID-ПРИЛОЖЕНИЙ
Пестрякова М.А.
Научный руководитель – Кондратёнок Е. В., ст.преподаватель..... 549
ОЦЕНКА КРЕДИТНОГО РИСКА ЗАЕМЩИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ XGBOOST И DJANGO
Птуха К.И.
Научный руководитель – Кондратёнок Е. В., ст.преподаватель..... 553

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

УДК 53.537

МАГНЕТИКИ

Долбик Н.Н.
Научный руководитель – Смурага Л.Н., к.т.н., доцент

Известно, что все вещества по отношению к магнитному полю называются магнетиками. Они сами намагничиваются во внешнем магнитном поле и сами его изменяют. В результате вектор магнитной индукции результирующего магнитного поля магнетика равен векторной сумме магнитной индукции внешнего поля $\overrightarrow{B_0}$, создаваемого намагничивающим током в вакууме и собственного магнитного поля магнетика $\vec{B}'$, то есть $\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}'$ [1]. (1)

Здесь $\vec{B} = \mu\mu_0\vec{H}$, $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}, \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$ - магнитная постоянная; μ- магнитная проницаемость среды, показывающая во сколько раз магнитное поле макро токов усиливается за счет поля микротоков среды, величина безразмерная, для вакуума равна 1. $\vec{B}_0 = \mu_0 \vec{H}$, $\vec{H}$ – напряженность внешнего магнитного поля.

Выделим объем магнетика в форме цилиндра и поместим во внешнее магнитное поле $\vec{B}_0$. Молекулярные токи, которые создаются в образце по правилу правого буравчика направлены по часовой стрелке. Внутренние молекулярные токи как показаны в образце компенсируются, и остаются токи, направленные по поверхности образца I',создают внутреннее магнитное поле $\vec{B}'$ (Рис.1). Применим теорему для циркуляции вектора магнитной индукции (2) собственного поля магнетика $\vec{B}'$.

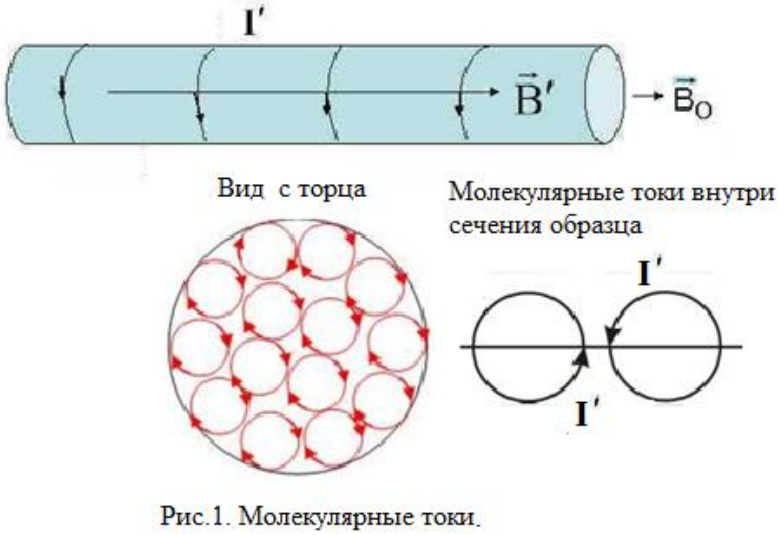


Рис.1. Молекулярные токи.

$B'l = \mu_0 I'$, (2)

где I'- сила тока молекулярного тока, l – длина рассматриваемого цилиндра.

Магнитный момент этого тока $\vec{P} = I'S$, умножим и разделим на l последнее выражение, получим

$\vec{P} = I'S\frac{l}{l} = \frac{I'V}{l}$. (3)

Из выражения (2) находят $\frac{I'}{l} = \frac{B'}{\mu_0}$, из выражения (3) - $\frac{I'}{l} = \frac{\vec{P}}{V}$. С учетом того, что суммарный магнитный момент магнетика в единице объема есть намагниченность магнетика $\frac{\sum \vec{P}}{V} = \vec{J}_0$ и с учетом равенства левых частей последних выражений в векторной форме получим собственное магнитное поле магнетика $\vec{B}'$.

$\vec{B}' = \mu_0 \vec{J}_0$. (4)

Из опытов следует, что намагниченность магнетика пропорциональна напряженности внешнего поля, то есть $\vec{J}_0 \sim \vec{H}$, чтобы поставить равенство, ставим коэффициент пропорциональности кси χ или

$\vec{J}_0 = \chi \vec{H}$. (5)

Здесь кси χ – магнитная восприимчивость вещества, величина безразмерная, зависящая от рода вещества.

Выяснилось, что почти все вещества можно отнести к одной из трех больших групп относительно того, как именно они изменяют магнитную индукцию:

- диамагнетики для них $\mu < 1$, есть $const$ (χ<0). Они слабо намагничиваются в магнитном поле, ослабляя его. Примеры: медь, золото, кремний;
- парамагнетики $\mu > 1$, есть $const$ (χ>0); намагничиваются по направлению магнитного поля. Примеры: алюминий, вольфрам, кислород;
- ферромагнетики $\mu \gg 1$- величина переменная, изменяется по зависимости на рис.2, ($\chi \gg 0$). Ферромагнетики легко намагничиваются, сохраняют остаточную намагниченность. Примеры: железо, кобальт, никель.

Продолжим преобразовывать формулу (1):

$\mu\mu_0 \vec{H} = \mu_0 \vec{H} + \mu_0 \chi \vec{H}$,

сократив общие множители, получим связь коэффициентов магнитной проницаемости с магнитной восприимчивостью вещества (6):

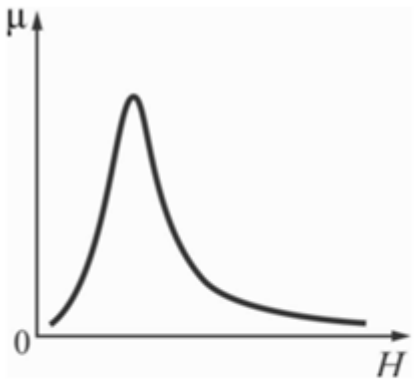


Рис.2. Зависимость магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля ферромагнетиков.

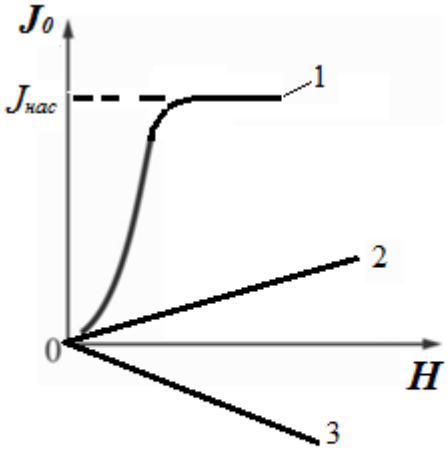


Рис.3.Зависимисть кривой намагничивания от напряженности магнитного поля: 1- ферромагнетика; 2- парамагнетика; 3- диамагнетика.

$$\mu = 1 + \chi \ . \qquad (6)$$

На основании формул (5), (6) и зависимости на рис.2, строятся кривые намагничивания для магнетиков рис.3.

Анализ формулы 6 приводит к тому, что магнитная восприимчивость для ферромагнетика повторяет ход кривой магнитной проницаемости и как следствие из формулы (5) величина намагничивания повторяет, до определенной напряженности, ход магнитной проницаемости. Ферромагнетик может достичь магнитное насыщение $J_{\text{нас}}$ (рис.3). Это когда объем ферромагнетика V постоянен, а суммарный магнитный момент $\sum \vec{P}$достигает насыщения. Чтобы увеличить параметр намагничивания ферромагнетика, нужно увеличить его объем.

Что касается зависимостей 2 и 3, они носят линейный характер, рис.3.

Материалы данной статьи могут быть полезными для обучающихся, изучающих вопросы намагничивания магнетиков.

Литература

1. Трофимова Т.И. Физика в таблицах и формулах: учеб. пособие для студентов/ Т.И. Трофимова. – 2-е изд. – М.: Дрофа, 2004. - 432 с.

УДК 613.155

ТРЕБОВАНИЯ К АТМОСФЕРНОМУ СОСТАВУ СРЕДЫ МИКРОКЛИМАТА

Лавник А.Д., Блинков Т.В.
Научный руководитель – Симонова-Лобанок М.П., к.с.- х.н., доцент

Состав воздуха – один из ключевых параметров микроклимата. Он включает: кислород, углекислый газ, оксид углерода, другие примеси (оксид азота, оксид серы, пыль и др.).

Влияние нарушений газового состава воздуха на здоровье человека.

1. Кислород (O_2).

Норма содержания кислорода в воздухе (19.5 – 23,0) %. При снижении кислорода в воздухе < 17%, у человека наступает гипоксия (кислородное голодание). Гипоксия приводит к головокружению, слабости, тахикардии. При содержании кислорода в воздухе < 16% – происходит нарушение координации, риск потери сознания. При содержании кислорода в воздухе < 10% – критическое состояние, возможен летальный исход. При повышении содержания кислорода в воздухе > 25% – повышенная пожароопасность.

2. Углекислый газ (CO_2)

Норма содержания углекислого газа в жилых и офисных помещениях: 400–1000 ppm (0,04–0,1%) – комфортный уровень. При содержании углекислого газа в воздухе > 0,15% или 1500 ppm – у человека наступает усталость, снижение концентрации, головная боль. При содержании углекислого газа в воздухе > 5% или 5000 ppm – наступает опасность для жизни человека (одышка, угнетение центральной нервной системы.

В плохо проветриваемых офисах CO_2 часто превышает 1500 ppm, что снижает продуктивность работы.

3. Оксид углерода (CO)

Даже низкие концентрации окиси углерода опасны для человека. 50 ppm допустимо для 8-часового рабочего дня. При содержании в воздухе 200 ppm оксида углерода, через 2-3 часа возникает головная боль, тошнота. Если концентрация оксида углерода превышает 1000 ppm, то в течение часа наступает смерть. Это связано с тем, что CO связывается с гемоглобином в 200 раз быстрее O_2, т.е. происходит блокировка доставки кислорода к тканям.

Методы контроля над состоянием воздуха в помещениях: инструментальные, лабораторные, биологические, инженерные, нормативно-расчетные.

1. Инструментальные методы.

Газоанализаторы и датчики. Стационарные системы – с помощью которых производится непрерывный мониторинг в производственных помещениях (например, датчики O_2, CO, CO_2).

Портативные газоанализаторы, которые используются для разовых замеров. Применяются в шахтах, на химических предприятиях.

Мультигазовые детекторы. Они определяют несколько газов одновременно (O_2, CO, CH_4, H_2S). Например, для определения концентрации CO_2 используются инфракрасные анализаторы, а для определения CO используются электрохимические сенсоры.

2. Лабораторные методы.

Газовая хроматография используется в научных и промышленных лабораториях для точного определения состава воздуха. Фотометрический анализ используется для измерения концентрации вредных примесей (NO_2 и SO_2). Пробоотборные трубки используются для экспресс-анализа на месте.

3. Биологические индикаторы.

Растения – биоиндикаторы. Например, фикус чувствителен к CO, хлорофитум поглощает формальдегид.

4. Инженерные системы контроля.

Приточно-вытяжная вентиляция (ПВВ) осуществляет автоматическую подачу свежего воздуха и удаление загрязненного воздуха. Система кондиционирования с фильтрацией осуществляет очистку от пыли, газов и аллергенов. Аварийно-газовые клапаны, используются для перекрытия подачи газа при утечке.

5. Профилактические меры.

Регулярные проверки вентиляции и газового оборудования. Обучение персонала правилам безопасности, умению пользоваться индивидуальными средствами защиты. Чистка и замена фильтров в системе кондиционирования.

Исходя из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- воздушный состав ключевой фактор микроклимата. Оптимальное содержание кислорода, углекислого газа и других газов напрямую влияют на здоровье, работоспособность и безопасность людей в помещениях;
- соблюдение установленных нормативов и других регламентов устанавливают четкие пределы концентрации газов. Нарушение установленных норм приводят к хроническим заболеваниям и даже приводит к летальным исходам;
- наибольшие риски связаны с недостатком кислорода, избытком углекислого газа и монооксида углерода;
- контроль над газовой обстановкой требует комплексного подхода;
- профилактика эффективнее ликвидации последствий;

- необходимо использовать технологии будущего, например, умных систем климат-контроля для автоматизации управления микроклиматом.

Литература

1. Жерлыкина М.Н., Яременко С.А. Система обеспечения микроклимата зданий и сооружений. Учебное пособие /М.Н. Жерлыкина, С.А. Яременко - :Инфра-Инженерия,2018.
2. Постановление Министерства здравоохранения Р.Б. от 02.02.2023 № 22.
3. СанПиН от 11.10.2017 № 92

УДК 621.396.96

ЭЛЕКТРОНИКА И РАДИОЛОКАЦИЯ В ВОЕННОЙ ТЕХНИКЕ: ФИЗИКА В ДЕЙСТВИИ

Жилко И.В.
Научный руководитель – Русакевич Д.А., к. т. н., доцент

Введение

В данной работе рассмотрена военная радиолокация, основные её принципы и терминологию, как РЛС обнаруживает цели и какие факторы на это влияют.

Радиолокация и радиоизлучение: Физические основы

Радиоизлучение — это часть электромагнитного спектора, к которому относятся также ультрафиолетовое и инфракрасное излучение, видимый свет и другие электромагнитные лучи. Оно широко используется для передачи информации, в радиосвязи, телевидении, сотовой связи и других технологиях. Для радиоизлучения характерна равномерная скорость распространения в сводном пространстве близкая к скорости света, поскольку радиоизлучение — это часть электромагнитного спектора, так же, как и видимый свет то представим себе что радиосигнал — это свет, а антенна — это нить накаливания или светодиоды в лампе. В дальнейшем это очень сильно облегчит понимание того, как всё работает. Радиоволны не одинаковы они различаются по частоте от одного герц до сотен терагерц,

а частота сигнала равна физическим размерам радиоволны, например 900 МГц — это 33,3 см, а 50 кГц — это почти 6 км всего спектора. Радиоизлучения колеблется в зависимости от частоты, от миллиметров до 300.000 км. Размеры волн имеют важное значение в связи и радиолокации. Сверхнизкие частоты, размеры волн которых, составляют от 1.000 до 10.000 км способны огибать землю, а именно поэтому военной радиолокации используются высокочастотные диапазоны. Низкие частоты для радиолокации непригодны причин этому три:

1) Физические размеры антенны излучателя должны соответствовать размерам радиоволн. Точное соответствие размера антенны и длины волны позволяет антенне войти в резонанс с сигналом. Антенна передатчика может взаимодействовать с волнами, которые немного отличаются от точных размеров антенны и в этом случае правильно говорить о диапазоне частот, а не о какой-то точной частоте. Однако, чем сильнее различие по размерам радиоволны и передатчика тем менее эффективна антенна и в случае серьёзных различий по размерам волны, и передатчика дальность действия антенны сильно снижается, поэтому антенны в большинстве случаев работают только с определённым диапазоном частот, близким к их физическим размерам. Использовать передатчики сантиметрового диапазона, чтобы излучать многокилометровые волны не выйдет. Для излучения низких частот нужны передатчики соответствующих размеров, что совершенно непрактично для военной радиолокации**.**

2) Коротковолновые диапазоны менее подвержены явлению дифракции. Суть явления движение волн не прямолинейно, а подвержена искажению и чем ниже диапазон частот, тем этот процесс выражен сильнее. С одной стороны, из-за явления дифракции низкочастотные волны огибают горы, помогая избавиться от одной из самых слабых мест радиолокации радиогоризонта, с другой стороны из-за дифракции на низких частотах установить точное местоположение цели практически невозможно. Погрешность в определении расстояния высоты и азимута будет превышать километры**.**

3) Но третья особенность практически полностью исключает применение низких частот в радиолокации. Для того, чтобы радиоволна отразилась от какой-либо поверхности физические размеры этого тела, должны быть равны или больше физических размеров волны, если длина волны составляет больше 200 м, то для неё в воздухе просто не найдётся адекватной цели.

Как РЛС обнаруживает цели и принцип работы

Радиолокационные станции (РЛС) являются важным составляющим систем обороны и безопасности, обеспечивая обнаружение, сопровождение и идентификацию целей в широком диапазоне условий. Способность РЛС эффективно выполнять эти задачи напрямую влияет на исход боевых действий, эффективность разведки и безопасность воздушного, морского и наземного пространства.

В основе работы РЛС лежит принцип излучения электромагнитных волн и приема их отражений от объектов. Этот процесс можно описать следующим образом: 1. **Излучение энергии**: РЛС генерирует высокочастотные электромагнитные импульсы (радиоволны) и направляет их в определенную область пространства с помощью антенны. Эти импульсы распространяются со скоростью света. 2.**Взаимодействие с целью**: когда электромагнитный импульс достигает объекта (цели), часть энергии поглощается, а часть отражается (рассеивается) в различных направлениях. Величина и характер отражения зависят от таких факторов, как размер, форма, материал и ориентация цели. 3. **Прием отраженного сигнала**: Небольшая часть отраженной энергии возвращается обратно к РЛС и принимается той же или отдельной антенной. 4. **Обработка и анализ сигнала:** Принятый отраженный сигнал, часто называемый эхом, значительно слабее излученного. Он усиливается, фильтруется и обрабатывается для извлечения информации о цели. 5.**Формирование изображения и отображение:** Обработанные данные используются для формирования радиолокационного изображения или для отображения символов цели на экране оператора, предоставляя информацию о ее местоположении, скорости и, в некоторых случаях, о ее характеристиках.

Заключение

Обнаружение целей радиолокационными станциями – это сложный и многогранный процесс, на который влияет огромное количество факторов, начиная от фундаментальных физических принципов и заканчивая тактическими действиями сторон. Постоянное развитие технологий в области РЛС, включая разработку новых аппаратных средств, усовершенствование алгоритмов обработки сигналов и внедрение методов искусственного интеллекта, является критически важным для поддержания военного превосходства и обеспечения национальной безопасности. Понимание этих принципов и факторов позволяет эффективно применять

РЛС, разрабатывать контрмеры против существующих угроз и формировать будущее радиолокационной техники.

Литература

1. Бакулев П.А. Радиолокационные системы. Радиотехника, 2004. 320 с.
2. Теоретические основы радиолокации / под ред. Я.Д. Ширмана. – М. : Сов. радио, 1970. – 560с.
3. Бакулев, П.А. Радиолокационные системы: учеб. для вузов. – 2-е Изд., перераб. и доп / П. А. Бакулев. – М.: Радиотехника, 2007. – 376 с.

УДК 629.78

ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В КОСМОСЕ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМОНАВТАМИ

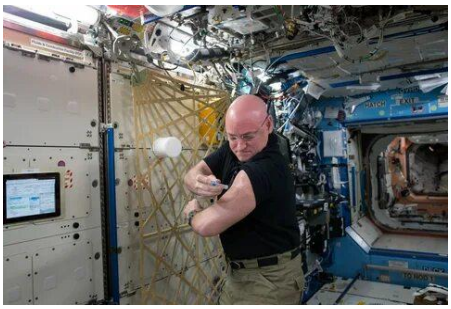
Кабанов Н.И., Синкевич А.С
Научный руководитель – Русакевич Д.А., к. т. н., доцент

Космос, как бескрайнее пространство, полное загадок и удивительных явлений, представляет собой уникальную предметную область, которая привлекает внимание ученых, исследователей и любителей астрономии на протяжении многих веков. Физические явления, происходящие в космосе, являются результатом взаимодействия различных сил и законов природы, которые действуют в условиях, отличных от тех, что мы наблюдаем на Земле. Эти явления, такие как микрогравитация, радиация, космическое излучение и многие другие, оказывают значительное влияние на здоровье и работоспособность астронавтов, что делает их изучение особенно актуальным в свете современных космических исследований.

Актуальность данной работы обусловлена растущим интересом к космическим миссиям и исследованиям, которые проводятся как государственными, так и частными космическими агентствами. С каждым годом количество людей, отправляющихся в космос, увеличивается, и с этим растет необходимость в понимании физических явлений, с которыми они сталкиваются.

Первое, что приходит на ум, – это микрогравитация, в которой космонавты проводят длительное время, может вызывать серьезные изменения в организме человека, включая потерю мышечной массы и изменение плотности костей. Эти аспекты требуют тщательного изучения и разработки методов, которые помогут минимизировать негативные последствия для здоровья астронавтов.

Микрогравитация



Микрогравитация — состояние, в котором ускорение, вызванное гравитацией, крайне незначительно, сама сила гравитации не изменяется. Существуют три способа достичь этого состояния – такие же, как и для достижения невесомости.

В рамках данной работы будет рассмотрен широкий спектр физических явлений, происходящих в космосе. Мы начнем с общего представления о микрогравитации, ее причинах и последствиях для человеческого организма. Затем перейдем к изучению радиационных потоков, которые представляют собой серьезную угрозу для здоровья астронавтов, и обсудим методы защиты от них. Также будет уделено внимание влиянию космической среды на физиологические процессы, такие как сон, обмен веществ и психоэмоциональное состояние.

Особое внимание в работе будет уделено опыту астронавта Скотта Келли, который провел рекордные 340 дней на Международной Космической Станции. Его наблюдения и выводы о влиянии длительного пребывания в космосе на здоровье и работоспособность человека станут важной частью нашего исследования. Мы проанализируем, какие физические явления он наблюдал, и как они повлияли на его состояние, а также какие рекомендации он может дать будущим астронавтам.

Второе явление — это вакуум космоса. Поскольку в космосе практически отсутствует воздух, все процессы протекают иначе. Космонавты используют вакуум в специальных камерах для экспериментов в сжатом газе и других научных направлениях. Например, исследование поведения жидкостей и газов в условиях вакуума дает импульс для многих технологий, связанных с термодинамикой и теплообменом.

Вакуум

Вакуум – пространство, свободное от вещества. В технике и прикладной физике под вакуумом понимают среду, состоящую из газа при давлении значительно ниже атмосферного.

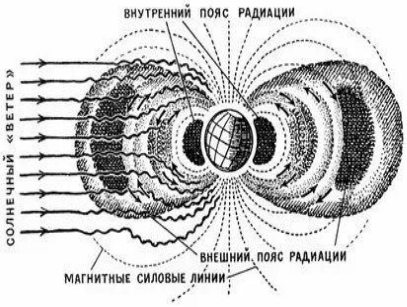
Космическое излучение представляет собой ещё одно важное явление, с которым сталкиваются космонавты. Оно состоит из высокоэнергетических частиц и волн, способных вызвать повреждения как живых организмов, так и космических аппаратов. Специалисты работают над защитными технологиями, чтобы минимизировать риск для здоровья и обеспечить надежность оборудования, включая мультислойные экраны и активные системы защиты.

Космическое излучение

Космическое излучение – более широкое понятие, чем космические лучи, и включает в себя последнее, а также реликтовое излучение, космическое радиоизлучение и др. В английском языке Cosmic rays и Cosmic radiation отождествляются — вероятно, следуя традиции английского словоупотребления. В русском языке в одних случаях имеется в виду только корпускулярная компонента, то есть космические лучи, в других же понятие скорее употребляется более широко.

Также стоит упомянуть радиационные пояса Земли — области, заполненные заряженными частицами. Понимание их структуры и поведения критически важно для пилотируемых миссий и безопасной навигации в околоземном пространстве. Космонавты изучают, как выработать стратегии избегания наиболее опасных зон и предсказывать изменения в этих радиационных полях.

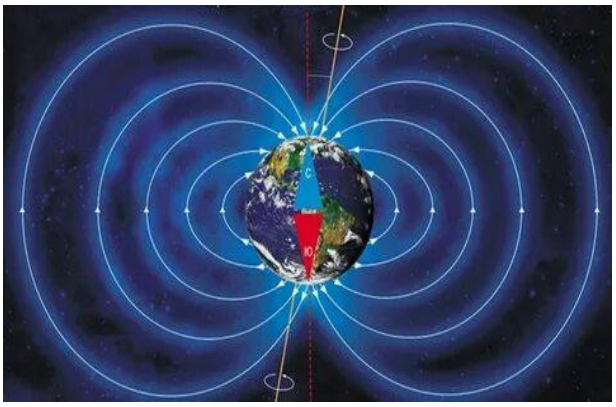
Радиационный пояс Земли



Радиационный пояс – область магнитосфер планет, в которой накапливаются и удерживаются проникшие в магнитосферу высокоэнергичные заряженные частицы (в основном протоны и электроны).

Не можем забыть о магнитных полях. Они влияют на движение космических объектов и молодых звезд. Космонавты используют данные о магнитных полях для корректировки траекторий полётов и управления ориентацией космических кораблей, что позволяет эффективно избежать столкновений с пространственными объектами.

Магнитное поле Земли



Магнитное поле Земли – это невидимая сила, окружающая нашу планету, которая играет ключевую роль в защите жизни на Земле. Оно создается движением расплавленного железа в ядре планеты и распространяется далеко в космос. Магнитное поле действует как гигантский щит, отклоняя заряженные частицы солнечного ветра и космического излучения, которые могут быть вредны для живых организмов. Без этого защитного слоя Земля была бы подвержена постоянной атаке радиации, что сделало бы жизнь на нашей планете практически невозможной.

Эти разнообразные физические явления образуют основу для разносторонних исследований и развитием технологий, которые помогают астронавтам не только выживать в космосе, но и максимально эффективно использовать условия для научных задач. Все перечисленные аспекты являются частью комплексной системы взаимодействий, которая открывает перед человечеством новые горизонты и возможности.

В ходе нашего исследования мы рассмотрели множество физических явлений, с которыми сталкиваются космонавты в открытом космосе. Эти явления, такие как микрогравитация, радиация, температурные колебания и вакуум, оказывают значительное влияние на здоровье и работоспособность человека. Понимание этих процессов является ключевым для успешного выполнения космических миссий и обеспечения безопасности астронавтов.

Микрогравитация, например, представляет собой состояние, при котором сила тяжести значительно снижена. Это явление приводит к множеству физиологических изменений в организме человека, включая потерю мышечной массы и уменьшение плотности костей. Космонавты, проводящие длительное время в условиях микрогравитации, сталкиваются с необходимостью разработки специальных тренировочных программ, направленных на поддержание физической формы и здоровья. Опыт Скотта Келли, который провел 340 дней на Международной Космической Станции, стал важным источником данных для изучения этих изменений и разработки рекомендаций по их минимизации.

Радиация в космосе также представляет собой серьезную угрозу для здоровья астронавтов. Космическое пространство наполнено высокоэнергетическими частицами, которые могут вызывать повреждения клеток и ДНК, увеличивая риск развития рака и других заболеваний. Важно отметить, что современные космические аппараты и станции оборудованы системами защиты от радиации, однако их эффективность все еще требует

дальнейшего изучения и улучшения. В рамках нашего проекта мы проанализировали существующие методы защиты и предложили новые подходы, которые могут быть использованы в будущем.

Температурные колебания в космосе также являются важным аспектом, который необходимо учитывать при планировании миссий. открытом космосе температура может варьироваться от -250 до +120 градусов по Цельсию, что создает дополнительные сложности для астронавтов и оборудования. Разработка терморегуляционных систем и материалов, способных выдерживать такие экстремальные условия, является одной из ключевых задач для обеспечения безопасности и комфорта астронавтов.

Вакуум космоса, в свою очередь, влияет на многие аспекты работы астронавтов. Отсутствие воздуха и давления создает уникальные условия, которые требуют особого подхода к проведению научных экспериментов и выполнению задач. Например, в условиях вакуума жидкости ведут себя иначе, чем на Земле, что необходимо учитывать при проведении экспериментов с жидкостями.

Создание информационного буклета, который будет служить учебным пособием для студентов и интересующихся физикой и астрономией, является важным шагом в повышении осведомленности о физических явлениях в космосе. Мы надеемся, что этот буклет поможет не только лучше понять сложные процессы, происходящие в космосе, но и привлечет внимание к важности дальнейших исследований в этой области. Образование и информирование будущих поколений о физических явлениях в космосе могут сыграть ключевую роль в подготовке новых астронавтов и ученых, которые будут продолжать исследовать границы человеческих возможностей в космосе.

Таким образом, наше исследование подчеркивает важность понимания физических явлений в космосе и их воздействия на здоровье человека. Это знание необходимо для успешного выполнения космических миссий и обеспечения безопасности астронавтов, а также для дальнейшего развития космических технологий.

УДК 62-1/-9

ТЕПЛОВИДЕНИЕ. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВИДЕНИЯ В МЕДИЦИНЕ

Шелест Д.А.
Научный руководитель – Русакевич Д.А., к.т.н., доцент

Тепловидение действительно представляет собой эффективный и безопасный метод диагностики, который находит применение в различных

областях медицины и промышленности. Рассмотрим его преимущества, недостатки и технические аспекты.

Преимущества тепловидения:

1. Высокая точность измерения температуры: Тепловизоры могут точно определять температурные изменения на поверхности кожи, что позволяет выявлять воспалительные процессы, опухоли и другие патологии.

2. Обнаружение скрытых тепловых источников: Метод помогает выявить проблемы, которые невозможно обнаружить другими способами, например, скрытые воспаления или нарушения кровообращения.

3. Экономия энергии: в некоторых случаях использование тепловидения может помочь оптимизировать энергозатраты, например, в строительстве для выявления утечек тепла.

4. Безопасность: Тепловидение не использует ионизирующее излучение, что делает его безопасным для пациента.

Недостатки тепловидения:

1. Ограниченная видимость в условиях низкой освещенности: Тепловизоры работают на основе инфракрасного излучения, и их эффективность может снижаться в условиях плохой видимости.

2. Высокая стоимость: Качественные тепловизоры могут быть дорогими, что ограничивает их доступность для некоторых учреждений и специалистов.

3. Ограниченный диапазон измерения температуры: Некоторые модели могут иметь ограничения по диапазону температур, что делает их менее универсальными.

Технические аспекты тепловидения:

• Инфракрасный детектор: Основной компонент, который регистрирует инфракрасное излучение и преобразует его в электрический сигнал.

• Система обработки сигнала: обрабатывает сигнал для формирования изображения температурного поля, позволяя визуализировать данные.

• Дисплей: отображает обработанное изображение, что позволяет врачу или специалисту легко интерпретировать результаты.

Параметры и характеристики тепловизоров:

• Разрешение: чем выше разрешение, тем больше деталей может быть различено на изображении. Это важно для точной диагностики.

• Диапазон температур: Разные устройства могут иметь разные диапазоны обнаруживаемых температур, что влияет на их применение.

• Чувствительность: Высокая чувствительность позволяет обнаруживать даже небольшие изменения температуры, что критично для раннего выявления заболеваний.

Сравнение типов тепловизоров:

• Фотонные детекторы: Эти устройства обеспечивают высокую чувствительность и точность, но их стоимость может быть значительной.

• Термопары и терморезисторы: более доступные по цене, но менее чувствительные. Они могут подойти для менее критичных приложений или в условиях ограниченного бюджета.

Применение в медицине

Разработан автоматизированный комплекс для исследования биологических объектов предназначен для ранней диагностики злокачественных опухолей молочной железы, которые остаются главной причиной смертности среди женщин. Эффективность лечения зависит от своевременного выявления метастазов, что подчеркивает необходимость регулярных обследований.

В НИИ онкологии и медрадиологии МЗ РБ проводились клинические испытания компьютерной термомаммографии на 289 пациентах. Из них у 159 выявлены изменения, и в 146 случаях подтвердились патологические изменения, включая 24 случая рака. Термомаммография показала свою эффективность в выявлении заболеваний молочной железы и может быть рекомендована для профилактических осмотров с последующим направлением на углубленное обследование.

Результаты испытаний, проведенных в НИИ онкологии и мед-радиологии позволяют сделать следующий вывод:

комплекс компьютерной термомаммографии обеспечивает эффективное выявление лиц с заболеваниями молочной железы и может быть рекомендован для проведения профилактических осмотров в медицинских учреждениях, с последующим направлением на углубленное обследование

На рисунке представлена термограмма одной из больных.

Литература

1. Ландеберг “Оптика”
2. Ж.Госсорг “Инфракрасная термография. Основы, техника, применение”, Издательство “Мир”, Москва, 1988г.

УДК 623.451

ТАНКАВЫЯ СНАРАДЫ

Мамайка У.В.
Навуковы кіраўнік- Русакевіч Д.А., к.т.н., дацэнт

Бранябойны снарад (БС) — боепрыпас, прызначаны для барацьбы са сродкамі праціўніка, абароненымі бранёй, напрыклад, з бронетэхнікай. Згодна з ваеннай энцыклапедыі Івана Сыціна, ідэя прататыпа цяперашніх бранябойных снарадаў належыць афіцэру італьянскага флоту Беттоло (Bettolo) які, у 1877 годзе, прапанаваў выкарыстоўваць для гэтых задач так званую «двухдонную ўдарную трубку для бранябойных снарадаў» (да гэтага снарады або зусім не рыхтаваліся, ці ж падрыванне парахавога зарада (разрыўнага зарада) разлічвалася на награванне галаўной часткі (галавы згодна ваеннай энцыклапедыі Івана Сыціна, ідэя прататыпа цяперашніх бранябойных) снарада пры ўдары яго ў браню, што, аднак, далёка не заўсёды апраўдвалася). Пасля стрэлу снарад мае кінэтычную энергію, пры кантакце з бранёй яна пераходзіць у цеплавую і прыводзіць да цякучасці броні, яе прабіцця. Для прабівання броні бранябойны снарад павінен застацца цэлым, не даць рыкашэту і мець дастатковую хуткасць пры ўдары, набліжана вызначаную для траплення па нормах да брані. Падкалиберныя снарады-бояпрыпасы, дыяметр баявой часткі (стрыжня) якіх менш дыяметра ствала. Падкалиберные баявыя харчы выкарыстоўваюцца для барацьбы з браніраванымі цэлямі. Падкалиберный бранябойны снарад складаецца з корпуса катушачнай або іншай формы (паддона), у які ўстаўляецца масіўны стрыжань дыяметрам звычайна прыкладна ў тры разы менш калібра прылады. Пры ўдары снарада ў браню стрыжань прабівае ў ёй адтуліну невялікага дыяметра, яго кінэтычная энергія пры гэтым часткова расходуецца на разбурэнне броні, але большай часткай пераходзіць у цеплавую. Распаленыя да высокіх тэмператур аскепкі стрыжня і броні ляцяць у забраніравана прастору разбежным конусам, дзівячы экіпаж танка, выводзячы з ладу механізмы і абсталяванне і ствараючы шматлікія агмені узгарання.

Кумулятыўныя боепрыпасы-артылерыйскія і іншыя боепрыпасы асноўнага прызначэння з зарадам кумулятыўнага дзеяння. Кумулятыўныя баявыя снарады прызначаныя для паразы бранявых рухомых і стацыянарных мэтаў (автобронеавиков, танкаў і жалезабетонных фартыфікацыйных збудаванняў). Кумулятыўны снарад складаецца з корпуса, разрыўнага зарада, кумулятыўнай выемкі і дэтанатара для якасці разрыўнага зарада выкарыстоўваюцца брызантныя выбуховыя рэчывы, якія маюць высокую хуткасць дэтанацыі (гексаген і іншыя, а таксама іх сумесі і сплавы з трацілам ў розных прапорцыях). Бронепробиваемость

кумулятыўнага снарада залежыць ад формы, памераў і матэрыялу абліцоўвання кумулятыўнай выемкі, масы і уласцівасцяў разрыўнага зарада, часу спрацоўвання дэтанацыйнай ланцуга (канструкцыі дэтанатара), хуткасці кручэння снарада, кута сустрэчы яго з перашкодай, характарыстык броні.

Аскепачна-фугасны снарад (АФС) — артылерыйскі боепрыпас, які сумяшчае асколачнае і фугаснае дзеянне. Прызначаны для паражэння жывой сілы праціўніка, умацаванняў, знішчэння лёгкабраняванай тэхнікі, разбурэння будынкаў, фартыфікацыйных збудаванняў, праробліванне праходаў у мінных палях і т. п.

Пры трапленні ў браню ня перадае кінэтычную энергію, а выбухае, наносячы паверхневыя пашкоджанні (раскідвае аскепкі з велізарнай хуткасцю, дадаткова наносячы пашкоджанні бронетэхніцы, кантузіт, раніць або забівае экіпаж і суправаджальную тэхніку пяхоту), выводзячы з ладу тракі (гусеніцы), пашкоджваючы трыплекс-прыборы назірання, вырабляе пашкоджанні броні, прагіны і мікротрэшчыны Канструктыўна аскепкава-фугасны снарад уяўляе сабой металічную цыліндрычную таўстасценную капсулу, напоўненую высокабрызантным выбуховым рэчывам. У галаўной частцы снарада размешчаны узрывальнік, які ўключае ў сябе сістэму кіравання падрывам і дэтанатар.

Супрацьтанкавы кіраваны рэактыўны снарад - разнавіднасць кіраваных рэактыўных боепрыпасаў, прызначаная для стральбы з ствольнага артылерыйскага і танкавага ўзбраення

Тандэмныя боепрыпасы-канструкцыя паражальнага элемента агнявых сродкаў, пры якой снарад складаецца з двух зарадаў, размешчаных паслядоўна. Зарад, размешчаны ў галаўной частцы называецца лідзіруючым, а ў хваставой — асноўным.

Пры трапленні ў мэту першым дэтануе лідыруе зарад, які забяспечвае прабітыя верхняга (вонкавага) пласта абароны мэты (у прыватнасці, спрацоўванне дынамічнай абароны). Асноўны зарад забяспечвае паражэнне глыбокіх слаёў броні і непасрэднае знішчэнне тэхнікі. Асноўнае прызначэнне такіх боепрыпасаў-параза моцна абароненых мэтаў, такіх як сучасныя асноўныя баявыя танкі (1й зарад прабівае браню, 2й выбухае ўнутры танка) або баявыя караблі.

Выснова Такім чынам танкавыя снарады дзеляцца на некалькі тыпаў, кожны з якіх прызначаны для знішчэння розных тыпаў цэлей.

Літаратура

1. Разбуральнае дзеянне снарадаў / / Энцыклапедычны слоўнік Бракгаўза і Ефрона: у 86 т. (82 т. і 4 доп.). - СПб., 1890—1907. *

2. Цэнтраванне снарада / / Энцыклапедычны слоўнік Бракгаўза і Ефрона: у 86 т. (82 т. і 4 доп.). - СПб., 1890—1907. *
3. Мотовилихинский казённы завод / / Энцыклапедычны слоўнік Бракгаўза і Ефрона: у 86 т. (82 т. і 4 доп.). - СПб., 1890—1907. *
4. Бранябойны снарад / / Ваенная энцыклапедыя : [У 18 т.] / пад рэд. У. Ф. Навіцкага ... [і інш.]. - СПб. ; [М.]:
5. Тып. Т-ва І.Д. Сыціна, 1911-1915. Ваенны энцыклапедычны слоўнік. М., «ваеннае Выдавецтва", 1983 Літаратура *
6. Разбуральнае дзеянне снарадаў / / Энцыклапедычны слоўнік Бракгаўза і Ефрона: у 86 т. (82 т. і 4 доп.). - СПб., 1890—1907. *
7. Цэнтраванне снарада / / Энцыклапедычны слоўнік Бракгаўза і Ефрона: у 86 т. (82 т. і 4 доп.). - СПб., 1890—1907. *
8. Мотовилихинский казённы завод / / Энцыклапедычны слоўнік Бракгаўза і Ефрона: у 86 т. (82 т. і 4 доп.). - СПб., 1890—1907. *
9. Бранябойны снарад / / Ваенная энцыклапедыя : [У 18 т.] / пад рэд. У. Ф. Навіцкага ... [і інш.]. - СПб.; [М.]:
10. Тып. Т-ва І.Д. Сыціна, 1911-1915. Ваенны энцыклапедычны слоўнік. М., «ваеннае Выдавецтва", 1983

УДК 629.762

МЕЖКОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ БАЛЛИСТИЧЕСКИЕ РАКЕТЫ

Жилко И.В.
Научный руководитель – Русакевич Д.А., доцент

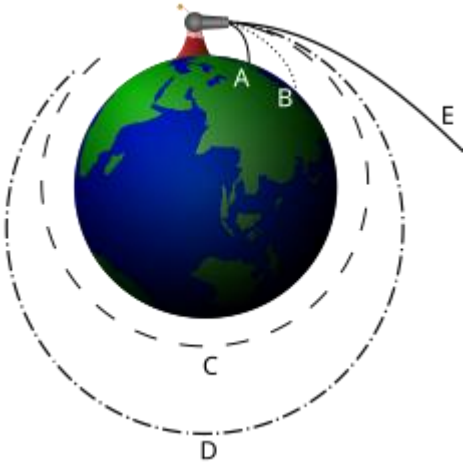
Введение

в 20 веке военный потенциал стран определялся по количеству танков, кораблей и самолетов, а в двадцать первом веке главным фактором мощи государства стали межконтинентальные баллистические ракеты. Они способны в считанные минуты пересечь океан и нанести противнику непоправимый урон.

История развития межконтинентальных баллистических ракет

Первым делом, история создания межконтинентальных баллистических ракет (МБР) начинается в середине 20 века , а если точнее в 1938 году , когда немецкие ученые химики Отто Ган и Фриц Штрассман расщепляют ядро атома урана , а это значит , что из него можно извлекать огромное количество энергии, которое можно использовать как для создания больших взрывов, так и для получения очень большого количества дешёвого электричества. Уран 235 является ключевым элементом этой эпохи. Уран 235 называется так, потому что в нем 143 нейтрона и 92 протона, и сила, которая их держит, одна из самых сильных в природе. Но самое главное, при добавлении всего лишь одного нейтрона, как в ту же секунду ядро распадается на части, что приводит к цепной реакции. И вот тогда ученые поняли, что если в руках агрессора, а именно фашистской Германии, появится новейшее оружие, то победить Германию станет невозможно. Поэтому не безызвестный Альберт Эйнштейн, эмигрировавший в США, намекнул американскому президенту Франклину Рузвельту, что нельзя дать Германии создать оружие, которое может изменить ход событий, что и сподвигло всех американских ученых-физиков приступить к изучению и созданию своей бомбы. В период Второй мировой войны у США получилось опередить Германию в создании атомной бомбы. В 1946 году началась холодная война между Соединенными Штатами и Советским Союзом, которая привела к гонке вооружений. Первоначально концепция создания баллистических ракет возникла на основе технологий, разработанных в ходе Второй мировой войны, особенно связанных с немецкой ракетой Фау-2. В 1945 году, после окончания войны, СССР и США получили доступ к немецким ракетным технологиям. В 1955 году Советский Союз испытал свою первую межконтинентальную баллистическую ракету Р-7, которая имела дальность около 8000 км и могла доставить ядерный боезаряд. Это событие стало важным этапом в ракетной гонке, продемонстрировав способность СССР угрожать американским территориям. В США также началась активная разработка своих собственных МБР.

Структура и характеристики МБР



Межконтинентальные баллистические ракеты (МБР) представляют собой сложные системы оружия, предназначенные для доставки ядерных, химических или обычных боеголовок на дальние расстояния – чаще всего более 5500 километров. МБР получила свое название из-за того, что ее движение осуществляется по так называемой баллистической траектории. Баллистика — это наука, основанная на физике и математике, которая изучает движение брошенного в пространстве тела, а точнее, подброшенного тела, и относится к описанию работы баллистических ракет. В отличии от обычных ракет, которые работают от двигателя и движутся по прямой траектории, баллистические ракеты работают благодаря так называемому «подбрасыванию» в воздух. Исходя из этого любая баллистическая ракета несмотря на то, что она является сложнейшим устройством, которая вобрала в себя множество высоких технологий, по большому счету, состоит из двух основных частей, а именно: разгоняющая часть и, так называемая, полезная нагрузка. Если быть более точным, то ракета состоит из ядра, системы наведения и управления, маршевого двигателя и боевой части. Ядро – это центральная часть ракеты, в которой размещены все жизненно важные системы. Система наведения обеспечивает точность попадания в цель, которая достигается благодаря использованию различных технологий на основе инерциальной навигации, спутниковой связи и средств коррекции траектории. Маршевый двигатель, как правило, является жидкостным или твердотопливным и многие другие компоненты и технологии.

Будущее технологий межконтинентальных баллистических ракет

Будущее технологий межконтинентальных баллистических ракет (МБР) представляет собой область, богатую как возможностями, так и вызовами. С учетом быстро развивающихся технологий и изменяющейся международной обстановки, акцент в разработках МБР смещается в сторону повышения точности, скорости, мобильности и защиты от средств противоракетной обороны. Одним из ключевых направлений будущих технологий является создание гиперзвуковых ракет. Эти ракеты способны развивать скорость, превышающую скорость звука, что делает их практически неуязвимыми для существующих систем ПВО. Гиперзвуковое движение требует новых материалов и технологий для обеспечения устойчивости к высоким температурам и нагрузкам при полете, что

стимулирует научные исследования в этой области. Также значительное внимание уделяется улучшению навигационных систем и систем управления. Применение искусственного интеллекта и автономных технологий в управлении МБР позволит повысить их реактивность и адаптивность на поле боя. Интеграция спутниковых навигационных систем нового поколения, таких как GPS и глобальные системы, может обеспечить точность поражения целей с минимальными вероятностями отклонений. Таким образом, будущее технологий межконтинентальных баллистических ракет будет определяться не только техническим прогрессом, но и реакцией международного сообщества на эти изменения. Инновационные разработки могут как повысить уровень безопасности, так и, наоборот, спровоцировать новые угрозы, поэтому балансирование между развитием технологий и укреплением глобальной безопасности останется важнейшей задачей для государств и международных организаций.

Вывод

Межконтинентальные баллистические ракеты (МБР) играют значительную роль в обеспечении международной безопасности и стабильности. Они представляют собой основное средство стратегического сдерживания, являясь частью ядерного арсенала стран с мощными военными потенциалами. Их наличие изменяет динамику военного баланса и создает сложные условия для дипломатических отношений. С одной стороны, МБР служат сдерживающим фактором, но, с другой стороны, они являются очень опасным оружием, применение которого может привести к очень страшным последствиям как для людей, так и для планеты.

Так пускай МБР будут всегда сдерживающим фактором, и не будут использоваться в целях уничтожения людей и победы.

Литература

1. Григорьев А.В. «Ракетное оружие и средства доставки». — М.: Военное издательство, 2018. — 320 с.

2. Козлов В.И. «Межконтинентальные баллистические ракеты: история и перспективы». — СПб.: Наука, 2020. — 256 с.

УДК 539.12.047

РАДИОХИРУРГИЯ В МЕДИЦИНЕ

Субоч Я.А., Макаренко Н.С.
Научный руководитель – Маркова Л.В., д.т.н.

В настоящее время существует целый ряд методов борьбы с онкологией, каждый из которых имеет свои особенности, рекомендации к применению, побочные эффекты. Например, химиотерапия позволяет лечить рак и уничтожать злокачественные образования при помощи медикаментов, однако этот метод часто вызывает побочные эффекты: выпадение волос, ослабление иммунной системы. Лучевая терапия может повредить здоровые ткани в окрестности опухоли. Хирургия имеет ограничения по применению, например, если опухоль находится вблизи очень важных и чувствительных органов.

В последние годы быстро развивается новое направление в борьбе с онкологией – радиохирургия [1]. Она позволяет сформировать точный ионизированный пучок излучения и направить его прямо на опухоль, что в свою очередь сильно минимизирует воздействие на окружающие здоровые ткани. Этот пучок частиц либо напрямую воздействует на ДНК, вызывая разрыв нити, либо ионизирует воду в клетке и создает свободные радикалы, что также повреждает ДНК и делает клетку неспособной к размножению.

Многие системы, которые используются в радиохирургии, работают на основе линейного ускорителя (Linac). Принцип его работы заключается в генерации частиц и дальнейшем их ускорении в магнитном поле [2]. Ускоритель включает в себя источник частиц *И*, представляющий собой устройство, катод которого под нагревом испускает электроны (рис.1). Эти электроны проходят ускоряющую систему, состоящую из электродов *Э1, Э2, Э3, Э4*, выполненных в виде полых цилиндров, в которых с помощью генератора *Г* формируется переменное электрическое поле напряжённостью *E*. Распределение потенциала *V(x)* электрического поля обеспечивает нахождение электрона в зоне ускоряющего поля в каждый момент времени.

Методы, используемые в радиохирургии, различаются по способу фокусировки и позиционирования самого пучка. Так, в системе кибер-нож для позиционирования луча используется роботизированный механизм, напоминающий руку [3]. Он облучает опухоль под различными углами и с минимальной погрешностью. В то же время для фокусировки ионизированного пучка можно использовать технологию мультилистового коллиматора (МЛК), представляющего собой 120 тонких металлических пластин, положение каждой из которых регулируется своим шаговым двигателем [4]. Это позволяет сформировать отверстие в коллиматоре,

точно повторяющее форму опухоли. В качестве преимущества данной технологии можно отметить высокую точность облучения.

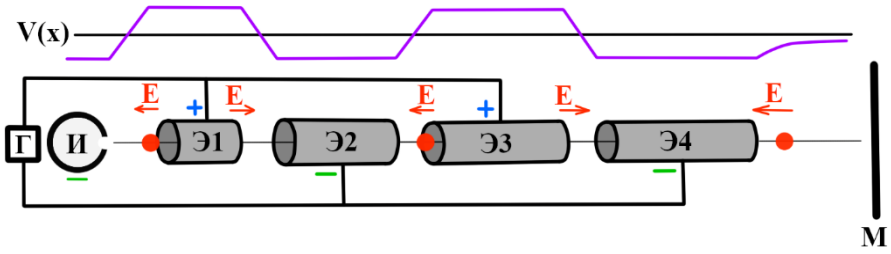


Рис.1. Принцип работы линейного ускорителя:
И – источник частиц; *Э1, Э2, Э3, Э4* – полые цилиндрические электроды; *Г* – генератор переменного напряжения; *E* – напряжённость электрического поле; *V(x)* – график распределения потенциала по длине ускорителя; *M* – мишень.

В качестве альтернативы МЛК для лечения патологических образований в головном мозге используется система гамма-нож [5]. Множество источников излучения (кобальт-60), испускают гамма-кванты, которые, проходя через узкие каналы, формируют тонкие пучки (рис. 2). Каждый из них по отдельности не обладает достаточной мощностью для повреждения тканей, но их энергия суммируется в заданной точке схождения, что минимизирует воздействие лучей на здоровые ткани. Такая точность достигается при помощи специальной стереотаксической рамки, которая крепится к черепу и фиксирует его и саму опухоль в пространстве. Далее проводится компьютерная томография (КТ) или магнитно-резонансная томография (МРТ), дающие наглядное изображение злокачественного образования. После этого специальное программное обеспечение рассчитывает необходимую дозу, углы облучения, количественно задействованных пучков.

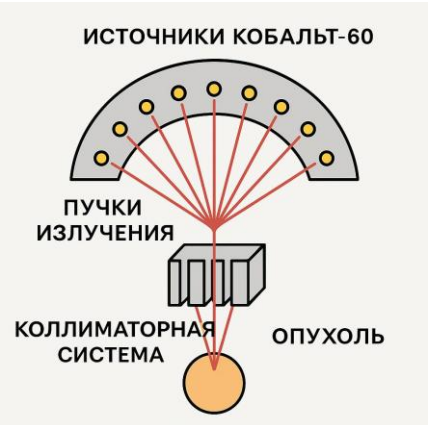


Рис.2. Принцип работы гамма-ножа.

Несмотря на отмеченные достоинства, радиохирургия имеет ряд проблем. С ее помощью безопасно облучают лишь мелкие опухоли (3–4 *см* в диаметре). Это связано с тем, что более высокая доза может навредить организму. Из-за своего длительного лечения радиохирургию не применяют в экстренных случаях. Также для обеспечения ювелирной точности необходимо строгая фиксация опухоли в пространстве. Это может достигаться различными методами, начиная от каркасов, масок и матрасов и заканчивая датчиками, отслеживающими даже самые мелкие движения опухоли.

На данный момент некоторые проблемы решить довольно сложно. Однако обеспечить фиксацию опухоли удалось при помощи новейших технологий. Система MR-Linac собрала в себе магнито-резонансный томограф и линейный ускоритель в одном аппарате [6]. Благодаря безвредной технологии МРТ можно с высокой точностью отслеживать положение опухоли в пространстве в реальном времени, а линейный ускоритель в свою очередь уничтожает злокачественные образования.

Радиохирургия – это высокоточный, неинвазивный метод борьбы с раком. В ней используются различные системы, каждая из которых имеет свой принцип работы, область применения и технологии. Несмотря на все разнообразие этих систем недостатки, связанные с размерами опухоли и длительным сроком лечения, минимизировать все еще проблематично. Но благодаря новейшей системе MR-Linac проблему фиксации опухоли практически удалось устранить.

Литература

1. Lozano, A.M. Textbook of stereotactic and functional neurosurgery / A.M. Lozano, P.L. Gildenberg, R.R. Tasker — Berlin: Springer, 2009. — 3287 p.
2. Linear accelerator technology: proc. of the CAS2016 «Free Electron Lasers and Energy Recovery Linacs», Hamburg (Germany), 31 May – 10 June 2016 / ed.: D. Alesini – Geneva : CERN, 2017. — 643 p.
3. Adler, J.R. CyberKnife: a robotic radiosurgery system / J.R. Adler, S.D. Chang, M.J. Murphy // Radiosurgery. Vol. 6. / J.R. Adler, S.D. Chang, M.J. Murphy — Berlin, 2010. — Chap. 30. — P. 433–452.
4. Galvin, J.M. Characterization of a multileaf collimator system / J.M. Galvin, A.R. Smith, B. Lally // International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics. — 1993. — Vol. 27, Iss. 1. — P. 181–192.
5. Lunsford, L.D. Gamma Knife neurosurgery / L.D. Lunsford, A. Niranjan, D. Kondziolka — New York : Thieme Medical Publishers, 2015. — 376 p.
6. Lagendijk, J.J.W. The magnetic resonance imaging–linac system / J.J.W. Lagendijk, B.W. Raaymakers, M. van Vulpen // Seminars in Radiation Oncology. — 2014. — Vol. 24, No. 3. — P. 207–209.

УДК 534.8

ПСИХОАКУСТИКА В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

Лесота А.Н., Карпейчик Д.А.
Научный руководитель – Маркова Л.В., д.т.н.

В современном мире, ввиду повсеместной урбанизации, развития производства, роста населения всё большее количество факторов оказывает воздействие на органы слуха, что может негативно сказываться на нашем здоровье. Исследованиями возникновения, передачи и восприятия звуков занимаются различные направления современной акустики, одним из которых является психоакустика – научная дисциплина, изучающая психологические и физиологические особенности восприятия звука человеком.

В данной работе выполнен анализ двух важных проблем, решаемых в рамках психоакустики: негативное влияние шума на человека и проблема определения расположения источника звука (проблема локализации).

Цель работы: выявить перспективные направления решения проблемы негативного влияния шума на человека и проблемы локализации источника звука.

Негативное влияние шума на человека. Источниками шума могут быть как искусственный шум на строительных объектах, промышленных комплексах, энергетических предприятиях, транспортный шум, так и шум природных явлений (ветер, гром, молния и др.).

Длительное воздействие громкого шума (выше 85 дБ) может стать причиной временной или даже постоянной потери слуха человека, что обусловлено физиологическим строением слухового аппарата. Шум также влияет негативно на когнитивные способности и психоэмоциональное состояние человека вследствие действия шума на мозг человека. Исследования показали, что низкочастотный шум (ниже 200 Гц) может вызывать изменения в способностях, связанных с получением, обработкой, использованием и пониманием информации, которые включают в себя различные функции, такие как внимание, обучение, память, чтение, рассуждение и вычисление [1]. Установлено негативное влияние шума на сердечно-сосудистую, эндокринную и нервную системы человеческого организма, а также на обучение и социальное поведение. В отчёте Европейского агентства по окружающей среде за 2020 год говорится, что более 22 миллионов человек страдают от шума [2], что подчёркивает актуальность решения задачи снижения воздействия шума.

В настоящее время для решения задачи снижения уровня громкости технологических шумов на предприятиях используются панели, в которых звукопоглощающим элементом является или базальтовое волокно (панели

Саундлюкс Техно Баффл), или древесное волокно на магнезитовом связующем (панели Герадизайн). Может быть использовано также акустическое покрытие, такое как Сонаспрей, основным компонентом которого являются крупнодисперсные хлопья целлюлозы (5-7 мм).

Особый интерес представляет методика активного шумоподавления, которая уже применяется в различных моделях наушников и заключается в следующем. Звуки внешней среды (шум) записываются в реальном времени с помощью микрофонов, установленных на корпусе наушников. Чтобы избавиться от этого шума генерируют сигнал, находящийся в противофазе с исходным сигналом. Шумоподавление достигается в результате сложения исходного сигнала и генерированного шума [3].

Для ограничения последствий воздействия шума на здоровье человека Всемирная организация здравоохранения сформулировала рекомендации по ограничению уровней шума, производимого средствами транспорта (автомобильного, железнодорожного, воздушного), ветряными турбинами и во время развлекательных мероприятий, в «Руководстве по вопросам шума в окружающей среде».

Соблюдение комплекса мер, включающих разработку эффективных звукопоглощающих материалов, внедрение активного шумоподавления и соблюдение рекомендаций Всемирной организации здравоохранения, позволит защитить физическое и психоэмоциональное здоровье населения.

Проблема локализации источника звука актуальна, в частности, в системах оповещения при возникновении чрезвычайных ситуаций на предприятиях, когда необходимо исключить нахождение рабочего персонала в зоне аварии, или при определении зоны, в которой нарушен технологический процесс [4].

Наличие двух приемников слуха обеспечивает человеку возможность воспринимать пространственный звуковой мир и оценивать перемещение звуковых сигналов в нём, что помогает решить проблему определения положения источника звука. В системе оповещения может использоваться источник или стереозвука, или монозвука. При использовании стереозвука в сигналах, доходящих до ушей, имеются небольшие различия в характеристиках, что затрудняет точное определение источника. В случае монозвука этих различий в восприятии нет, поэтому для решения проблемы определения источника звука в пространстве лучше использовать системы с монозвучанием, так как оно легче локализируется.

Дальнейшие исследования строения уха человека и особенностей восприятия звуков в рамках психоакустики позволят разработать источники звука систем оповещения, обеспечивающие высокую точность определения их локализации.

Литература

1. Effect of low-frequency noise exposure on cognitive function: a systematic review and meta-analysis / P. Liang, J. Li, Z. Li [et al.] // BMC Public Health. – 2024. – Vol. 24, № 1, 125. URL: https://doi.org/10.1186/s12889-023-17593-5 (date of access: 20.03.2025).

2. Effects of noise exposure and mental workload on Physiological Responses during Task Execution / Y. Fan, J. Liang, X. Cao [et al.] // Int J Environ. Res. Public Health. – 2022. – № 19, 12434. URL: https:// www- mdpi- com-s. libad min. webvpn. net. cn/ 1660- 4601/ 19/ 19/ 12434 (date of access: 20.03.2025).

3. Real time reduction of HVAC noise using a FPGA/ P. Kasbekar, A. Wisler, I. Panahi//Proceedings of IEEE Southeastcon. –Jacksonville, USA, 201.– P.1-5.

4. Thurlow, W.R. Audition / W.R. Thurlow // Woodworth & Schlosberg's Experimental psychology / J.W. Kling, L.A. Riggs, – 3rd edition. – Holt, Rinehart & Winston, 1971 – P. 267-268.

УДК 621.31

СОГЛАСОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАЗЛИЧНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Понфиленко В.В.
Научный руководитель – Хорунжий И.А., к.ф.-м.н., доцент

Среди электрогенераторов наиболее распространены электромеханические генераторы переменного тока. Они преобразуют механическую энергию вращения ротора в энергию переменного тока, возникающего благодаря явлению электромагнитной индукции. Солнечные батареи производят постоянный ток, а ветрогенераторы вырабатывают переменный ток, имеющий непостоянную частоту. При использовании разных источников тока, объединяемых в одну энергосистему, возникает проблема согласования параметров разных энергосистем [1].

Важное отличие между переменным и постоянным током заключается в том, что переменный ток может быть сравнительно легко преобразован к различным уровням напряжения с помощью трансформаторов, а для постоянного тока это невозможно. По указанной причине переменный ток является более подходящим для передачи электроэнергии на большие расстояния, так как его можно передавать на высоких уровнях напряжения, а затем понижать напряжение до более низких значений, приемлемых для использования в домах и на предприятиях. Кроме того, переменный ток может быть сгенерирован не зависимо от погоды, времени суток и более

эффективно, чем постоянный ток, что является еще одной причиной его широкого использования в электрических сетях во всем мире.

Солар II— крупнейшая в Беларуси солнечная электростанция – находится в деревне Соболи Брагинского района. Это самый южный район Беларуси. Здесь 1900 солнечных часов в году. Особенностью данной станции является то, что она построена на территории, которая пострадала от аварии на Чернобыльской АЭС. Эти земли малопригодны для ведения сельского хозяйства, но становятся востребованными для производства электроэнергии.

Солнечная электростанция может быть подключена к энергосистеме через сетевой инвертор, который преобразует постоянный ток от солнечных панелей в переменный ток, соответствующий стандарту сети.

Ветроэнергетика является нерегулируемым источником энергии. Выработка энергии ветрогенератором зависит от силы ветра – фактора, отличающегося большим непостоянством. Ветрогенераторы работают на основе преобразования кинетической энергии ветра в электрическую энергию. Они состоят из нескольких основных компонентов: мачты, лопастей воздушного винта, генератора и системы управления. Ветрогенератор вырабатывает переменный ток, используя явление электромагнитной индукции, преобразующей кинетическую энергию вращения ротора, в электрическую энергию. Частота вырабатываемого тока изменяется в зависимости от ветрового напора, поэтому выработанный переменный ток приходится сначала преобразовывать в постоянный, а затем с помощью инверторов [2, 3] снова в переменный, соответствующий параметрам электрической сети.

Инвертор [2, 3], или частотный преобразователь, – это электронное устройство, предназначенное для преобразования напряжения и частоты электрического тока к другим значениям. Основная функция заключается в конвертации постоянного тока (DC) в переменный ток (AC) или наоборот AC в DC. Такие электронные преобразователи используются в самых разнообразных областях, от бытовых приборов до систем автоматизации на производствах. Принцип работы инвертора заключается в изменении характера тока с помощью электронных компонентов, таких как полупроводниковые ключи – транзисторы и диоды. *Транзисторы могут усиливать и коммутировать сигналы, управляя потоком электронов, а диоды позволяют току течь только в одном направлении, благодаря свойству p-n перехода.* Современные инверторы, особенно гибридные [4], демонстрируют высокие значения КПД, достигающие 95-99%, выходное напряжение переменного тока инвертора часто регулируется так, чтобы оно было таким же, как напряжение в линии электропередачи, обычно это *240 В переменного тока на уровне распределения* , даже при изменениях нагрузки, которую приводит в действие инвертор. Существуют различные типы

инверторов, каждый из которых применяется исходя из требований к напряжению, мощности и качеству выходного сигнала.

В работе инвертора есть несколько этапов:

1. Подготовка постоянного тока: поступающий постоянный ток зачастую подвергается сглаживанию для минимизации пульсаций с помощью фильтров.
2. С помощью силовой электроники постоянный ток преобразуется в переменный. Это может быть достигнуто путём модуляции широты импульсов, которая контролирует время и частоту открытия и закрытия ключей.
3. Формирование выходного сигнала: через манипуляции с формой и частотой импульсных последовательностей получается нужная форма переменного напряжения (чаще всего синусоидальная или модифицированная синусоидальная).

Таким образом, инверторы играют важную роль в современных электрических сетях. Существует несколько основных способов и топологий инверторов, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки.

В заключение следует отметить, что тема согласования энергосистем постоянного и переменного тока является актуальной и важной для развития современной энергетики. Эффективное взаимодействие между двумя типами систем необходимо для интеграции возобновляемых источников энергии, повышения эффективности передачи электроэнергии и обеспечения надежности энергоснабжения

Литература

1. Smart Grid или умные сети электроснабжения. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://eneca.by/novosti/energetika-i-energoeffektivnost/smart-grid-ili-umnye-seti-elektrosnabzheniya – Дата доступа: 11.05.2025.
2. Инвертор: основные принципы работы и области применения. [Электронный ресурс].– Электронные данные.– Режим доступа: https://unitmc.ru/news/invertor-osnovnye-principy-raboty-i-o/ – Дата доступа: 10.05.2025.
3. Преобразователи DC-DC: виды, принцип работы и применение. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://www.shtyl.ru/support/articles/dc-dc-preobrazovateli-vidy-princip-raboty-i-primenenie/?srsltid=AfmBOorSg4sfU7rYvpDLfCeqMflITChgx1xn09N2arKt zx6niInh40y3 – Дата доступа: 12.05.2025.
4. Гибридный инвертор для солнечных электростанций – устройство, принцип работы, как выбрать для дома, дачи, бизнеса. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://dzen.ru/a/X3BAJd8pLREJb8Kf – Дата доступа: 12.05.2025.

УДК 620.91; 621.383.51

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ КПД СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Даниленко К.А., Вершило Г.Г.
Научный руководитель – Хорунжий И.А., к.ф.-м.н., доцент

Современная энергетика сталкивается с необходимостью перехода к устойчивым и экологически чистым и возобновляемым источникам энергии. Солнечная энергетика, основанная на фотоэлектрическом преобразовании, играет ключевую роль в этом процессе [1-4]. Современные солнечные батареи имеют КПД около 18 %, хотя теоретически их КПД может достигать 83 %. В Беларуси солнечная энергетика тоже развивается. Первые проекты появились в 2010-х годах, а к 2023 году общая мощность солнечных электростанций в РБ достигла около 300 МВт.

Развитие солнечной энергетики в РБ сдерживают климатические условия (пасмурная погода, зима) и высокие первоначальные затраты. Повышение КПД солнечных батарей является важным условием более широкого использования солнечных батарей, т.к. позволяет получать приемлемую мощность генерации даже при более низкой освещенности и меньшей продолжительности светового дня. Одним из методов повышения эффективности солнечных батарей является нанесение на традиционные кремниевые солнечные батареи перовскитных пленок, формируя структуру, состоящую из нескольких слоев. Перовскит $CH_3NH_3PbI_3$ обладает прямой запрещенной зоной шириной ~1.6 эВ, что больше, чем у кремния (~1,12В).

Сочетание материалов с разной шириной запрещенной зоны обеспечивает высокий коэффициент поглощения света в видимом диапазоне и, как следствие, более высокий КПД.

Дальнейшее повышение КПД солнечных элементов достигается благодаря текстурированию поверхности солнечной батареи и эффекта локализованного поверхностного плазмонного резонанса (ЛППР), который достигается путем осаждения на поверхность батареи наночастиц серебра.

Для уменьшения коэффициента отражения света поверхность кремния может быть текстурирована методом химического травления [5]. Текстурированная поверхность создает многократное отражение, увеличивая длину пути фотонов и повышая вероятность их поглощения. Создание текстуры поверхности кремния осуществляется в два этапа. На первом этапе проводится щелочное травление в 20% водном растворе NaOH при температуре 70-80°C в течение 10-15 минут. При таком травлении происходит преимущественное удаление атомов кремния вдоль кристаллографических плоскостей, что приводит к формированию пирамидальных структур высотой 3-5 мкм. На втором этапе обработки

проводится кислотное травление в растворе трех кислот – азотной, плавиковой и уксусной. Кислотное травление обеспечивает сглаживание вершин пирамид и удаление дефектного слоя. Созданная таким образом текстура поверхности увеличивает вероятность многократного отражения фотонов и снижает коэффициент отражения с 30% до 8-10%. Установлено, что оптимальный угол наклона пирамид 54.7°, он обеспечивает максимальное поглощение.

Подготовленная вышеописанным способом пластина кремния с текстурированной поверхностью служит в качестве подложки для нанесения тонкой перовскитной пленки $CH_3NH_3PbI_3$. Достоинствами такой структуры являются относительно низкая стоимость сырья и простые методы нанесения. Такие пленки можно наносить на гибкие подложки (плёнки, пластик). Технология нанесения не требует высоких температур и вакуума. Перовскитные пленки обладают хорошей светопоглощаемостью – тонкий слой перовскита поглощает свет эффективнее кремния.

Дополнительным фактором, позволившим увеличить КПД современных солнечных элементов явилось нанесение на поверхность солнечного элемента серебряных наночастиц, которые усиливают поглощение за счет эффекта локального поверхностного плазмонного резонанса (ЛППР) который локализует электромагнитное поле вблизи поверхности, увеличивая вероятность поглощения фотонов активным слоем. Нанесение серебряных наночастиц осуществляется методом электронно-лучевого испарения и последующего осаждения, который позволяет получить на поверхности наночастицы серебра размером 40-60 нм. Концентрация наночастиц на поверхности составляет ~ 120 шт/мкм².

КПД солнечного элемента, имеющий описанную выше структу достигает 32.4% за счет комбинации широкозонного перовскита (1.6 эВ) и узкозонного кремния (1.1 эВ), что позволяет эффективно использовать широкий спектр солнечного излучения. При этом наличие серебряных наночастиц добавило 3.2% абсолютных процентов к КПД за счет увеличения поглощения в перовскитном слое.

Литература

1. Моделирование вертикальной тонкопленочной солнечной батареи при воздействии концентрированного солнечного излучения / А. К. Есман [и др.] // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. 2024. Т. 67, № 5. С. 381–392. https://doi.org/10.21122/1029-7448-2024-67-5-381-392. 2. Новые технологии развития солнечных панелей — повышение производительности и эффективности [Электронный ресурс]. -Режим доступа: https://www.elec.ru/publications/alternativnaja-energetika/7212/ – Дата доступа: 01.05.2025.

3. Ученые нашли способ повысить эффективность солнечных батарей из перовскита [Электронный ресурс]. -Режим доступа: https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/nauka/66219/ – Дата доступа: 05.05.2025.

4. Новейшие технологии солнечных элементов и модулей/ Каргиев В.М. [Электронный ресурс]. -Режим доступа: https://www.solarhome.ru/basics/solar/pv/modern-solar-cells.htm – Дата доступа: 05.05.2024.

5. Создание наноструктурированной поверхности кремния методом селективного химического травления/ А.Б. Сагындыков [и др.]// Журнал технической физики, 2017, том 87, вып. 11, С.1673–1676. https://www.researchgate.net/profile/Kh-Abdullin/publication/320519580_Sozdanie_nanostrukturirovannoj_poverhnosti_kremnia_metodom_selektivnogo_himiceskogo_travlenia/links/5aa6a2bdaca27291845fe60d/Sozdanie-nanostrukturirovannoj-poverhnosti-kremnia-metodom-selektivnogo-himiceskogo-travlenia.pdf .

УДК 53.06

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ В НЕПРОЗРАЧНОЙ ТРУБЕ БЕЗ МЕХАНИЧЕСКОГО ПРОНИКНОВЕНИЯ ВНУТРЬ НЕЁ ТЕПЛОВЫМ МЕТОДОМ

Булахов Ф. К.
Научный руководитель – Блинкова Н. Г., к.ф.-м.н., доцент

В данной работе предлагается метод регистрации и определения направления течения жидкости в непрозрачной трубе без механического проникновения внутрь неё. Данная тема актуальна в сфере жилищно-коммунальных услуг, промышленности и гидроэнергетики в связи с повсеместной цифровизацией производств. Цель работы – проверка эффективности метода в лабораторных условиях, нахождение оптимальных параметров компонентов для достижения максимальной эффективности метода.

Принцип работы теплового метода.

Рассмотрим трубку, заполненную водой, находящейся в состоянии покоя (рис. 1). Нагреем (или охладим) небольшой участок трубки и установим датчики температуры на границах прогретого (охлаждённого) участка, при этом создадим условия равенства температур датчиков. Если вода начнёт течь по трубе в направлении датчика В, то этот датчик под действием температуры воды будет подвергаться нагреву (охлаждению), а датчик А –

наоборот, охлаждаться (нагреваться) за счёт прибывающих порций воды из трубы. Таким образом возникнет разность температур датчиков. Зафиксировав перепад температуры и идентифицировав среагировавший датчик, можно однозначно установить факт течения и его направление.

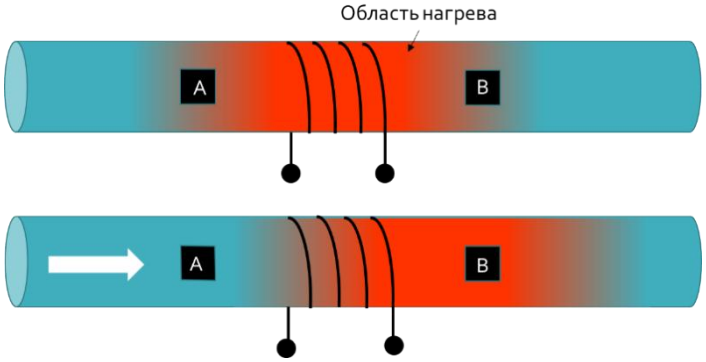


Рис.1. Принцип действия теплового метода.

Термисторы сопротивления.

В качестве датчиков будут использоваться термисторы сопротивления с крутизной характеристики B = 4000 K. Исходя из графика зависимости (рис. 2), увеличение температуры таких резисторов на 1°C приводит к уменьшению сопротивления на 5%.

Мост Уитстона.

Для определения изменения разности температур термисторов мной была использована электрическая схема, носящая название «Мост Уитстона» (рис. 3). Схема была предложена в 1833 г. Самюэлем Хантером Кристи, усовершенствована в 1843 г. Чарльзом Уитстоном, после чего и получила своё название. Она представляет собой ромб из четырёх резисторов сопротивления. В одну диагональ включен источник тока, в другую – чувствительный прибор, измеряющий напряжение или ток. Если напряжение между крайними узлами внутренней диагонали равно нулю, то мост считается сбалансированным. Условие балансировки моста выражается как равенство отношений сопротивлений: $R_1/R_2=R_3/R_4$. Для балансировки моста в системе присутствует переменное сопротивление R_2, изменяя которое можно добиться нулевого

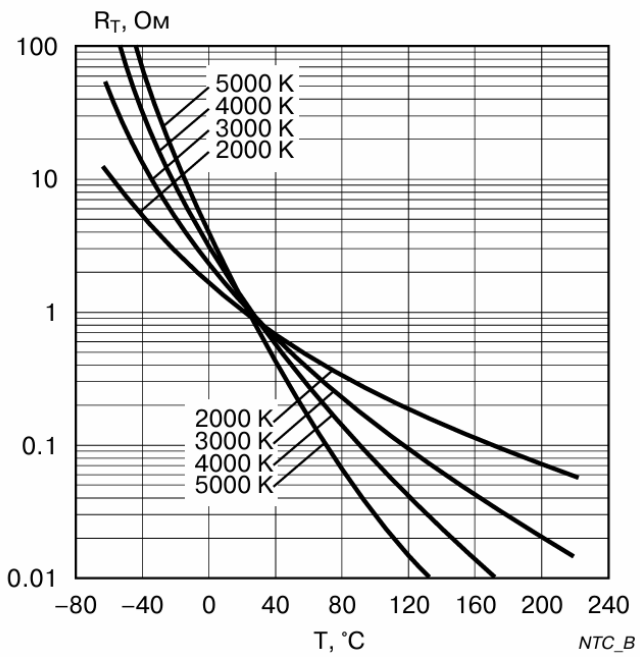


Рис. 2. Типовая зависимость сопротивления термистора от его температуры при различных значениях параметра B.

тока (напряжения) через измерительный прибор. В практической схеме термисторы A и B будут выполнять функцию резисторов 3 и 4. Они должны быть включены таким образом, чтобы уменьшение сопротивления одного и увеличение сопротивления другого приводили к максимальной разбалансировке моста. Существует также модификация моста Уитстона, в которой пара сопротивлений 1-2 выполнена в виде реостата с тремя клеммами.

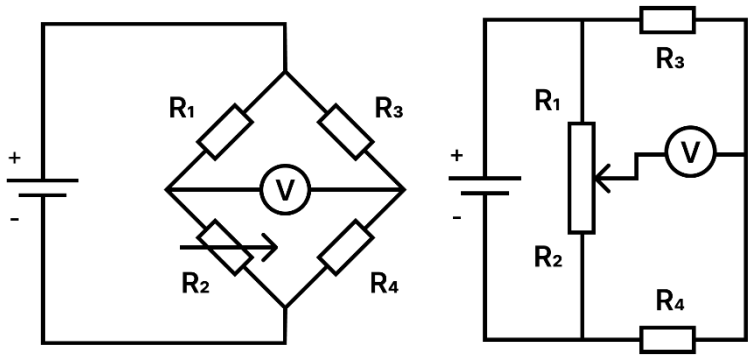


Рис.3 а, б. Мост Уитстона.
а (слева) – классическая вариация, б (справа) – с использованием реостата

Практическое применение моста Уитстона в заданных условиях.

Течение в трубке можно зафиксировать, если показания мультиметра в схеме начнут по модулю расти. Направление течения определяется по знаку показаний милливольтметра: в собранной установке (рис. 4, 5)

отрицательные значения свидетельствуют о течении от термистора А к термистору В. При течении в обратном направлении знак поменяется на противоположный. Измерения немного осложняет дрейф нуля моста Уитстона. Он возникает из-за конвекционных потоков и неоднородности температуры в лаборатории и характеризуется некоторой шириной $\Delta U_{моста}$. Чтобы корректно зафиксировать факт течения, необходимо убедиться, что разбалансировка моста, вызванная изменением температуры термисторов, больше обычного дрейфа моста.

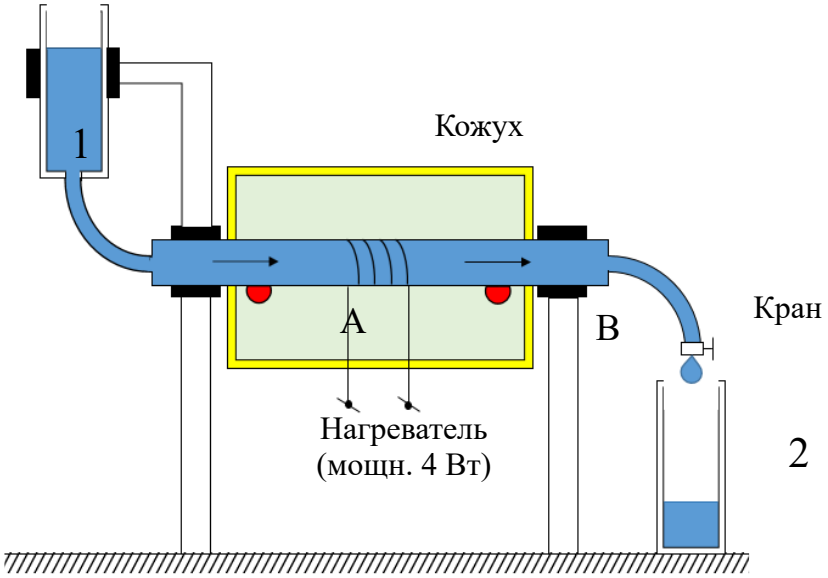


Рис. 4. Схема экспериментальной установки.
(1 и 2 – мерные цилиндры, А и В – термисторы)

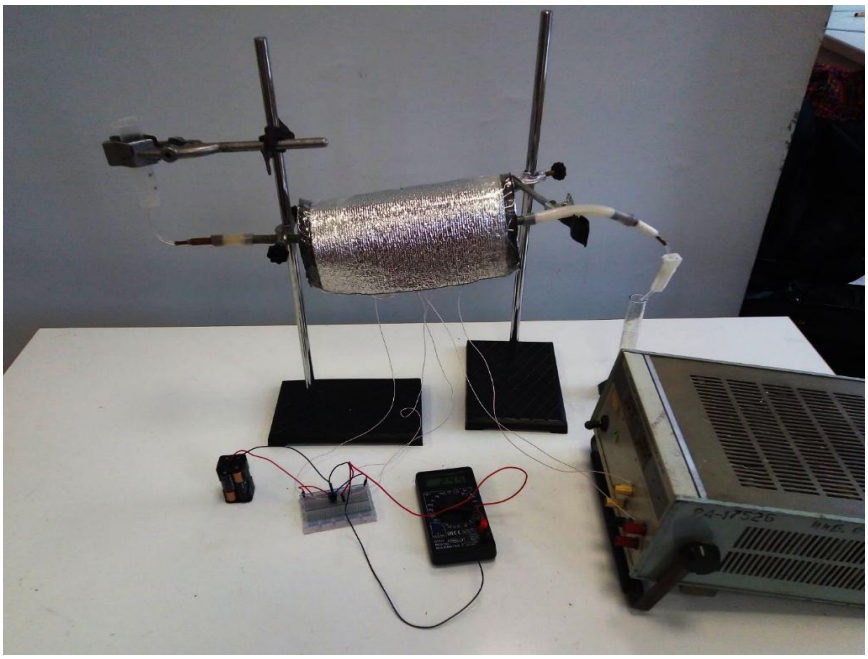


Рис.5. Экспериментальная установка.

Для проведения экспериментов было использовано следующее оборудование: источник питания постоянного тока Б5-47, мультиметр DT-832, термисторы сопротивления Siemens, трубка (нержавеющая сталь, стекло, пластмасса), мерные цилиндры лабораторные, кран от капельницы медицинский, кожух из пористого материала, секундомер, весы электронные лабораторные. Кожух уменьшает коридор дрейфа моста, ограничивая зону с датчиками от конвекционных потоков.

Методология проведения экспериментов:

1. При выключенном нагревателе регулируется и измеряется расход воды через трубку, затем конец трубки пережимается зажимом.
2. При нулевом расходе воды включается нагреватель и после выхода температур резисторов на постоянные значения (контроль по показаниям милливольтметра, включённого в диагональ моста) проводится балансировка путём изменения сопротивлений R1 и R2.
3. Зажим снимается и через трубку начинает протекать вода с известным расходом. При этом возникает разбаланс моста, который сравнивается с полученной ранее шириной дрейфа моста. Затем расход воды принудительно останавливается и наблюдается возвращение значений в коридор дрейфа. Если разбаланс, вызванный током воды оказывается больше ширины дрейфа моста, то наличие течения считается установленным. Данный разбаланс моста фиксируется и выносится на график зависимости.

Получение значений расхода воды G осуществляется по следующей формуле:

$$G = \frac{N m_0 \rho_в}{\tau_N} \qquad (1)$$

где количество капель N примем равным 20, τ_N – время, за которое вытек объём жидкости, равный N каплям (измерения проводятся секундомером), m_0 – масса одной капли (измерения параметра Nm_0 проводятся при помощи электронных лабораторных весов), $\rho_в$ – плотность воды (н.у.). Регулируемая скорость образования капель при помощи используемого крана – 1 капля за период времени от 1 до 400 с.

Анализ результатов.

Полученные значения отражены на графиках зависимости изменения разбаланса моста от расхода воды на рисунках 6. (1 – с использованием кожуха, 2 – без использования кожуха). Как видно, уменьшение расхода приводит к уменьшению и разбаланса моста. Также невооружённым взглядом заметно, что график «с кожухом» не такой прерывистый и резкий, как график «без кожуха». Наконец, при расходе 0.09 мл/мин, разбаланс моста практически сравнялся с шириной коридора дрейфа. Эту величину расхода и будем считать самым медленным потоком, который мы можем определить.

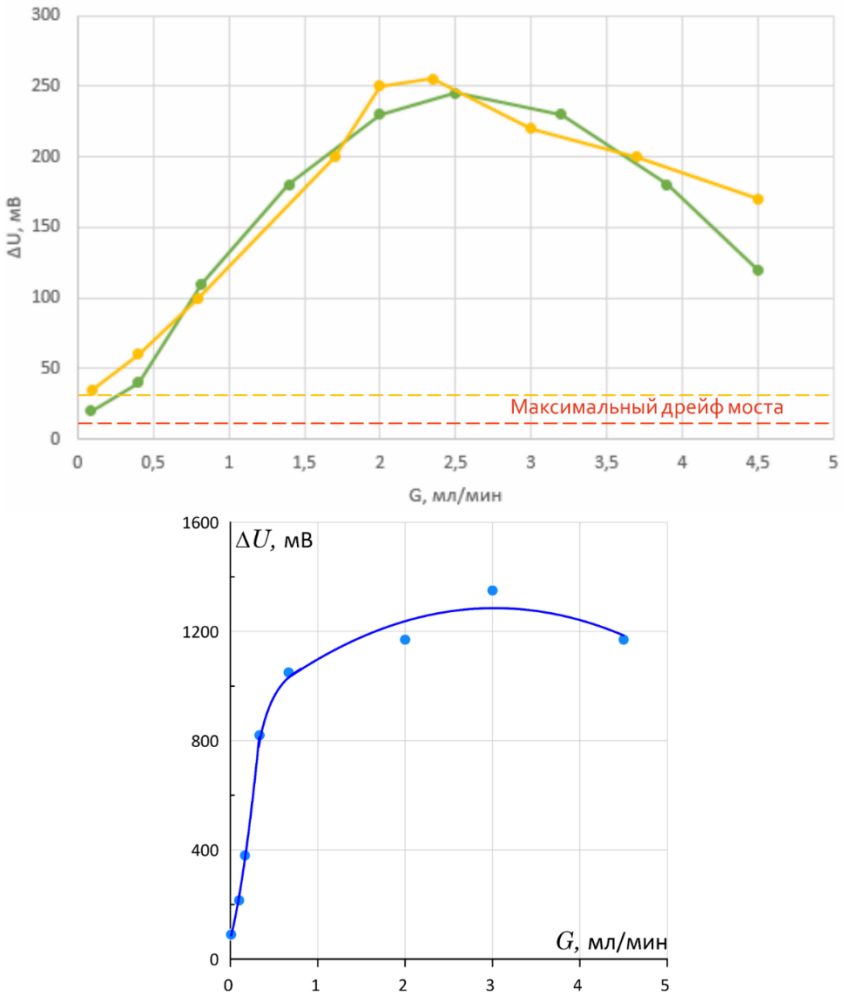


Рис.6.

Помимо расхода был также проварьирован параметр материала трубки. Зависимости 1, 2 получены при помощи трубки из нержавеющей стали. Зависимости, полученной с использованием стеклянной трубки и кожуха присвоен номер 3. В ходе этого эксперимента был достигнут минимальный регистрируемый расход – 0,0083 мл/мин, что соответствует скорости образования капель в размере 1 капли за 6 мин и 40 с. Эксперимент с пластмассовой трубкой не дал результатов в связи с плавлением материала.

Заключение.

Для определения направления течения использовался тепловой метод, в котором нагреватель располагается на стенке трубы на равном расстоянии от датчиков, а изменение температуры фиксируется термисторами, находящимися на стенках трубы по обе стороны от нагревателя и на равном расстоянии от него. Разность температур определялась с помощью электрической схемы «мост Уитстона» с включёнными в плечи моста термисторами. С помощью стальной трубки с внешним диаметром 10 мм и толщиной стенок 1,2 мм зафиксирован минимальный расход 0,09 мл/мин. С

помощью стеклянной трубки с внешним диаметром 7 мм и толщиной стенок 1 мм зафиксирован минимальный расход 0,0083 мл/мин. Исходя из проведённых экспериментов можно сделать вывод, что эффективность метода достаточно высока.

Сформулируем физические факторы, влияющие на чувствительность метода:

- С увеличением диаметра трубки (при сохранении расхода жидкости) чувствительность метода падает, так как жидкость течёт более медленно, значит и тепловая метка тоже переносится медленнее.
- С увеличением теплопроводности материала трубки происходит более быстрый погрев самой трубки, которая повышает температуру термисторов. В этом случае нагрев объясняется не переносом тепла движущейся жидкости, а прогревом трубки, т.е. чувствительность метода падает
- Плотность и теплоёмкость жидкости. Увеличение этих параметров повышает количество теплоты, необходимой на нагрев жидкости и, следовательно, увеличивает время, необходимое для прогрева жидкости.
- Увеличение толщины стенок трубки также увеличивает время прогрева прибора.
- Расстояние между термисторами должно выбираться таким образом, чтобы они находились на границе прогретой области и на одинаковом расстоянии друг от друга.
- При увеличении мощности нагревателя сокращается время прогрева системы, но также необходимо увеличивать расстояние между термисторами.

Также сформулируем характеристики «идеальной» установки: наличие качественной теплоизоляции, минимальная теплопроводность материала стенок и их толщина, минимальный диаметр трубки, умеренная мощность нагревателя (нельзя допустить плавления или иного вида деформации материала трубки), сохранение постоянного давления жидкости в трубке.

Литература

1. Библиотека электронных компонентов. Выпуск 5: Термисторы фирмы SIEMENS & MATSUSHITA — М.: ДОДЭКА, 1999, 48 с. ISBN-5-87835-042-4

2. Электротехнический справочник. В 3-х томах / Герасимов В. Г. и др. — 6-е издание. — М.: Энергия, 1980. — Т. 1. — 520 с.

УДК 534.3

СВИСТЯЩАЯ СЕТКА

Чернявская Е.Е., Третяк Т.О., Никитин Д. А
Научный руководитель – Блинкова Н.Г., к.ф.-м.н., доцент

В данной работе исследуется явление под названием «Свистящая сетка», возникающее при взаимодействии струи воды с металлической сеткой. Основное внимание будет уделяться факторам, которые влияют на звуковые характеристики этого явления.

Звук свиста появляется из-за того, что поток воды ударяется о металлическую решётку под определенным углом. При этом давление заставляет её деформироваться, а вода заполняет ячейки, образуя растущие капли. Когда их вес становиться достаточным, чтобы преодолеть поверхностное натяжение, они отделяются от поверхности. Решётка возвращается в исходное состояние, повторяя цикл и создавая характерный звук.

Чтобы понять, как разные параметры влияют на звучание, была разработана специальная установка, где можно регулировать угол наклона решётки и её положение по отношению к потоку воды. Эксперименты выявили: сокращение числа отверстий в решётке ослабляет звук, так как это уменьшает размер капель и степень деформации сетки. Частота звука растёт при угле наклона до 45, но снижается дальше, поскольку значительная часть струи больше не достигает решётки.

Существует прямая связь между скоростью струи жидкости и возникающей частотой звука. Расстояние до решётки также сказывается на частоте из-за изменения ускорения потока. Кроме того, повышение температуры жидкости снижает её поверхностное натяжение, что способствует более быстрому отделению капель и увеличивает частоту звучания.

При изучении различных конструкций сеток было замечено: если в них нет участков без прорезей, звук не возникает при небольших углах наклона, поскольку вода проходит сквозь отверстия слишком быстро. Для определения скорости отрыва капель был определён порог их массы, когда сила поверхностного натяжения уравновешивается гравитацией. На основе этих данных была разработана формула, связывающая критическую массу с периодом формирования капли, что позволило проверить существующие теории.

В конечном итоге экспериментальные данные подтвердили разработанные теоретические расчёты, показав существенное влияние характеристик жидкости, самой установки и параметров потока на издаваемые звуки (см рис.1). Это исследование углубляет понимание

взаимодействия жидкостей с твёрдыми материалами и открывает возможности для использования этого эффекта в практических целях.

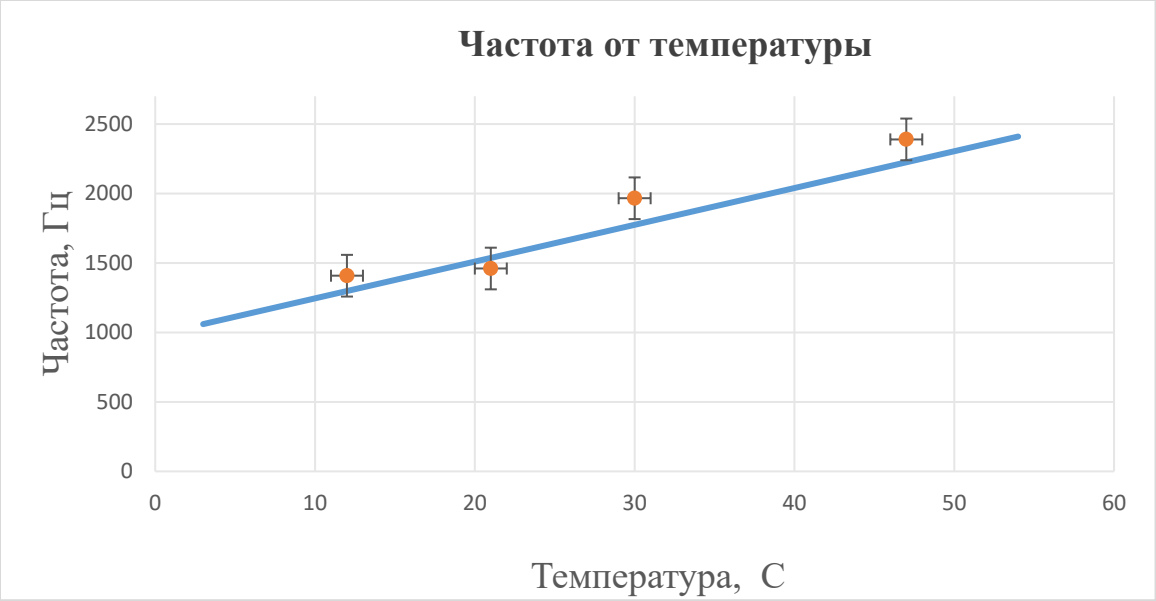


Рис.1. Сравнение теоретически и практически полученных данных с учетом погрешностей.

Это явление можно наблюдать не только при проведении подобных экспериментов, но и в повседневной жизни, например, при мытье чайного фильтра. Мы же предлагаем использовать это физическое явление для безопасной организации водопроводных труб как в бытовых, так и в промышленных условиях(см рис.2). Механизм работы заключается в следующем: в местах, наиболее подверженных потенциальному повреждению, устанавливается металлическая сетка, которая при возникновении утечки будет издавать свист. Также устанавливается датчик звука, который при возникновении частот, совпадающих со свистом сетки будет передавать сигнал об утечке. Громкость звука будет отображать масштаб повреждения, что позволит оперативно обнаружить проблему и заблаговременно ее исправить, тем самым сохранив больший объем необходимого всему живому ресурса – воды.

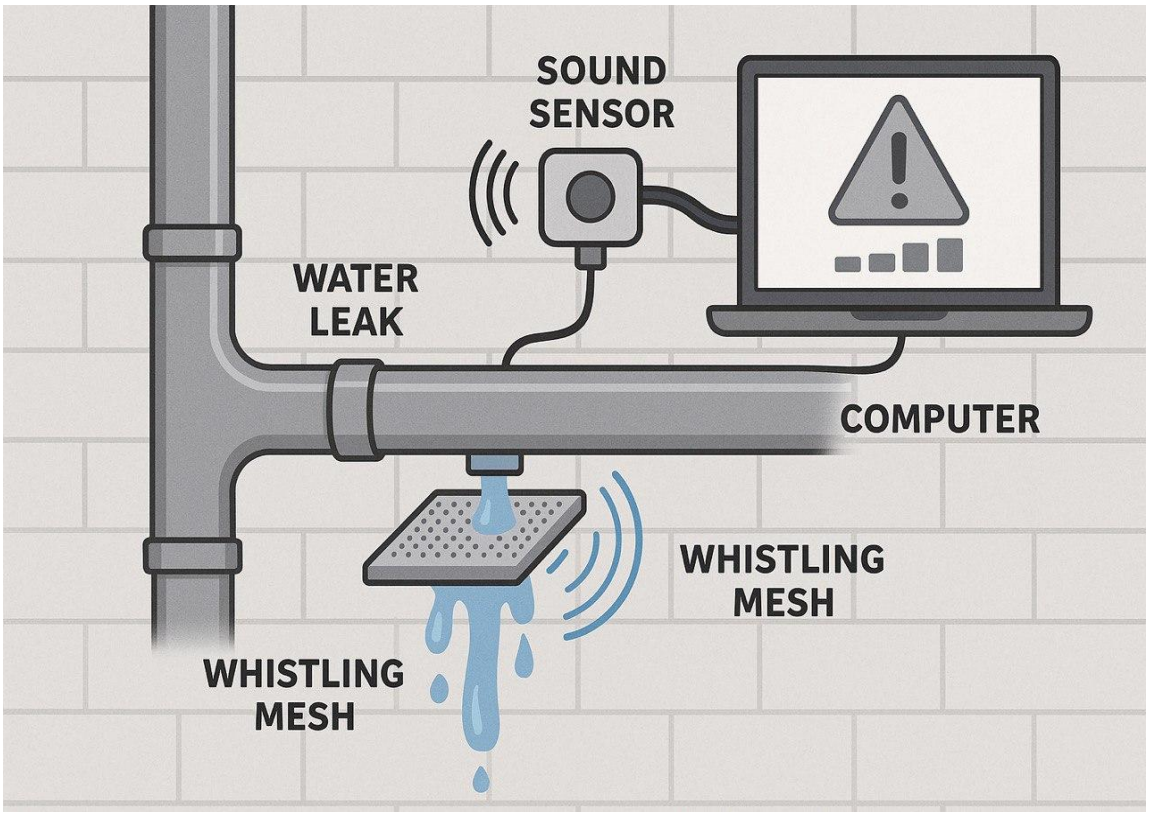


Рис.2. Схема организации безопасности водопроводных труб с помощью исследуемого эффекта.

Литература

1. М. Н. Пекунова. Колебания и волны: учебное пособие [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://www.osu.ru/docs/school/physics/oscillations_and_waves.pdf

2. Ф. Морз. Колебания и звук [Электронное пособие]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://t-library.net/book/7401

3. Г. С. Горелик, введение в акустику, радиофизику и оптику[Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://ikfia.ysn.ru/wp-content/uploads/2018/01/Gorelik1959ru.pdf

УДК 534.3:78

ЗВУКОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ И ЗАКОНЫ В МУЗЫКЕ

Летун М. А., Примкулова В. Х.
Научный руководитель – Блинкова Н. Г., к.пед.наук, доцент

В век информационных технологий людям стало особенно просто получить доступ к любому интересующему их контенту. Это касается и

музыки. В данной работе был проведен анализ физических процессов, происходящих во время воспроизведения музыки с помощью различных инструментов, и выявление математических закономерностей, их сопровождающих, а также исследование, касающееся истинности формулы, позволяющей рассчитать частоту звучания ноты в октаве.

Гармонией в музыке называется объединение звуков в созвучия и их упорядоченного последования. Гармония как научная и учебно-практическая дисциплина изучает звуковысотную организацию музыки. Также гармоничной называется (в том числе и в обиходной речи) приятная для слуха и постигаемая разумом слаженность звуков.

Среди всех звуков, которые мы слышим, есть такие звуки, которые называются шумом. Его особенность заключается в том, что его вызывают нерегулярные колебания некоторых объектов, которые, в свою очередь, сопровождаются нерегулярными колебаниями барабанной перепонки.

Говоря о музыкальном звуке с музыкальной точки зрения, мы можем определить следующие его характеристики: частота, амплитуда, скорость, тембр и тон.

Воспроизведению музыки могут сопутствовать различные физические явления, например, резонанс, реверберация, интерференция.

Рассмотрим игру на электрогитаре. Играя на электрогитаре мы приводим в движение струны, вибрации которых преобразует в электросигнал звукосниматель. В сердце звукоснимателя располагается магнит: он и создает вокруг себя поле. Когда в магнитное поле попадает металлический объект - в нашем случае - гитарная струна - он имеет свойство намагничиваться. Вибрируя, струна вызывает движение магнитного поля. Это, в свою очередь, приводит к возникновению магнитного тока в катушках, которые окружают магнит. Далее этот сигнал преобразует электроника гитары, по проводу переносит в комбоусилитель, и там этот сигнал становится опять звуком.

Таким образом, все музыкальные звуки можно описать с помощью математических уравнений.

В музыкальной гармонии в одной октаве находится 12 нот. Частоту звучания каждой из нот можно рассчитать по следующей формуле:

$$f(i) = f_0 2^{\frac{i}{12}}$$

Где: f_0 – частота первой ноты, от которой мы начинаем отсчёт; i– позиция ноты по отношению к первой, где $i = 0$ – первая нота.

Цель эксперимента: проверить истину данной формулы с помощью музыкального инструмента и тюнера, измеряющего частоту звука.

Оборудование: Настроенная Бас-гитара Ibanez SR305E, усилитель звука Ampeg BA108, телефон Samsung Galaxy S21 Ultra с приложением «Pano Tuner»

За первую ноту и точку отсчёта возьмём ноту соль большой басовой октавы, имеющую табличную частоту звучания 97.999 Гц. Рассчитаем по формуле частоты для остальных нот и занесём в таблицу.

i	0	1	2	3	4	5
Теоретическое значение, Гц	97.999	103.826	110.000	116.541	123.471	130.813
Измеренное значение, Гц	97.7	103.5	109.5	116.5	122.7	130.3
i	6	7	8	9	10	11
Теоретическое значение, Гц	138.592	146.833	155.564	164.814	174.614	184.997
Измеренное значение, Гц	137.9	146.0	154.8	163.8	173.8	184.3

Имея теоретические и экспериментальные значения, можно рассчитать среднее отклонение реального звука от расчётного. $\Delta f = 0.701$ Гц. Отклонение в 0.7 Гц не является существенным и заметным человеческому слуху

Таким образом, мы проверили на практике работу формулы (1) и доказали её истинность.

Литература

1. Фейнман Р., Лейтон Р., Сендс М. Излучение. Волны. Кванты. Кинетика. Теплота. Звук. // Москва: АСТ, 2019.

2. В. А. Вархоромеев Элементарная теория музыки // Государственное музыкальное издательство. Москва. 1963.

УДК 53.06

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНОВ ФИЗИКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ В СПОРТЕ. ФИЗИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНИКИ ПЛАВАНИЯ И БЕГА

Рубченя А.С., Аверьянова Е.А.
Научный руководитель – Блинкова Н. Г., к.ф.-м.н., доцент

Современный спорт становится все более высокотехнологичным, и знание физических законов играет ключевую роль в улучшении спортивных достижений и безопасности спортсменов. Физические принципы, такие как

законы сохранения энергии, инерции, гидро- и аэродинамики, позволяют оптимизировать технику движений, снизить сопротивление среды и повысить эффективность использования энергии. Это особенно актуально для таких дисциплин, как плавание и бег, где даже незначительное улучшение техники может привести к значительному росту результатов.

Задачи научной работы:

- Исследовать влияние гидродинамического сопротивления на технику плавания и предложить методы его снижения;
- Проанализировать роль аэродинамического сопротивления в беге и определить способы его минимизации;
- Разработать рекомендации по применению физических законов для повышения эффективности тренировочного процесса.
-

Гидродинамическое сопротивление в плавании

В плавании основным фактором, ограничивающим скорость, является сопротивление воды. Оно складывается из нескольких компонентов: трения о воду, волнового сопротивления и вихревых эффектов. Сопротивление воды увеличивается квадратично с ростом скорости, поэтому даже небольшое улучшение техники может существенно повлиять на результат.

Для снижения гидродинамического сопротивления рекомендуется:

- Поддерживать обтекаемое положение тела;
- Использовать современные гидрокостюмы, уменьшающие трение;
- Минимизировать вертикальные колебания и излишние движения ног.

Поступательная тяга в плавании

Тяговая сила создается в основном за счёт работы рук. Эффективность гребка зависит от площади контакта с водой и траектории движения. S-образная траектория позволяет увеличить время контакта с водой и создать большее усилие.

Аэродинамическое сопротивление в беге

При беге на открытом воздухе, особенно на спринтерских дистанциях, значительное влияние оказывает сопротивление воздуха. Сила сопротивления пропорциональна квадрату скорости и площади фронтальной поверхности тела.

Методы снижения аэродинамического сопротивления включают:

- Оптимизацию позы бегуна (наклон корпуса, уменьшение амплитуды движений);
- Использование аэродинамической одежды;
- Применение тактики бега в группе (драфтинг), что позволяет снизить сопротивление до 50%.

В заключении стоит еще раз отметить, что применение физических законов в спорте позволяет не только улучшить результаты, но и сделать тренировочный процесс более осознанным и эффективным. Использование современных материалов, точный расчёт сил сопротивления и оптимизация техники движений открывают новые возможности для спортсменов и тренеров.

В будущем развитие спортивных технологий, основанных на физических принципах, позволит ещё больше сократить влияние негативных факторов и повысить эффективность подготовки атлетов.

Литература

1. Козлов А.В. Теория и методика плавания.
2. Pugh, L.G.C.E. The influence of air resistance in running and walking.
3. Kyle, C.R. Reduction of wind resistance and power output of racing cyclists and runners.
4. Brownlie, L. Aerodynamic characteristics of sports apparel.

УДК 531.8

PHYSICS CONCEPTS AND LAWS IN AUTOMATION AND ROBOTICS

Tadiwanashe Mudondo S.
Scientific Supervisor – Martinovich V.A., Ph.D. in Physics and Mathematics, Associate Professor

Automation is a technology that allows a system operation without direct human intervention, which includes a simple device switching according to specific parameters or even a complete system control to stabilize a physical phenomenon at a specific value.

Robotics is a branch of engineering and computer science that involves the conception, design, manufacture and operation of robots. The objective of the robotics field is to create intelligent machines that can assist humans in a variety of ways [1].

The objective of this work is to examine the basic physical principles underlying the operation of some devices that are used to automation processes and industries and in robotics.

Physical laws play a key role in the creation and operation of robotic systems, defining their capabilities and limitations. Basic principles of mechanics, such as Newton's laws of motion, underlie robot motion control, helping to accurately calculate forces, torques, and accelerations to ensure smooth movement and

stability. The laws of thermodynamics are important for understanding the thermal processes inside robotic devices, especially when operating motors or electronic components. In addition, the laws of electromagnetism provide the basis for the operation of sensors, actuators, and communication systems that are an integral part of modern robots. The interaction between these fundamental laws of physics allows engineers to design robots that can adapt to different environmental conditions, perform complex tasks with high precision, and interact effectively with objects and people. Thus, the successful application of physical laws is the basis for the development of robotics technologies, making it possible to create more and more complex and autonomous machines.

Consider it in more detail.

KINEMATICS is the study of the motion of objects without considering the forces that cause the motion [2]. Kinematics is used in robotics to determine the position, velocity, and acceleration of robot arms, grippers, and other moving parts. Kinematics is the most fundamental aspect of robot design, analysis, control, and simulation [3].

The position vector under constant acceleration is expressed as a function of time: $\boldsymbol{r}_f = \boldsymbol{r}_i + \boldsymbol{v}_i t + \frac{\boldsymbol{a}t^2}{2}$, where $\boldsymbol{r}_f$ and $\boldsymbol{r}_i$ are final and initial position vectors respectively, $\boldsymbol{v}_i$ is initial velocity, $\boldsymbol{a}$ is acceleration.

An expression for the velocity as a function of time: $\boldsymbol{v}_f = \boldsymbol{v}_i + \boldsymbol{a}t$, where $\boldsymbol{v}_f$ is final velocity [2].

Because of these equations the automation technology and robotics are able to give precise calculations of the relationship between variables that are to be controlled. It is also of good use in the space as to know at what distance and what speed grippers are to be placed in space.

DYNAMICS studies the relationship between forces and motion. In robotics dynamics is crucial for understanding how forces affect the motion of robots and how to control their movements [3]. Dynamics is based on three Newton's Laws.

1st law – The Law of Inertia

A body remains in its state of rest or uniform motion in a straight line unless compelled to act otherwise by an external resultant force.

2nd law – The Definition of a Force

$$\sum \boldsymbol{F} = m\boldsymbol{a}, \text{ where } m \text{ is mass of the object.}$$

Force is the cause of change in motion, as measured by the acceleration

3rd law

$$\boldsymbol{F}_{12} = -\boldsymbol{F}_{21}.$$

Action and reaction are equal and opposite [2].

The Lagrangian and Hamiltonian mechanics is also used in the analysis of the dynamics of complex robotic system. These theorems result in the same information as that of Newton's laws but it is useful for motion in multiple dimensions and it uses energy as a starting point [4].

ELECTROMAGNETISM is used in robotics to create magnetic fields that can be used to control the movement of robots [3]. The main laws are the following.

Faraday's law of induction is a law of electromagnetism predicting how a magnetic field will interact with an electric circuit to produce an electromotive force.

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt},$$

where ε is induced voltage, Φ_B is magnetic flux.

Len's law states that the direction of the electric current induced in a conductor by a changing magnetic field created by the induced current opposes changes in the initial magnetic field.

Ampere's Law states that the line integral around any closed path equals $\mu_0 I$, where I is the total steady current passing through any surface bounded by the closed path:

$$\oint \boldsymbol{B} \cdot d\boldsymbol{s} = \mu_0 I$$

The constant μ_0 is called the permeability of free space, $\boldsymbol{B}$ is magnetic field vector [2].

As example of electromagnetism use consider electromagnetic clutches and electromagnetic chucks [5]. Electromagnetic clutches enable precise control of robot movements based on control signals. When the electromagnetic clutch is energized, it tightly connects two rotating parts for synchronous movement; when de-energized, the parts quickly separate for rapid switching or stopping. This flexible control method allows robots to demonstrate higher flexibility and adaptability when performing complex tasks.

Electromagnetic chucks generate a strong magnetic force to securely hold metal work pieces on the robot arm, enabling quick and precise gripping and handling. This non-contact gripping method not only prevents damage to the work pieces caused by mechanical claws but also significantly improves gripping efficiency and stability.

In conclusion, the role of industrial electromagnets in automation and robotics cannot be overlooked. Their unique properties and broad applications provide strong support for the development of automated production and robotic technologies. As technology continues to advance, industrial electromagnets are expected to showcase their unique charm in even more fields.

OPTICS is the branch of physics that studies the behaviour and properties of light, including its interactions with matter and the construction of instruments that use or detect it.

Optics is used in robotics to design sensors that detect light and use it to measure distance, detect objects, and navigate. Fibre optics allows robots to transmit large amounts of data quickly and reliably, ensuring real-time communication between different components of the robotic system. This results

in improved coordination and synchronization, leading to enhanced performance and operational efficiency [6].

As example consider principles of fiber optics [2]. An optical fibre is a thin flexible solid glass or transparent plastic rod. Light is confined to travel through the rod by multiple internal reflections even around curves. A bundle of parallel fibres is used to construct an optical transmission line in which images and data (often as visible light and less so, as infrared light) can be transferred from one point to another.

Huge volumes of data are produced every second from all units of the industrial supply chain. To connect this data, process it, and analyse it in real-time requires flexible and scalable IT infrastructures. Fibre optic networks are best positioned to provide these infrastructures. They communicate data via pulses of light, making them exceptionally fast. They do not generate electromagnetic noise in the same way that alternative systems do. In addition, fibre optic cables are light and flexible, allowing them to occupy far less space than other cable-supported networks.

In summary, the laws of motion, the principles of energy, and the nuances of electromagnetism all play pivotal roles in shaping the design and functionality of robots.

One striking example is in the field of mechanics, where the principles of physics guide the movement and coordination of robotic systems. Understanding the dynamics of forces and torques has proven invaluable in explaining the graceful and precise motions of the robots.

Moreover, the intricate dance between electricity and magnetism, principles deeply rooted in physics, is what brings many robots to life. From sensors to actuators, the marriage of these concepts ensures the seamless operation of robotic components, emphasizing the interdependence of physics and robotics.

References

1. Cambridge dictionary
2. David Sang, Graham Jones, Gurinder Chadha and Richard Woodside (2014), Cambridge International AS and A Level Physics Course Book, 2nd Edition, Cambridge University Press.
3. https://roboteersclubgni.hashnode.dev/physics-behind robotics (date of request: 30.04.2025)
4. Patrick Hamil. A Study guide to Hamiltonian and Langaragian Principles. Cambridge University Press.
5. https://unitorq.in/bearing-mounted-clutches.html (date of request: 23.04.2025)
6. https://en.wikipedia.org/wiki/Optics (date of request: 04.05.2025)

ЭЛЕКТРОПРИВОД И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

УДК 621.311

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТЕЛЕЖКИ МОСТОВОГО КРАНА

Бубен В.И.
Научный руководитель – Александровский С.В., к.т.н.

В современных условиях автоматизации и повышения эффективности производственных процессов особое внимание уделяется выбору электроприводов, которые обеспечивают надежность, точность и экономичность работы.

Система электропривода выбирается с учётом диапазона регулирования скорости, плавности управления и экономичности. Дополнительно учитываются: увеличение срока службы, улучшение динамики, интеграция с системами автоматизации.

В электроприводе тележки мостового крана могу применяться следующие 3 системы: контакторная система, тиристорная система управления приводом (ТЭДФ), преобразователь частоты – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором (ПЧ-АД КЗР).

Тиристорные системы управления являются надёжным инструментом для регулирования скорости электроприводов, особенно для механизмов подъема и спуска в мостовых кранах. Несмотря на свои преимущества в простоте и стоимости, такие системы уступают современным ПЧ-АД КЗР в точности регулирования и экономичности [1].

Выбор ПЧ-АД КЗР для данного крана наиболее полно отвечает современным требованиям к эффективности, надежности и безопасности, что подтверждается следующими возможностями:

1. Производить плавный разгон и торможение электродвигателей подъемно-транспортного оборудования. Это продлевает срок службы электрооборудования, снижает потребность в регулярных проверках и ремонте оборудования, а также снижает затраты на техническое обслуживание.

2. Качественно уменьшить энергопотребление грузоподъемного механизма (до 40%). Это поможет значительно снизить затраты на энергоресурсы и в кратчайшие сроки окупить вложенные в модернизацию оборудования средства.

3. Дополнительные устройства защиты электродвигателя (от перегрузок по току, перегрева, перенапряжения, утечек на землю и от обрывов фаз на входе двигателя).

5. Обеспечить сброс излишней энергии при торможении и остановке оборудования при помощи тормозных резисторов, либо производить рекуперацию энергии для наиболее эффективного использования электропривода.

6. Комплексно усовершенствовать весь технологический процесс системы за счет широких возможностей регулирования скорости работы привода и процессов торможения и остановки.

7. ПЧ легко интегрируются в системы автоматизации, что позволяет управлять краном с помощью современного программного обеспечения [2].

Литература

1. Электропривод для мостового крана [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rusautomation.ru/articles/podbiraem-elektroprivod-dlya-krana/

2. Бочкарев, Г.В. Силовая преобразовательная техника. Методические рекомендации к лабораторным работам для студентов специальности 1-53 01 05. БНТУ, 2014.

УДК 621.311

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОГРУЖНОГО СКВАЖИННОГО НАСОСА ТИПА ЭЦВ 10-65-160 НАСОСНОЙ СТАНЦИИ ГОРОДА ИВЬЕ

Левчук Д. А.
Научный руководитель – Александровский С. В., к.т.н.

Выбор системы управления осуществляется на основе анализа сравнительных технических данных, а именно: диапазона регулирования, способа управления, ресурса (уровня износостойкости), диапазона возможных мощностей электроприводов, показатели энергетики и динамики, а также дополнительных данных, определяющих условия эксплуатации электроприводов. Экономическая оценка систем управления должна базироваться на принципе минимальных расходов, связанных с первоначальными затратами, эксплуатационными затратами на ремонт, а также затратами на ремонт, а также затратами энергии. Выбирается система, обладающая наилучшими экономическими показателями. Если экономические показатели сравниваемых систем близки, то производится дополнительная оценка по массогабаритным показателям и условиям размещения электрооборудования.

Для данного привода механизма могут применяться 4 вида систем электропривода: тиристорный регулятор напряжения – асинхронный электродвигатель (ТРН – АД), преобразователь частоты – асинхронный электродвигатель (ПЧ – АД), нерегулируемый электропривод (дросселирование), преобразователь частоты – синхронный двигатель с постоянными магнитами (ПЧ-СДПМ).

Для насосных установок, не требующих регулирования производительности, применяются нерегулируемые электроприводы, для которых характерно непосредственное включение электродвигателя в питающую сеть без промежуточных преобразователей электрической энергии (преобразователей частоты и регуляторов напряжения). Управление нерегулируемым приводом осуществляется чаще всего с помощью контактной аппаратуры управления и защиты.

В тех случаях, когда требуется регулирование производительности, для насосной установки применяют системы электропривода на основе ТРН-АД или ПЧ-АД. Для бытовых нужд находит применение система электропривода ПЧ-СДПМ, которая дороже систем АД, но обладает лучшими энергетическими характеристиками.[1]

Для насосной станции города Ивье предпочтительным является использовать систему ПЧ-АД со скалярным частотным управлением, так как оно имеет следующие преимущества:

- экономия электрической энергии благодаря оптимизации работы насосных агрегатов, в зависимости от времени суток и поры года, которая составляет в среднем по объектам 30 - 60%;
- снижение расхода воды до 5% и уменьшение скрытых утечек за счет обеспечения постоянства давления в сети и снятия избыточного напора;
- уменьшение механической, а, следовательно, и электрической мощности, потребляемой из сети, вследствие уменьшения скорости вращения;
- исключение при регулировании гидравлических потерь в виду отсутствия дроссельных элементов;
- уменьшение реактивной мощности, которой обменивается электродвигатель с питающей сетью [2].

Литература

1. Насосное оборудование Calpeda [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://calpeda.su/

2. Бочкарев, Г.В. Силовая преобразовательная техника. Методические рекомендации к лабораторным работам для студентов специальности 1-53 01 05. БНТУ, 2014.

УДК 621.311

ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ВОЗДУШНОЙ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ

Граков В. П.
Научный руководитель – Александровский С. В., к.т.н.

Трансформаторы являются ключевыми элементами электрических подстанций, обеспечивающими преобразование напряжения для эффективной передачи и распределения электроэнергии. В процессе работы трансформаторы выделяют значительное количество тепла, которое необходимо отводить для предотвращения перегрева и повреждения оборудования. Трансформаторные подстанции (ТП) питают либо промышленное предприятие, либо жилой микрорайон. Путем регулирования скоростью вращения вентилятора в зависимости от температуры трансформатора экономится значительное количество электроэнергии, что делает установку экономически целесообразной.

Воздушное охлаждение - это наиболее простой и экономичный способ отвода тепла от трансформатора. В этом случае трансформатор оснащается радиаторами или ребрами, увеличивающими площадь поверхности для эффективного теплообмена с окружающим воздухом. Нагретый воздух поднимается вверх, создавая естественную конвекцию, которая способствует охлаждению трансформатора.

Воздушное охлаждение применяется для трансформаторов малой и средней мощности, установленных в хорошо вентилируемых помещениях или на открытом воздухе. Для улучшения теплоотвода могут использоваться вентиляторы, обеспечивающие принудительную циркуляцию воздуха.

Воздушная система охлаждения трансформаторной подстанции представляет собой электродвигатель, который вращает вентилятор с определенной скоростью в зависимости от загрузки трансформатора без участия оператора.

Электропривод системы охлаждения трансформатора эффективен за счет гибкого регулирования скоростью вращения вентилятора, что способствует эффективному охлаждению. Благодаря датчику температуры, вентилятор будет вращаться с нужной скоростью, минимизируя потерю энергии и исключает перегрев трансформатора.

На рисунке 1 представлена зависимость скорости вращения вентилятора от температуры нагрева трансформатора. На нем показана скорость вращения при минимальной, средней и максимальной нагрузки

трансформатора. На рисунке 2 представлена суточная нагрузочная диаграмма трансформатора, где показана зависимость нагрузки от времени.

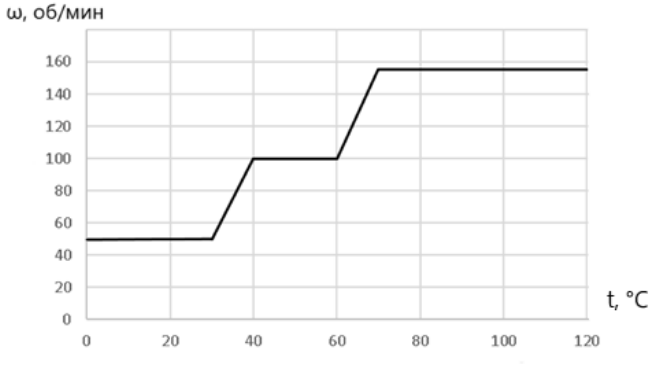


Рис.1. Зависимость скорости вращения вентилятора от температуры.

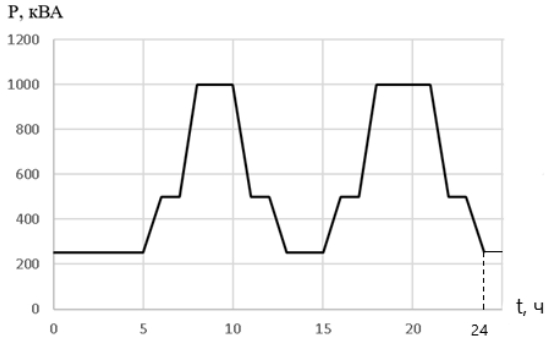


Рис.2. Суточная нагрузочная диаграмма работы трансформатора.

Плюсами такой системы являются гибкое регулирование скорости вращения вентилятора, надежность, простота в обслуживании и экономия энергии.

Минусами же являются зависимость от температуры окружающей среды, шум вентилятора и, в силу того, что воздушное охлаждение недостаточно для высокомощных установок, недостаточное охлаждение крупных трансформаторов.

Литература

1. Онищенко Г.Б. Электропривод турбомеханизмов / Г.Б. Онищенко, М.Г. Юньков – Москва: Энергия, 1972. – 240 с.

2. Фираго Б.И, Учебно-методическое пособие к курсовому проектированию по теории электропривода для студентов специальности 1-53 01 05 – Автоматизированные электроприводы / Б.И. Фираго – Минск: БНТУ, 2005. – 125 с.

УДК 621.311

ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ЛЕНТОЧНОЙ МАШИНЫ Л2-60-1

Рунович А.О.
Научный руководитель – Александровский С.В., к.т.н.

Станок Л2-50-1 применяется в текстильной промышленности для обработки, натяжения и перемотки текстильных лент, тканей, трикотажных полотен или аналогичных материалов.

Ленточная машина состоит из питающей части (рамки с тазами, из которых извлекаются ленты, для питания машины), вытяжного прибора для вытягивания лент (основной рабочий орган), механизма формирования паковки из утонённой ленты. Цель вытягивания – распрямление и ориентация волокон, то есть утонение продукта, а при сложении различные по толщине, структуре и другим свойствам участки складываемых продуктов соединяются в самых разнообразных комбинациях, происходит смешивание волокон.

Вытяжной прибор ленточной машины имеет зажимы – питающую и выпускную пары, которые вращаются с разными скоростями; степень утонения лент определяется соотношением скоростей. В зависимости от вида обрабатываемых волокон между парами могут располагаться промежуточные рабочие органы: неподвижные – ограничители лент, уплотнители, планки и/или подвижные – система плоских игольчатых гребней, круглые игольчатые гребни (в шерсто- и льнопрядении), движущиеся со скоростью, близкой к скорости питающей пары.

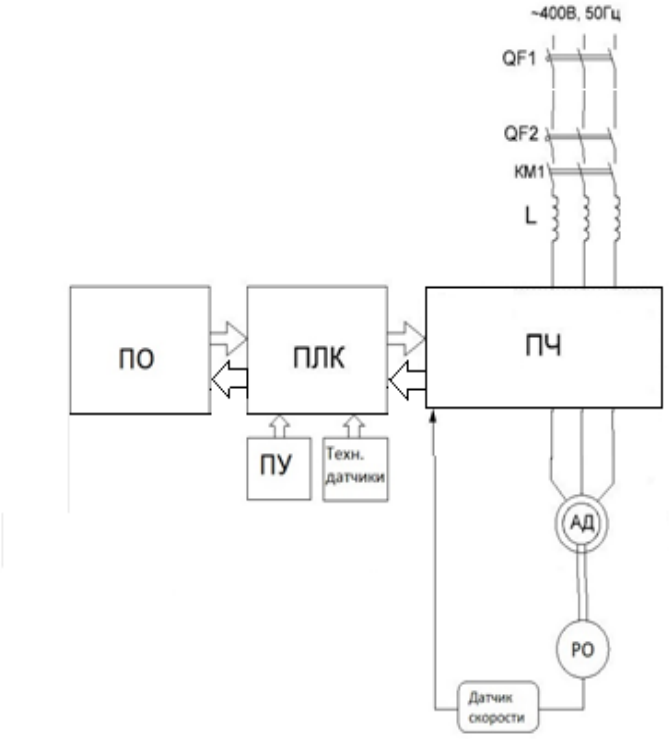
Таким образом, рассматриваемая промышленная установка состоит из подающей части, вытяжной части, ленточной части, нескольких автоматических устройств и панели управления с кнопками, регуляторами и индикаторами, которую использует оператор для настройки параметров и мониторинга состояния машины.

В исходном варианте машины применялся не регулируемый ЭП, что требовало от оператора постоянного контроля технологического процесса, для предотвращения обрыва ленты, перерегулирования и т.д.

Чтобы вовремя отреагировать на обрыв ленты или перегрузку, необходимо внедрение автоматического регулирования скорости движения ленты.

Для автоматизации применяется программируемый логический контроллер (ПЛК) с преобразователем частоты (ПЧ) для управления асинхронным двигателем (АД) электропривода вытяжного прибора, который во время работы установки контролирует как скорость движения, так и натяжение ленты.

Разработанная функциональная схема электропривода представлена на рисунке 1.



L – входной дроссель;
ПО – панель оператора;
РО – рабочий орган;
ПУ – пульт управления.

Рис.1. Функциональная схема электропривода.

Достоинства:

1) высокая точность и повторяемость – использование ПЧ и ПЛК позволяет точно контролировать скорость и момент электродвигателя;

2) гибкость управления – возможность задания различных режимов работы (автоматический, наладочный, ручной);

3) энергосбережение – регулирование частоты вращения снижает потери энергии по сравнению с постоянной работой на номинальных оборотах;

4) плавность пуска и торможения – исключает резкие механические нагрузки, снижая износ привода и механических элементов;

5) диагностика и защита – встроенные модули контроля могут отслеживать перегрузку, перегрев двигателя и аварийные ситуации;

6) интеграция с промышленными сетями – возможно удаленное управление и подключение к SCADA-системам.

Недостатки:

1) сложность внедрения и наладки – требуется квалифицированный персонал для настройки параметров электропривода;

2) высокая стоимость – использование ПЧ, ПЛК и датчиков делает систему дороже по сравнению с простым электроприводом;

3) чувствительность к помехам – электромагнитные помехи могут влиять на работу системы, требуются фильтры ЭМС;

4) необходимость технического обслуживания – программируемые устройства требуют периодической диагностики, обновления прошивки и мониторинга параметров.

Программно-управляемый электропривод значительно повышает точность, надежность и экономичность работы станка Л2-50-1, что делает его эффективным решением для автоматизированного производства. Несмотря на более высокие затраты на установку и наладку, такие системы обеспечивают гибкость, снижение износа оборудования и оптимизацию энергопотребления, что оправдывает их использование в современных текстильных производствах.

Литература

1. Фираго, Б.И. Регулируемые электроприводы переменного тока / Б.И. Фираго, Л.Б. Павлячик. − Минск: Технoперспектива, 2006. − 363 с.

2. Николаев, В.С. Моделирование условий функционирования ленточной машины // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего. Серия: Технические науки. – Пенза: Изд-во Пенз.гос.технол.акад., 2013. Вып.6 (10) – с.94...98.

УДК 621.311

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА МЕХАНИЗМА СПУСКА-ПОДЬЕМА МОСТОВОГО КРАНА

Балабанович Д.О.
Научный руководитель – Александровский С.В., к.т.н.

Мостовые краны играют ключевую роль в современном производстве, обеспечивая эффективное перемещение тяжелых грузов на заводах, в складских помещениях и строительных площадках. Они представляют собой подъемные механизмы, которые перемещаются по рельсам, установленных на высоте, что позволяет экономить пространство и увеличивать маневренность.

Основные функции мостовых кранов включают [1]:

- подъем и перемещение грузов: мостовые краны способны поднимать и перемещать тяжелые предметы, такие как металлические конструкции, детали машин и другие крупногабаритные материалы.

- безопасность: современные мостовые краны оснащены различными системами безопасности, что снижает риск несчастных случаев при работе с тяжелыми грузами.

- гибкость: мостовые краны могут быть адаптированы под различные производственные нужды, что делает их универсальным инструментом для множества отраслей, включая машиностроение, строительство и логистику.

- увеличение производительности: использование мостовых кранов значительно ускоряет процессы погрузки и разгрузки, что способствует повышению общей производительности предприятия.

Модернизация мостового крана и электрооборудования помогает сократить длительность рабочего цикла, обеспечить полный контроль над перемещением груза и повысить безопасность на площадке. Чтобы этого добиться, внедряются передовые конструкторские решения, по отдельности или комплексно. Для этого мы устанавливается современная система управления и расширяется перечень полезных опций, обеспечивающих точное позиционирование груза и сокращение время рабочего цикла, а также подключается система удаленного мониторинга, чтобы отслеживать эффективность работы оборудования, персонала.

Чтобы добиться поставленной выше задачи, внедряются следующие системы, функции [2]:

- частотно-регулируемая схема управления: оператор может повышать или понижать скорость в границах выбранного диапазона. Внедрение системы снижает количество потраченного электричества на 30%, время рабочей операции, ударные нагрузки. При этом опция рекуперации энергии дает дополнительную экономию. Оборудование работает тише, а провести оценку работы привода можно дистанционно.

- мониторинг работы техники и персонала: система дистанционного контроля собирает данные о работе крана, оператора в режиме реального времени, анализирует их, осуществляет диагностику и выделяет потенциальные риски.

- радиоуправление: эффективное управление краном осуществляется вне кабины. Оператор лучше видит груз и площадку, поэтому может выполнять работу быстрее и точнее, избежать опасных столкновений.

- установка новой кабины: обновленные кабины увеличивают обзор, упрощают работу оператора за счет удобного размещения элементов управления. Оператор меньше устает, быстрее справляется с поставленными задачами, работает эффективнее.

В результате модернизации повыситься производительность, энергоэффективность и безопасность работы мостового крана. Так же модернизация мостового повлечет следующие эффекты:

- меньшие затраты по времени на ремонт;

- инвестиции в техническое обслуживание и ремонт уменьшаются на 35–45%;
- для обслуживания техники понадобится меньше операторов – сокращается штат на 18–35%;
- величина оплаты электроэнергии сокращается на 30%;
- эффективность вырастает на 28–38%, в зависимости от того, какие разработки и в каком объеме внедряются;
- время эксплуатации увеличивается на 15–20 лет.

Литература

1. Мостовые краны и требования к ним [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studfile.net/preview/2264125/page:3/
2. Программа модернизации мостовых кранов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://e-cranes.ru/services/modernizatsiya/modernizatsiya-mostovykh-kranov/

УДК 621.31.83.52

ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПЕРЕДВИЖЕНИЯ МОСТОВОГО КРАНА

Гусак Е. В.
Научный руководитель – Александровский С. В., к.т.н.

Краны опираются на ходовые колеса, которые соединены с приводом. Наличие трансмиссионного вала увеличивает трудоемкость изготовления крана и его массу и требует проведения весьма точного монтажа. Чтобы устранить эти недостатки, применяют раздельный привод концевых балок моста. По вышеприведенной схеме каждая концевая балка моста имеет самостоятельный, не связанный механически привод.

Если на одну из опорных балок моста нагрузка меньше, чем на другую, то частота вращения двигателя на этой опоре несколько увеличивается и опора начинает забегать вперед относительно более нагруженной опоры. Но при этом первый двигатель начинает испытывать передаваемую через металлоконструкцию моста повышенную нагрузку и разгружает двигатель второй опоры, за счет чего частота вращения первого двигателя увеличивается, пока их скорость вращения не уровняется. Т.о. в процессе движения крана с раздельным приводом происходит перераспределение нагрузки между обоими двигателями. Хотя схема механизма с раздельным приводом требует наличия двух двигателей, двух тормозов и двух редукторов, она наиболее дешевая, имеет малую массу и проста в

изготовлении. Электропривод грузоподъёмных кранов имеет ряд особенностей, отличающих его от электроприводов других общепромышленных и специальных механизмов.

Электроприводы крановых механизмов по характеру нагрузок можно разделить на две группы: с преимущественно активным статическим моментом – механизмы подъема и преимущественно с реактивным статическим моментом - механизмы передвижения тележек и крана.

Электропривод механизма передвижения мостового крана должен иметь относительно жесткие характеристики во всём диапазоне нагрузок. Для торможения с высших скоростей на низшие, электропривод должен обеспечивать автоматический переход из двигательного в тормозной режим с ограничением тормозного момента.

Оптимальные скоростная и нагрузочная диаграммы электропривода передвижения мостового крана приведены на рисунке 1.

Для управления скоростью приводного асинхронного двигателя целесообразно использовать преобразователь частоты.

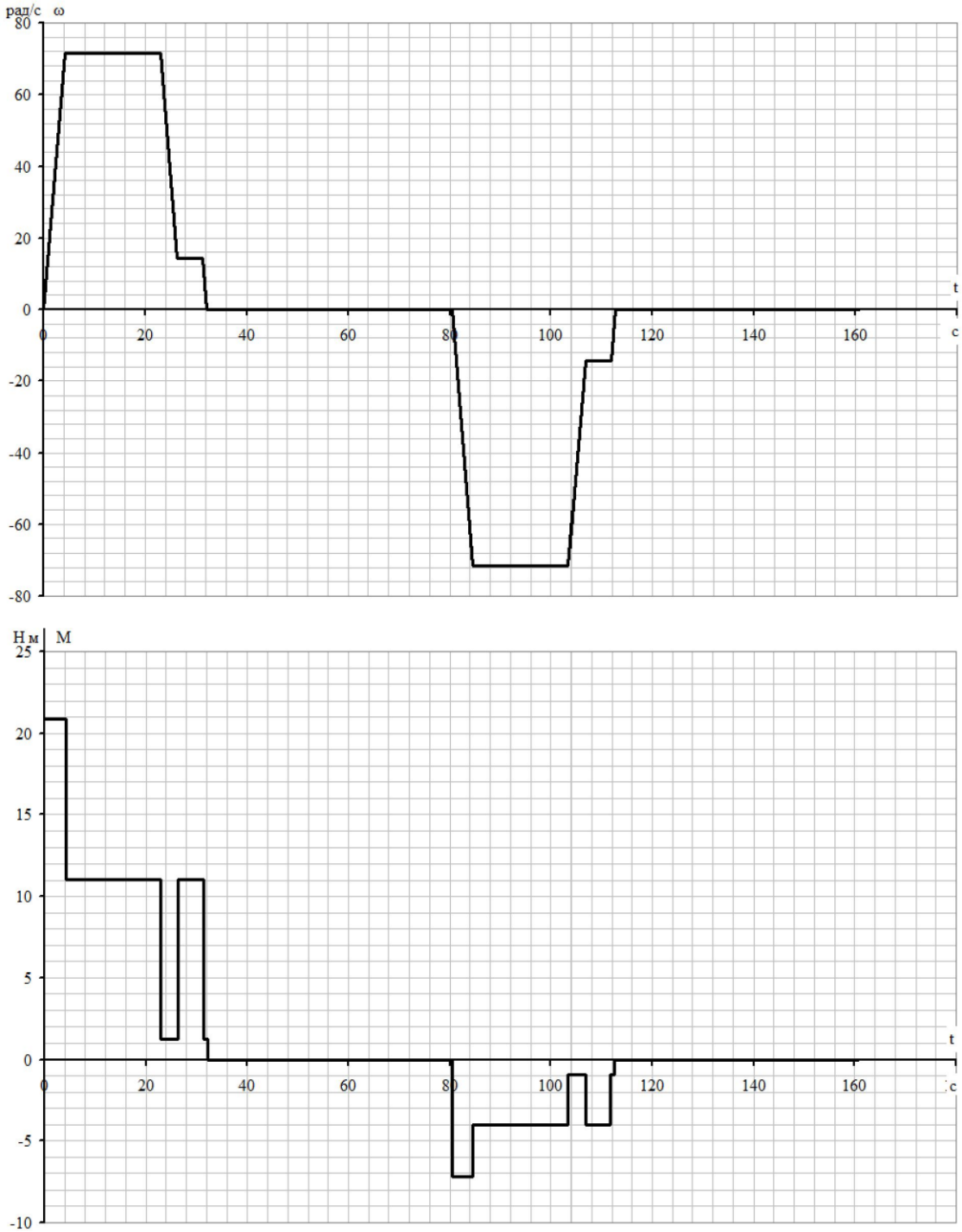


Рис.1. Скоростная и нагрузочная диаграммы электропривода механизма передвижения крана.

Литература

1. Певзнер, Е.М. Электрооборудование грузоподъемных кранов / Под. ред. Г.Б. Онищенко – М.: Россельхозакадемия, 2009. – 360с.

2. Фираго, Б.И. Регулируемые электроприводы переменного тока / Б.И. Фираго, Л.Б. Павлячик. − Минск: Техноперспектива, 2006. − 363 с.

УДК 621.31

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПОВЫСИТЕЛЬНОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ ЦТП МНОГОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Морозов Е.В.
Научный руководитель – Горюнова В.А., ст. преподаватель

Основными потребителями электроэнергии в нашей стране являются производственные предприятия и объекты ЖКХ. Большая часть электроэнергии потребляется электроприводами насосов и вентиляторов. Стоимость электроэнергии в общей сумме эксплуатационных расходов водопроводно-канализационных организаций в случае использования поверхностных вод составляет 40-50%. При использовании подземных вод этот показатель увеличивается до 70-80%. Как показывает статистика, в процессе перекачки чистых и сточных вод нерационально расходуется 5-15% энергии. В отдельных случаях этот показатель возрастает до 20-50%.

Насосным агрегатом называется насос с электроприводом и передаточным механизмом (муфтой, редуктором, шкивом). В совокупности с оборудованием, обеспечивающим его работу в требуемом режиме, он образует насосную установку. Сооружение, в состав которого входят одна или несколько насосных установок и вспомогательные системы, обеспечивающие работоспособность объекта в целом, называется насосной станцией [1].

Особенности эксплуатации насосных станций:

– автономность работы. Автономная насосная станция не требует для обеспечения своей работы постоянного присутствия обслуживающего персонала;

– защита насоса от работы в аварийных режимах;

– надежность работы. Насосная станция должна оставаться работоспособной даже при выходе из строя отдельных ее блоков;

– возможность ручного управления. Станция обязана сохранять работоспособность в ручном режиме при полном выходе из строя автоматики. Оператор должен иметь возможность ручного управления насосными агрегатами с кнопочного поста станции даже при полной неисправности системы управления.

Для объектов ЖКХ расход и давление жидкости изменяются непрерывно в течение суток, максимальный расход наблюдается в утренние и вечерние часы, минимальный – в ночные часы. Далеко не всегда можно подобрать насосный агрегат, который сможет обеспечить требуемый расход жидкости при заданном давлении. Проще подобрать насос, который с запасом может

выполнить поставленную задачу, а получившиеся «излишки» куда-нибудь сбросить. Самый простой способ – закольцевать выход насоса с его входом и установить перепускной вентиль, который будет регулировать поток обратной воды. Потребление электроэнергии электроприводом в этом случае совершенно не зависит от производительности насоса.

В целях оптимизации работы насосной станции для управления насосными агрегатами можно применять регулируемый асинхронный электропривод. Это позволит производить плавный разгон и останов насосных агрегатов, исключая появление гидроударов в трубопроводе при запуске в работу нового двигателя. Кроме того, появляется возможность плавного регулирования производительности насоса и, следовательно, значения выходного напора насосной установки. Для плавного запуска и останова двигателя, а также для плавного регулирования скорости вращения (и производительности) насосного агрегата используется преобразователь частоты.

Применение регулируемого асинхронного электропривода для управления насосными агрегатами может обеспечить [2]:

– плавный пуск электродвигателя, отсутствие механических нагрузок на двигатель и бросков тока в сети;

– отсутствие гидравлических ударов;

– эффективное использование потребляемой насосным агрегатом мощности во всем диапазоне регулирования;

– коэффициент мощности электродвигателя насоса на значении, близком к единице;

– снижение уровня шума при пуске и работе;

– автономную и безопасную работу;

– интеграцию в автоматизированную систему управления технологическим процессом.

При внедрении программно-управляемого электропривода по системе «преобразователь частоты – асинхронный электродвигатель» с использованием программируемого логического контроллера наблюдается:

– экономия электроэнергии за счет оптимизации энергопотребления электропривода при изменении значения регулируемого параметра;

– снижение утечек воды в системе горячего и холодного водоснабжения, связанных с избыточным давлением (увеличение давления в трубопроводе на 1 кг/см^2 обеспечивает увеличение утечек на 2-7%);

– снижение расходов воды потребителями, вызванных увеличением давления воды в трубопроводе;

– снижение расходов, направленных на аварийный, профилактический и капитальный ремонт водопроводных сетей и оборудования (как электродвигателей и насосов, так и запорной арматуры, пускозащитной аппаратуры).

Для водопроводных насосных станций с учетом снижения расхода чистой воды и уменьшения сброса стоков в систему водоотведения срок окупаемости автоматизированной насосной станции составляет 1-2 года.

Литература

1. Лезнов, Б. С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуходувных установках. / Б. С. Лезнов. – М. : Энергоатомиздат, 2006.

2. Регулируемый электропривод в насосных установках [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://power-e.ru/electrodrives/reguliruemyj-elektroprivod/

УДК 621.31

АВТОМАТИЗАЦИЯ НАМОТОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СТАНКА БЗС0299

Бернат В.И.
Научный руководитель – Горюнова В.А., ст. преподаватель

Намоточные станки – это специализированный инструмент, предназначенный для механизированной или ручной намотки заготовок секций обмоток статоров электродвигателей и генераторов.

Резкое увеличение объема выпуска данной продукции, повышение требований к качеству и надежности электрических элементов выдвигают на первый план задачу повышения производительности намоточного оборудования.

Автоматизация технологического процесса - совокупность методов и средств, предназначенная для реализации систем, позволяющих осуществлять управление самим технологическим процессом без непосредственного участия человека, либо оставления за человеком права принятия наиболее ответственных решений.

Основными целями автоматизации намоточных процессов являются:

- сокращение численности обслуживающего персонала;
- увеличение объемов выпускаемой продукции;
- повышение эффективности и безопасности производственного процесса;
- повышение качества продукции;
- снижение расходов сырья и повышение экономичности.

В этих условиях применение программного управления позволяет сократить время подготовки производства и переналадки намоточного оборудования. Разработка позволит включить намоточное оборудование в

автоматизированную систему управления технологическим процессом намоточного производства и создать предпосылки для создания систем управления поточно-механизированными линиями, предназначенными для выпуска изделий широкой номенклатуры. Таким образом, изучение данного вопроса является актуальной задачей.

В настоящее время в области намоточного оборудования, а вместе с этим и в области механизации и автоматизации намоточных процессов существует три основных направления:

– модернизация существующих универсальных намоточных станков;

– создание специализированных намоточных станков на базе унификации, нормализации и агрегатирования;

– создание намоточных станков с программным управлением.

По своему назначению универсальные станки предназначены для наматывания большого количества наименований обмоток. Приблизительно 85–90% всех обмоток изготавливается условиях индивидуального, мелкосерийного и серийного производства и лишь 15–20 % – в условиях крупносерийного и массового. Модернизация универсальных намоточных станков позволяет улучшить их кинематические и динамические показатели, повысить качество обмоток и производительность станков.

Несмотря на модернизацию, универсальные намоточные станки значительно уступают по производительности специализированным. Для последних имеется возможность полностью автоматизировать цикл наматывания, а также обеспечить оптимальные режимы наматывания (натяжение и скорость). Конструктивно эти станки просты, но несмотря на высокие технические показатели, они не нашли еще широкого применения из-за высокой стоимости и длительных сроков проектирования и изготовления. Эти недостатки в основном устраняется, если идти по пути унификации, нормализации и агрегатирования намоточных станков.

Принципиально новым этапом совершенствования намоточных станков является применение программного управления.

Основные преимущества программного управления:

– возможность обеспечения практически любой схемы образования витка;

– возможность централизованной подготовки программы наматывания;

– простота изменения и корректировки программы;

– быстрая переналадка намоточного оборудования;

–получение обмотки с высокими техническими требованиями.

Электропривод намоточного станка БЗС0299 является трехдвигательным. Программируемый логический контроллер (ПЛК) формирует управляющие сигналы на преобразователь частоты главного привода (привода оправки), который связан с остальными приводами по

системе «ведущий-ведомый». Такое подключение исключит расхождение в скоростях приводных двигателей, а, следовательно, обрыв проволоки. На ПЛК поступают также сигналы от технологических датчиков, в том числе, датчика обрыва проволоки, сигналов аварийных блокировок и защит. При срабатывании любого из указанных датчиков включается соответствующая аварийная индикация и осуществляется останов электропривода (отключение преобразователей от сети).

В соответствии с изученными параметрами технологии намотки система управления намоточным станком должна обеспечить:

– контроль числа наматываемых витков;

– торможение главного привода в конце наматываемой обмотки;

– останов главного привода в конце наматываемой обмотки;

– реверс или останов раскладчика в конце наматываемого слоя;

– требуемый шаг раскладки.

В соответствии с этим программируемыми параметрами являются: число витков обмотки *W*; длина наматываемого слоя *L*; шаг раскладчика *S*; число витков, необходимое для торможения привода оправки с целью его точного останова *Wr*; тип останова *O*; значение коррекции *K*.

Процесс управления намоткой заданного количества витков непосредственно связан с числом витков, необходимых для торможения главного привода (оправки) до его полного останова. В процессе намотки происходит сравнение текущего значения витков с разностью $W - Wr$. В случае их равенства (рис. 1) выдается команда «Торможение» привода оправки. Значение витков должно непрерывно сравниваться с заданным. При равенстве текущего и заданного значений витков выдается команда «СТОП», останавливающая вращение главного двигателя.

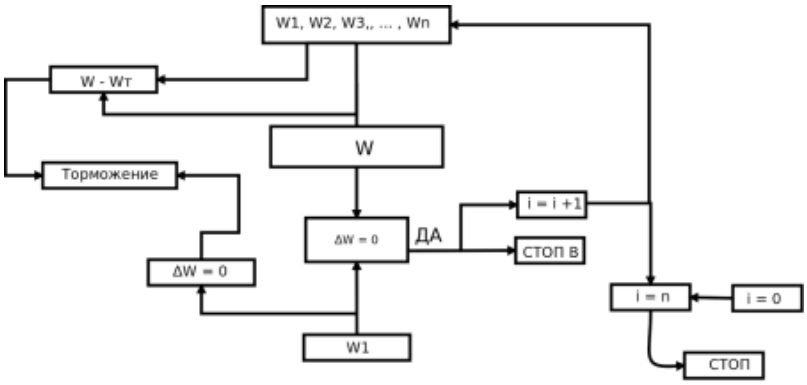


Рис.1. Блок-схема управления процессом торможения.

Управление длиной наматываемого слоя должно обеспечить точный момент реверса или останова привода оправки, а, следовательно, и привода раскладчика при прохождении последним пути, равного требуемой длине

намотки, и коррекцию длины намотки каждого последующего слоя на требуемое число витков. Коррекция числа витков в слое необходима для формирования трапецеидальной формы обмотки с целью предотвращения «сползания» крайних витков.

В результате выполнения поставленных задач улучшается качество намотки, повышается точность управления циклами станка, появляется возможность более точно контролировать процесс намотки.

Литература

1. Чадов, Е. В. Изучение вопроса программной модернизации намоточных станков / Е. В. Чадов. // Молодой ученый – 2016. – № 1 (105). – С. 232-235

УДК 621.31

ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫЙ ТЯГОВЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ТРЕХСЕКЦИОННОГО ВАГОНА ТРАМВАЙНОГО

Кузьмичёв Р.Г.
Научный руководитель – Горюнова В.А., ст. преподаватель

Современные транспортные системы требуют повышения эффективности и надежности, особенно в условиях городских перевозок. Важным элементом этих систем являются трамвайные вагоны, которые нуждаются в современных решениях для тяговых электроприводов. Программно-управляемый тяговый электропривод представляет собой перспективное направление, способствующее оптимизации работы трамвайного транспорта.

Традиционные тяговые электроприводы имеют свои ограничения, связанные с эффективностью, управляемостью и надежностью. Эти системы часто не позволяют полностью использовать потенциал современных технологий, таких как цифровизация и автоматизация. В отличие от них, программно-управляемые системы обеспечивают более высокую степень адаптивности, что позволяет значительно улучшить характеристики работы трамвайных вагонов.

В трехсекционном трамвайном вагоне модели В85600М ЗАО «Штадлер Минск» на крыше крайних секций установлены два блока преобразователей вагона (БПВ) [1]. В комплект каждого блока входят два модуля преобразователя тяговых (МПТ) и модуль преобразователя вспомогательного (МПВ). Каждый БПВ питает два двигателя тележки той секции, на которую он установлен (модуль МПТ №1 БПВ секции А

подключен к двигателям тележки МВ1, модуль МПТ №2 БПВ секции В – МВ4), и два двигателя одной из двух тележек средней секции (модуль МПТ №2 БПВ секции А подключен к двигателям тележки МВ2, модуль МПТ №1 БПВ секции В – МВ3).

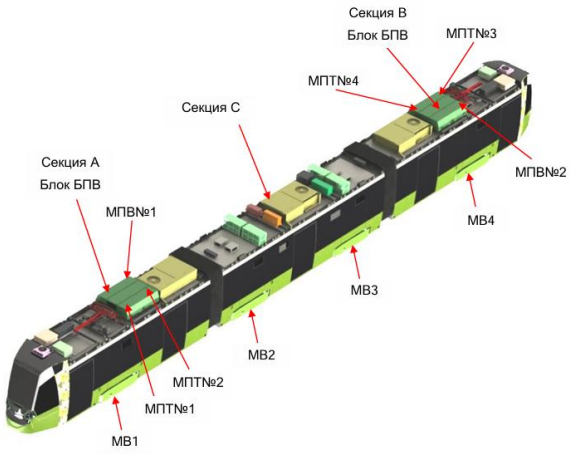


Рис.1. Расположение блоков преобразователей трехсекционного вагона.

БПВ отвечает за преобразование электрической энергии из источника питания в форму, подходящую для питания тяговых двигателей. БПВ интегрирует множество модулей и функций, необходимых для эффективной работы тягового электропривода. Помимо МПТ и МПВ в состав входят такие компоненты, как блок дросселей, модуль входной (МВ), синусный фильтр, блок контакторов автономного хода (БКАХ), трансформатор, тормозные резисторы, блок реле для коммутации цепей управления. Наличие данных составляющих позволит оптимизировать процесс преобразования и увеличить общую эффективность работы. Схемы преобразователей выполнены на полупроводниковых элементах, изготовленных на базе IGBT технологии. Силовые модули имеют воздушное охлаждение с помощью встроенного вентилятора. Управление и контроль осуществляется тремя независимыми субблоками управления.

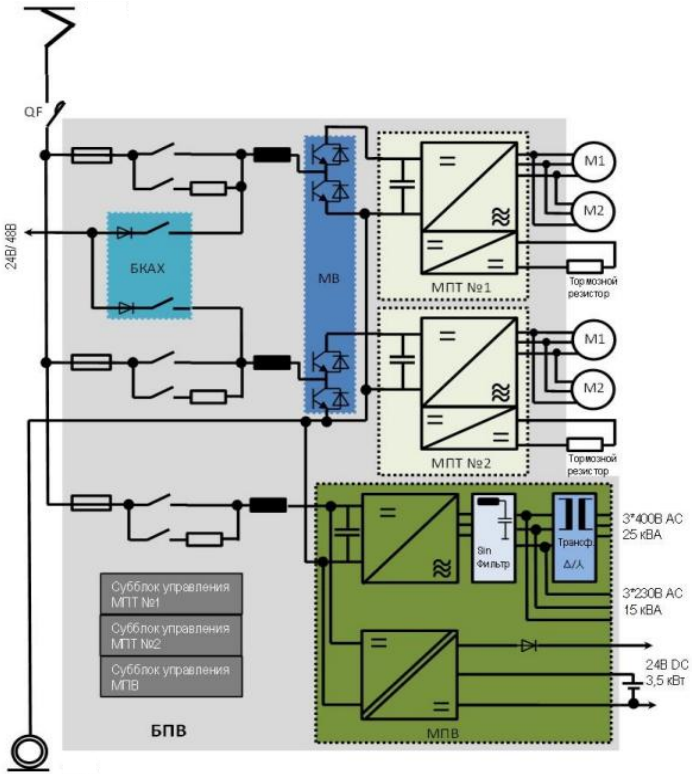


Рис.2. Модули БПВ.

Наличие современной элементной базы БПВ позволяет не только обеспечить надежность системы, но и внедрить новые алгоритмы управления, которые адаптируют работу электрооборудования к условиям эксплуатации.

Программное управление электроприводами [2] включает в себя использование датчиков, контроллеров и исполнительных механизмов, что позволяет реализовать сложные алгоритмы управления и осуществлять эффективный контроль работы. Такие системы способны адаптироваться к различным условиям эксплуатации, автоматически регулировать мощность в зависимости от нагрузки и дорожных условий. Программно-управляемый тяговый электропривод также обеспечивает возможность интеграции с системами управления движением, что позволяет оптимизировать расписание и повышать безопасность.

Одним из ключевых направлений повышения эффективности работы существующих систем управления тяговым электроприводом является модернизация с использованием программируемого логического контроллера (ПЛК), что позволит реализовать алгоритмы, которые будут автоматически разрешать или запрещать движение. ПЛК является базовой системой автоматизации высокого уровня и связан с преобразователем частоты тягового электропривода протоколом CAN. После обработки

входных сигналов от датчиков, ПЛК управляет автоматизированной установкой.

Внедрение алгоритмов оптимизации управления по заданным траекториям и рекуперации энергии, позволит сократить энергопотребление и увеличить КПД системы. БПВ, благодаря своей модульной конструкции, может быть дополнен новыми функциями и технологиями, такими как системы хранения энергии (например, суперконденсаторами), что также может существенно повысить эффективность работы трамвайных вагонов. Подобные решения представляет собой перспективное направление для повышения эффективности и надежности эксплуатации подвижного состава, отвечающего требованиям современного пассажирского транспорта.

В условиях глобальных экономических изменений важным аспектом является развитие отечественных технологий и компонентов для тяговых электроприводов. Анализ текущего состояния рынка показывает, что существует возможность создания конкурентоспособных решений, которые могут заменить импортные компоненты. Дальнейшие исследования и разработки в этой области могут привести к значительным улучшениям в эксплуатации трамвайных систем, а также способствовать развитию отечественной промышленности.

Внедрение новых технологий, адаптация к современным требованиям и развитие импортозамещения являются ключевыми факторами успешной реализации программно-управляемых систем.

Литература

1. Руководство по эксплуатации. Блок преобразователей вагона БПВ1-600-150_2-40_4-Т25-В2-С / Pyssia – Минск: Stadler, 2017.
2. Способ управления электрическим транспортным средством, в частности железнодорожным транспортным средством, устройством управления электрическим транспортным средством и железнодорожным транспортным средством. Патент EP 3 144 175 A1, ALSTOM TRANSP TECH [FR]. Опубл. 22.03.2017.

УДК 621.31

ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД НАСОСА ВПРЫСКА КОНДЕНСАТА В ПАРОВУЮ СИСТЕМУ ТЕПЛОПУНКТА

Бушуев А.А.
Научный руководитель – Горюнова В.А., ст. преподаватель

В настоящее время в организациях часто производят модернизацию старого оборудования путем установки частотно-регулируемого электропривода, преследуя при этом следующие цели:

– достижение или улучшение технологических параметров установок;

– минимизация человеческого фактора, совершенствование контроля за работой установки;

– повышение экономической целесообразности установок, увеличение ресурса и оптимальное управление их работой.

В состав паровой системы теплопункта ЦКК входят насос, паропровод, идущий от ТЭЦ, а также система контроля параметров пара и обратный клапан для подачи воды в паропровод.

В ходе технологического процесса осуществляется контроль температуры и давления пара в паропроводе с использованием соответствующих датчиков, подача воды через задвижки ручной регулировкой потока воды и открытии обратного клапана при определенном давлении в паропроводе. Подача воды осуществляется из емкости накопления конденсата путем включения насоса на полную мощность, что вызывает лавинообразное падение температуры и рост давления в паропроводе и последующем отключение насоса. Данный процесс происходит в цикле, зависящем от не стандартизируемых процессов в паропроводе, что вызывает повышенный износ оборудования.

Для предотвращения лавинообразного падения температуры в паропроводе скорость должна поддерживаться по границе пропуска обратного клапана (номинальная скорость насоса). Поэтому требования к системе автоматизации, следующие:

а) автоматическое включение по показаниям датчика температуры;

б) защита от «сухого хода»;

в) автоматическое отключение насоса при неполнофазном режиме, недопустимом снижении напряжения, аварии водопроводной сети;

г) сигнализация о включении и выключении насоса, а также об аварийных режимах.

При выборе методов регулирования было проведено сравнение (рис. 1) и выбран оптимальный способ управления.

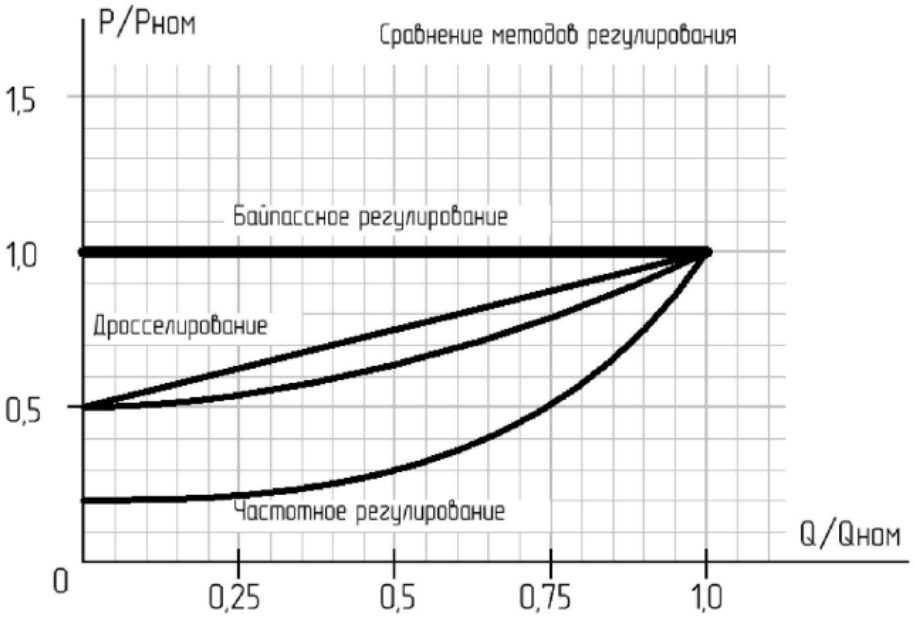


Рис.1. Сравнение различных методов регулирования.

Дросселирование является наиболее распространенным способом управления потоком воды. Регулирование давления и расхода воды в напорном трубопроводе производится задвижкой и имеет ряд недостатков. Прежде всего, увеличивается износ самого насосного агрегата и запорно-регулирующей арматуры, установленной на нем, происходит значительное рассеивание энергии, путем преграждения части потока, а также появление негативных явлений в виде кавитации и проявления эффекта резонанса. Также в большинстве насосных установок промышленного масштаба обычно применяется более одного насоса, что ведет к усложнению логики управления потоками и необходимости нахождения постоянного персонала (минусы человеческого фактора).

Для улучшения технологических параметров и минимизации человеческого фактора было принято решение об использовании частотно-регулируемого электропривода насоса. В условиях работы теплопункта ЦКК оптимальным является программное управление работой насоса, путем изменения параметров работы двигателя, что позволит расширить пределы регулирования, минимизировав проблемы потоков воды.

Управляемой координатой программно-управляемого электропривода насоса впрыска конденсата является температура. Посредством изменения скорости насоса, а значит угловой скорости двигателя, будет поддерживаться производительность насоса (подача воды в систему) на необходимом уровне.

Применение преобразователя частоты в составе насосного агрегата обеспечивает следующие преимущества по сравнению с другими методами:

– эффективное использование асинхронных электродвигателей, дешевых в эксплуатации и ремонте;

– КПД электродвигателя во всем диапазоне регулирования максимально соответствует КПД электродвигателя в номинальном режиме;

– плавный пуск электродвигателя, отсутствие гидроударов;

– экономия электроэнергии и снижение потерь воды при задании необходимого расхода;

– снижение уровня шума при пуске и работе насоса;

– повышение безопасности эксплуатации насосного оборудования.

Таким образом, современная система управления асинхронным двигателем должна обеспечивать максимальную экономию электроэнергии, высокую точность регулирования частоты, оптимальный закон управления, иметь высокую надежность и невысокую стоимость.

Литература

1. Насосы и насосные станции. Ю.В. Аникин, Н.С. Царев, Л.И. Ушакова [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://branpump.by/wp-content/uploads/2019/09/Nasosy-i-nasosnye-stancii-Uchebnoe-posobie-Ju.V.-Anikin-N.S.-Carjov-L.I.-Ushakova-2018-g..pdf

2. Лезнов, Б. С. Частотно-регулируемый электропривод насосных установок. / Б. С. Лезнов. – М.: Машиностроение, 2013.

УДК 621.311

ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД НАСОСА ПЕРЕКАЧКИ ЖИДКОГО ТОПЛИВА МОДЕЛИ NKG 125-80-400/36

Шестаков А.А.
Научный руководитель – Миронович А.В., ст. преподаватель

Увеличение потребления электроэнергии, необходимости бесперебойной работы производств, административных объектов, больниц и т.д., а также использование бесперебойных источников питания порой требует использования дизель генераторов. Для подачи топлива к топливному насосу высокого давления дизельного двигателя используется насос перекачки (подкачки) дизельного топлива. В этих условиях требуется регулирование подачи топлива, применение программно-управляемого электропривода позволяет регулировать подачу, напор и давление топлива, что ведет к повышению производительности и уменьшению энергоэффективности всей установки.

Применение таких систем в насосах перекачки позволит: увеличить скорость регулирования подачи при смене режима; улучшить качество наладки; повысить точность управления подачей; включить насос перекачки в систему автоматизации работы дизельного двигателя.

Разработка позволит создать предпосылки для создания систем управления перекачкой любых жидкостей в системах, где необходимо регулировать параметры с высокой точностью. Таким образом, изучение данного вопроса является задачей актуальной и полезной.

По своему назначению универсальные насосы предназначены для перекачивания большого количества жидкости. Любые жидкости нуждаются в перекачке, насосы перекачки используются в двигателях, топливозаправочных станция и т.д. Модернизация универсальных перекачивающих насосов позволяет улучшить их показатели, повысить точность и производительность насосов. Особенно положительно это сказывается в условиях небольших объемов.

Несмотря на модернизацию, универсальные насосы перекачки значительно уступают по производительности специализированным. Для последних имеется возможность полностью автоматизировать цикл перекачки, а также обеспечить оптимальные режимы перекачивания (давление и напор). Конструктивно эти насосы просты, в связи с этим они получили широкое распространение во многих отраслях. Эти недостатки в основном устраняется, если идти по пути специализации, сосредоточенности и изготовления под определенные задачи.

Принципиально новым этапом совершенствования перекачивающих насосов является применение программного управления на основе программируемого логического контроллера (ПЛК). Основные преимущества программного управления: возможность обеспечения практически любой схемы перекачки; возможность централизованной подготовки программы перекачки; простота изменения и корректировки программы; быстрая переналадка; возможность получения насоса высокой производительности с гибкими параметрами.

В соответствии и изученными параметрами система автоматического управления перекачивающим насосом должна обладать следующими функциональными возможностями: обеспечить контроль количества перекачиваемого топлива; остановка перекачки на определенном количестве жидкости; возможность поддержания минимальных параметров напора или давления; требуемый шаг отсчета.

В соответствии с этим программируемыми параметрами являются: давление; напор; расход; объем необходимый для торможения при необходимости точного останова; тип останова; значение коррекции.

Процесс управления перекачкой заданного объема непосредственно связан с количеством жидкости, необходимым для работы до его полного

останова. Таким образом, при разной плотности жидкости и количества требуемого топлива, ПЛК выдает сигнал «Торможение», который управляет торможением привода.

На памяти ПЛК, где хранятся данные о количестве жидкости и ее объеме, необходимых для работы, информация считывается в рабочие регистры. Значение давления должно непрерывно сравниваться с заданным. При равенстве текущего и заданного значений выдается команда стоп подачи «Стоп», останавливающая подачу жидкости.

В процессе перекачки происходит сравнение текущего количества жидкости с заданным и в случае их равенства выдается команда на торможение подачи жидкости.

Коррекция количества жидкости позволяет максимально точно корректировать подачу и расход жидкости любой плотности.

Таким образом, можно сказать, что данный проект реализуем. В результате выполнения решаются проблемы с долгой переналадкой насоса, улучшается точность измерения параметров, повышается точность управления циклами насоса, появляется возможность более точно контролировать процесс перекачки.

Литература

1. Электронный ресурс «Модернизация насосного оборудования» - режим доступа: https://hms.ru/services/modernization_of_pumping_equip

УДК 621.311

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПОВОРОТА БАРАБАНА УСТАНОВКИ РАДИАЦИОННОЙ ПОВЕРОЧНОЙ УРПН-РМ9200

Карабельникова А.Д.
Научный руководитель – Миронович А. В., ст. преподаватель

Для разработки, тестирования и поверки приборов радиационного контроля на белорусском предприятии "Радметрон" разработана и изготавливается установка УРПН-РМ9200, позволяющая создавать нормированный поток ионизирующего излучения, включая гамма-потоки и нейтронные потоки требуемой интенсивности [1].

В данной модификации установки источники излучения – изотопы плутония, калифорния и америция – располагаются и хранятся в защитном контейнере под землей: это обеспечивает куда большую защиту электронных компонентов электропривода от возможного

нескомпенсированного электрического заряда, нежели другие две разработанные модификации (модификации установки зависят от пожелания заказчика и среды, где производятся измерения). Источник выбирается дистанционно в комнате оператора с панели компьютера. Выбранный источник по полипропиленовой трубе поднимается механизмом с механическим зацепом и располагается в колимационном устройстве, представляющем собой цилиндр с окошком-линзой. Именно в коллимационном устройстве происходит формирование коллимированного пучка быстрых нейтронов с использованием вставки-коллиматора из пятипроцентного борированного полиэтилена и коллимированного пучка тепловых нейтронов с использованием тепловой вставки из полиэтилена и применением кадмиевого экрана. Сами изменения значений измерения достигаются путем выбора разной активности изотопа и изменением расстояния между источником и детектором: это осуществляется передвижной по горизонтали платформе с рабочим столом, что в свою очередь также может передвигаться горизонтально и вертикально, а также поворачиваться на 360^{o}.

Рассматриваемый в данной работе привод барабана осуществляет подземное хранение измеряемых источников и обеспечивает выбор одного из них для измерений. Барабан находится в облучателе ОН-204 и размещается в защитном контейнере К4. Облучатель состоит из следующих основных частей: защитный контейнер; устройство нейтронного излучения облучатель ОН-204; зацеп, предназначен для захвата пробки; подъемник; электродвигатель барабана; гнезда для четырех пробок-держателей источников; шкаф приводов подъемника; стойки основания; вал привода поворота барабана; канал с защитой (полипропиленовая труба).

При разработке электропривода барабана следует учитывать такие требования, как:

1. Возможность управляемого плавного старта и остановки;
2. Точность позиционирования (установка должна являться механизмом повышенной точности с целью поднятия источника ровно по полипропиленовой трубе без повреждений);
3. Управление ускорением для ограничения рывков;
4. Возможность перестраивать частоты работы управляемого привода, чтобы не возникало механического резонанса. Установка может иметь различные модификации конструкции (в зависимости от требований заказчика), поэтому конструкция может иметь различные собственные частоты колебаний;
5. Установка может иметь модификации по числу источников ИИ в барабане, и поэтому привод и система позиционирования должным быть гибкими и перенастраиваемыми под конкретные позиции наличиствующих источников;

6. Минимизация электромагнитных помех и нагрева.

Учитывая требования, подбирается наиболее рациональный электропривод, которым является электропривод на основе синхронного двигателя с постоянными магнитами на роторе с синусоидальной формой ЭДС, который обеспечивает плавность хода, точность регулировки скорости и является наиболее выгодным вариантом, чем асинхронный и шаговый электропривод той же мощности.

Редуктор выбирается для понижения частоты вращения и увеличения момента вращения. При выборе коэффициента редукции стоит ориентироваться на момент удержания, чтобы при данных габаритах двигателя момент удержания был примерно в 5 раз выше, чем момент, требуемый для разгона барабана.

В качестве датчика положения данного электропривода используется абсолютный поворотный энкодер, который выдает информацию о текущем угле положения контроллеру с высокой точностью. Абсолютные энкодеры особенно подходят для приложений, где информация о положении должна сохраняться после потери питания системы.

Концевые магнитные датчики предусмотрены для дублирующего метода контроля останова барабана и точно связаны с двумя выбранными реперными точками на барабане. Совместно с абсолютным энкодером, механически связанным с осью ротора, эти датчики образуют комплекс устройств для позиционирования и юстировки.

Так как данная установка является кастомизированным продуктом, изготавливаемой под требования заказчика, для упрощения ее обслуживания и сборки запчастей большинство элементов электропривода выбираются как из принципа унификации, так и для удобства замены одной и той же марки в разных узлах установки.

Основной рассматриваемый источник опасности в работе с данной установкой – радиация – представляет явную угрозу для человека и влечет разрушающее воздействие на незащищенные электронные компоненты электропривода. Впрочем, опасность вероятна только при процессе измерения, если человек каким-то образом оказался в рабочей камере, или же в случаях повреждения при замене колб-гнезд, в которых находятся источники излучения. В режиме, когда не происходят испытания, а также при монтаже и ремонте измеряемая радиация не представляет собой угрозу, как для людей, так и для установки в целом, так как источники излучения располагаются в защитном контейнере под землей. Поэтому для рассматриваемого в данной работе электропривода барабана в таких режимах нет угрозы. Но в любом случае, для обеспечения безопасности персонала установка предусматривает меры защиты. Так, управление промышленной установкой осуществляется удаленно с помощью легко перенастраиваемой под различные модификации установки программы с

элементами искусственного интеллекта. Установка располагается в рабочей камере с металлической дверью и электромеханическим замком, в комнате оператора предусмотрены система сигнализации о нарушениях и оповещения о радиационной опасности, в случае превышения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма- и нейтронного излучений в рабочей камере. Контроль за радиационной обставновкой выполняет система радиационного контроля.

Таким образом, рассматриваемый электропривод барабана установки радиационной поверочной УРПН-9200 обеспечивает защиту и хранение источников ионизирующего излучения, что позволяет беспроблемно произвести проверку точности измерения приборов-детекторов, а также дает возможность выбора любого источника излучения.

Литература

1. Установка радиационная поверочная нейтронного излучения серии УРПН-РМ9200 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://radmetron.com/ru/product/gamma-radiation-calibration-equipment/automatic-irradiation-calibration-system-pm9200/ ;

2. Руководство по эксплуатации «Установка радиационная поверочная нейтронного излучения УРПН-РМ9200», утвержденная директором ООО «Радметрон», 2022.

УДК 621.311

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПЕРЕДВИЖНОЙ ПЛАТФОРМЫ УСТАНОВКИ РАДИАЦИОННОЙ ПОВЕРОЧНОЙ УРПН-РМ9200

Карабельникова А.Д.
Научный руководитель – Миронович А. В., ст. преподаватель

Установка радиационная поверочная УРПН-9200 позволяет создавать нормированный поток ионизирующего излучения, включая гамма-потоки и нейтронные потоки требуемой интенсивности, и является кастоматизированной комплексной конструкцией, состоящей из различных функциональных узлов. В данной работе рассматривается один из узлов, а именно — подвижная платформа – металлическая плита, которая установлена на четырех подшипниковых опорах и перемещается вдоль оси излучения (ось X) по цилиндрическим направляющим, закреплённым на стойках основания. На самой платформе располагается рабочий стол и механизм поперечного и вертикального перемещения стола. На столе

располагаются научные приборы, с которыми операторы установки проводят необходимые измерения точности приборов-детекторов, к примеру, дозиметров [1, 2].

Основной вид передвижной платформы представлен на рис. 1.

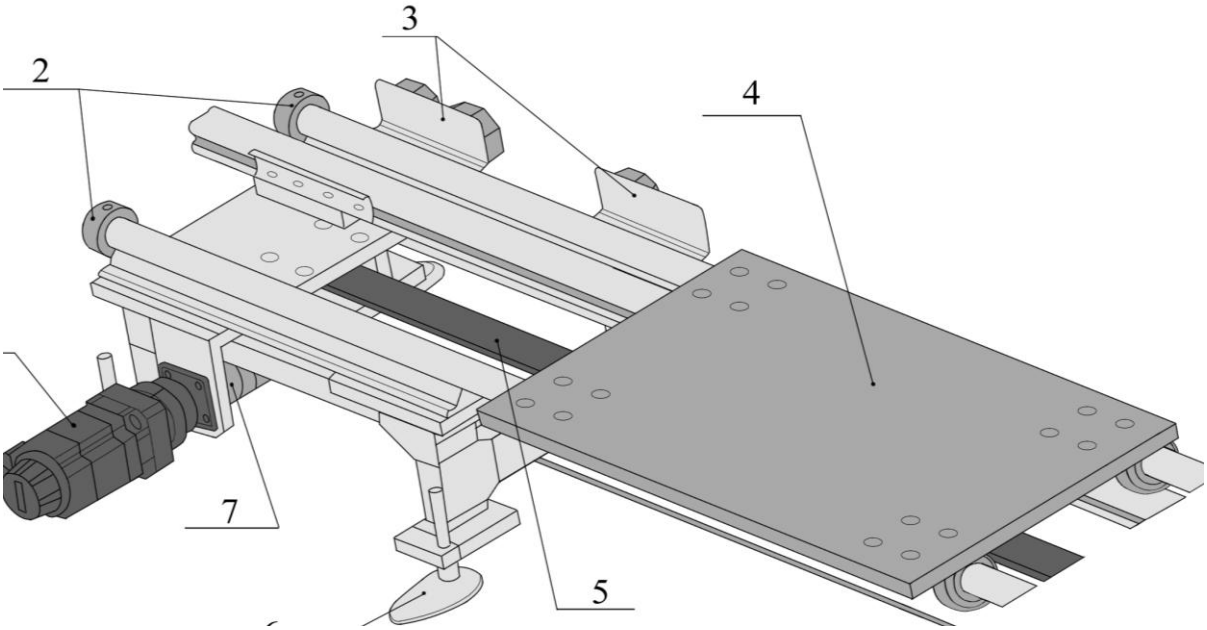


Рис.1. Основной вид передвижной платформы.

На рис. 1 показаны следующие элементы исполнительного органа:

1. Двигатель системы линейного перемещения;
2. Механические ограничители хода («жесткий упор»);
3. Концевые выключатели ограничения хода;
4. Подвижная платформа. Ширина составляет 460 мм, длина 800 мм;
5. Линейный энкодер;
6. Стойки основания. 3 штуки на всю длину рельс, длина пути составляет 4 метра;
7. Барабан ременной передачи.

Основная задача платформы – перемещение вдоль направляющих рельс и остановка в строго определенном положении для проведения измерений. Независимо от скорости движения привод платформы должен обеспечивать плавный пуск, разгон и останов для избегания повреждений высокочувствительных приборов. Ключевым требованием к платформе является точность его позиционирования относительно облучателя, поскольку именно этот параметр определяет качество измерений на установке. Согласно требованиям, исполнительный орган должен позиционироваться с точностью до ± 1мм.

Учитывая требования, подбирается наиболее рациональный электропривод. Подходящим выбором двигателя в данном случае будет являться синхронный двигатель с постоянными магнитами (СДПМ) на роторе с синусоидальной формой ЭДС, что и обеспечивает плавность хода, точность регулировки скорости и является наиболее выгодным вариантом, чем асинхронный и шаговый двигатели той же мощности.

Редуктор выбирается для понижения частоты вращения и увеличения момента вращения, а при остановке двигателя он немедленно останавливает барабан, принимая на себя его момент инерции вращения. При выборе коэффициента редукции стоит ориентироваться на момент удержания, чтобы при данных габаритах двигателя момент удержания был примерно в 5 раз выше, чем момент, требуемый для разгона барабана.

Положение самой платформы определяется с помощью линейного бесконтактного энкодера. Помимо этого, для точности позиционирования на концах цилиндрических направляющих подвижной платформы установлены механические ограничители хода («жесткий упор»). Также предусмотрены программное и электрическое ограничения хода платформы

Основным источником опасности в рассматриваемой радиационной поверочной установке УРПН-РМ9200 и ее модификациях безусловно является радиация. Измеряемые источники излучения (ИИ), такие как изотопы америция, плутония и калифорния, представляют собой смертельную угрозу для человека и влекут разрушающее воздействие на незащищенные электронные компоненты электропривода. Впрочем, опасность вероятна только при процессе измерения, если человек каким-то образом оказался в рабочей камере, или же в случаях повреждения при замене колб-гнезд, в которых находятся источники ИИ. В режиме, когда не происходят испытания, а также при монтаже и ремонте измеряемая радиация не представляет собой угрозу, как для людей, так и для установки в целом, так как источники излучения располагаются в защитном контейнере, в данной модификации — под землей. Однако проверка работы таких элементов установки, как рассматриваемая в данной работе передвижная платформа, подъемный механизм и передвижной стол с полным оборотом, даже в сервисном режиме представляет собой опасный производственный фактор, что может повлечь за собой нежелательную поломку оборудования и травмы обслуживающего персонала. Ввиду этого, установка имеет ряд мер по обеспечению безопасности персонала и населения от потенциально негативных явлений.

Управление всеми элементами промышленной установки осуществляется удаленно с помощью легко перенастраиваемой под различные модификации установки программы с элементами искусственного интеллекта. Установка располагается в рабочей камере с металлической дверью и электромеханическим замком, в комнате

оператора предусмотрены система сигнализации о нарушениях и оповещения о радиационной опасности, в случае превышения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма- и нейтронного излучений в рабочей камере. Контроль за радиационной обстановкой выполняет система радиационного контроля.

Ввиду того, что данное ИИ представляет собой поток частиц, движущихся с большой скоростью, при его взаимодействии с веществом возможны либо прохождения частиц сквозь вещество, либо столкновение с кристаллической решеткой вещества. В результате столкновения в кристаллической решетке может возникнуть локально нескомпенсированный электрический заряд. Для самого электродвигателя ионизирующее излучение не представляет опасности, так как не может повлиять на электромагнитные процессы в работе двигателя. Однако ИИ может представлять опасность для электронных компонентов электропривода, прежде всего для полупроводниковых элементов. Это может спонтанно изменить состояние и работу полупроводника: транзистор может самопроизвольно открыться, ячейка памяти может потерять свое значение, либо выйти из строя; в арифметическо-логическом устройстве (АЛУ) процессора/микроконтроллера может нарушиться микроалгоритм вычислений. В качестве защиты от ИИ применяют несколько решений/подходов:

1. Механический подход. Заключается в том, чтобы окружить чувствительную электрическую схему оболочкой, которая обладает большим поглощающим действием на ИИ. Для гамма-излучения в этом случае служит свинцовая защита. Для нейтронного излучения — материал с углеводородом (полиэтилен, пластик и т.д.).

2. Электронное решение. При построении схемы используются полупроводниковые элементы с широкой запрещенной зоной. Запрещенная зона – область значений энергии, которыми не может обладать электрон в идеальном (бездефектном) кристалле. К таким относятся полупроводники семейства A3B5 – арсенид галлия (GaAs), либо карбид кремния (SiC). При этом стоит отказаться от элементов на переходе Шоттки.

3. Алгоритмическое решение. В этом случае, необходимо проектировать электронные блоки с резервированием ответственных компонентов, и включать в алгоритм их работы процедуры самодиагностики и изоляции поврежденных компонентов, например, хранилище памяти должно дублироваться, необходимо периодически подсчитывать контрольную сумму по всем ячейкам памяти, в случае несовпадения контрольных сумм такая ячейка будет считаться поврежденной и исключенной из дальнейшей работы. Периодически на АЛУ запускается тестовое задание и если результат вычислений не

совпадает с ожидаемым, то АЛУ считается поврежденным и также исключается из работы.

Платформа радиационной поверочной установки УРПН-9200 выполняет основную функцию для измерения и разработки радиационных приборов - изменение расстояния между источником и детектором, что помогает измерить диапазон их чувствительности и дать оценку мощности излучения выбранного источника. Платформа должна быть органом высокой точности и обеспечивать плавный пуск, разгон и останов для избегания повреждений высокочувствительных приборов.

Литература

1. Установка радиационная поверочная нейтронного излучения серии УРПН-РМ9200 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://radmetron.com/ru/product/gamma-radiation-calibration-equipment/automatic-irradiation-calibration-system-pm9200/ ;

2. Руководство по эксплуатации «Установка радиационная поверочная нейтронного излучения УРПН-РМ9200», утвержденная директором ООО «Радметрон», 2022.

УДК 621.311

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОФАЗНОГО ДВУХУРОВНЕВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ

Жуковец П.Н., Хандалова А.А.
Научный руководитель – Александровский С. В., к. т. н.

Преобразователи частоты (ПЧ) являются сложными техническими устройствами, предназначенными, как правило, для управления скоростью вращения электродвигателей переменного тока. Являясь нелинейными дискретными устройствами, ПЧ помимо основной гармоники генерируют в нагрузку высшие гармоники, что для асинхронного двигателя означает повышенный нагрев. Для снижения гармонического состава выходного напряжения/тока используются всевозможные выходные фильтры. Также имеет место повышение частоты коммутации силовых транзисторов ПЧ. В этом случае гармонический состав выходного напряжения/тока смещается в сторону больших частот и его можно уменьшить с использованием фильтров с меньшими параметрами. В то же самое время увеличение частот высших гармоник приводит к появлению токов утечек, увеличивающих токовую нагрузку на ПЧ, и требует использования специальных кабелей для подключения нагрузки.

Одним из вариантов решения данной проблемы является применение многоуровневых ПЧ. Такие ПЧ имеют значительно большее количество силовых ключей, однако используемые ключи будут иметь меньший класс по напряжению и как следствие меньшую стоимость. Из множества вариантов многоуровневых преобразователей в данной работе рассматривается инвертор с ячейко-цепочечной схемой, как наиболее универсальный вариант. Разработанная имитационная модель (рис. 1) многоуровневого ПЧ позволяет исследовать его работу и изучать спектральный состав выходного напряжения/тока. В качестве основы будем рассматривать однофазный двухуровневый ПЧ, на основе которого можно построить трехфазный преобразователь, для управления трехфазными асинхронными и синхронными двигателями.

Модель содержит подсистему источника заданного напряжения и частоты, сигнал с которого поступает на две подсистемы управления силовыми ключами подсистемы силового преобразователя (рис. 2). В качестве нагрузки принята RL-цепь.

График напряжения и тока на нагрузке показан на рис. 3.

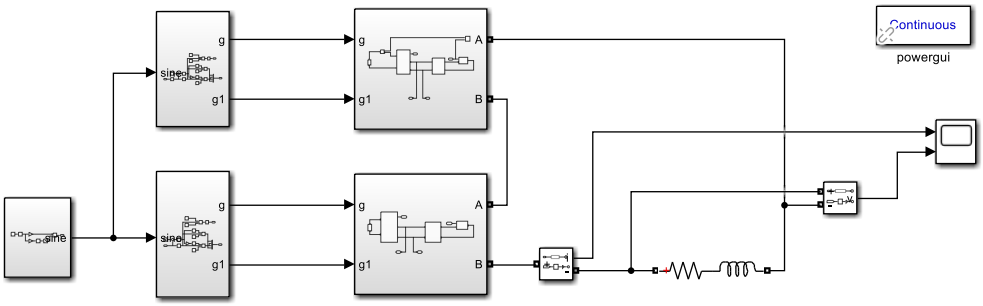


Рис. 1. Имитационная модель.

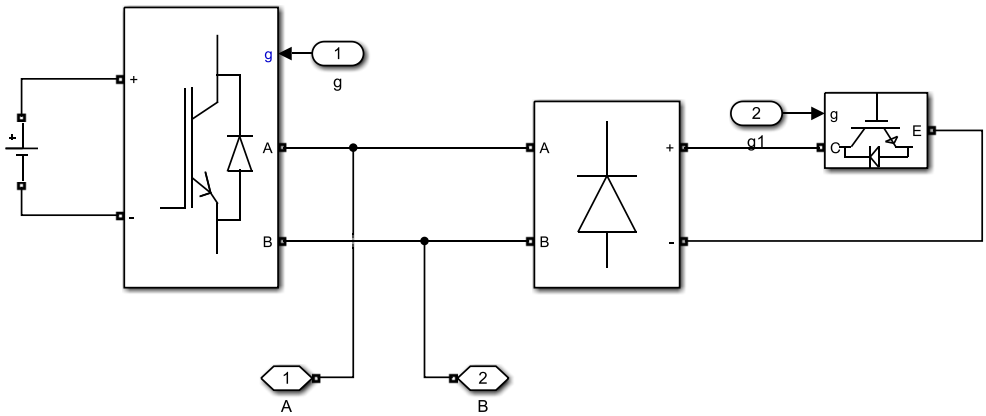


Рис.2. Подсистема силового преобразователя.

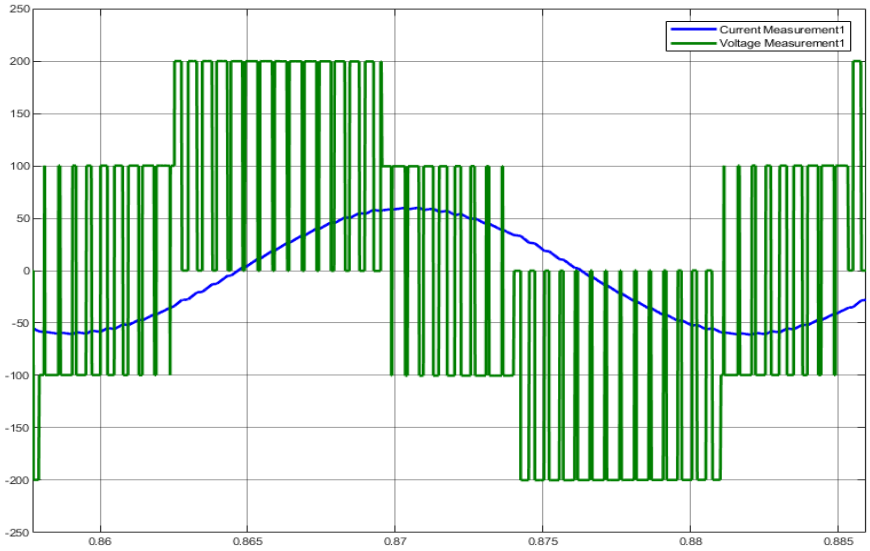


Рис.3. Графики тока (синий) и напряжения (зеленый).

Литература

1. Справочник по силовой электронике / Ю.К. Розанов, П.А. Воронин, С.Е. Рывкин, Е.Е. Чаплыгин; под ред. Ю.К. Розанова. – М.: Издательский дом МЭИ., 2014. – 472с.

РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

УДК.621.3.04

ROBOTICS AND CONTROL THEORY IN MEDICAL AND CARE HEALTH

Anushika Jayasooriya
Scientific adviser – Zayarny V.P Senior Lecturer

Medical and health-care robotics have come a long way in recent years. Unlike the industrial robots of the past, which were built to handle repetitive and dangerous tasks, today's robots are designed to work directly with people in settings like operating rooms, rehabilitation centers, and even at home.over the last decade, there's been a significant increase in interest–both commercially and in research–around medical robotics. This surge is largely driven by the desire to improve patient care and find more efficient solutions in healthcare.

Surgical Robotics: Telerobotic systems are now commonly used in surgeries, leading to Shorter recovery times for patients More reliable outcomes for various procedures

Rehabilitation Robotics:

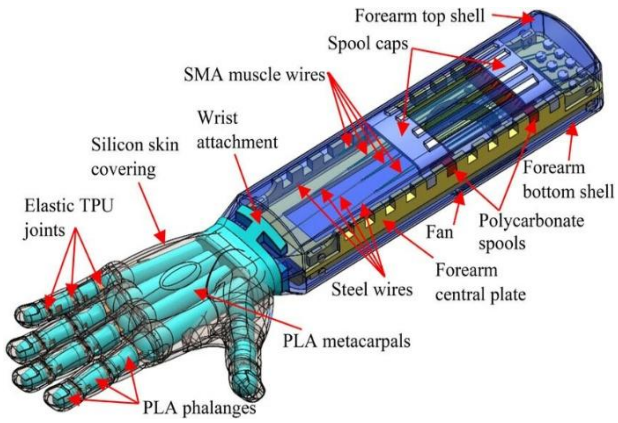
Robots are being used in physical and occupational therapy to: Deliver more intensive treatmentAdapt continuously to each patient's specific needs

socially Assistive Robotics (SAR):

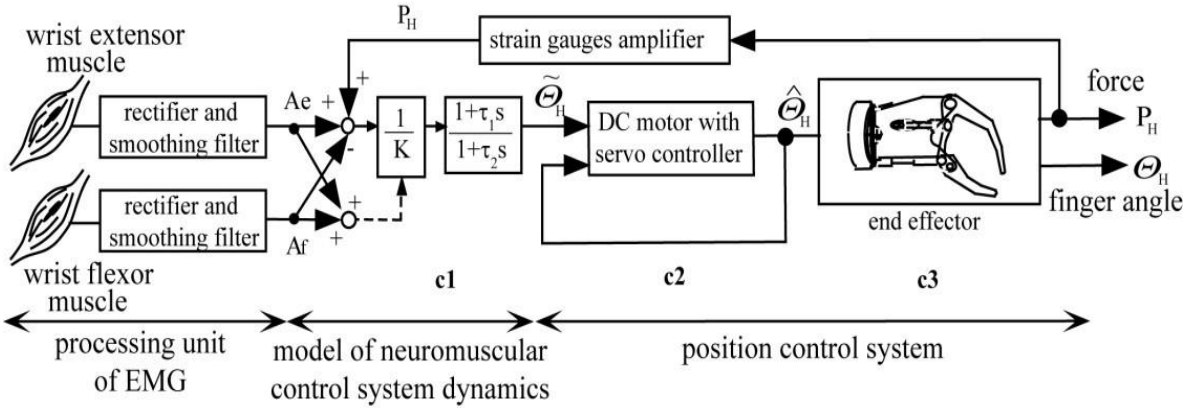
These robots are being developed for use both in clinics and at home, focusing on:Supporting physical exerciseEnhancing cognitive skillsProviding social interaction and coaching.

Technological AdvancesThe advancements in robotics offer exciting possibilities not just for improving current treatments but also for developing new therapies for many different health issues. Key benefits include Making healthcare more accessible Improving overall health outcomes for patients. Surgical robots are being developed to enhance the effectiveness of procedures by linking information with action in the operating room. They aim to overcome the physical limitations of human surgeons while still keeping human control at the forefront. Two decades. After the first robotic surgery, these systems are becoming commonplace in operating rooms. The Vinci surgical system is starting to show its potential in improving patient outcomes. Current surgical robots are controlled directly by surgeons, often through a teleoperation setup. In this scenario, the surgeon uses a master input device, while the robot at the patient's side mirrors those movements. Unlike traditional minimally invasive techniques, robotic systems give surgeons greater dexterity within the body. They can scale down normal human motions to navigate very small spaces and create a more intuitive

connection between the surgeon and the instruments. A complete surgical workstation integrates robotic devices with real-time imaging tools, allowing surgeons to visualize the operative field during surgery. The level of automation can vary based on the specific task and the advantages it offers. As technologies in imaging, tissue modeling, and needle steering continue to advance, future systems are likely to become more integrated. They may be able to position therapy devices in ways that manual insertion cannot achieve. In these scenarios, the surgeon will identify the target, plan or approve the proposed path, and supervise the robot as it navigates to the target, ensuring precision and safety. Formal methods are mathematical approaches for the specifi-cation, development, and verification of systems. For medical robots that interact directly with human caregivers and patients, controller designs, planners, operating software, and hardware should be verified and validated as safe using formal methods. At this time, most work in formal methods does not incorporate uncertainty to the extent that is needed for medical and health-care robotics. A related goal is the use of formal methods in the design and modeling the behavior of systems that. A motion controller sends a signal to the servo. The servo's rotation will vary depending on the input signal's pulse width modulation (PWM). The output spline of a servo is typically at 0° while it is at rest. The output spline will spin 90° in one direction at a pulse width of 1.5 milliseconds (ms), based on an anticipated pulse frequency of 20 milliseconds (ms). The output spline will continue spinning 90° further to the 180° position with a pulse width of 2ms. The output spline rotates 180° backward to the 0° starting point with a pulse width of 1ms.The potentiometer continuously monitors the output spline's location. The robot's servo motor's power is interrupted when the output spline reaches the required position, and the servo maintains that position unless instructed otherwise. A servo motor for a robotic arm will actively attempt to maintain a position when stopped in that position. The proportional operation of servos is a crucial component. A robot servo motor will only rotate as quickly as is necessary to go from its current position to the position requested.



Diag.1. Model of the transradial prosthetic arm.



Diag.2. Simulator of myoelectrically controlled of the prosthetic arm with graphical.

References

1. Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. New York: W. W. Norton & Company.
2. Wallach, W., & Allen, C. (2009). Teaching Robots RigMoral Machines: ht From Wrong. New York: Oxford University Press.

УДК 621.3

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЭТАПОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ В РАМКАХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Бахуревич А.М.
Научный руководитель – Журавлёва Е.Р., к.т.н., доцент

Современные руководители стремятся к внедрению информационных технологий. Инновации способны увеличить прибыль, уменьшить издержки, оптимизировать производственные мощности. Успешность предприятия зависит от способности гарантировать запланированный выпуск продукции при условии, что разработка, производство и реализация произойдет в кратчайшие сроки, с требуемым качеством и минимальными издержками. Эти цели могут быть достигнуты только с применением промышленных информационных технологий.

Суть применения промышленных информационных технологий – замена трудоемких, длительных и дорогостоящих работ на каждой стадии жизненного цикла изделия эффективными процедурами синтеза информационных моделей.

Изучение данных технологий осуществляется в рамках отдельных дисциплин. В данной работе рассмотрен проект, направленный на объединение знаний и навыков, получаемых в смежных дисциплинах.

В проекте были решены задачи проектирования изделия, технологического процесса и проекта производственной системы. Соответствующие этапы описаны ниже:

1) проведен анализ изделия на технологичность, разработана 3-мерная модель и рабочий чертеж детали в САПР SolidWorks;

2) для полученной 3-мерной модели детали разработан технологический процесс изготовления в САПР EdgeCAM, маршрутная и операционная карты;

3) для разработанного технологического процесса подготовлен проект роботизированной производственной системы, произведен выбор оборудования, планировка основного и вспомогательного оборудования, имитационная модель системы в среде Tecnomatix Plant Simulation.

Проект робототехнической производственной системы в среде Tecnomatix Plant Simulation представлен на рисунке 1.

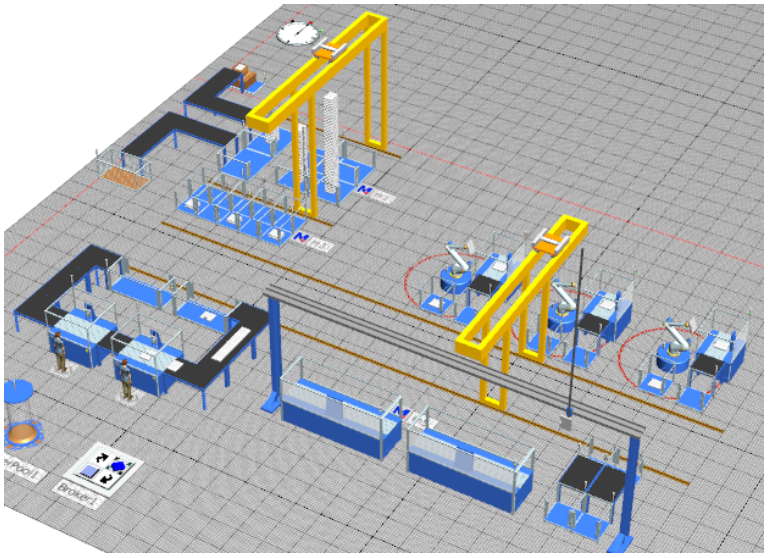


Рис.1. Имитационная модель робототехнической системы.

Результаты имитационного моделирования подтверждают грубую прикидку результатов работы системы (расчет объемного годового баланса времени оборудования) [1].

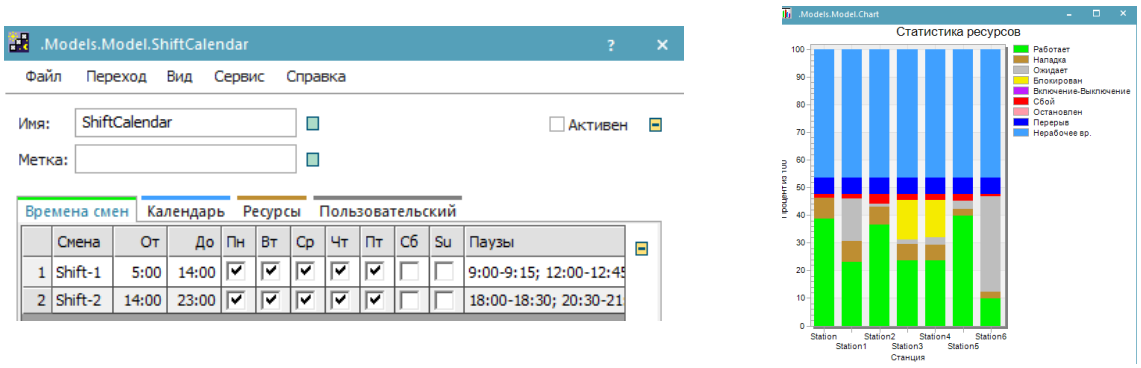


Рис.2. Нормирование рабочего времени и статистика времени оборудования.

В проекте реализован цифровой жизненный цикл изделия от идеи до производства конечного продукта. Подобный образовательный подход дает всестороннее видение и понимание этапов производства продукции в современных условиях.

Литература

1. Новичихина, Е.Р. Моделирование и исследование проектных вариантов робототехнических систем: метод. пособие по курсовому проектированию по дисциплине «Моделирование и исследование робототехнических комплексов» для студентов специальности 1-53 01 06 «Промышленные роботы и робототехнические комплексы» / Е.Р. Новичихина, Р.В. Новичихин, А.Р. Околов. – Минск: БНТУ, 2013.
2. Сайт Siemens [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/products/tecnomatix/plant_design/ plant_simulation.shtml.

УДК 697.8:658.512.22-027.44:004.9

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ АВТОМАТИЗАЦИИ СИСТЕМ ДЫМОУДАЛЕНИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ

Ванина А.М.
Научный руководитель – Воюш Н.В., ст. преподаватель

Современные методы автоматизации систем дымоудаления в проектировании зданий в Республике Беларусь представляют собой важный аспект обеспечения пожарной безопасности. Эффективное удаление дыма и токсичных продуктов горения способствует сохранению видимости на путях эвакуации, снижает риск отравления и обеспечивает условия для работы спасательных служб. В данной работе рассматриваются

нормативные требования, архитектура систем, используемые технологии и перспективы развития автоматизированных систем дымоудаления (АСДУ) в Беларуси.

1. Нормативные требования к автоматизации систем дымоудаления в Беларуси

Проектирование АСДУ в Беларуси регулируется рядом нормативных документов, среди которых:

- СН 2.02.07-2020: устанавливает требования к проектированию систем вентиляции, предназначенных для противодымной защиты зданий и сооружений при пожаре, а также удаления газов и продуктов горения после пожара. Эти нормы не распространяются на проектирование систем противодымной защиты убежищ, объектов подземных горных работ и других специфических сооружений.
- СН 2.02.03-2019: определяет требования к пожарной автоматике зданий и сооружений, включая системы дымоудаления. Документ содержит положения о необходимости круглосуточного функционирования пожарной автоматики и возможности централизованного контроля за её состоянием.

При проектировании систем противодымной вентиляции, не указанных в данных строительных нормах, требования устанавливаются специальными техническими условиями, разрабатываемыми по ТКП 45-1.01-234.

2. Архитектура и компоненты автоматизированных систем дымоудаления

АСДУ в Беларуси представляют собой комплекс оборудования, обеспечивающего эффективное удаление дыма и продуктов горения. Ключевыми компонентами системы являются:

- Датчики и извещатели: обнаруживают признаки пожара, такие как дым или повышение температуры.
- Исполнительные механизмы: включают вентиляторы, клапаны дымоудаления, люки и другие устройства, обеспечивающие удаление дыма.
- Шкафы управления: содержат электронное оборудование, осуществляющее управление системой и обмен данными с другими элементами.
- Системы управления и мониторинга: обеспечивают координацию работы всех компонентов и позволяют оперативно реагировать на изменения ситуации.

Примером реализации такой системы является комплекс «Вертикаль», включающий центральный пульт управления, модули индикации, этажные модули сигнализации и управления, а также блоки контроля клапанов.

3. Технологии и протоколы автоматизации

Современные АСДУ в Беларуси интегрируются с различными системами автоматизации зданий, что обеспечивает их эффективную работу и

взаимодействие с другими инженерными системами. Ключевыми технологиями являются:

- KNX: открытый стандарт для автоматизации зданий, обеспечивающий взаимодействие между различными устройствами через единую шину. Поддерживает различные среды передачи данных, включая витую пару, IP-сети и радиоканал.
- SCADA-системы: используются для мониторинга и управления инженерными системами зданий, обеспечивая централизованное управление и оперативное реагирование на чрезвычайные ситуации.

Интеграция АСДУ с этими технологиями позволяет обеспечить централизованное управление, мониторинг и оперативное реагирование на чрезвычайные ситуации.

4. Перспективы развития автоматизированных систем дымоудаления в Беларуси

Развитие технологий в области автоматизации систем дымоудаления в Беларуси направлено на повышение их эффективности, надежности и интеграции с другими системами безопасности. К перспективным направлениям относятся:

- Интеллектуальные системы управления: внедрение адаптивных алгоритмов, способных анализировать изменения условий внутри и снаружи здания для оптимизации работы системы.
- Использование возобновляемых источников энергии: оборудование систем дымоудаления солнечными панелями или другими источниками для обеспечения их автономной работы.
- Интеграция с другими системами безопасности: объединение АСДУ с системами видеонаблюдения, пожарной сигнализации и оповещения для комплексного обеспечения безопасности.

5. Практические аспекты внедрения АСДУ в Беларуси

На практике автоматизация систем дымоудаления сталкивается с рядом организационных и технических задач. Одной из ключевых является обеспечение совместимости оборудования от разных производителей. Поэтому при проектировании предпочтение отдается системам, соответствующим международным стандартам, таким как ISO 21927 и EN 12101, и поддерживающим открытые протоколы обмена данными.

Другим важным аспектом является квалификация персонала. Инженеры-проектировщики, монтажники и обслуживающий персонал должны иметь соответствующую подготовку, позволяющую не только правильно спроектировать, но и грамотно эксплуатировать автоматизированную систему. В этой связи растёт спрос на сертификационные курсы и обучение специалистов на базе профильных учебных заведений страны, например, в БНТУ и Академии МВД.

Также отмечается необходимость более глубокой интеграции АСДУ с системами "умного здания". Это включает использование ИИ-алгоритмов для прогнозирования сценариев развития пожара и соответствующей адаптации логики работы вентиляции. Например, в случае прогнозируемого распространения огня на несколько этажей система может заранее активировать дополнительные элементы дымоудаления и увеличить мощность вентиляторов.

С учётом требований СН 2.02.07-2020 и СН 2.02.03-2019, а также практических реализаций в крупных проектах, можно утверждать, что направление автоматизации дымоудаления в республике движется в сторону современных европейских стандартов. Важным условием дальнейшего роста остаются инвестиции, подготовка специалистов и развитие отечественной технологической базы.

УДК 621.3

ТЕСТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Вашкевич И.С.
Научный руководитель – Гутич И.И., ст. преподаватель

Внедрение цифровых систем управления в энергетике требует не только разработки и интеграции программного обеспечения, но и его детального тестирования, которое является неотъемлемым этапом жизненного цикла информационной системы. В условиях эксплуатации дистанционных систем контроля и управления трансформаторными подстанциями малейшие сбои или ошибки в передаче данных могут привести к серьезным последствиям: потере управления объектом, возникновению аварийных ситуаций, некорректному анализу параметров работы оборудования. Поэтому комплексное тестирование разработанной системы является критически важным этапом, позволяющим гарантировать ее надежность и стабильность в реальных условиях эксплуатации.

Тестирование телеметрии и корректности ее работы будет происходит в продукте MAG-Terminal программного комплекса СК-11. Данный продукт позволяет видеть показатели индикаторов, к которым подвязаны сигналы телеизмерения, поступающие в реальном времени. Также можно протестировать значения, которые приходят на сигналы телесигнализации и посмотреть, насколько корректно отрабатывает телеуправление для объектов, к которым оно подвязано.

Тестирование сигналов телеизмерений (ТИ)

Получение правильных значений сигналов телеизмерения является важным, поэтому необходимо выполнить тестирование получаемых измерений. Чаще всего проблем с приемом значений телеизмерений не происходит и все значения поступают без отклонений, но есть ситуации, при которых значения могут отличаться в несколько десятков раз.

Выполняется тестирование получаемых значений ТИ для напряжения. На рисунке1 продемонстрированы измерения напряжения на первой секции шин распределительного устройства 0,4 кВ.

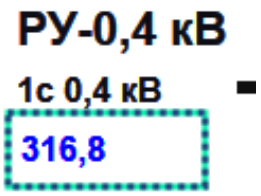


Рис.1. Значения телеизмерения до тестирования.

Значение, которое приходит в модель является 316,8 кВ, что недопустимо большое и явно ложное. В данном случае видно, что измерение в 1000 раз выше нормы, и можно сделать вывод, что масштабные коэффициенты настроены неверно. Значение масштабного коэффициента продемонстрированно на рисунке 2.

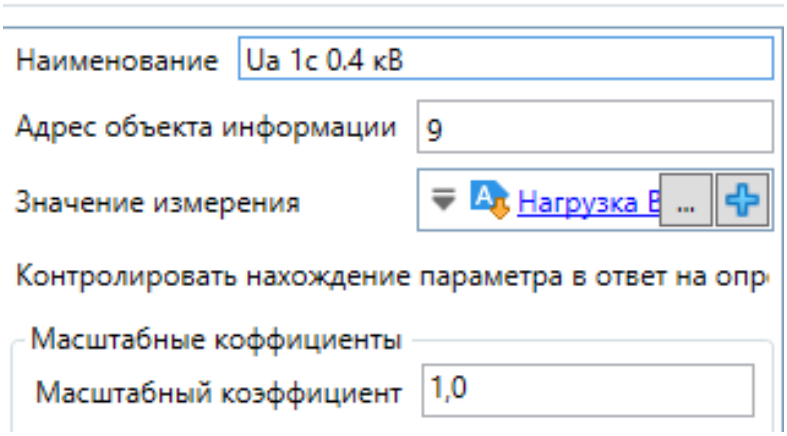


Рис.2. Масштабный коэффициент в модели.

В редакторе модели, необходимо найти удаленный аналоговый сигнал и затем в его свойствах изменить параметр «Масштабный коэффициент». Необходимо поставить значение коэффициента 0,001, так как нам необходимо уменьшить значение в 1000 раз. Далее сохраняются все

изменения и необходимо вернуться в программу “MAG Terminal”. Результат выполненной работы продемонстрирован на рисунке 3.

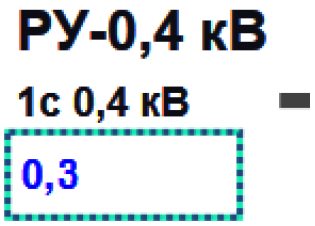


Рис3. Результат исправления сигнала телеизмерения.

В результате можно увидеть, что значение уменьшилось в 1000 раз и составляет 0,3 кВ, что вполне соответствует норме. Таким образом проведено тестирование сигнала телеизмерения.

Тестирование сигналов телесигнализации (ТС)

Следующим шагом выполняется тестирование и сверка показателей телесигнализации, которые поступают на коммутационные аппараты одной из отходящих линий напряжения 10 кВ. Эталонной схемой, с которой будет проводится сверка является смоделированная модель подстанции 35 кВ. Так как данная схема имеет одинаковые состояния коммутационных аппаратов, согласно электрической схеме, это позволит выполнить сверку намного быстрее и без использования бумажного варианта.

На рисунке 4 представлены состояния, в котором должны находится коммутационные аппараты на фидере, однако, когда пользователь переходит в продукт “MAG Terminal” он видит иное состояние, которое изображено на рисунке 4.

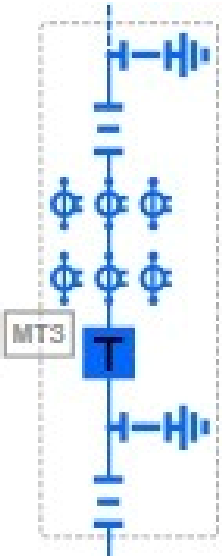


Рис.4. Состояние коммутационных аппаратов до выверки.

Если проигнорировать элементы и не привести их к состоянию, соответствующему главной электрической схеме, то модель будет не корректна и диспетчер будет получать ложную информацию о состоянии коммутационных аппаратов, что приведет к аварии. Диспетчер при виде того, что заземляющий нож введен в сеть и создает замыкание попытается это устранить в программе, однако на реальном объекте все находится в штатном режиме и никаких неполадок нет. При попытке исправить виртуальную “аварийную ситуацию”, диспетчер может создать реальную аварийную ситуацию на подстанции.

Данная проблема исправляется двумя способами. Первый способ заключается в том, что необходимо перейти в удаленное значение дискретного сигнала, в котором имеется проблема и необходимо открыть его свойства. Свойства сигнала продемонстрированы на рисунке 5.

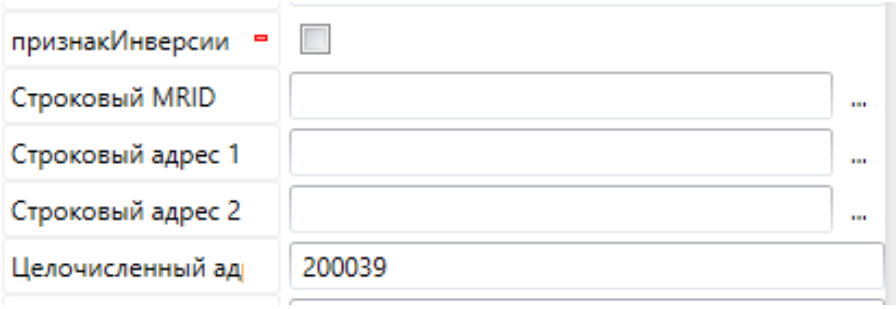


Рис.5. Свойства удавленного дискретного сигнала.

В поле признак инверсии необходимо поставить галочку, которая в соответствии с набором значений, может принимать данный дискретный сигнал, проинверсировав его.

Вторым способом является непосредственная замена набора значений, которые способен принимать дискретный сигнал на инвертированный. Например, до изменений сигнал мог принимать значение “Нет” на присутствие сигнала, и “Да” на его отсутствие. После замены набора на инверсированный, уже будет приходить значение “Да” на присутствие сигнала и “Нет” на его отсутствие. Данный способ является менее приоритетным, так как он заставляет создавать множество наборов принимаемых значений, что излишне нагромождает модель. Способ применяется в тех случаях, когда первый не способен решить проблему.

Для исправления ошибки, продемонстрированной на рисунке 4 выбран первый способ. На рисунке 6 продемонстрированы изменения, полученные после проведения всех манипуляций с инверсиями.

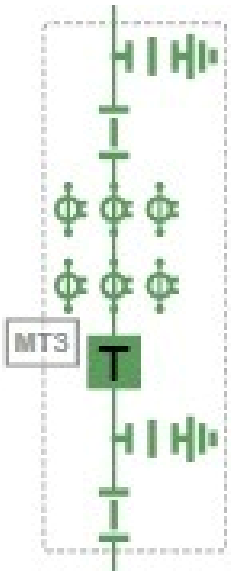


Рис.6. Состояние коммутационных аппаратов после выверки.

На рисунке 6 видно, что после внесения изменений все коммутационные аппараты соответствуют своим состоянием с главной электрической схемой, что дает ясность и понимание диспетчеру.

Тестирование телеуправления (ТУ)

Последним элементом, который необходимо протестировать является телеуправление. Наиболее достоверным способом проверки сигналов ТУ является непосредственное выполнение команды и проверка, насколько она корректно отработала на объекте, которому послана. Однако данный способ является наиболее трудозатратным и небезопасным, так как может произойти нештатная ситуация.

Более безопасным способом является проверка значений параметров, которые уже заведены в сигнал телеуправления. В удаленном сигнале телеуправления необходимо проверить адрес, который указан при создании, корректное ли удаленное устройство и компонент удаленного устройства. Если все верно, необходимо проверить непосредственно команду ТУ, которая создана ранее, синхронизирована ли она с удаленным сигналом и стоит ли верный набор воздействий.

Проведя тестирования команд телеуправления, сделанных в модели, ошибок не обнаружено. Из этого следует, что все заведенные команды ТУ имеют верные параметры и отрабатывают в соответствии с требованиями.

В результате комплексного тестирования системы могут быть выявлены и устранены ошибки в передаче и обработке данных телеизмерения, телесигнализации и телеуправления, что обеспечило достоверность и корректность функционирования информационной системы. Коррекция масштабных коэффициентов позволила исключить искажения в данных телеизмерений, а инверсия дискретных сигналов устранила несоответствия

в телесигнализации, предотвращая возможные ошибки диспетчерского контроля. Проверка алгоритмов телеуправления подтвердила корректность выполнения команд, что минимизирует риски аварийных ситуаций при эксплуатации системы. Таким образом, проведенные испытания могут подтвердить надежность и стабильность работы разработанного комплекса в условиях реальной эксплуатации.

Литература

1. Создание единой информационной модели Белорусской энергосистемы [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.energo.by/content/infocenter/news/sozdanie-edinoy-informatsionnoy-modeli-belorusskoy-energosistemy__12385/
2. Создание цифровых информационных моделей. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/future_plan/presentations/present_cim290923.pdf
3. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Объекты автоматизации в энергетике» для студентов специальности 6-05-0713-04 «Автоматизация технологических процессов и производств» / Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Робототехнические системы» ; сост. И. И. Гутич. – Минск : БНТУ, 2025.

УДК 621.867.2

ИНТЕГРИРУЕМЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ “КОНВЕЙЕР”

Гармаза Д.И., Ходатович А.С.
Научный руководитель – Марченко И.С.

К категории частотных преобразователей принадлежат электротехнические устройства, основная функция которых – изменение частоты переменного напряжения. Частотные преобразователи выполняют функцию регулировки: именно благодаря им достигается нужная скорость вращения синхронных и асинхронных электродвигателей переменного тока путем изменения частоты питающего напряжения. Применение частотных преобразователей находит широкое применение в современной промышленности, навыки их параметрирования и использования особенно важны для будущих инженеров. Большинство учебных стендов с частотными преобразователями оснащены в лучшем случае электродвигателем, и почти никогда не включают в себя механизмы или установки, что ограничивает получаемый опыт взаимодействия с техникой.

В рамках расширения материально-учебной базы кафедры «Робототехнические системы» факультета информационных технологий и робототехники Белорусского национального технического университета за счёт собственных разработок был изготовлен прототип конвейера с возможностью управления движением транспортирующей ленты при помощи внешних контроллеров для использования в учебных программах. Он состоит из конвейера, программируемого реле и частотного преобразователя. Благодаря использованию промышленных протоколов, данный конвейер можно легко встраивать в робототехнические комплексы.

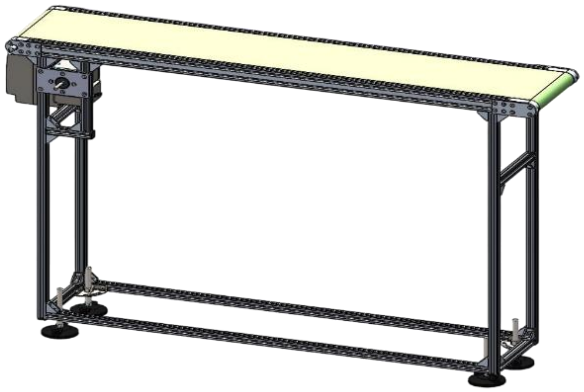


Рис.1. Модуль конвейера.

Целью данной работы ставилась разработка и создание промышленной версии конвейера, который не будет уступать по техническим характеристикам заводским вариантам. Также, использование данного модуля позволяет студентам углубить профессиональные знания и развить практические навыки настройки частотных преобразователей, управления с помощью программируемого реле.

Учебный модуль может быть использован в следующих курсах:

Электропривод: настройка частотного преобразователя таким образом, чтобы с помощью программируемого реле можно было выбрать направление движения ленты, две рабочих скорости, а также вывод сообщения об ошибке работы частотного преобразователя. Также настройка основных параметров для реальных механизмов.

Компьютерные сети: использование промышленных протоколов Modbus TCP и RTU позволит быстро интегрировать данный конвейер в промышленный робототехнический комплекс.

Программируемые логические контроллеры/АСУТП: разработка управляющей программы для программируемого реле является одной из базовых задач промышленных систем управления.

Проектирование робототехнических комплексов: навык интегрирования модулей в сторонние системы объединяет все указанные выше курсы.

Таким образом был изготовлена промышленная версия конвейера, позволяющая применять навыки настройки частотных преобразователей, управляемых программируемых. Студенты могут изучать настройку частотных преобразователей, включая выбор оптимальных параметров для различных типов нагрузок, а также интеграция и управление частотными преобразователями через промышленные протоколы, такие как Modbus. Практическая работа с реальными устройствами поможет развить навыки программирования и управления, что важно для будущих инженеров.

Литература

1. Public Limited Company «Eaton»: PowerXL™ DC1 Variable Frequency Drives Parameter Manual.
2. Aktiengesellschaft «Siemens AG»: LOGO! Системное руководство.
3. Фу, К. Робототехника: Пер. с англ. / К. Фу, Р. Гонсалес, К. Ли. – М.: Мир, 1989. – 624 с.
4. Кожушко, Г.Г. Расчет и проектирование ленточных конвейеров : учебно-методическое пособие / Г.Г. Кожушко, О.А. Лукашук.– Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016.– 232 с.

УДК 621.311

ЦИФРОВАЯ ТОПОЛОГИЧЕСКИ СВЯЗАННАЯ МОДЕЛЬ ПОДСТАНЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕМАНТИКИ CIM

Вашкевич И.С.
Научный руководитель – Гутич И.И., ст. преподаватель

С активным развитием цифровых технологий в электроэнергетике на предприятиях начали внедряться автоматизированные системы, каждая из которых ориентирована на выполнение определённой технологической функции. Эти системы проектировались автономно, без учёта необходимости взаимодействия с другими системами, поэтому имеют собственные форматы хранения информации и уникальные модели представления данных об энергетическом оборудовании. В результате, даже при наличии данных об одних и тех же объектах, такие системы зачастую не способны полноценно обмениваться информацией между собой.

Как правило, интеграция между разными автоматизированными системами осуществляется точечно, с применением нестандартных решений, что ограничивает масштабность и гибкость взаимодействия. Это приводит к ряду негативных последствий: сложности в синхронизации данных, росту затрат на адаптацию и сопровождение систем, затруднения в

модернизации, а также невозможность объединения решений разных производителей в единую экосистему.

Необходимость унификации стала очевидной на фоне многочисленных проблем, возникающих при обмене технологической информацией между автоматизированными системами. Отсутствие стандартной информационной модели и общего формата данных тормозит развитие цифровой энергетики. Именно эти сложности и вызвали к жизни концепцию создания универсальной информационной модели и единого подхода к обмену данными, как основы для эффективной интеграции разнородных программных решений и обеспечения согласованности информационного пространства.

Использование цифровой модели обеспечивает интеграцию различных компонентов подстанции в единую информационную среду, что повышает уровень автоматизации, снижает вероятность ошибок оператора и улучшает качество принимаемых решений. Цифровая модель подразумевает собой сбор и первичную обработку дискретной и аналоговой информации, регистрацию аварийных ситуаций и переходных процессов, фиксацию факта и времени выдачи управляющих команд, учет электроэнергии, отпущенной потребителям, переданной соседним энергосистемам или полученной от них, отображение и документирование информации для оперативного персонала, контроль текущих значений параметров режима, определение длительности допустимых перегрузок трансформаторов и другого оборудования.

Создание цифровой модели подстанции высокого напряжения, позволит эффективно и надежно управлять ею на реальном объекте, используя оборудование независимо от назначения и производителя благодаря семантике CIM, что обеспечит стабильность, унифицированность и независимость от одного производителя.

Common Information Model (CIM) – это стандарт, позволяющий представлять объекты энергосистемы реального мира, информационные сущности, а также отношения между ними. Данная модель является высокодетализированной, что позволяет с высокой точность описать энергосистему. Также данный стандарт основан на языке унифицированного моделирования (UML), который поддерживает расширяемость, не затрагивая основные данные, имеет совместимость с любым продуктом и программным обеспечением так как, основан на международных
стандартах IEC 61970, IEC 61968, IEC 62325, которые поддерживают крупные мировые производители электроустановок, электрооборудования и ПО, такие как Owen, SofitSCADA, Siemens, ABB, Schneider, GE и т.д. Также данный вариант позволяет легко расширять систему новыми

компонентами и поддерживает интеграцию с умными сетями, продемонстрировано на рисунке 1 [1].

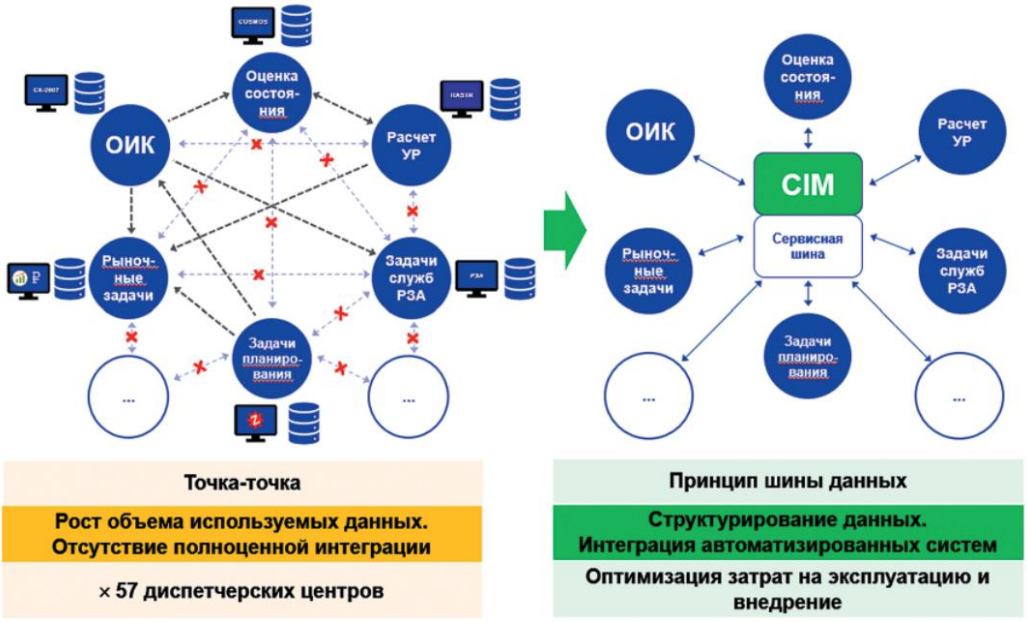


Рис.1. Системы до и после перехода на единую информационную модель.

Для создания единой информационной модели в соответствии с СТП 33240.01.108-22[2] подходит разработанная АО «Оператор АСТУ» (входит в состав Группы «Россети», РФ) программная платформа РС-20, а в качестве системы управления и сбора данных (SCADA) используется программное обеспечение СК-11. Одним из основных положений идеологии СК-11 является открытость платформы для интеграции приложений различных производителей на базе международных стандартов, включая стандарты CIM, IEC 61970 и IEC 61968.

Открытая интеграционная платформа СК-11 соответствует стандартам МЭК и поддерживает широкий набор интерфейсов, предоставляя десятки готовых сервисов для интеграции. Это позволяет с минимальными затратами построить систему управления в существующей инфраструктуре и
ИТ-ландшафте предприятия, подключить работающие на предприятии системы автоматизации, минимизировать эксплуатационные затраты [3].

В качестве демонстрации возможностей цифровой модели смоделирована высоковольтная подстанция с одной входящей высоковольтной линией напряжением 35 кВ, одним трансформатором, одной секцией шин 35, одной шиной напряжением 10 кВ и 4 фидера на стороне

10 кВ., (рис.2). За основу была взята стандартная, наиболее распространенная электрическая схема подстанций напряжением 35 кВ.

Данная модель выполнена в одном из модулей комплекса СК-11, а именно в Редакторе модели. Модуль представлен программой, которая предоставляет доступ к специализированным инструментам, которые спроектированы для редактирования экземпляров определённых классов (например, редактор подстанции, редактор линии и т.п.), а также позволяет моделировать подстанции разного класса напряжений используя элементы, предложенные в программе.

После завершения создания цифровой модели, необходимо выполнить ее телемеханизацию. Это позволяет собирать, передавать информацию о функционировании объектов электрической сети, а также передавать команды диспетчерского управления обозначенным объектам. В состав телемеханики входят: телеизмерение (получение информации о значениях измеряемых параметров напряжения, тока, давления и др.), телесигнализации (получение информации о состоянии контролируемых и управляемых объектов) и телеуправления (управление объектом на расстоянии посредством передачи электрических или радиосигналов). Важно отметить, что программный комплекс является верхним и последним уровнем в пирамиде автоматизации, из чего следует, что данные принимаемые СК-11 будут приходить из УСПД, находящихся уже на объекте.

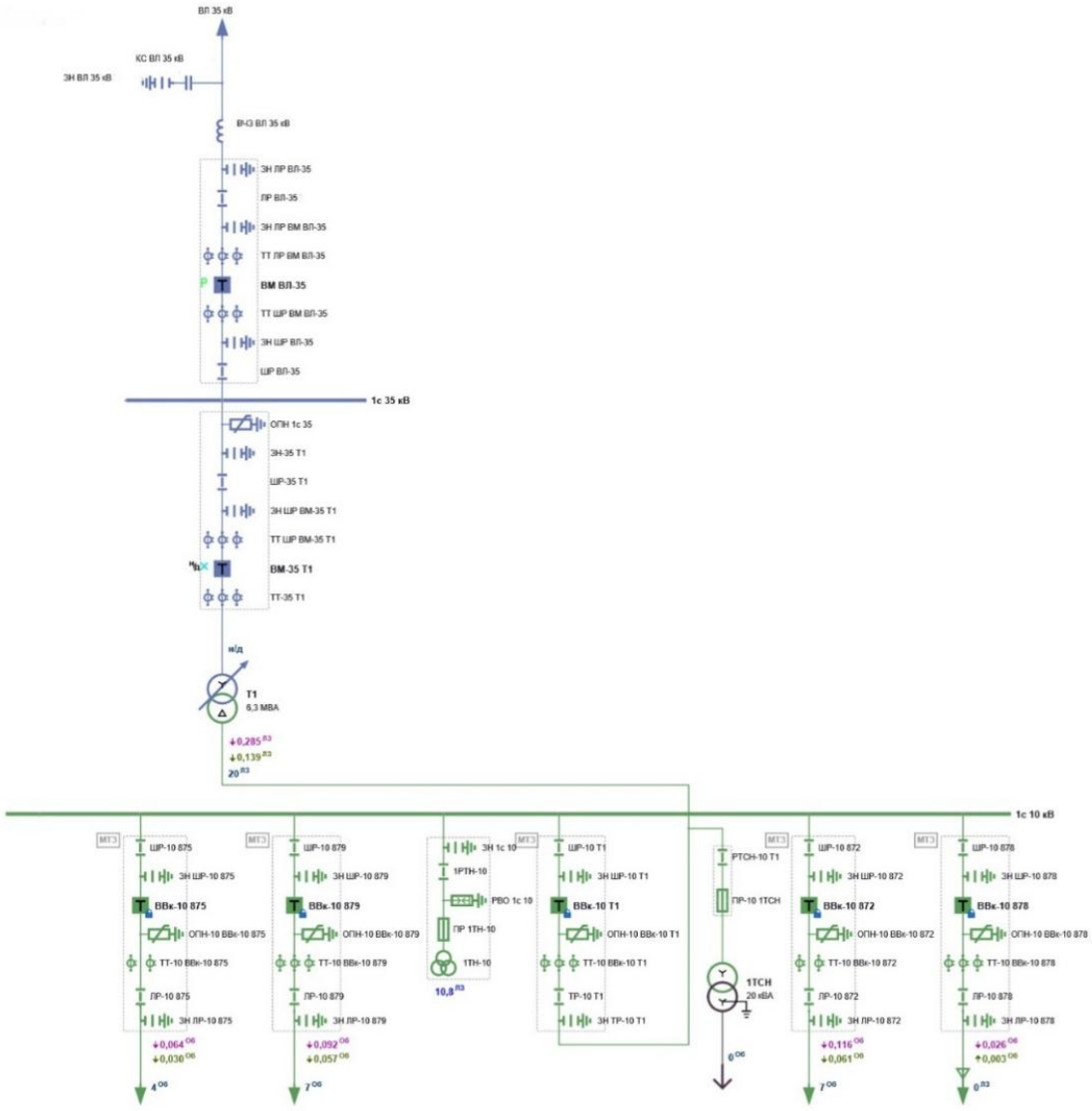


Рис.2. Цифровая модель подстанции в программном комплексе.

Для управления данной цифровой моделью и приема сигналов телемеханики существует еще один немаловажный модуль. MAG Terminal – клиентское приложение SCADA-системы СК-11, предназначенное для оперативного контроля и управления энергообъектами. MAG Terminal является основным инструментом работы диспетчера. Он предназначен для просмотра информации, хранимой и обрабатываемой в СК-11 в виде схем, графиков, таблиц, видеоизображений и т.п. MAG Terminal предоставляет возможность управления состоянием реального технологического оборудования на подстанции посредством посылки соответствующих сообщений от комплекса СК-11 к оборудованию. MAG-Terminal позволяет пользователю ознакомиться с актуальными значениями, приходящими в текущий момент времени и просматривать значения, полученные ранее.

Таким образом, цифровизация подстанций позволит не только управлять технологическими процессами, проводить диагностику, анализировать аварийные ситуации и прогнозировать нагрузки, но и оптимизировать процессы технического обслуживания, снизить эксплуатационные затраты, улучшив качество электроснабжения.

Литература

1. CIM-Based System for Implementing a Dynamic Dashboard and Analysis Tool for Losses Reduction in the Distribution Power Systems, 2016 – 33 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/308355183_CIM-Based_System_for_Implementing_a_Dynamic_Dashboard_and_Analysis_Tool_for_Losses_Reduction_in_the_Distribution_Power_Systems_in_Mexico
2. Создание единой информационной модели Белорусской энергосистемы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.energo.by/content/infocenter/news/sozdanie-edinoy-informatsionnoy-modeli-belorusskoy-energosistemy__12385/
3. Автоматизированная система технологического управления для центра управления сетями. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://monitel.ru/solutions/grids/adms-for-grids/

УДК 623.746.-519

УСТРОЙСТВО СИСТЕМЫ СЛЕЖЕНИЯ ДЛЯ БПЛА НА ОСНОВЕ РАДИОАНТЕНН

Германович А.П., Щеклеина В.П.
Научный руководитель – Заярный В.П., заведующий лабораторией

Ввиду активного развития сферы беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) их применение становится более доступным и массовым. В современной аграрной промышленности, сфере обслуживания электросетей, логистики, а также природоохраны и служб МЧС существуют проекты применения БПЛА на относительно больших расстояниях с целью контроля определенных показателей, передачи фото- и видеоданных, перемещения объектов.

Для качественного управления подобным оборудованием применяется радиоантенная связь. Она обеспечивает возможность двусторонней связи с управляемым объектом, то есть пилот может корректировать курс БПЛА, исходя из полученных данных (видео, изображений, телеметрии), и отправлять на него сигнал в режиме реального времени. Для обеспечения

качественной передачи сигнала и минимизации его прерывания при построении систем связи применяются различные методы: выбор определенных частотных диапазонов, использование ретрансляторов, усилителей, компенсирующих затухание сигнала, а также систем автоматического слежения за БПЛА.

В данной статье подробнее рассмотрим устройство систем слежения на основе радиоантенн, расположенных на опорно-поворотном устройстве. Установка антенны таким образом позволяет использовать одну остронаправленную антенну для непрерывного слежения за направлением БПЛА без разрывов связи. При установке антенны на опорно-поворотном устройстве главной задачей является создание вращающегося перехода [1] (рисунок 1). В свою очередь расположение перехода может повлиять на компактность прибора. В случае размещения перехода перед передатчиком вся площадь поворотной платформы используется более рационально, так как усилители и передающее оборудование займут место, не занятое антенной. При такой компоновке оборудования потребуется многоканальный вращающийся переход, поддерживающий большие токи для питания выходного усилителя мощности.

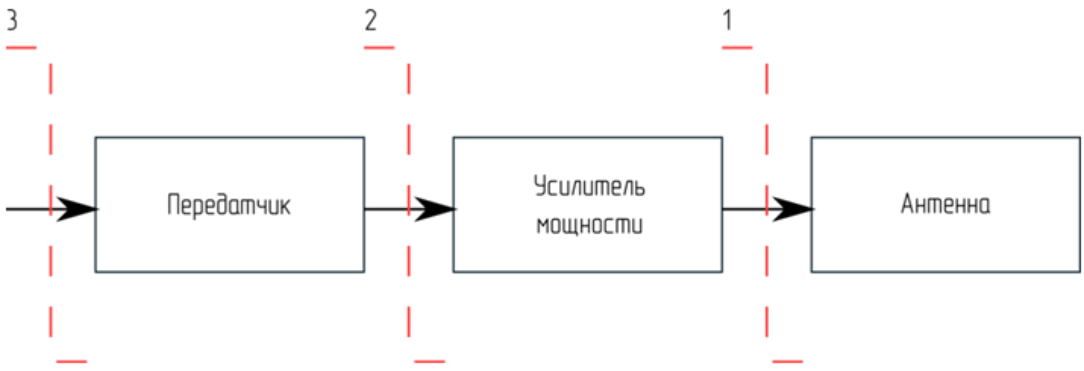


Рис.1. Способы размещения вращающегося перехода.

Качество поддержания связи антенны зависит от качества отработки угла поворота платформы. В связи с тем, что вращение платформе передается через кинематическую цепь, возникает кинематическая ошибка, обуславливаемая взаимодействием зубчатых колес редуктора, их затиранием, а также воздействием внешних факторов (например, порывов ветра). Для компенсации таких ошибок в схему включаются датчики угла поворота, а также устройство преобразования углового перемещения антенны [2] (рисунок 2).

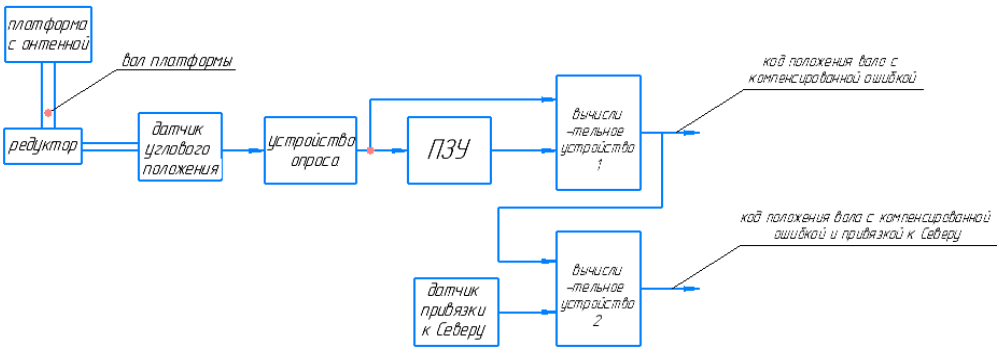


Рис.1. Устройство преобразования углового перемещения антенны.

Основное преимущество такого исполнения заключается в применении двойного компенсирования кинематической ошибки, при этом отдельное сравнение углового положения производится относительного заданного положения «север». Таким образом нивелируется неточность отработки и считывания угла, возникающая вследствие работы кинематических пар. Также на точность работы системы слежения влияет непосредственный выбор датчика угла и вида антенны. В связи с тем, что БПЛА могут работать на различных территориях, актуальной является разработка мобильного комплекса наземного управления, включающего в себя систему слежения. В таком случае рациональным будет выбор абсолютного оптического прецизионного датчика углового положения с синхронным последовательным интерфейсом SSI [3], так как такое исполнение отличается простотой интерфейса и небольшим количеством стандартных электронных компонентов, а выходные данные представлены в коде Грея, что минимизирует возможность потери информации. В качестве антенны предлагается применять антенну с круговой поляризацией (рисунок 3), что позволит усилить сигнал и наводить антенну при различных положениях БПЛА (при линейной поляризации возникают ограничения видимости объекта и потеря сигнала из-за нарушения параллельного расположения связки антенна-приемник, так как БПЛА не обладает достаточной стабильностью положения в пространстве при полете [4]).

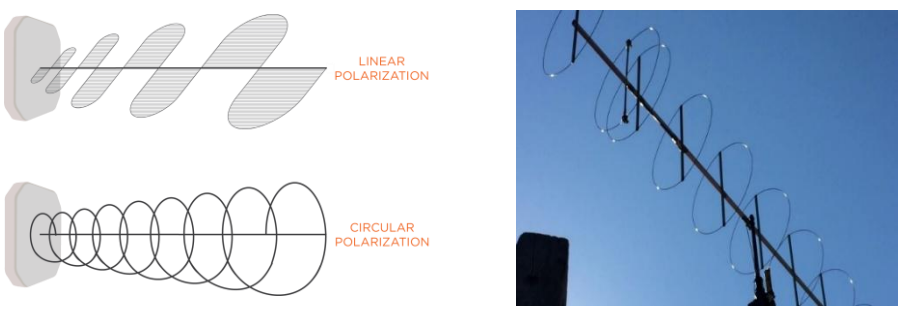


Рис.2. Антенна с круговой поляризацией.

Таким образом, в результате применения системы слежения на основе антенны с круговой поляризацией на опорно-поворотном устройстве с устройством преобразования углового положения можно добиться качественной связи с БПЛА для управления, отслеживания его положения, а также приемки данных.

Литература

1. Патент RU2661799C1. Устройство преобразования углового перемещения антенны РЛС: № 2017122426: заявлено 26.05.2016: опубл. 19.07.2018/ В. Н. Вернигора, В. В. Григорович.
2. Н. М. Боев, П. В. Шаршавин, И. В. Нигруца. Построение систем связи беспилотных летательных аппаратов для передачи информации на большие расстояния // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. Выпуск 1 (47) / гл. ред. д.т.н. Ковалев И.В. – Красноярск: СибГАУ, 2013. – С.11–15.
3. Жданкин В.К. Поворотные шифраторы: основные типы и некоторые особенности применения// Современные технологии автоматизации. – 2004. – № 2.
4. Антенна с круговой или с линейной поляризацией, что лучше для FPV? [Электронный ресурс] https://rcdetails.info/antenna-s-krugovoj-ili-s-linejnoj-polyarizatsiej-chto-luchshe-dlya-fpv/ Дата доступа 20.04.2025

УДК 621.7-52

СИСТЕМА ИНЖЕКТИРОВАНИЯ СИЛИКОНА ДЛЯ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ МЯГКИХ РОБОТОВ

Германович А.П. Гришков Т.А. Щеклеина В.П.
Научный руководитель – Воюш Н.В., ст. преподаватель

В последнее время активно развивается мягкая робототехника, причиной становится ряд преимуществ перед жесткими роботизированными системами. А именно мягкие захваты способны взаимодействовать с телами любой формы, обеспечивая надежный захват без повреждения поверхности деталей. Кроме того, мягкие захваты безопасны при взаимодействии с человеком, что делает их незаменимыми для коллаборативных роботов [1]. Главный компонент таких захватов – силикон, который позволяет получить мягкие захваты сложной формы.

Литье силикона не является новой технологией, ее активно применяет в промышленности. Однако существующие технологии литья силикона

сталкиваются с рядом ограничений применительно к задачам мягкой робототехники. Крупногабаритные промышленные установки для литья силикона ориентированы на серийное производство с выпуском тысяч идентичных изделий. В случае мягкой робототехники, где часто требуется изготовление небольших партий или даже единичных экземпляров специализированных захватов, использование таких систем становится экономически нецелесообразным из-за высокой стоимости пресс-форм и значительных накладных расходов [2]. Альтернативные ручные методы смешивания компонентов и заливки в формы, хотя и позволяют обойтись без дорогостоящего оборудования, имеют существенные недостатки: неравномерное соотношение компонентов приводит к изменению механических свойств материала; ручное удаление воздушных пузырей (дегазация) часто оказывается неэффективным; воспроизводимость характеристик изделий остается низкой.

Так как с каждым годом повышается спрос на мягкую робототехнику с силиконовыми захватами высокого качества, возникает необходимость в создании станка для автоматизированного производства силиконовых изделий сложной формы.

Разработанный станок будет реализовывать следующий технологический цикл:

1. Подача компонентов. Два исходных компонента силиконовой композиции (обычно обозначаемые как А и Б) подаются из отдельных емкостей через систему пневматических клапанов. Каждый компонент поступает в свой дозирующий цилиндр, где его количество контролируется с помощью емкостных датчиков уровня.

2. Дегазация. После заполнения цилиндров клапаны на входе закрываются, а поршни цилиндров отводятся, создавая вакуум. В результате этого происходит эффективное удаление пузырьков воздуха из материала – процесс дегазации, критически важный для обеспечения стабильных механических свойств готовых изделий.

3. Смешивание компонентов. Дегазированные компоненты под давлением подаются в статический смеситель – специальное устройство, в котором потоки вязкой жидкости интенсивно перемешиваются за счет сложной конфигурации внутренних элементов (лопаток, сеток и др.) [3].

4. Заливка в форму. Готовая однородная смесь поступает в форму, которая автоматически смыкается с заданным усилием при помощи пневмоцилиндра. После завершения процесса полимеризации (время которого зависит от марки силикона и может составлять от нескольких минут до часов) форма раскрывается, и готовое изделие извлекается.

Функциональная схема станка представлена на рисунке 1.

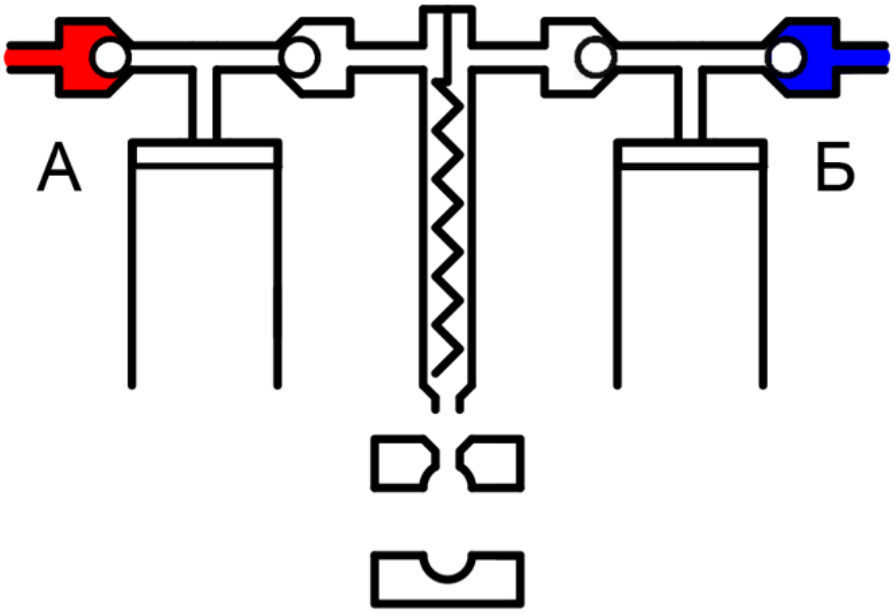


Рис. 1. Функциональная схема станка.

Ключевым преимуществом такого станка является обеспечение стабильно высокого качества отливок благодаря комплексной автоматизации всех важных процессов. Кроме того, переход на новый вид изделия и переналадка оборудования не будет требовать много времени, так ка требуется только поменять формы для заливки и соотношение компонентов. При этом достигается высокая повторяемость параметров отливок, что было проблемой при использовании ручных методов смешивания и заливки. На рисунке 2 представлен рендер станка для производства силиконовых изделий сложной формы.

Рис. 2. Рендер станка.

Представленная автоматизированная установка для литья силиконовых изделий позволяет эффективно решать задачи производства компонентов мягкой робототехники, сочетая преимущества промышленных систем (стабильность и качество) с экономической целесообразностью мелкосерийного производства. Разработанное решение открывает новые возможности для быстрого прототипирования и производства специализированных мягких захватов, что особенно востребовано в области мягкой робототехники.

Литература

1. Мамаев П. Е., Васильева Г. В. Анализ использования мягкой робототехники //Мехатроника, автоматика и робототехника. – 2023. – №. 11. – С. 68-71.
2. Мосина В. А. Литье под давлением. Конструкционная характеристика литьевых машин //Научное сообщество XXI века. – 2021. – С. 75-78.

3. НОВИКОВ А. О., ИЛЬИНСКАЯ К. Г., МАЕВСКИЙ В. С. Статические смесители //Поколение будущего: Взгляд молодых ученых-2013. – 2013. – С. 214-215.

УДК 621.3-1/-9

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ТОЧКИ ИНСТРУМЕНТА 5-ТИ ОСЕВОГО РОБОТА

Байханов Д.С., Гриб В.В.
Научный руководитель – Заярный В.П., заведующий лабораторией

Современные робототехнические системы становятся всё более гибкими и сложными. Особенно это касается многоосевых промышленных роботов, где каждая ось добавляет степень свободы и увеличивает возможности машины. В таких системах одной из ключевых точек является ё (tool center point) – центральная точка, относительно которой выполняются все действия: сварка, резка, захват, перемещение и так далее. Отслеживание её положения в пространстве при изменении углов суставов робота позволяет лучше понимать поведение всей системы, прогнозировать движения и проектировать траектории.

Основная цель рассматриваемой системы – визуально отображать положение центральной точки 5-осевого робота на основе входных данных: углов поворота каждого из суставов. Мы не стремимся точно симулировать физику всего робота, а сосредотачиваем внимание именно на отображении ключевой геометрической точки в 3D-пространстве.

Для решения задачи необходимо:

- математически описать кинематику (прямую) робота, позволяющую на основе углов вычислить положение точки;
- создать пользовательский интерфейс, в котором можно управлять параметрами;
- реализовать визуальную 3D-сцену, где отображается положение ЦТИ;
- обеспечить удобную и быструю обратную связь при изменении параметров.

Архитектура и логика системы

Проект можно условно разделить на три основные логические части: расчётную, визуальную и интерфейсную. В основе всей системы лежит кинематическая модель робота, чаще всего основанная на преобразованиях матриц или правилах Денавита–Хартенберга. Каждый сустав задаётся углом поворота, который влияет на положение следующего. Последовательно перемножая матрицы вращения и смещения, мы получаем итоговое положение центральной точки.

В контексте визуализации ЦТИ 5-осевого робота важно учитывать не только его текущее положение, но и оптимальность траектории движения. Правильно рассчитанная траектория позволяет:

• Минимизировать время выполнения операций (например, при сварке или фрезеровке).

• Снизить износ механических частей за счёт плавных переходов между точками.

• Избегать коллизий с окружающими объектами или самим роботом (самопересечения звеньев).

Для расчёта оптимальных траекторий применяются:

• Алгоритмы планирования движения (RRT, A, потенциальных полей).

• Интерполяция сплайнами (кубические, B-сплайны) для плавного изменения углов суставов.

• Критерии оптимизации (минимум энергии, времени, длины пути).

JavaScript-реализация позволяет интерактивно тестировать разные траектории, визуализируя их в Three.js и анализируя результаты в реальном времени.

Следом за этим идёт визуализация. Здесь речь идёт об отображении в трёхмерной сцене, где пользователь может видеть как минимум оси координат, рабочее пространство и саму точку в виде маркера. При желании можно расширить сцену отображением траектории или отдельных элементов робота.

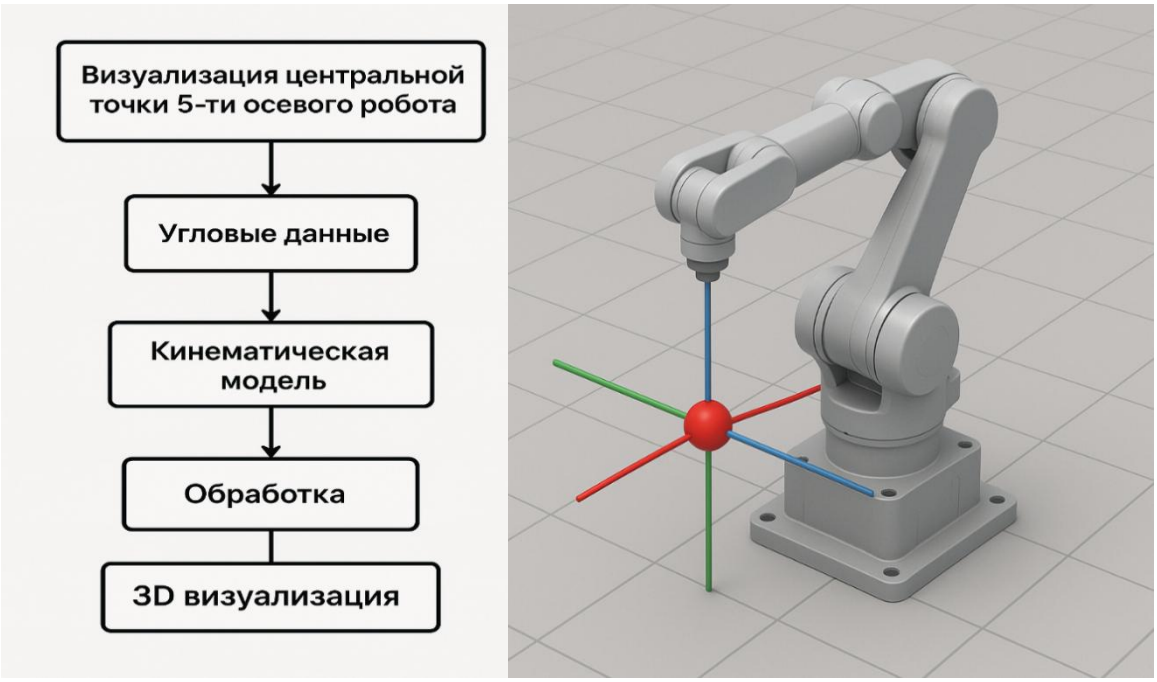


Рис.1. Визуализация работы модели.

Последний важный блок – это пользовательский интерфейс. Он позволяет в удобной форме задавать значения углов, а система в ответ в реальном времени перестраивает визуализацию. Для этого требуется обеспечить тесную интеграцию между вводом данных, расчётами и отрисовкой, желательно без заметных задержек.

Возможности JavaScript как универсального инструмента

JavaScript сегодня – это не просто язык для веб-страниц. Он превратился в мощную экосистему, позволяющую разрабатывать полноценные приложения любого типа: от одностраничных веб-интерфейсов до серверной логики и мобильных решений.

Современные веб-технологии позволяют эффективно реализовывать визуализацию центральной точки инструмента пятиосевого робота прямо в браузере. Одним из наиболее мощных инструментов для создания трёхмерных сцен на JavaScript является библиотека Three.js. С её помощью можно построить полноценную 3D-модель: задать геометрию, освещение, камеру и отобразить ЦТИ, например, в виде яркой сферы или другого наглядного маркера. Благодаря интеграции с такими фреймворками, как React, появляется возможность добавить удобный пользовательский интерфейс – ползунки, формы ввода, а также панели управления, позволяющие интерактивно изменять параметры визуализации.

Если стоит задача адаптации решения под мобильные платформы, JavaScript также предоставляет гибкие инструменты. С помощью React Native или Expo можно создавать кроссплатформенные мобильные приложения для Android и iOS, сохраняя единый подход к архитектуре и логике взаимодействия. Даже технологии вроде WebGL могут быть использованы в мобильной среде, обеспечивая высокую производительность и интерактивную трёхмерную графику.

Для серверной логики чаще всего применяется Node.js – платформа, позволяющая выполнять вычисления, управлять базами данных, а также координировать действия нескольких клиентов. При необходимости сервер может быть интегрирован с промышленными системами, используя стандарты промышленной автоматизации, такие как OPC UA. Передача данных от сервера к визуальной части может осуществляться в реальном времени через WebSocket, обеспечивая синхронность и отклик интерфейса на изменение параметров или данных датчиков.

Таким образом, весь проект можно построить с использованием одного языка и единого стека технологий, что значительно упрощает разработку, поддержку и масштабирование системы.

Литература

1. Фу К., Гонсалес Р., Ли К. Робототехника / Пер. с англ. - М.: Мир, 2005.

2. Иванов А.А. Трехмерная графика в веб-приложениях с использованием Three.js - СПб.: БХВ-Петербург, 2020.

УДК 67.05

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ОПТИЧЕСКОГО ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Гриб В.В.
Научный руководитель – Заярный В.П., заведующий лабораторией

Оптический визуальный контроль (ОВК) занимает ключевое место в обеспечении качества продукции приборостроения, особенно в условиях растущих требований к точности и автоматизации производственных процессов. Его роль заключается в выявлении дефектов, измерении геометрических параметров и оценке состояния поверхностей, что напрямую влияет на надежность изделий. Основу метода составляют принципы взаимодействия светового излучения с объектом: отражение, преломление и рассеяние. Например, при анализе сварных швов направленное освещение позволяет выявлять подрезы, поры и трещины, а использование луп (ЛП-3, ЛП-6) и микроскопов повышает точность обнаружения дефектов размером до 0.1 мм.

Рис.1. Система автоматического контроля Lynx EVO для микроэлектроники.

Современные технологии существенно расширяют возможности ОВК. Автоматическая оптическая инспекция (АОИ) применяется для контроля печатных плат, где системы вроде Lynx EVO от компании Ostec

анализируют до 500 компонентов в час с точностью 5 мкм. Прорывным направлением стала 3D-микроскопия: цифровые микроскопы, такие как Hirox RH8800, обеспечивают 3D-реконструкцию поверхности с разрешением 0.4 мкм, что критично для микроэлектроники. Программное обеспечение этих устройств автоматизирует измерения и интегрирует данные в облачные системы, упрощая управление качеством на предприятии.

Важную роль играет машинное зрение. Алгоритмы на основе нейросетей, например, в ПО HALCON, автоматизируют классификацию дефектов – от трещин до шлаковых включений. Это снижает зависимость от человеческого фактора, особенно при анализе мелких дефектов. Дополненная реальность (AR) также находит применение: с помощью 3D-очков операторы визуализируют внутренние дефекты в реальном времени, накладывая цифровые метки на физические объекты.

В контексте физических основ оптического визуального контроля ключевое значение имеет закон преломления Снеллиуса-Декарта, который описывает взаимодействие света с материалами:

$$n_1 \cdot \sin\alpha = n_2 \cdot \sin\beta, \quad (1)$$

где n_1 и n_2 – показатели преломления первой и второй сред;

α – угол падения луча на границу раздела сред;

β – угол преломления.

Особое значение ОВК имеет в контроле сварных соединений. Например, при визуальном осмотре стыковых швов выявляются геометрические отклонения: неравномерная ширина, асимметрия катета углового шва, превышение выпуклости. Типичные дефекты включают продольные трещины, поры, подрезы глубиной до 1 мм, которые возникают из-за некорректных режимов сварки. Для измерений используются шаблоны (УШС-3), измерительные лупы (ЛИ-10) и штангенциркули. Так, катет углового шва контролируется радиусными шаблонами, а глубина западаний между валиками – микрометрическими инструментами.

Одним из вызовов остается зависимость от качества оптики и условий освещения. Согласно методическим рекомендациям, освещенность на рабочем месте должна составлять 350–500 лк для общего осмотра и 2500–3000 лк для детального анализа. Например, при контроле сварных швов стали 3 с V-образной разделкой кромок используется комбинированное освещение, чтобы минимизировать тени и повысить контрастность дефектов. Однако субъективность оценки сохраняется при работе с дефектами менее 0.1 мм, что требует дополнительного применения инструментальных методов.

Перспективы развития ОВК связаны с миниатюризацией оборудования. Портативные 3D-сканеры уже используются для полевого контроля, например, при диагностике трубопроводов. Внедрение квантовых сенсоров

позволит повысить чувствительность измерений, а комбинирование оптических и тепловых методов (с использованием тепловизоров) расширит диапазон обнаруживаемых дефектов. Активно развиваются технологии удаленного мониторинга: системы вроде DRV-Z1 обеспечивают стереоскопический анализ сложных деталей с передачей данных в режиме реального времени.

Литература

1. Василевич, Ю. В. Визуально-оптический контроль качества изделий: методическое пособие / Ю. В. Василевич [и др.]. – Минск: БНТУ, 2013.
2. Современные системы визуального контроля – технологии Индустрии 4.0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ostec-smart.ru/media/publications/smt/covremennye-sistemy-vizualnogo-kontrolya-tekhnologii-industrii-4-0/ – Дата доступа: 06.05.2025.

УДК 621.865.8:004.438

РАЗОМКНУТЫЕ СИСТЕМЫ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Гришков Т.А.
Научные руководители - Марченко И.С., Благодаров К.Е.

Числовое программное управление (сокр. ЧПУ; англ. computer numerical control, сокр. CNC – компьютерное числовое управление) – область техники, связанная с применением цифровых вычислительных устройств для управления процессом механообработки. Современные системы ЧПУ можно классифицировать по принципу исполнения на три группы:

1) готовые решения от производителей, таких как Siemens, Mitsubishi, Fanuc, Fagor;

2) решения на основе программируемых логических контроллеров (ПЛК), например ПЛК, программируемые в среде CodeSys, поддерживающие управление осями, имеют встроенные библиотеки для реализации функций ЧПУ;

3) непрофессиональные системы ЧПУ, используемые в основном энтузиастами в рамках проектов DIY (англ. do it yourself, сокр. DIY – сделай сам), такие как Mach3.

Помимо технического исполнения эти группы также отличаются стоимостью решений, расположенных в том же порядке по убыванию. Зачастую непрофессиональные системы ЧПУ преподносятся поставщиками и интеграторами, как не уступающие профессиональным решениям от

производителей или на основе ПЛК. Данное утверждение ошибочно, по ряду причин, большая часть из которых кроется в отличиях системы управления.

Рассмотрим в качестве примера широко распространенную среди энтузиастов систему ЧПУ Mach3. В качестве контроллера, производящего вычисления выступает персональный компьютер, по LPT-порту или USB эмулирующим LPT к нему подключена плата развязки. К плате подключаются концевики, как правило только на одно направление для каждой оси, к аналоговому выходу - управление частотным преобразователем для задания скорости вращения шпинделя, и приводы шаговых двигателей.

Первая из причин заключается в самом использовании шаговых двигателей и приводов. Изучив механические характеристики, зависимость крутящего момента от скорости вращения, можно сделать вывод о том, что шаговые двигатели значительно уступают синхронным двигателям с постоянными магнитами, т.к. при увеличении скорости вращения шагового двигателя момент уменьшается, а у синхронных остается постоянным. Помимо этого, синхронные двигатели имеют запас по кратковременной перегрузке как по скорости вращения, так и по моменту, что критично важно в механообработке, где момент не является постоянным. График зависимости момента от скорости шагового двигателя представлен на рисунке 1

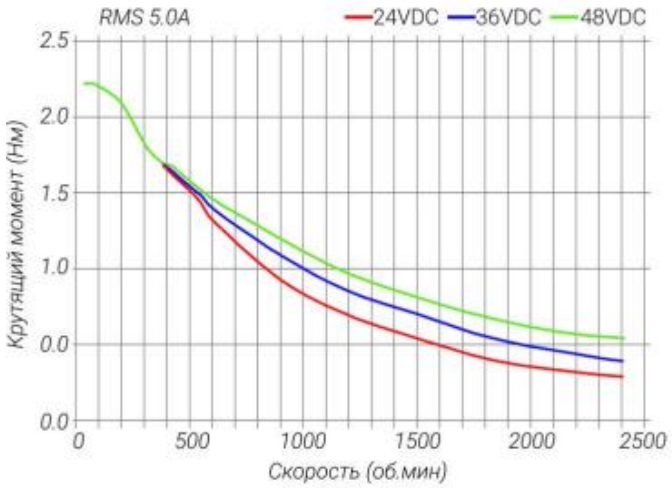


Рис.1. График зависимости момента от скорости шагового двигателя.

Большинство применяемых приводов шаговых двигателей не имеют датчиков обратной связи, а те, что имеют, все равно не подразумевают возможности кратковременной перегрузки для преодоления возросшего момента сопротивления. Схема подключения таких приводов представлена на рисунке 1. Помимо этого, привод двигателя никак не передает значение положения двигателя контроллеру, а при кратковременном возрастании

момента сопротивления, превышающим момент двигателя, будет пропущен шаг и внесена статическая ошибка. Таким образом система с такими приводами является разомкнутой, т.е. без обратной связи.

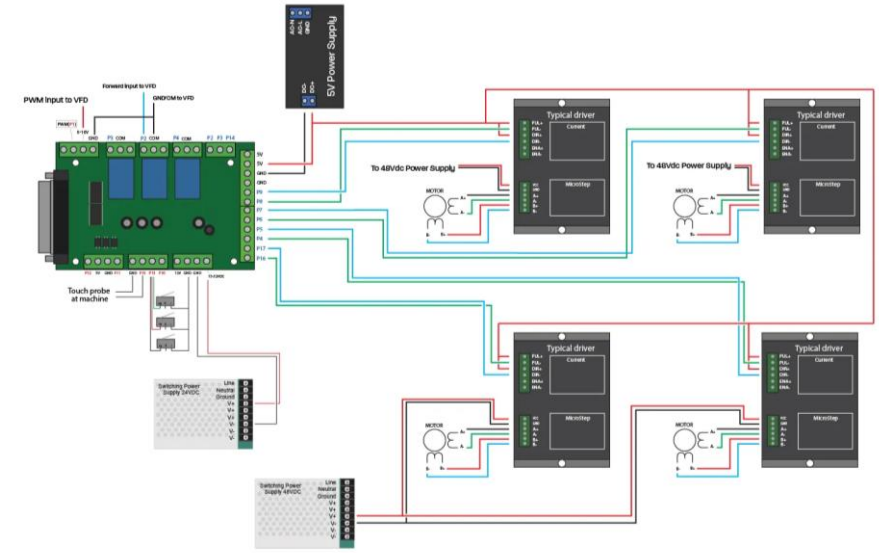


Рис.2. Схема подключения системы ЧПУ Mach3.

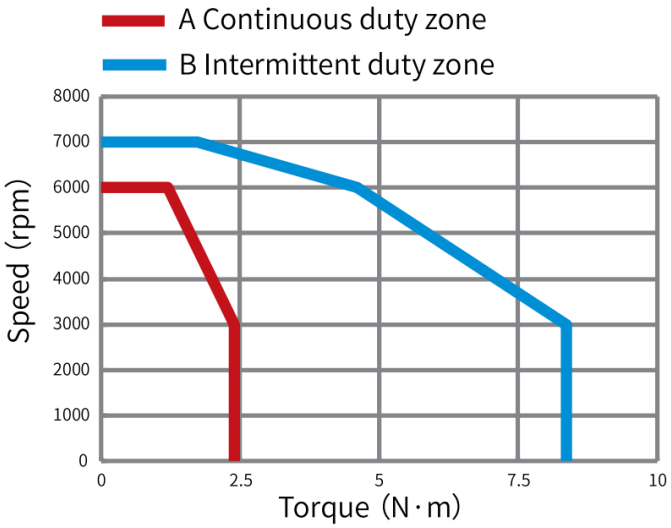


Рис.3. График зависимости момента от скорости синхронного двигателя с постоянными магнитами.

Таким образом использование непрофессиональных систем ЧПУ возможно в применениях со статическим моментом нагрузки, например лазерные граверы, 3D-принтеры, но не для механообработки. Использование более мощных шаговых двигателей, чтобы избежать проблему пропуска шага, нивелирует финансовое преимущество шаговых

приводов перед синхронными серводвигателями с постоянными магнитами. График зависимости момента, которых представлен на рисунке 3.

Литература

1. Сосонкин В. Л., Мартинов Г. М. Системы числового программного управления: учеб. пособие для вузов. – М.: Логос, 2005. – 296 с. – ISBN 5-98704-012-4.

2. Кузнецов О. А. Электроприводы станков с числовым программным управлением: учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. – 140 с. – ISBN 978-5-7038-4380-7.

3. Mach3 CNC Controller Software. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.machsupport.com/software/mach3/ (дата обращения: 05.05.2025).

УДК 623.746.4-519

AUTONOMOUS DRONE BASED-CROP MONITORING SYSTEM FOR AGRUCLTURE

Hapauarachchige Sakith Gunaratna
Scientific adviser, Senior teacher: Zayarny V.P.

The system introduces an innovative drone-based crop monitoring system designed to enhance agricultural productivity by leveraging advanced technologies such as unmanned aerial vehicles (UAVs), real-time image analysis, and data-driven decision-making. This system addresses critical challenges in modern agriculture, including labour shortages, the need for precision farming, and the optimization of crop yields under varying environmental conditions. By autonomously navigating predefined flight paths, the drone captures periodic images of crops, which are then analysed to assess both growing conditions and plant health. The system integrates a centralized management server that processes this visual data, compares it against a database of predefined crop growth benchmarks, and provides actionable insights to farmers through a user-friendly terminal. Key functionalities include automated task scheduling for planting, pest control, and harvesting, as well as adaptive recommendations for additional interventions based on real-time anomalies detected in crop health or environmental factors. The system’s ability to dynamically adjust flight paths based on battery life and obstacles ensures efficient operation, while its use of spectral analysis and historical data enables precise, data-driven farming strategies. Ultimately, this technology aims to revolutionize traditional agricultural practices by reducing reliance on manual labour, minimizing resource

waste, and maximizing crop quality and output through intelligent, automated monitoring and management. The drone will use the following equation in order for the Flight path control:

$$\vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \int_0^t \vec{v}(\tau)\, d\tau$$

$\vec{r}(t)$ -Drone position at time t

$\vec{v}(\tau)$ -velocity vector for autonomous drone

$\vec{r}_0$ -initial position

The drone will follow a pre-set path $\vec{v}(\tau)$ derived from data maintaining altitude

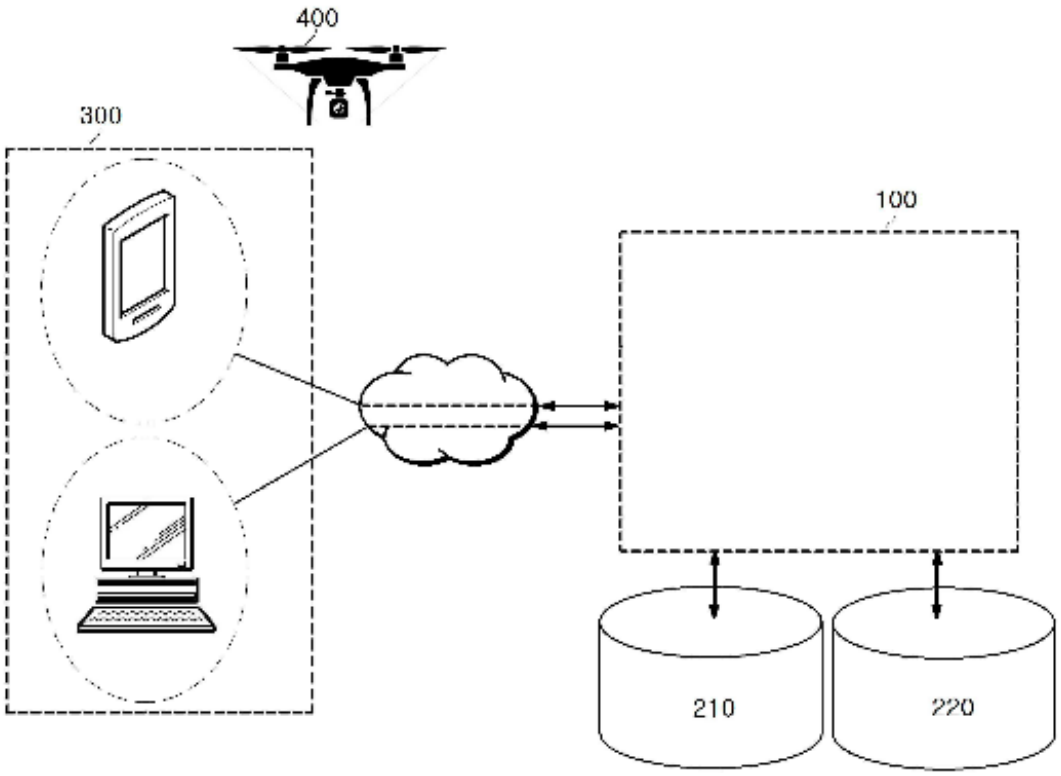


Fig.1. Architecture of the drone-based crop monitoring system.

Figure 1 illustrates the comprehensive architecture of the drone-based crop monitoring system, which consists of four primary components: the Unmanned Aerial Vehicle (Drone) (400), which autonomously navigates predefined flight paths over crop fields, capturing high-resolution images of crops and their surroundings using integrated modules for flight control, photography, and data transmission; the User Terminal (300), a farmer-accessible device (e.g., smartphone, tablet, or computer) that displays real-time crop growth data, task schedules, and actionable recommendations generated by the system; the Management Server (100), the central processing hub that analyses drone-captured images and user inputs to detect crop health issues, environmental conditions, and growth anomalies, while also generating tailored insights such as

irrigation needs or pest control timing; and the Databases (210, 220), where the First Database (210) stores reference data like crop growth stages, health benchmarks, and treatment methods, and the Second Database (220) records user-specific farming histories, task logs, and drone-captured images for historical tracking. The data flow begins with the drone (400) transmitting images to the management server (100), which processes the data by comparing it against benchmarks in Database 1 (210) to derive actionable recommendations. These insights are then relayed to the farmer via the user terminal (300), while all historical and operational data is systematically stored in Database 2 (220), ensuring a closed-loop system for precision agriculture and continuous improvement. This integrated workflow highlights the synergy between hardware, software, and data analytics to optimize crop management and yield efficiency.

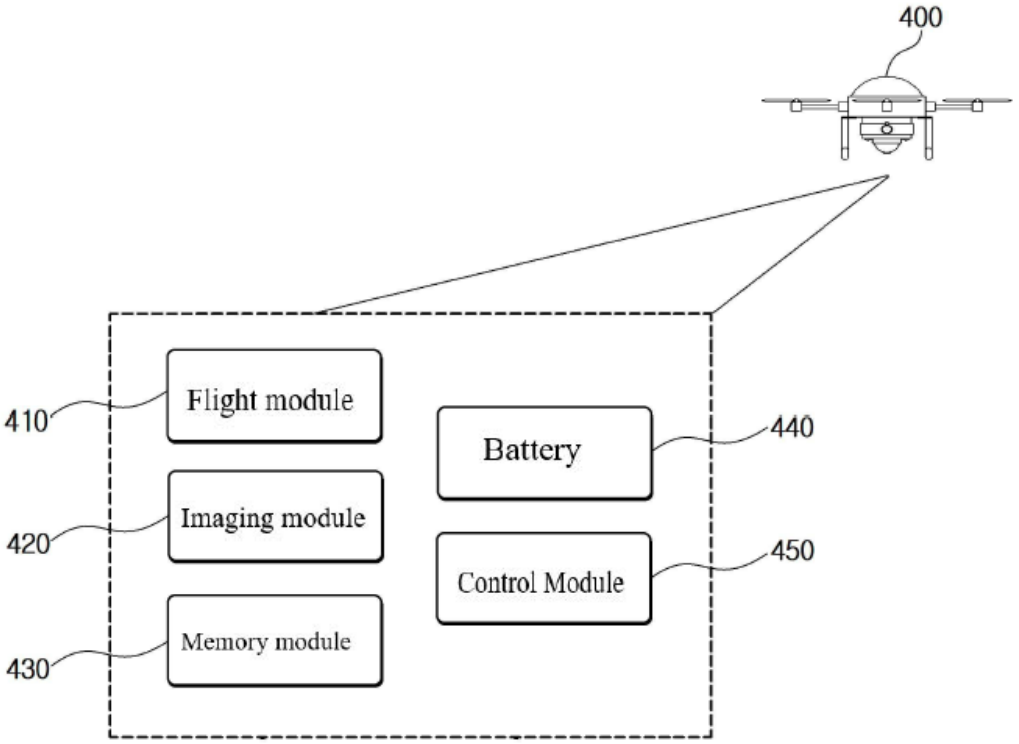


Fig.2. Internal Model of the drone’s internal architecture.

Figure 2 illustrates the drone's internal architecture in the crop monitoring system, showing five key interconnected components: the flight module (410) handles propulsion and navigation using motor/propeller systems to follow pre-programmed routes; the imaging module (420) captures agricultural imagery through onboard cameras; the memory module (430) stores both navigation waypoints and collected image data; the battery (440) powers all systems while providing energy status updates; and the control module (450) acts as the central processor that coordinates these components - receiving sensor data, executing

flight paths, managing image capture, and making real-time adjustments based on battery levels and mission parameters to enable fully autonomous crop surveillance operations.

References

1. https://www.kipris.or.kr
2. https://worldwide.espacenet.com

УДК 004.5

ОБЗОРНЫЙ АНАЛИЗ ПОПУЛЯРНЫХ ПРОШИВОК ПОЛЕТНЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ (БПЛА)

Данильчик А.А.
Научный руководитель – Заярный В.П., заведующий лабораторией

В наши дни широкое распространение получили гражданские беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Их применяют в самых различных сферах [1]: медицине, поисково-спасательных операциях, сельском хозяйстве, сфере развлечений, при перевозке людей и др. (рис.1).

Рис.1. Сферы применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Для связи технологического и аппаратного обеспечения БПЛА с человеческими запросами и задачами используют специальное программное обеспечение, которое часто называют прошивкой. Прошивка (микропрограмма) загружается в полетный контроллер (рис.2, левый) – аппаратное устройство («мозг» беспилотника), которое включает микропроцессор, датчики (акселерометры, барометры, гироскопы и т.д.) и

интерфейсы управления всеми компонентами системы БПЛА (рис.2). Производится первый тестовый пуск с загруженной прошивкой. Алгоритм работы системы БПЛА (рис.2, правый): оператор задает параметры движения аппарата с помощью пульта управления; сформированные команды подаются на передатчик, передаются по внешней среде и воспринимаются приёмником беспилотника; далее сигнал поступает на микроконтроллер, который к тому же получает данные с различных датчиков и сенсоров; обработав полученную информация, микроконтроллер формирует управляющие сигналы для исполнительных устройств (приводов); микроконтроллер связан с камерой БПЛА и передает полученную информацию на передатчик; видео- и аудиосигнал передается по внешней среде на приёмник сигнала; приёмник передает на экран информацию, которую после воспринимает оператор БПЛА.

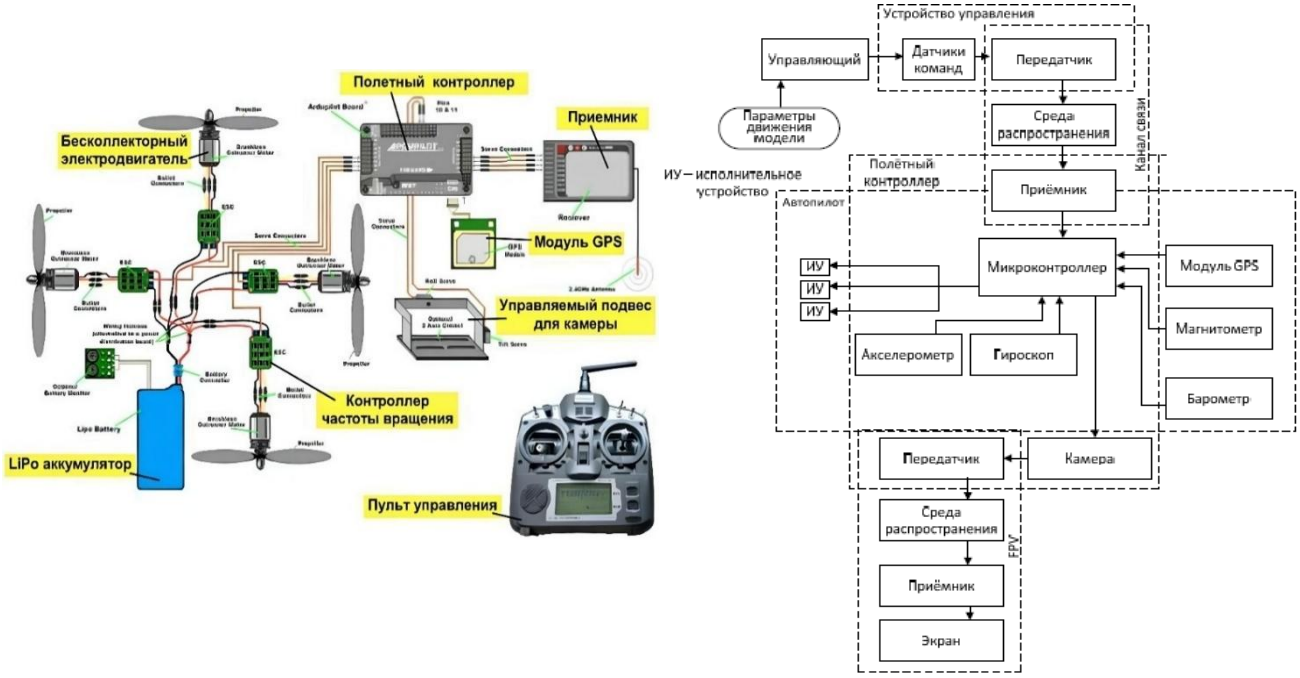


Рис.2. Структурная схема (слева) и алгоритмическая блок-схема (справа) современного беспилотного летательного аппарата (БПЛА).

В настоящее время существует огромное количество различного ПО для полетных контроллеров. Важность сравнения его друг с другом заключается в том, что каждое из них имеет свои положительные и отрицательные стороны, уникальные особенности и предназначение. Произведем обзорный анализ трёх популярных прошивок – Betaflight, iNav и ArduPilot [2].

Betaflight – это прошивка для полетных контроллеров, которая была специально разработана для обеспечения высокой производительности при управлении многороторными летательными аппаратами (мультикоптеры). Она возникла как экспериментальная ветвь прошивки Cleanflight и со временем выделилась в качестве отдельного ПО, сделав акцент на гоночных

(FPV – first person view, вид от первого лица) и фристайл-дронах. Имеет открытый исходный код, расширенные возможности для настройки конфигурации полета и систему Betaflight OSD (On-Screen Display) для отображения важных параметров полета (скорости, высоты, заряда аккумулятора) прямо на видео, передаваемого с БПЛА. Большим преимуществом является наличие огромного сообщества пользователей, а также регулярных обновлений, добавляющих новые функциональные возможности и исправляющих ошибки.

iNav – это прошивка с открытым исходным кодом, которая так же, как и Betaflight, стала самостоятельной разработкой, отделившись от Cleanflight. iNav делает упор на автономный полет и продвинутую систему GPS-навигации, позволяющую осуществлять движение по заданным точкам, удерживать указанную высоту и возвращаться домой (Return-to-Home). Помимо применения для БПЛА, данное ПО позволяет управлять контроллерами RC-моделей.

ArduPilot – это одно из самых популярных и универсальных ПО для управления различными беспилотно управляемыми транспортными средствами, которое также имеет открытый исходный код [3]. Обладает широким функционалом и большим количеством возможностей. В зависимости от типа аппарата выделяют такие модули, как ArduCopter для управления мультикоптерами, ArduPlane – самолетами с неподвижным крылом, ArduRover – наземными транспортными средствами (роботизированными платформами, в том числе космическими роверами, RC-моделями) и ArduSub для подводных аппаратов. Поддерживается управление как в автономном, так и в ручном режиме, хорошо развита система GPS-навигации.

По удобству, простоте и современности интерфейса лидерами являются Betaflight и iNav, в то время как ArduPilot подходит для профессиональных пользователей, сложен для новичков и требует более глубоких знаний. Betaflight и iNav имеют более широкую поддержку сообщества и большую базу обучающих материалов, чаще получают обновления. По аппаратной поддержке выигрывает Betaflight: полетные контроллеры в первую очередь разрабатываются под данное ПО. Хотя iNav и имеет более слабую аппаратную поддержку, однако большим плюсом является широкая совместимость с Betaflight-ориентированными платами. Ardupilot уступает остальным в поддержке современных популярных контроллеров и новейших протоколов. Основным преимуществом Ardupilot является универсальность, особенно выделяются ArduRover и ArduSub, им нет аналогов. Ardupilot и iNav прекрасно подходят для аэрофотосъемки, длительных и автономных полетов, хотя пользователи часто для этих целей используют и Betaflight в виду высокой производительности, точности и отзывчивости управления, функциональный инновационности.

Таким образом, все рассмотренные в данной статье прошивки являются популярными и актуальными на сегодняшний день, каждая из них достойна внимания.

Литература

1. Applications of Unmanned Aerial Vehicles [Электронный ресурс]. – Encyclopedia MDPI. – Режим доступа: https://encyclopedia.pub/entry/25512. Дата доступа 12.04.2025.
2 Flight Controller Firmware for FPV Drone: Choosing Between Betaflight, iNav, ArduPilot [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://oscarliang.com/fc-firmware/. Дата доступа 27.04.2025.
3. ArduPilot – Versatile, Trusted, Open [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ardupilot.org/. Дата доступа 04.05.2025.

УДК 697.95

РОЛЬ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕХНИКИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ МИКРОКЛИМАТА СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Домаренко Е.Н.
Научный руководитель – Кункевич Д.П., к.т.н. доцент

Современные требования к качеству спортивной инфраструктуры предъявляют особые условия к параметрам микроклимата помещений. Для поддержания высокой физической активности спортсменов, особенно в закрытых сооружениях, необходимо обеспечить стабильные параметры температуры, влажности и чистоты воздуха. Достижение этих условий невозможно без применения современных систем низкотемпературной техники – холодильных машин, тепловых насосов, систем кондиционирования и вентиляции.

Низкотемпературная техника играет ключевую роль не только в промышленности и хранении продуктов, но и в инженерных системах зданий, где она обеспечивает комфортную среду для человека. Особенно важна эта роль в спортивных помещениях, где микроклимат напрямую влияет на самочувствие, работоспособность и безопасность занимающихся.

Под низкотемпературной техникой понимается совокупность технологий, предназначенных для создания, передачи и использования холода. В системах микроклимата такие установки применяются для охлаждения воздуха, поддержания стабильной влажности и регулирования теплового баланса помещений.

Основными элементами современных систем микроклимата являются компрессорно-конденсаторные блоки, холодильные машины, центральные кондиционеры и тепловые насосы. Их совместная работа позволяет не только создавать требуемую температуру, но и эффективно перераспределять энергию между зонами помещения.

Для спортивных сооружений, где наблюдаются значительные тепловые нагрузки от людей и освещения, важно использовать адаптивные системы кондиционирования, способные быстро реагировать на изменения температуры и влажности. Это особенно актуально для помещений с переменной заполняемостью и высокой физической активностью спортсменов.

Физиологические показатели человека во время спортивных нагрузок сильно зависят от состояния воздушной среды. Оптимальная температура и влажность позволяют избежать перегрева, снизить утомляемость и повысить выносливость спортсмена. В помещениях с плохо организованной вентиляцией или неустойчивым микроклиматом наблюдаются падение концентрации, увеличение частоты сердечных сокращений и ухудшение общего самочувствия.

Создание комфортного микроклимата особенно важно для игровых видов спорта, требующих высокой координации движений и внимания. В любом виде спорта важна точность реакций и длительная концентрация. Поэтому параметры воздуха – температура, скорость движения и чистота – напрямую влияют на качество тренировки и результаты соревнований.

Современные системы микроклимата позволяют поддерживать эти параметры в пределах оптимальных значений независимо от внешних погодных условий, что делает возможным круглогодичное использование крытых спортивных сооружений.

Актуальными задачами инженерии в сфере микроклимата являются энергосбережение, автоматизация процессов и повышение экологической безопасности. Современные системы кондиционирования развиваются в направлении интеллектуального управления, когда параметры регулируются автоматически в зависимости от загрузки зала и состояния наружной среды.

Применение низкотемпературной техники нового поколения способствует устойчивому развитию, снижению выбросов CO_2 и уменьшению затрат на энергию. В спортивных комплексах такие решения позволяют обеспечить комфорт спортсменов и зрителей при минимальных эксплуатационных расходах.

Таким образом, интеграция технологий низкотемпературной техники в систему микроклимата зданий является важным направлением инженерных разработок, отвечающих современным требованиям энергоэффективности и устойчивости.

Литература

1. СНБ 4.02.01–03. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Минск: Минстройархитектуры РБ, 2010.
2. Климович С.В., Любчик О.А. Основы проектирования систем микроклимата зданий и сооружений. – Минск: БНТУ, 2022.
3. ASHRAE Handbook: HVAC Applications. – Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2023.

УДК 628.1

МОДЕРНИЗАЦИЯ СТАНКОВ С ПОМОЩЬЮ УСТРОЙСТВ ЦИФРОВОЙ ИНДИКАЦИИ (УЦИ)

Зарецкая М.М.
Научный руководитель – Заярный В.П., заведующий лабораторией

На современном этапе развития промышленного производства ключевым фактором успеха предприятия становится его способность обеспечивать высокое качество продукции при минимальных затратах времени и ресурсов. Особенно остро эта проблема стоит для предприятий, эксплуатирующих устаревшее оборудование. Несмотря на их прочность и надёжность, многие станки устарели и не отвечают современным требованиям. Полная замена старых станков на новые модели с числовым программным управлением (ЧПУ) требует значительных инвестиций, что не всегда оправдано с экономической точки зрения. Альтернативным и более доступным решением является модернизация существующего оборудования с использованием устройств цифровой индикации (УЦИ).

Устройства цифровой индикации – это электронные измерительные системы, предназначенные для точного отображения положения рабочих элементов станка относительно выбранной системы координат.

УЦИ состоят из следующих компонентов:

- линейные измерительные линейки (оптические или магнитные), определяющие координаты перемещения;
- цифровой дисплей (блок индикации), отображающий текущие координаты;
- кабельная система и крепёжные элементы.

В отличие от механических шкал, устройства цифровой индикации обеспечивают быструю и точную обратную связь, позволяя оператору визуально отслеживать координаты в режиме реального времени с точностью до сотых и даже тысячных долей миллиметра.

Установка УЦИ позволяет существенно повысить производственные возможности без капитальных вложений, что делает этот подход особенно подходящим для малых предприятий.

Процесс модернизации можно условно разделить на несколько этапов:

- Анализ станка и выбор УЦИ. Оценивается длина ходов, тип обработки, конструктивные особенности.
- Подготовка оборудования. Проверка направляющих, устранение люфтов, ревизия подвижных частей.
- Монтаж линейки и дисплея. Установка измерительных систем по осям X, Y, Z, подключение блока индикации.
- Калибровка и тестирование. Настройка системы координат, пробная обработка.

На различных предприятиях внедрение устройств цифровой индикации показало стабильное улучшение показателей качества обработки. Обновлённые станки демонстрируют устойчивое снижение времени на подготовку к работе и увеличение точности позиционирования. По статистике, средний прирост производительности после модернизации составляет от 15 до 30%, в зависимости от типа оборудования и сложности операций. Кроме того, операторы отмечают рост удобства и снижение утомляемости за счёт визуального контроля координат и отказа от ручного отсчёта шкал.

Установка устройств цифровой индикации может стать серьезным шагом к цифровизации производства. После успешной модернизации возможна установка систем полуавтоматической подачи, электронных лимитов, датчиков нулевых точек, интеграции с CAD/CAM-системами.

Таким образом, предприятие может постепенно перейти от ручной обработки к управляемой и автоматизированной, не нарушая существующий производственный процесс.

Несмотря на очевидные преимущества, следует учитывать, что устройство цифровой индикации не заменяет полноценное числовое программное управление, требует регулярной чистки и обслуживания, не автоматизирует подачу инструмента или смену режима, требует вмешательства человека на всех этапах работы. Тем не менее, для широкого круга задач, где нет необходимости в сложной траекторной обработке, такой подход полностью оправдан.

В условиях ограниченного бюджета и необходимости повышения эффективности существующего оборудования, модернизация станков с использованием устройств цифровой индикации является рациональным, экономически обоснованным шагом. Она позволяет быстро добиться роста качества, сократить производственные издержки и повысить общую культуру производства. Внедрение цифровых технологий даже на старых

станках даёт шанс предприятиям конкурировать в условиях современной экономики.

Литература

1. Смирнов В. А. Основы числового программного управления станками. – М.: Машиностроение, 2016.
2. Кожевников Ю. И. Устройства цифровой индикации для станков. – СПб.: Профессия, 2017.
3. Егоров С. В. Модернизация и ремонт металлорежущих станков. – Екатеринбург: УрФУ, 2018.
4. Heidenhain GmbH. Digital Readout Systems for Manual Machine Tools. – Technical Catalog, 2021.

УДК 622

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ДРОБЛЕНИЯ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Зеников И.В.
Научный руководитель – Гутич И.И., ст. преподаватель

Дробление горной массы является одним из основных процессов в горнодобывающей промышленности. Его эффективность напрямую влияет на производительность всего технологического цикла. Однако процесс дробления сопряжен с рядом проблем, таких как перегрузка оборудования, неравномерность подачи материала и изменение физико-механических свойств руды. Решение этих проблем возможно за счет внедрения систем автоматизации, которые обеспечивают контроль и регулирование ключевых параметров процесса.

Дробление – критически важный этап переработки полезных ископаемых, эффективность которого определяет производительность всего технологического цикла.

Степень измельчения руды зависит от вкрапленности минералов, которая определяется размером кристаллов ценных минералов и характером их прорастания в пустой породе. В зависимости от крупности кристаллов ценных минералов руды разделяют на три типа:

1) крупновкрапленные, в которых зерна ценных минералов имеют размер не менее 1 мм;

2) мелковкрапленные, в которых зерна ценных минералов имеют размер около 0,4 мм;

3) весьма тонковкрапленные, в которых минералы имеют размер менее 0,4 мм.

От характера вкрапленности зависит тонкость помола руды и выбор метода ее обогащения. Чем крупнее минералы, составляющие руду, тем меньше требуемая степень измельчения, тем проще и дешевле процесс обогащения [1].

Главная сложность заключается в нестабильности характеристик сырья (крупности, прочности), что приводит к перегрузкам оборудования, колебаниям энергопотребления и риску аварий.

Автоматизация процесса решает эти проблемы за счет непрерывного контроля ключевых параметров: уровня заполнения камеры дробления, мощности привода и размера разгрузочной щели. Современные системы на базе промышленных контроллеров позволяют адаптировать работу дробилки к изменяющимся условиям в реальном времени, обеспечивая стабильность технологического процесса и защиту оборудования.

Современные технологии автоматизации изменили подход к управлению процессами дробления. Вместо традиционных методов ручного контроля теперь применяются интеллектуальные системы, способные анализировать состояние оборудования и параметры технологического процесса в режиме реального времени.

Эти системы обеспечивают не только стабильную работу дробильного оборудования, но и его защиту от перегрузок, оптимальное использование ресурсов и максимальную производительность. Их внедрение позволяет перейти от реагирования на уже возникшие проблемы к их предупреждению за счет комплексного анализа множества технологических параметров [2].

Основу современных систем составляют промышленные контроллеры, которые обрабатывают данные от различных датчиков и принимают решения о корректировке режимов работы. Такие решения основаны на заранее определенных алгоритмах управления, учитывающих взаимосвязь всех параметров технологического процесса [3].

Современные системы автоматизации дробления строятся на основе замкнутых контуров управления, где ключевую роль играет математическое описание технологического процесса. Основу управления составляет дифференциальное уравнение материального баланса дробилки, которое представлено в формуле 1:

$$T_0 \frac{dh}{dt} + h = K_0 Q_{\text{п}}, \qquad (1)$$

где T_0 – постоянная времени системы, h – уровень заполнения камеры, K_0 – коэффициент передачи, $Q_{\text{п}}$ – производительность питателя.

На практике применяются двухконтурные системы регулирования, где главный контур стабилизирует мощность привода, а вспомогательный – уровень заполнения камеры дробления. Такая структура, представленная в

формуле 2, позволяет компенсировать возмущения от изменения характеристик перерабатывающей руды, описываемые параметром σ (крепость материала):

$$Q_{\text{ДР}} = f(h, \sigma, b), \qquad (2)$$

где $Q_{\text{ДР}}$ – производительность дробилки, b – ширина разгрузочной щели.

Эффективность системы подтверждается повышением коэффициента использования оборудования до 0,85–0,92 при снижении энергопотребления на 12–15%. Перспективным направлением является внедрение адаптивных алгоритмов, позволяющих автоматически корректировать параметры регуляторов при изменении характеристик перерабатываемого материала [1].

Автоматизация технологических процессов дробления приносит значимые экономические и производственные преимущества. Переход на интеллектуальные системы управления позволяет принципиально изменить подход к эксплуатации дробильного оборудования.

Главное достижение автоматизации – создание саморегулирующей системы, способной поддерживать стабильную работу оборудования независимо от колебаний характеристик перерабатываемого сырья. Это достигается за счет постоянного анализа множества параметров и оперативной корректировки режимов работы. В результате значительно сокращаются простои, уменьшается износ оборудования и оптимизируется энергопотребление.

Качественно новый уровень управления позволяет не только решать текущие производственные задачи, но и открывает перспективы для дальнейшей оптимизации всего технологического цикла переработки полезных ископаемых.

Литература

1. Воробьев Н.И. Обогащение полезных ископаемых / Н. И. Воробьев, Д. М. Новик. – Минск: БГТУ, 2008. – 174 с.
2. Беларуськалий [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: http://kali.by/company/policy/environmental_policy/
3. Петров И. В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приёмы прикладного проектирования \ Под ред. проф. В. П. Дьяконова. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 256 с.: ил. – (Серия «Библиотека инженера) ISBN 5-98003-079-4.

УДК 614.8.084:004.896

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ «УМНАЯ ТЕПЛИЦА»

Косов А.А., Праслов К.Д.
Научный руководитель – Воюш Н.В., ст. преподаватель

Поддержание стабильного климата с учётом воздействием факторов окружающей среды является основным этапом в процессе получения урожая.

В большинстве регионов планеты отсутствует постоянный умеренный климат, пригодный для большинства растительных культур. Резкие перепады температуры воздуха опасны для большинства растений, поэтому открытый тип земледелия относится к группе риска. Сильный ветер и крупный град также способны привести к убыткам для земледельцев.

Одним из самых востребованных типов закрытого земледелия является тепличный тип. Основным преимуществом теплиц как замкнутой системы является повышенная защищённость растений от воздействий окружающей среды. Однако при таком типе земледелия возникает необходимость точного отслеживания параметров климата в замкнутой системе.

В первую очередь важен правильный воздухообмен с окружающей средой вокруг теплицы. Чтобы обеспечить грамотный воздухообмен, необходимо регулярно следить за температурой, влажностью, осадками, силой и направлением ветра.

Есть два вида воздухообмена: естественный и принудительный. Для проведения естественного воздухообмена в замкнутой системе необходимо установить форточки либо другие сквозные отверстия. Принудительный воздухообмен осуществляется при помощи вентиляторов, захватывающих потоки внешнего воздуха вокруг замкнутой системы и передающих его в теплицу. При обоих видах воздухообмена происходит циркуляция внешнего и внутреннего потоков воздуха из теплицы и обратно в неё.

При создании воздухообмена в теплице необходимо построить план расположения форточек и вентиляторов. Согласно законам физики, горячий воздух в теплице поднимается и скапливается непосредственно под её крышей , и выводить его удобнее именно оттуда. Вентиляторы могу создавать непригодный для растений сквозняк, поэтому их необходимо располагать под крышей теплицы для выведения потоков тёплого воздуха во внешнюю среду. Для уменьшения сквозняка применяются регуляторы мощности вентиляторов. На высоте роста растений устанавливаются форточки для получения прохладной воздушной массы вблизи поверхности земли.

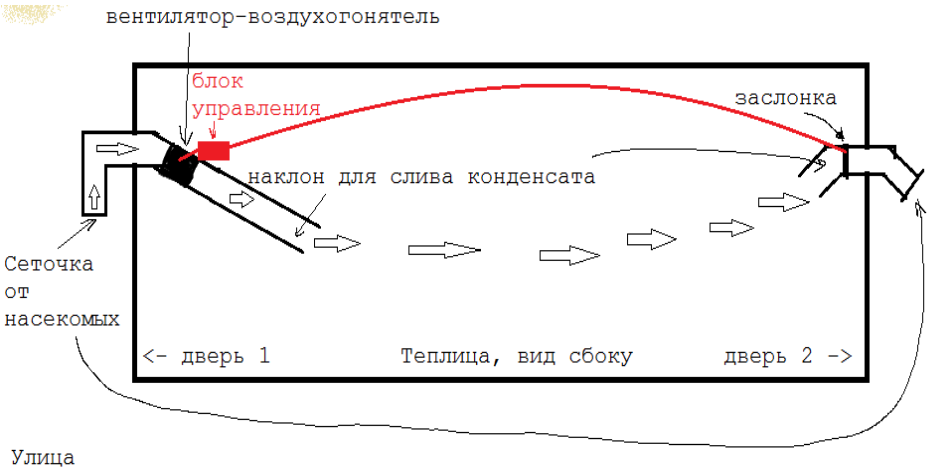


Рис.1. Пространственное размещение элементов системы воздухообмена в теплице.

Поддержание параметров воздухообмена в пределах нормы представляет значительные затруднения без использования систем автоматического регулирования.

Практическая часть работы связана с реализацией системы управления одной из форточек в теплице с применением электропривода на плате контроллера Arduino Uno. Основная цель: моделирование системы автоматического воздухообмена с отслеживанием датчиков освещённости, температуры и влажности.

В данной работе имеется возможность программировать контроллер, тем самым задавая такие важные параметры, как скорость выходного вала электродвигателя, чувствительность датчиков так далее.

Сборка автоматического проветривания содержит следующие структурные компоненты:

- каркас форточки (фрамуги);
- двигатель постоянного тока на 24V ДПМ35Н102;
- червячный одноступенчатый редуктор с передаточным отношение i=4;
- реле для реверса SRD-05VDC-SL-C;
- магнитные датчики положения;
- модуль датчика температуры и влажности DHT11;
- датчик уровня освещённости в помещении;
- макетная плата (Breadboard);
- три цвета светодиода (RGB) по 4 штуки.

Система автоматического проветривания состоит из двух частей: механической и электронной. Механическая часть представлена деревянной фрамугой с металлическим каркасом, который прикреплён винтами и саморезами к деревянной подложке. Фрамуга выполняет роль подвижного механизма в системе проветривания теплицы. Она имеет две проушины, в которые продеты два плотных троса. Такие тросы наматываются на

выходной вал червячного редуктора, вращения которого обеспечивает открытие и закрытие форточки. Схема движения фрамуги показана на рисунке 2.

Электронная часть данного лабораторного стенда включает в себя импульсный блок питания на 24V, микроконтроллер на плате Arduino Uno, датчик температуры и влажности DHT11, фоторезистор в качестве датчика уровня освещённости, зелёный и красный светодиоды для отслеживания процессов прямого хода и реверса электродвигателя.

Пространственное расположение датчиков показано на рисунке 2.

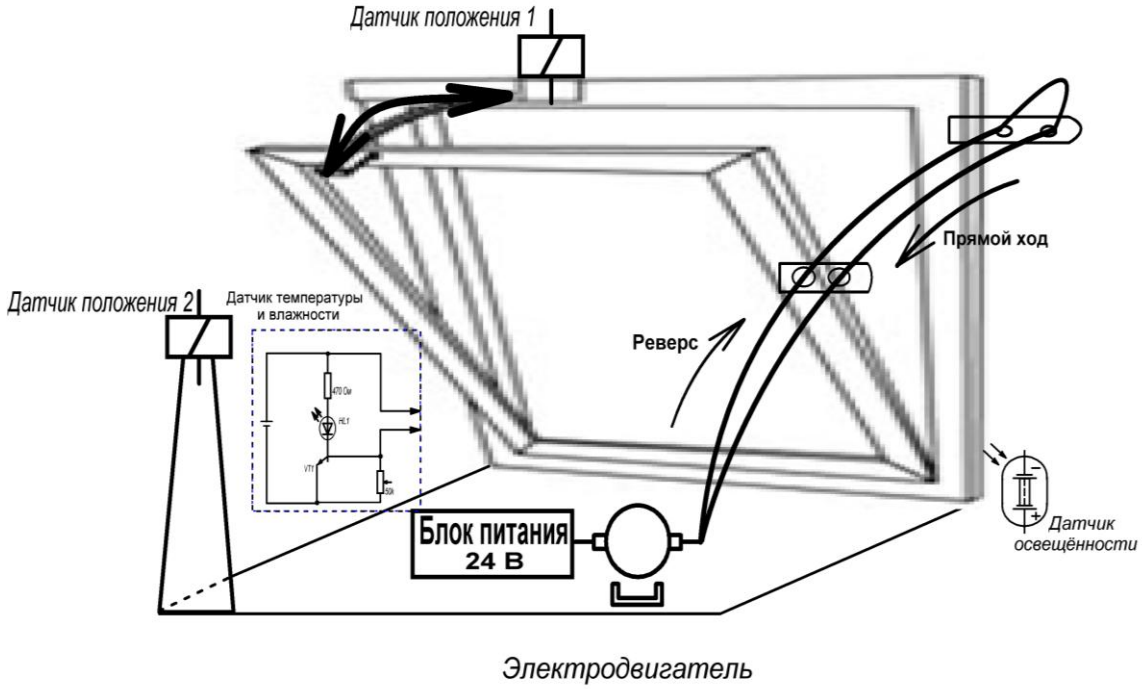


Рис.2. Пространственное размещение элементов автоматизированной системы для проветривания помещений.

Электронная часть лабораторного стенда представляет собой систему автоматического регулирование с наличием датчиков освещённости, температуры и влажности в теплице, а также обратной связи в контуре скорости электропривода.

Чувствительность датчиков выставляется программным способом в зависимости от потребностей выращиваемых растений. Автоматическое проветривание в зависимости от дневного либо ночного режима работы осуществляется посредством датчика освещённости. Температура и влажность в теплице позволяет проводить процесс воздухообмена в любое время суток.

Разработка обратной связи по скорости обусловлена инерционностью системы при открытии и закрытии фрамуги. Слишком быстрое открытие

может привести к поломке системы. Медленное закрытие под тяжестью собственного приводило бы к перегреву двигателя из-за повышенного потребления тока. Обратная связь по скорости работает следующим образом: аналоговая информация о количестве оборотов мотора вне зависимости от направления его вращения (диодный мост принимает сигнал любой полярности) поступает на аналоговый вход платы Arduino Uno, после чего вступает действие программный анализ скорости двигателя и последующая её регулировка (увеличение, уменьшение, поддержание) посредством задания скважности ШИМ для управления скоростью вращения якоря электродвигателя. Представленные действия характерны для П-регулятора, который выполняет свои функции при наличии какого-либо отклонения.

Электромеханическая часть обратной связи состоит из электрического привода в виде коллекторного электродвигателя постоянного тока ДПМ35Н102 на 24V, и тахогенератора, соединённого с валом двигателя ременной передачей. Для получение аналоговой информации с тахогенератора выбран самый эффективный и простой в реализации метод – метод широтно-импульсного регулирования с помощью широтно-импульсной модуляции. Принципиальная схема такого контура скорости приведена на рисунке 3.

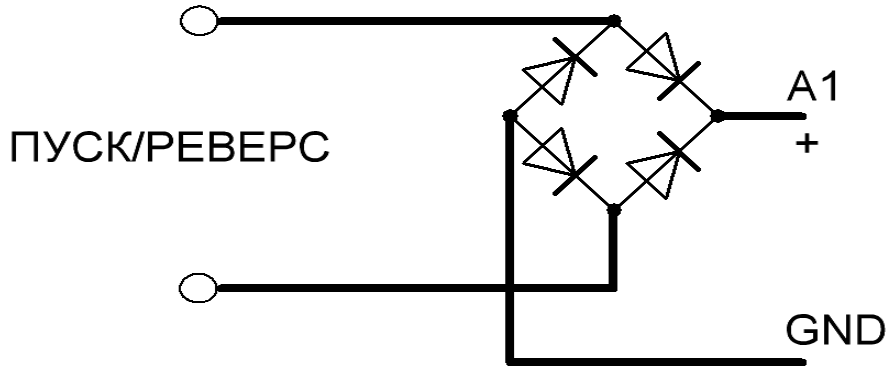


Рис.3. Принципиальная электрическая схема контура скорости.

Программная часть лабораторной работы реализуется в написании кода для прошивки платы Arduino Uno. Код оптимизирован под минимальный объём использования памяти компьютера/ноутбука. Ниже приведено описание работы с циклами плавного уменьшения и увеличение скорости двигателя, а также описание переменных, входящих в цикл.

Цикл for работает совместно с оператором ветвления if, образуя цикл с двумя предусловиями. Первое предусловие заключается в проверке пространственного расположения фрамуги (рис. 2), а также в измерении оборотов двигателя; второе предусловие – установка пределов по увеличению/уменьшению скорости двигателя. Переменные «magnit1» и

«magnit2» указывают на состояние датчиков положения фрамуги (рис. 2): нулевое состояние датчика достигается вовремя касания его фрамугой. Переменная «speed» хранит в себе количество оборотов двигателя.

```
if(magnit1==1 && magnit2==1 && sensor<=400 && dpt>=200){
for (int speed = 400 ; speed <= 450; speed++) {
      analogWrite(10, speed);
      analogWrite(11, speed);
      delay(30);
      if (magnit1==0) {
        digitalWrite(10,LOW);
        digitalWrite(11,LOW);
        break;
      }
  }
  }
if(magnit1==1 && magnit2==1 && sensor>=500 && dpt>=400){
digitalWrite(11,LOW);
for (int speed = 200; speed >= 100; speed--) {
      analogWrite(10, speed);
      delay(50);
      if (magnit2==0) {
        digitalWrite(10,LOW);
        break;
      }
    }
}
```

Рис.4. Плавное увеличение и уменьшение скорости двигателя.

Литература

1. Кривошеин Л.А., Муравей Н.Н.: Экология и безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие для вузов/ Д.А. Под ред. Л.А. Муравья. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 447 с.
2. Гаркушенко В. И., Дегтярев Г.Л.: Теория автоматического управления: Учебное пособие. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2010. - 274с.
3. Волкова Е.С., Якубовская Е.С.: Автоматизация технологических процессов сельскохозяйственного производства: Учебное пособие. Минск: Изд-во БГАТУ,2008.- 157с.
4. Фалк Г.Б., Арменский Е.В.: Электрические микромашины: Учебное пособие. Санкт-Петербург: Изд-во Санкт-Петербургского политехнического университет Петра Великого, 1986, - 203

УДК 621.3-1/-9

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ НАНЕСЕНИЯ ПАЯЛЬНОЙ ПАСТЫ

Кунашко А.В.
Научный руководитель – Заярный В.П., заведующий лабораторией

Паяльная паста – один из ключевых материалов, применяемых в процессе монтажа электронных компонентов. Она представляет собой смесь паяльного порошка и флюса, служащую для временной фиксации компонентов на плате и обеспечения качественного соединения при последующей пайке. Правильное и точное нанесение паяльной пасты – критически важный этап в производстве печатных плат, от которого напрямую зависит надёжность и работоспособность конечного устройства. В последние десятилетия технологии нанесения пасты значительно эволюционировали, особенно в связи с ростом плотности монтажа и автоматизацией производственных линий. В докладе рассмотрены современные методы нанесения паяльной пасты, их преимущества, недостатки и сферы применения.

Трафаретная печать – наиболее распространённый метод нанесения паяльной пасты. Используется металлический или полимерный трафарет с прорезанными отверстиями, соответствующими контактным площадкам компонентов на плате. Через эти отверстия паста наносится с помощью ракеля, после чего трафарет поднимается, оставляя пасту на контактных площадках. Трафаретная печать характеризуется высокой производительностью, точностью и простотой автоматизации, однако она неэффективна при ремонте, для нее требуется индивидуальный трафарет под каждую плату. Она применяется в серийном и массовом производстве, а также в стандартных SMT-платах без микроминиатюрных компонентов.

Для того, чтобы рассчитать расход паяльной пасты, используем следующую формулу:

$$\mathrm{Q} = V \cdot \mathrm{N} \cdot \rho \cdot \mathrm{K}, \qquad (1)$$

где V – объём пасты на одной контактной площадке (в мм³); N – количество паяемых площадок; ρ – плотность паяльной пасты (обычно около 4–4.5 г/см³); K – коэффициент потерь.

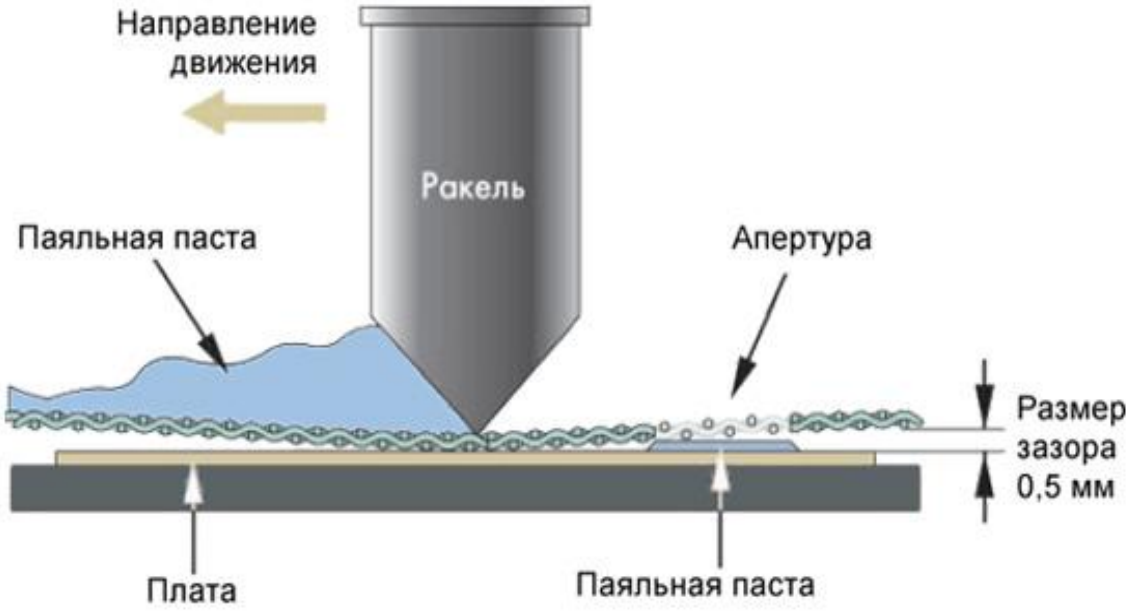


Рис.1. Нанесение паяльных паст методом трафаретной печати.

Дозирование заключается в нанесении капель паяльной пасты точно на контактные площадки с помощью дозатора. Существует два основных подхода:

-Шпиндельный диспенсер – дозирует пасту с помощью иглы.

- Jet-дозирование (струйный метод) – паста "выстреливается" в виде капель без контакта с поверхностью.

Jet-дозаторы – это новейшее поколение оборудования, использующее пьезоэлементы или термическое воздействие для выброса микрокапель паяльной пасты.

Преимуществами дозирования являются высокая точность, бесконтактный способ, что уменьшает износ оборудования, а также дозирование подходит для мелких серий и прототипов. Однако скорость при дозировании меньше, чем у трафаретной печати, а также стоимость оборудования намного выше. Дозирование применяется в мелкосерийном производстве и в платах с нестандратном распределении компонентов.

Технология лазерного нанесения основана на распылении микроскопических капель паяльной пасты на нужные участки с помощью лазерного испарения или лазерного дозирования. Метод активно развивается в последние годы и имеет такие преимущества, как ультравысокая точность и разрешение, полный контроль над объёмом и формой нанесённой пасты. Также большим преимуществом является возможность автоматизации и интеграции в производственные линии. Но у лазерного нанесения есть и недостатки, а именно: высокая стоимость оборудования, ограниченная скорость, необходимость в специальной пасте.

Лазерное нанесение применяется в наноэлектронике, микромонтаже, а также в медицине.

Современные способы нанесения паяльной пасты предоставляют широкий спектр возможностей в зависимости от задач производства, точности, объёмов и бюджета. Трафаретная печать остаётся основным методом в массовом производстве, благодаря своей эффективности и автоматизации. Однако в условиях миниатюризации компонентов и индивидуализации плат всё большую популярность набирают безконтактные и гибкие методы, такие как jet-дозирование и лазерное нанесение. Развитие этих технологий идёт в сторону увеличения точности, скорости и адаптации к новым типам паяльных материалов. В будущем можно ожидать ещё более широкого внедрения интеллектуальных систем контроля, машинного зрения и адаптивных дозирующих механизмов, что повысит качество пайки и надёжность электронных устройств.

Литература

1. Плотников, А. В. Технология монтажа и сборки радиоэлектронной аппаратуры.
2. Колесников, А. Н. Монтаж и пайка печатных плат: теория и практика.

УДК 006.89

ПРИМЕНИЕ СТАНДАРТА ISA-88 В НАПИСАНИИ ПРОГРАММ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСВТЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Щекало М.Н., Леонов В.Д.
Научный руководитель – Холод П.В, ассистент кафедры

Современный автоматизированный производственный процесс на предприятиях представляет собой сложную многоступенчатую последовательность определенных действий, операций, подчиняющихся строго описанной логике управления.

При написании программы, определяющей основную логику, закономерности и последовательность процесса, инженеру-программисту необходимо учесть работу и взаимодействие используемого оборудования (датчики, насосы, клапаны, нагреватели, сервоприводы и др.), при этом с увеличением используемых единиц оборудования увеличивается число переменных в программе, усложняется логика, появляется все больше условий, которые необходимо описать. Количество строк кода программы увеличивается, она становится сложной как в написании, так и в прочтении, проверке, исправлении и модернизации.

Для того, чтобы структурировать программу для сложных и многоступенчатых автоматизированных процессов, может эффективно применяться стандарт ISA-88. Стандарт ISA-88 определяет периодический процесс как производство конечного объема продукции за фиксированный временной интервал. В ходе такого процесса исходное сырье проходит строго заданную последовательность технологических операций с использованием производственного оборудования. Основная особенность подобных процессов заключается в их дискретной природе - каждый производственный цикл имеет четкое начало и окончание, а его результатом становится конкретная партия готовой продукции. Ключевыми характеристиками периодического производства являются ограниченная продолжительность выполнения операций и фиксированное количество выпускаемого продукта, что принципиально отличает данный подход от непрерывных технологических процессов.

Стоит также отметить, что наряду с ISA-88 может применяться, например, стандарт ISA-106. Их основное отличие состоит в том, что ISA-88 определяет временные рамки цикла производственного процесса в пределах от минут до часов, а ISA-106 рассматривает производственные циклы продолжительностью, измеряемой в днях или годах. Существуют и другие стандарты в этой области (например, ISA-95), выбор которых зависит от требований, вида и подхода к автоматизации производственного процесса.

Для управления периодическим производством необходимы: определение рецептуры (процесса изготовления); информация об оборудовании, которым нужно управлять; определение управляющих воздействий. Принцип реализации данного стандарта при формировании структуры управляющей программы может называться State Based Control (Design). При этом все оборудование и иные производственные ресурсы распределяются по иерархии (сверху вниз): предприятие (Enterprise) - производство (Site) - производственный участок (Area) - ячейка процесса (Process Cell) - установка (Unit) - агрегат (Equipment Module) - блок управления (Control Module). Данная иерархия представлена в общем виде, в частных случаях какие-либо элементы могут отсутствовать в зависимости от масштабов производства, предприятия, количества оборудования и т.д.

Важной особенностью принципа State Based Control является то, что каждый элемент в иерархической цепочке может обладать некоторым набором состояний и, соответственно, находиться в определенный момент времени строго в одном определенном состоянии. Каждое состояние при этом содержит внутри себя собственную логику. Элементы, находящиеся выше в иерархической цепочке, находясь в определенном состоянии, определяют изменение состояний элементов ниже, т.е. управляют ими.

Рассмотрим конкретный упрощенный пример применения стандарта ISO-88 (принципа State Based Control) в написании программы для управления установкой, предназначенной для дозирования витаминов в продукт. Мнемосхема установки представлена на рисунке 1.

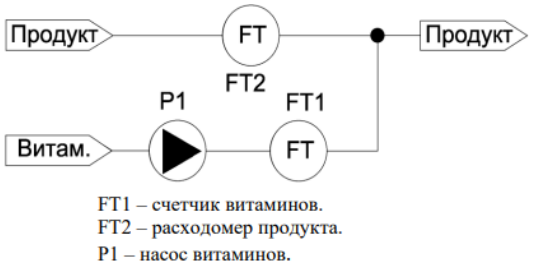


Рис.3. Мнемосхема установки дозирования витамина.

Допустим, необходимо написать алгоритм работы, приведенной выше установки, который предполагает возможность включения/выключения насоса витаминов, выбор режима работы задания расхода витаминов (ручной/автоматический), возможность увеличения и уменьшения задания расхода.

Для начала распределим имеющееся оборудования по иерархическим элементам стандарта ISO-88. Выделим следующие блоки управления (СМ): насос витаминов P1, импульсный счетчик витаминов FT1, расходомер продукта FT2 (выход 4-20 мА, преобразуется в диапазон 0-20000 л/ч). Далее выделим агрегат (ЕМ), который и будет управлять состояниями подконтрольных ему блоков управления, в данном случае это будет вся установка.

Следующий этап – определение состояний для каждого СМ и ЕМ. Состояния насоса витаминов: выключен, работает в автоматическом режиме задания расхода, работает в ручном режиме задания расхода. Состояния счетчика витаминов: выключен, включен. Состояния расходомера продукта: выключен, включен. Состояния установки: выключена, работает (насос не включен), работает (насос в ручном режиме), работает (насос в автоматическом режиме). При этом каждое состояние элемента предполагает внутри себя логику работы этого элемента. При этом переключение между состояниями блоков управления описывается в логике состояний агрегата, т.е. сверху вниз, сами блоки управления не могут влиять на состояния других блоков. Например, если состояние агрегата (СМ) «выключен», то для блоков управления (ЕМ) определяются состояния «выключен».

Стоит отметить, что структура программы, написанной с соблюдением принципа State Based Control, предполагает, что описание состояний и логики внутри них для каждого элемента производится в отдельных

программных компонентах. Структура написанной программы для ПЛК ОВЕН 160А-М представлена на рисунке 2 (среда – CoDeSys V2.3).

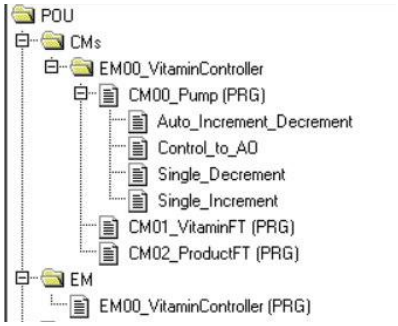


Рис.2. Структура программы по принципу State Based Control.

Таким образом получившаяся программа управления установкой имеет четкую иерархическую структуру управления оборудованием, которую в дальнейшем можно легко расширить, добавив, например, новые блоки управления, подконтрольные агрегату или элементы, управляющие самим агрегатом, что упрощает модификацию и масштабирование системы, сокращает время разработки, упрощает понимание кода.

Литература

1. Донагей К. Внедрение S88 в дискретное производственное оборудование. – Университет Лимерика, 2009.

УДК 303.064

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОТОКОЛА MODBUS ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ МЕЖДУ УСТРОЙСТВАМИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Щекало М.Н., Леонов В.Д.
Научный руководитель – Холод П.В, ассистент кафедры

Modbus представляет собой универсальный протокол связи, применяемый в промышленности для организации связи и передачи данных между устройствами. Данный протокол является наиболее распространенным среди промышленных протоколов. Свое широкое применение в том числе приобрел благодаря универсальности, простоте в применении и открытости, это значит, что Modbus позволяет совместно использовать различное оборудование разных производителей, что в свою очередь сильно упрощает процесс проектирования автоматизированного

промышленного процесса и дальнейшем работы с ним (наладка, замена оборудования, модернизация и т.д.).

Для передачи данных в рамках протокола Modbus используются такие интерфейсы, как RS-232, RS-422, RS-485, Ethernet сети TCP/IP. Также в сетях Modbus могут быть использованы различные способы передачи: ASCII, RTU (для последовательных интерфейсов) или TCP по Ethernet (для Modbus TCP). При этом пользователь способен выбрать необходимый ему режим и другие параметры (скорость передачи, режим паритета, тип интерфейса, количество стоп-бит и др.) для каждого отдельного контроллера. Сам протокол основан на архитектуре Master-Slave (ведущий-ведомый), при этом устройство-master (ведущее) отправляет запросы к устройствам-slave (ведомым), которые в свою очередь возвращают ответ. Запрос может инициировать только ведущее устройство. Формат информационных пакетов, передаваемых между устройствами в рамках протокола Modbus, зависит от используемого режима передачи данных, варианты которого были перечислены ранее.

Для Modbus RTU передаваемые данные представляются в двоичном формате, а начало и конец информационного пакета определяются временными интервалами. Недостатком такого режима передачи данных является критичность к задержкам, однако меньшая длина сообщений делает Modbus RTU выгоднее Modbus ASCII по накладным расходам.

В случае Modbus TCP формат пакетов похож на Modbus RTU, который передается по IP-сетям.

Информация, передаваемая между устройствами, хранится в соответствующий Modbus-регистрах, определяемых для каждого устройства. При этом выделяется 4 типа Modbus-регистров: Discrete inputs (дискретные входы устройства, доступные только для чтения), Coils (дискретные выходы устройства, доступные как для чтения, так и для записи), Input Registers (16-битные входы устройства, доступные только для чтения), Holding Registers (16-битные выходы устройства, доступные как для чтения, так и для записи). Для каждого типа регистров характерен свой диапазон адресов.

Для того, чтобы ведомое устройство корректно определило, что именно требуется сделать с информацией в Modbus-регистрах, пакеты, передаваемые к нему от ведущего устройства, содержат помимо адреса необходимого регистра еще и код функции Modbus. Например, 0x01 – чтение состояния одного бита; 0x02 – чтение состояния нескольких бит; 0x03 – чтение значений из нескольких регистров хранения и др.

Рассмотрим конкретный пример организации передачи данных по протоколу Modbus (режим передачи RTU и TCP) между сервоприводом, ПЛК и панелью управления. Цель – управление сервоприводом и мониторинг его показателей с панели оператора по алгоритму программы,

записанной в ПЛК. Используемое оборудование: сервопривод KINCO FD425, поддерживающий протокол Modbus RTU по интерфейсу RS-485; ПЛК ОВЕН 110-60; панель управления Weintek MT8090XE.

Допустим, необходимо организовать такое управление, которое позволяет проворачивать вал электропривода на заданное число оборотов с определенной скоростью по часовой или против часовой стрелке по нажатию соответствующей кнопки или прокручивать вал по зажатию кнопки в разных направлениях с заданной скоростью. Для реализации поставленной задачи сначала необходимо определить, какими параметрами в данном случае управляется сервопривод и в каких Modbus-регистрах они расположены (адрес, тип данных). После изучения документации на выбранную модель сервопривода было определено, что для выбора режима работы и его характеристик необходимо записывать информацию в следующие параметры: Operation_Mode (значение параметра определяет режим работы привода (позиционирование, скоростной и др.)), Controlword (значение параметра определяет команду, выполняемую приводом), Profile_Speed (определяет скорость вращения при режиме работы, соответствующем управлению положением вала), Target_Position (определяет позицию поворота вала. Для мониторинга за состояниями и реальными техническими значениями привода необходимо также считывать информацию из Modbus-регистров сервопривода. Например, параметр Real Speed содержит информацию о действительной скорости вращения, Pos Actual – действительное положение вала, Error_State – 16-битная величина, каждый бит которой соответствует определенной ошибке сервопривода и т.д. После того, как были определены параметры, с помощью которых будет производиться управление и мониторинг сервопривода, а также адреса их Modbus-регистров, необходимо определить их в программе для ПЛК. При этом в данном случае ПЛК выступает в роли ведущего устройства, которое отправляет запросы на запись и чтение регистров сервопривода. Настройка связи между ПЛК и приводом, а также написание программы производилось в среде CoDeSys V2.3, в которой в конфигурации ОВЕН 110-60 был определен элемент Modbus Master (т.к. ПЛК в данном случае является ведущим), внутри этого устройства определен интерфейс RS-485 и заданы его параметры (скорость, стоп-биты, ID сервопривода и др.). Далее для каждого используемого параметра, читаемого или записываемого со стороны ПЛК, были определены регистры соответствующих адресов и типов данных.

Для коммуникации ПЛК с панелью управления был выбран Modbus TCP по интерфейсу Ethernet. При этом панель выступает в роли ведущего устройства, а ПЛК – ведомого, т.к. задавая значения, например, скорости вращения на панели, она отправляет соответствующий запрос записи в ПЛК, который в свою очередь записывает это значение в параметр привода.

В результате была получена система управления сервоприводом в разных режимах с возможностью задания необходимых параметров (скорости, количества оборотов и др.), а также мониторинга интересующих значений (реальная скорость, положение, ток в обмотках, ошибки и др.) с панели оператора с помощью протокола Modbus. Стоит отметить, что каждая единица оборудования от разных производителей, но универсальность и открытость рассматриваемого протокола, а также его простота позволили организовать необходимую коммуникацию. Для организации корректной связи необходимо знать адреса Modbus-регистров используемых в программе значений, определить ID/IP адреса устройств в зависимости от режима передачи данных, написать управляющую программу, в которой будет производится запись и чтение из регистров одного устройства в регистры другого через посредника в виде ПЛК.

Литература

1. Manual Kinco FD5 series AC servo system / [Электронный ресурс] // Kinco: [сайт]. – URL: https://en.kinco.cn/download/download.html (дата обращения: 30.04.2025).
2. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Объекты автоматизации в энергетике» для студентов специальности 6-05-0713-04 «Автоматизация технологических процессов и производств» профилизации «Автоматизация технологических процессов и производств в энергетике» / Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Робототехнические системы» ; сост. И. И. Гутич. – Минск : БНТУ, 2025.
3. ПЛК1xx [M02] Программирование в CODESYS / [Электронный ресурс] // Owen: [сайт]. – URL: https://owen.ru/product/plk110_m02 (дата обращения: 30.04.2025).

УДК 004.624

РЕПЛИКАЦИЯ БАЗ ДАННЫХ

Ломаченков Е.В., Маркушевский А.Р.
Научный руководитель – Холод П.В., ассистент кафедры

В настоящее время требование к отказоустойчивости и производительности баз данных растет с каждым днем. Различные интернет-ресурсы, да и не только они, обзаводятся все большим количеством пользователей, что негативно сказывается на нагрузке на базы данных. Они, в свою очередь, являются основой для работы различных

приложений, которым нужно хранить множество данных и регулярно обращаться к ним.

Предполагается, что существует крупный онлайн-магазин с пользователями в Европе, США, Азии. Единственная база данных расположена в Европе. В результате все запросы из США и Азии будут направлены в этот узел. В таком случае, пользователи будут жаловаться на медленную работу сервиса, а также появляется вероятность недоступности всего приложения при сбое в базе данных. Для решения данных проблем следует прибегнуть к применению репликации.

Репликация является процессом автоматического копирования и синхронизации данных на нескольких серверах, что повышает доступность данных, отказоустойчивость всей базы данных, помогает предотвратить потерю данных. Также репликация позволяет распределить нагрузку между узлами, что является несомненным плюсом. Как правило, всегда есть главный узел, который называется master, и зависящие узлы – slave. В такой архитектуре для записи и чтения используется главный узел, а ведомые реплики – только для чтения.

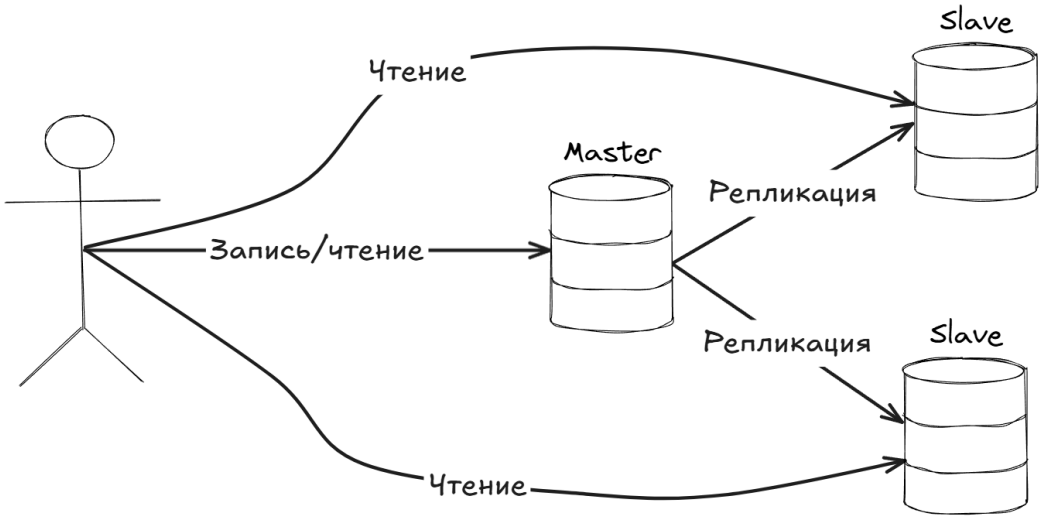


Рис.1. Схема репликации master-slave.

Помимо этого, в случае отказа узла не придется поднимать базу заново – нужно сделать master из любого другого slave узла, тогда при грамотной архитектуре системы вся нагрузка будет распределена между остальными узлами.

В примере, приведенном выше, достаточно добавить два slave узла в необходимые регионы. В таком случае все запросы чтения из базы данных в США и Азии будут принимать они. Тем самым разгрузится master узел, находящийся в Европе. Пользователи получат ускоренную работу ресурса, а сервис сможет легко масштабироваться в будущем при росте клиентской базы.

Работа репликации основана на журнале базы данных. Он фиксирует все изменения, которые происходят в базе данных, до того, как они применятся. За счет этого достигается надежность транзакций. Перед выполнением запроса, в журнал записываются все действия, которые должны быть выполнены. После подтверждения записи в журнале, база данных выполняет изменения в оперативной памяти, а через некоторое время эти изменения окажутся в хранилище. Благодаря такому механизму достигается надежность и согласованность. В случае возникновения проблемы в системе данные могут быть восстановлены при помощи журнала. Также, все транзакции будут выполнены в порядке, который записан в журнале.

Помимо упомянутой выше архитектуры, существует мультимастерная репликация – когда главных узлов несколько. Сильной стороной этого типа репликации является отсутствие ведущего узла, от которого зависят все остальные, значит, при выходе из строя одного master узла, система продолжит работу. Вдобавок, улучшается доступность, так как в системе сразу несколько узлов, принимающих запросы для записи и чтения. Часто, каждый master имеет несколько slave узлов, таким образом получается комбинация с классическим типом репликации.

Важно знать об отставании реплики, которое возникает во время применения изменений. Это может приводить к тому, что система будет не согласованная, но при правильном проектировании и настройке, обычно незначительно влияет на работу. Однако, вследствие сложных запросов, проблем с сетью отставание может увеличиваться. Для уменьшения отставания прибегают к следующим ухищрениям: оптимизация запросов, настройка параметров репликации, мониторинг состояния.

В зависимости от требований, репликацию классифицируют по синхронности. Существуют синхронная, полусинхронная и асинхронная.

Синхронная репликация требует подтверждения получения и выполнения изменений от всех реплик. Сильной стороной данного типа репликации является согласованность данных. К недостаткам относятся увеличенное время ожидания ответа и повышенная вероятность сбоев. Оба недостатка зависят от количества реплик. Чем больше ведомых узлов, тем выше вероятность возникновения сбоя и дольше время ответа. Применяется обычно в финтехе.

Асинхронная репликация не нуждается в подтверждениях, главный узел сразу отправляет ответ, не дожидаясь ответа от реплик. К плюсам такого подхода относится повышенная скорость работы и снижение нагрузки на сеть между репликами. Недостатки: приводит к несогласованности данных во время применения изменений на slave узлах, а также возникает вероятность потери данных в случае сбоя. Обычно применяется в аналитических и отчетных системах.

В полусинхронной репликации главный узел нуждается в подтверждении от одной или нескольких зависимых узлов. Данный способ является чем-то средним между синхронной и асинхронной. Сильной стороной такого типа репликации является паритет производительности и надежности. Но несмотря на это, требует более скрупулёзной настройки и управления. Не сильно популярна и не сильно распространена.

Таким образом, репликация является очень полезным механизмом для обеспечения повышенной производительности системы. Грамотный подход к настройке и проектировании системы положительно скажется на комфорте пользования приложением и дальнейшем масштабировании во время роста нагрузки на узлы хранения данных. Репликация очень важна в системах, у которых повышенные требования к стабильности и отказоустойчивости, безопасности хранения данных, а также в случаях географически распределенных систем.

Литература

1. PostgreSQL Documentation / [Электронный ресурс] // postgresql.org: [сайт]. – URL: https://www.postgresql.org/docs/current/runtime-config-replication.html (дата обращения: 05.05.2025).
2. Репликация базы данных / [Электронный ресурс] // struchkov.dev: [сайт]. – URL: https://struchkov.dev/blog/ru/database-replication/ (дата обращения: 07.05.2025).

УДК 004.896

ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПЕДАНС-КОНТРОЛЯ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОЙ СРЕДЫ

Маркушевский А.Р., Ломаченков Е.В.
Научный руководитель – Холод П.В., ассистент кафедры

Роботы-манипуляторы, размещенные на промышленных производствах, в частности выполняют конкретную задачу и имеют постоянные параметры: рабочая зона, сила захвата, время обработки и т.д. Но с развитием робототехники роботы-манипуляторы стали применяться в больницах, в жилых домах, офисах, в учебных и развлекательных заведениях. Отличительная черта этих мест – работа непосредственно с живыми объектами или по соседству с ними, а также непостоянность условий. Ведь, если, например, робот-манипулятор работает в доме, где постоянно ходит человек, это оказывает влияние на рабочую зону и планирование траектории. Или сначала выполняет одну задачу, например, переместить

баллоны с газом, а затем другую, например, переместить стакан. Исходя из задач, необходимо применять разную силу захвата.

В этом контексте удобным и мощным инструментом будет импеданс, при котором робот приобретает способность адаптироваться к внешним изменениям среды. Основная задача исследования классифицировать импеданс под конкретные задачи, исходя из вариативности среды. А также исследовать проблемы в этой области и дать потенциальное решение.

В условиях неопределенной среды невозможно использовать робота-манипулятора с простым П-регулятором или с обратной связью из-за большого коэффициентом усиления, который приводит к подаче чрезмерного управляющего сигнала. Если робот встретит препятствие в виде человека, то контроллер не успеет плавно сработать и произойдет жесткий механический контакт, который может оказать ущерб здоровью. Поэтому решением данной проблемы будет управление по механическому импедансу (далее импеданс-управление).

Импеданс-управление напоминает пружинно-амортизационную систему «пружина–демпфер». В результате механического удара происходит рассеивание энергии по пружине. Определить в матричной форме взаимодействие импеданса можно по формулам:

$$M\,\ddot{x}_t = K^P(\hat{x} - x_t) - D^V\dot{x}_t + f_t^e \quad (1)$$

$$I\omega_t = K^O\left(\log\left(\hat{R}R_t^T\right)\right) - D^W\omega_t + \tau_t^e \quad (2)$$

где M, I - матрицы массы и инерции, где $\hat{x}, x_t$ желаемая и фактическая траектория, зависящие от f_t^e, τ_t^e внешних сил и моментов, K^P, D^V - жесткость и демпфирования, где $\hat{R}R_t^T$ - матрицы ориентации, ω_t – угловая скорость исполнительного устройства.

Поскольку значения жёсткости K и демпфирования D зависят от условий внешней среды, их необходимо подстраивать под конкретную задачу. Для взаимодействия с человеком демпфирование должно быть высоким – для смягчения механических ударов, тогда как при работе с твёрдыми объектами, такими как баллоны с газом, требуется повышенная жёсткость для точности. Система управления параметрами K и D называется VIC (Variable Impedance Control), основная идея которого в обеспечение совместимости робота с изменяющейся средой. Дальнейшая статья направлена на исследования методов усовершенствования системы VIC.

Когда два человека взаимодействуют, чтобы выполнить задачу (перенести стол), оба могут почувствовать намерения другого партнёра через объект, но робот-манипулятор не обладает чувствительностью. Методика определения коэффициента демпфирования основывается на оценки сжатия руки человека с использованием тензометрической перчатки, электромиографии (кисть и предплечье) и поверхностной ЭМГ (в

области бицепса и дельтовидной мышцы). Методом наименьших квадратов происходит оценка коэффициента жесткости. Для коэффициента демпфирования использовалась производная по времени от приложенных сил. Существующая проблема – резкие изменения и скачки жесткости и демпфирования, это обусловлено тем, что сигналы подвержены шуму, погрешностям и нестабильность человеческого организма. Для улучшения системы VIC решением стал пассивный метод.

В первом анализе стабильности системы VIC был рассмотрен метод, при котором импеданс-управление отслеживало силы, затем проводился анализ и выявление ошибки. В результате целевая жесткость адаптировалась на основе предыдущих данных по линейной системе второго порядка, изменяющийся во времени. Однако в ряде исследований выяснилось, что анализ затруднителен из-за изменение окружающей среды и ее динамики. Для решения проблемы существует теория пассивности, которая представляет собой математическую основу свойств динамической системы, где система не производит больше энергии, чем получает. Для повышения КПД системы используют резервуар, который накапливает рассеиваемую энергию после демпфирования. Накопленная энергия позволяет изменять и регулировать жесткость, что обеспечивает стабильность и устойчивость систему VIC в неопределенной среде.

У рассматриваемого пассивного подхода, VIC не различает характер контакта и применяет одинаковые ограничения импеданса к любым взаимодействия, что снижает точность и адаптивность. Исследован метод, которой с помощью нейронной модели классифицирует тип контакта (рука, предмет, шум) и корректирует параметры импеданса в реальном времени. Механически это позволяет системе заранее выбирать подходящий режим жёсткости и демпфирования, предотвращая запаздывание реакции и обеспечивая более плавную механику взаимодействия.

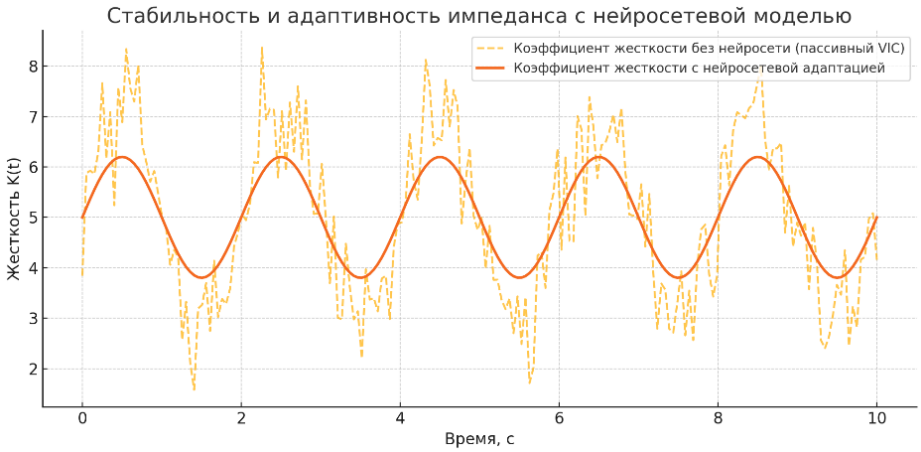


Рис.1. Сравнение колебаний коэффициента жёсткости $K\ (t)$ K(t) при пассивном подходе.

В данной работе была изучена стратегия интеграции робота-манипулятора в непредсказуемую и человеко-ориентированную среду через адаптивное управление на основе импеданс-контроля. Ключевым решением стал переменный импеданс (VIC), позволяющий изменять жёсткость и демпфирование в зависимости от условий задачи и характера взаимодействия. Для повышения устойчивости и чувствительности VIC изучены методы, с использованием биологических сигналов с интеллектуальной фильтрацией, а также пассивный подход с энергетическим резервуаром. Подход внедрения нейросетевой модели позволяет предсказывать контекст контакта и корректировать импеданс, что делает данный метод перспективным для безопасного и адаптивного взаимодействия.

Литература

1. Орлов, И.В. Управление устройствами для двигательной реабилитации человека / И.В. Орлов. – № 6 С. 93–103, 2018.
2. Спасский, Б.А. Мягкая робототехника в кооперативных задачах: состояние и перспективы развития / Б.А. Спасский. – ЦНИИ РТК, 2018.
3. Рукина, Н.Н Метод поверхностной электромиографии: роль и возможности при разработке экзоскелета / Н.Н. Рукина. – М.: ЦЭМИ РАН, 2008.

УДК 004.9

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ РОБОТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ДОЕНИЯ МОЛОКА ДЛЯ МАЛЫХ ФЕРМ

Любко А.А.
Научный руководитель – Журавлёва Е.Р., к.т.н., доцент

Современное молочное скотоводство сталкивается с необходимостью повышения производительности и качества молока при оптимизации затрат на рабочую силу и улучшений условий труда. В последние годы автоматизация процессов в сельском хозяйстве, включая молочное животноводство, стала важным шагом к улучшению этих показателей. Однако существуют сдерживающие факторы. Руководители небольших по объемам производства ферм не готовы на радикальную смену технологий ввиду значительных финансовых затрат и малой осведомленности об этапах внедрения и эксплуатации роботизированных систем.

Целью данного исследования является поэтапное описание технологии внедрения робототехнического доильного комплекса и экономическое подтверждение выгоды такого решения.

Для достижения поставленной цели были выделены следующие задачи:

- анализ автоматизированной линии, широко применяемой на данный момент на многих товарно-молочных фермах;
- разработка технической схемы и компоновки роботизированной системы;
- выбор оборудования роботизированной системы;
- оценка влияния работы роботизированной системы на производственные процессы, условия труда сотрудников и состояние здоровья животных;

Рассмотренная на практике доильная линия включает:

- управляющий контур (оператор, панели управления, пускатели);
- исполнительные устройства (доильные аппараты, вакуумные насосы, клапаны, промывочные станции);
- средства обратной связи (датчики окончания доения, проводимости, индикаторы загрязнений);
- информационная среда (журналы учёта, программное обеспечение).

Рассмотренная система управления основана на полуавтоматике, является реактивной, т.е. оператор реагирует на события вручную. Она практически не адаптируется под индивидуальные характеристики животных и не способна на анализ или прогнозирование. Подобная система обеспечивает только базовый уровень механизации. Производительность фермы с такой организацией процесса ограничена числом установок и необходимостью участия человека на всех этапах. Качество гигиены и адаптации к физиологии животных удовлетворительно. Как правило подобные линии не масштабируются под рост поголовья, а также не могут интегрироваться с интеллектуальными системами управления фермой.

Рассмотренная в проекте роботизированная линия обладает следующими преимуществами:

- полностью автоматизирует процесс надоя;
- повышает кратность доений с 2 до 3 раз в сутки,
- автоматизирует учёт продукции с возможностью интеграции в систему управления стадом (например, T4C);
- снижает трудозатраты за счет исключения операторов из основного цикла;
- повышает гигиену стада (снижение рисков заболеваний вымени);
- обеспечивает возможность наращивания мощности (добавление робототехнических установок при наличии производственной площади).

В данном проекте предлагается внедрение доильного робота Lely Astronaut A4 (Нидерланды), обеспечивающего интеллектуальный,

адаптивный, энергоэффективный и масштабируемый подход к процессу доения на цифровой молочной ферме.

На сегодняшний день на белорусском рынке присутствуют и российские аналоги, например, доильный робот «Волшебник». Сравнительная характеристика систем представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Технические характеристики роботов «Lely Astronaut A4» и «Волшебник»

Параметр	**Lely Astronaut A4**	**Волшебник**
Макс. число обслуживаемых коров	70-75	50-60
Тип роботизированной руки	6 степеней свободы многофункциональная	4 степени свободы механическая
Сенсорная система	камеры высокого разрешения, ИК-датчики, датчики давления	камеры среднего разрешения, ультразвуковые датчики
Автоматизация промывки	автоматическая промывка и дезинфекция	полуавтоматическая система промывки
Мониторинг здоровья коров	удой, состав молока, соматические клетки, температура вымени	удой, температура
Интервал доения, раз/сутки	2 - 4 (по желанию коровы)	2
Интеграция с системами управления стадом	полная интеграция с ПО Lely T4C	ограниченная интеграция с российскими системами

Рис.1. Робототехническая система Lely Astronaut A4.

Рис.2.Схема центрального размещения робототехнической установки Lely Astronaut A4.

Основные преимущества от внедрения роботизированной линии представлены в таблице 2:

Таблица 2 – Сравнение показателей фермы после внедрения робота

Показатель	**До внедрения (Параллель)**	**После внедрения (Lely Astronaut A4)**
Среднее количество доений в сутки	2,0	2,9
Средний надой на корову, л/сутки	22,5	27,3
Заболеваемость маститом, %	13	5
Потери молока при доении, %	до 6	<1,5
Количество операторов на смену	3	1
Уровень детализации учёта	низкий	высокий

Проведенный анализ экономической эффективности подтверждает повышение годовой производительности, снижение затрат на поддержание системы, а также на оплату труда персонала, полезный экономический эффект составил 194 337 тыс. бел. руб.

Литература

1. Сайт Lely [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://www.lely.com.
2. Берг, Т. Автоматизация молочного производства: роль доильных роботов / Т. Берг. – Москва: Издательство «Агропромиздат», 2019.

УДК 004.85

ПОДХОДЫ К РАСПОЗНАВАНИЮ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИИ

Ляшевич М.С.
Научные руководители – Гутич И.И., ст. преподаватель, Дербан А.Н., ст. преподаватель

В настоящее время активно развивается процесс цифровизации энергетической отрасли, целью которого является повышение эффективности управления и надёжности энергоснабжения. Одним из ключевых направлений этих преобразований становится создание информационных моделей энергообъектов – цифровых представлений, которые формализуют структуру, характеристики и взаимосвязи элементов энергетических объектов.

Для реализации процесса автоматизированного распознавания функциональных элементов энергетических объектов необходимо изучить подходы к распознаванию объектов на изображении и выбрать наиболее приемлемый.

1. Шаблонное сопоставление

Представляет собой алгоритмический метод обнаружения объектов на изображении путём прямого сравнения части исходного изображения с заранее заданным шаблоном. Метод реализует в себе одновременно функции распознавания и классификации.

Алгоритм заключается в итеративном перемещении шаблона по всему изображению с заданным шагом. На каждом шаге рассчитывается метрика сходства между шаблоном и соответствующим фрагментом изображения. Метриками для соответствия могут выступать яркость пикселей или их цвет. Оценка сходства производиться с применением пороговой фильтрации [1].

Преимущества:

- простота реализации;
- не требует обучения;
- хорошо работает при строгой стандартизации изображений.

Недостатки:

- чувствителен к масштабам, поворотам;
- плохо справляется с зашумлёнными или неструктурированными изображениями;
- не масштабируется на большие объёмы и разнообразие классов.

2. Распознавание на основе локальных дескрипторов и метода опорных векторов

Представляет собой подход, при котором из исходного изображения извлекаются признаки, которые затем используются для классификации

объектов. Этот подход включает два основных этапа: сначала выполняется выделение признаков, затем применяется классификатор для определения класса объекта. Для выделения признаков используется метод SIFT, а для классификации SVM [2].

На первом этапе используется метод SIFT, который извлекает ключевые точки изображения и создает их дескрипторы. Ключевые точки – это локальные экстремумы, которые инвариантны к изменениям масштаба и угла поворота. SIFT обнаруживает такие ключевые точки и строит для каждой из них 128-мерный вектор дескриптора, который описывает локальную структуру изображения. Этот процесс включает несколько шагов: обнаружение ключевых точек с помощью поиска экстремумов в пространстве масштабов, определение ориентации для каждой ключевой точки, что делает алгоритм устойчивым к изменениям угла поворота, и создание дескрипторов, которые описывают локальные структуры изображения вокруг каждой ключевой точки.

После выделения ключевых точек и создания их дескрипторов, данные признаков используются для классификации объектов с помощью метода SVM. Это метод машинного обучения, который ищет оптимальную гиперплоскость в многомерном пространстве признаков, разделяющую объекты разных классов. Для этого SVM использует дескрипторы, полученные из SIFT. На этапе обучения классификатор SVM использует размеченные данные (изображения с известными классами) для нахождения гиперплоскости, которая будет разделять объекты разных классов. На этапе прогнозирования новые изображения с извлечёнными признаками классифицируются с помощью найденной гиперплоскости.

После того как признаки извлечены с помощью SIFT и классификатор обучен, каждое новое изображение проходит через процесс извлечения признаков. Для каждого изображения создается набор признаков, который затем классифицируется с использованием обученной модели SVM.

Преимущества:

- устойчив к изменениям масштаба и углу поворота изображения;
- способен выделять классы в неразделимой группе;
- способен выделять объекты, подвергшиеся искажению.

Недостатки:

- чувствителен к шуму;
- высокие вычислительные затраты;
- качество распознавания сильно падает при масштабировании количества классов;
- требует обучения.

3. Графоаналитические методы

Представляют собой подходы, при которых распознаваемые объекты формируются в виде графов. В таком графе узлы могут представлять ключевые точки распознаваемого объекта, а рёбра – их взаимосвязи или отношения. Эти методы включают в себя несколько этапов: построение графовой модели объекта, извлечение признаков из графа, а затем анализ этих признаков с помощью различных графовых алгоритмов. Такие методы могут использоваться как для распознавания объектов, так и для классификации или анализа структурных особенностей объектов на изображениях [3].

Процесс работы графоаналитических методов обычно начинается с представления изображения в виде графа, где каждый объект или его ключевые части становятся вершинами, а их взаимосвязи или отношения – рёбрами. Граф может представлять соседние пиксели или группы пикселей, которые имеют схожие характеристики, такие как яркость, цвет или текстура. Затем, с использованием различных алгоритмов обработки графов, таких как поиск в ширину, поиск в глубину или алгоритмы для нахождения кратчайших путей, анализируются структурные особенности изображения.

Графоаналитические методы являются классификаторами, поэтому для решения задач идентификации дополнительно необходимо применять алгоритм, который будет выполнять выделение объектов на изображении.

Преимущества:

- гибкость в анализе сложных структур и учёт контекста;
- устойчивость к шуму и искажениям;
- не требует обучения.

Недостатки:

- высокие требования к памяти и вычислительным ресурсам;
- высокая сложность настройки и параметризации;
- чувствителен к ошибкам сегментации.

4. Модели машинного обучения

Представляют собой подход, в котором модели обучаются на большом объеме данных для автоматического извлечения признаков и классификации объектов на изображениях. Одним из наиболее популярных методов является использование сверхточных нейронных сетей, которые способны эффективно распознавать объекты, извлекая высокоуровневые признаки из изображений без необходимости предварительного ручного выделения признаков [4].

Алгоритм работы заключается в обучении модели на большом наборе аннотированных данных, после чего она способна автоматически классифицировать объекты, обнаруживать их и устанавливать взаимосвязи между ними. Модели глубокого машинного обучения, в частности глубокие

нейронные сети, могут выполнять задачу распознавания объектов и их классификации с высокой точностью, самостоятельно анализируя изображения и выявляя характерные признаки, такие как форма, текстура и цвет.

Преимущества:

- высокая точность и адаптивность;
- отсутствие необходимости в ручном выделении признаков;
- высокая масштабируемость.

Недостатки:

- необходимость в большом объеме данных для обучения;
- высокие вычислительные затраты;
- чувствительность к выбору архитектуры.

На основе анализа преимуществ и недостатков перечисленных методов составлена сравнительная таблица 1, по результатам которой выбран приоритетный метод для распознавания функциональных элементов энергетических объектов.

Таблица1 – Сравнительный анализ методов распознавания объектов

Название метода	Точность распознавания	Время обработки	Чувствительность к изменениям	Масштабируемость	Вычислительные ресурсы
Шаблонное сопоставление	Средняя точность, хорошо работает в условиях строго стандартизированных изображений	Высокая скорость	Очень чувствителен к изменениям масштаба, поворотам и искажениям	Плохо масштабируема на большое количество классов	Не требует больших вычислительных ресурсов
SIFT + SVM	Высокая точность распознавания	Средняя скорость	Низкая чувствительность к изменениям масштабов и поворотам изображения	На больших количествах классов возникает резкое снижение качества распознавания	Требует значительных вычислительных ресурсов
Графоаналитические методы	Средняя точность	Низкая скорость	Низкая чувствительность к изменениям масштабов и поворотам изображения	Плохо масштабируема на большое количество классов	Требует значительных вычислительных ресурсов

Модели машинного обучения	Очень высокая точность распознавания	Средняя скорость	Низкая чувствитель-ность к изменениям масштабов	Высокая масштабиру-емость	Требует значительных вычислительных ресурсов

Основным недостатком представленных методов является точность распознавания и плохая масштабируемость под большое количество определяемых классов, что является недопустимым при реализации разрабатываемой системы. На основе изученных недостатков предложенных систем принято решение взять за основу функционирования автоматизированной системы метод распознавания на основе глубокого машинного обучения.

Литература

1. Template Matching. Режим доступа: https://docs.adaptive-vision.com/4.7/studio/machine_vision_guide/TemplateMatching.html
2. Image Classification based on SIFT and SVM. Режим доступа: https://ieeexplore.ieee.org/document/8466432
3. Image Segmentation Based on Minimal Spanning Tree and Cycles. Режим доступа: ieeexplore.ieee.org/document/4426370
4. Deep learning models. Режим доступа: https://www.ibm.com/think/topics/deep-learning.
5. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Объекты автоматизации в энергетике» для студентов специальности 6-05-0713-04 «Автоматизация технологических процессов и производств» / Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Робототехнические системы» ; сост. И. И. Гутич. – Минск : БНТУ, 2025.

УДК 621.3-1/-9

СОВРЕМЕННАЯ УПАКОВКА, ОБЗОР ЕЁ ВИДОВ И ИМЕЮЩИХСЯ ПРОБЛЕМ

Малиновский Е.А., Пшеничный М.Л.
Научный руководитель – Заярный В.П., заведующий лабораторией

Жизненный цикл упаковки представляет собой последовательность этапов, охватывающих путь упаковочного материала от момента добычи исходного сырья до финальной стадии утилизации или вторичного использования. Это понятие тесно связано с подходами к устойчивому развитию, поскольку позволяет оценить совокупное воздействие упаковки

на окружающую среду на всех этапах её существования. В условиях обостряющихся экологических проблем и роста потребления упаковочной продукции становится всё более важным учитывать не только функциональность упаковки, но и её экологические характеристики.

Процесс начинается с добычи и подготовки природного сырья. Это могут быть древесина, нефть, руды, кварцевый песок и другие природные ресурсы. Из них получают основные материалы для производства упаковки – бумагу, пластик, стекло, металл и комбинированные составы. Далее следуют этапы промышленной переработки и производства упаковочной продукции. Эти процессы зачастую сопровождаются существенным энергопотреблением, выбросами углекислого газа и другими формами воздействия на окружающую среду.

Следующий важный этап – распределение, то есть логистика и доставка упаковки до места её использования. Эта стадия также имеет значение, поскольку транспортировка влечёт за собой затраты топлива и выбросы парниковых газов. После этого упаковка попадает в руки потребителя. В большинстве случаев срок её использования крайне короткий – от нескольких минут до нескольких дней. Тем не менее, именно после этапа потребления наступает наиболее значимый с точки зрения экологии момент: будет ли упаковка переработана, использована повторно или станет твёрдым коммунальным отходом.

На данном этапе особенно актуальными становятся концепции круговой экономики и стратегии Zero Waste. Их суть заключается в том, чтобы максимально замкнуть производственный цикл, вернуть материалы в оборот и минимизировать образование отходов. Круговая экономика предполагает, что упаковка проектируется с учётом её повторного использования или возможности переработки, а не выбрасывается сразу после применения. Для оценки эффективности использования вторичных ресурсов можно использовать следующую формулу:

$$K = \frac{M_{\text{вт}}}{M_{\text{п}}} \quad (1)$$

где K – коэффициент замещения первичного сырья;

Мвт – масса вторичного сырья, использованного в производстве упаковки;

$M_{\text{п}}$ – масса первичного сырья, которое потребовалось бы без использования вторичных материалов;

Чем выше коэффициент K, тем эффективнее внедрены принципы устойчивого производства.

Вопрос выбора упаковки также имеет большое значение. Материалы отличаются не только по стоимости и функциональности, но и по степени экологичности. Бумажная упаковка относительно легко разлагается в

природе и может быть переработана, но её производство требует значительных водных и энергетических ресурсов. Пластиковая упаковка удобна и дешева, но поддаётся переработке лишь частично и при определённых условиях, а при попадании в природу может сохраняться столетиями. Металлическая и стеклянная упаковка, несмотря на высокую массу, выгодно отличаются высоким процентом возврата в производство и многократной переработкой без потери качества.

Для комплексной оценки воздействия различных видов упаковки на окружающую среду используется методология анализа жизненного цикла. С её помощью можно оценить суммарный экологический след упаковки, начиная от добычи сырья и заканчивая утилизацией. Такая методика позволяет не только сопоставить разные материалы между собой, но и оптимизировать производственные процессы с целью снижения общего ущерба природе.

Современные технологии производства упаковки всё чаще включают элементы автоматизации, что способствует не только снижению затрат, но и уменьшению экологического следа. Внедрение автоматизированных линий позволяет более точно дозировать материалы, минимизировать отходы на этапе производства и оптимизировать энергопотребление.

В области сортировки и переработки отходов также активно применяются автоматизированные решения. Машинное зрение и технологии на базе искусственного интеллекта используются для распознавания и разделения различных видов упаковки на конвейерах. Это позволяет повысить эффективность сортировки, снизить долю несортируемых отходов и улучшить качество вторичного сырья. Чем выше точность таких систем, тем меньше требуется ручного труда и тем выше процент переработки.

Рис.1. NeuroRecycle – система для автоматической сортировки и переработки отходов.

Развитие инфраструктуры по раздельному сбору и переработке отходов – необходимое условие для работы модели круговой экономики. Без возможности вернуть упаковку в производственный цикл, даже самый экологичный материал становится потенциальным мусором.

Жизненный цикл упаковки, рассматриваемый в контексте устойчивого развития, представляет собой не просто цепочку производственно-потребительских процессов, а инструмент стратегического планирования в сфере экологии. Современное общество всё чаще делает выбор в пользу упаковки, произведённой по экологическим стандартам, с возможностью переработки и минимальным углеродным следом. При этом успех всей системы зависит не только от производителя, но и от потребителя, государства и инфраструктуры обращения с отходами. Только комплексный подход позволяет реализовать потенциал упаковки как ресурса, а не как источника загрязнения окружающей среды.

Литература

1. Королев, А. В. Упаковочные материалы и технологии / А. В. Королев. – М.: Академия, 2021.
2. Глобальные тренды в упаковке: устойчивость, умные материалы, цифровизация [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.mostra.by/press-centr/novosti/trendyi-dizajna-upakovok-v-fmcg.html – Дата доступа: 07.05.2025.

УДК 628.1

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОПОДГОТОВКОЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Манюк Д.В.
Научный руководитель – Гутич И.И., старший преподаватель

Водоподготовка – это набор процессов, оборудования и технологий, предназначенных для очистки и нормализации параметров воды в соответствии с определенными стандартами качества, необходимыми для ее предполагаемого использования.

Такая обработка проводится на установках, либо сооружениях соответствующего типа. Вода подготавливается как для коммунальных нужд, так и для промышленности и предприятий. Также необходимо учитывать, что для разных предприятий необходимо ориентироваться на индивидуальные требования необходимых показателей качества воды.

Системы водоподготовки удаляют из воды загрязняющие вещества, такие как бактерии, химикаты, тяжелые металлы, могут регулировать свойства воды, такие как кислотность или жесткость. Это происходит с использованием нескольких методов: фильтрация, дезинфекция – ультрафиолетовая или с использованием хлора, обратный осмос, ионный обмен и химическая обработка. Применяются различные методы и комплексы мероприятий для очистки и нормализации параметров воды в зависимости от качества источника воды и ее назначения.

Система водоподготовки на предприятии может служить различным функциям, в зависимости от дальнейшего назначения обрабатываемой воды, и разделяется на следующие типы:

1. Использование для изготовления конечного продукта: предъявляются специфические требования по физико-химическому составу фильтрата на выходе установки водоподготовки, а именно: отсутствие вредных микроорганизмов, солей тяжелых металлов и примесей;
2. Использование в качестве средств производства: паровые котлы, которые рассчитаны на определенные качества поступающей воды и несоблюдения требований производителя по их выполнению может привести к выходу из строя оборудования;
3. Очистка сточных вод до качества, пригодного для сброса в природные водоемы или централизованную канализацию;
4. Повторное использование промышленных вод: очистка остаточных от производства веществ для повторного использования.

Также очистка воды позволяет защитить оборудование, используемое в производстве, от повреждения жесткой водой, образования накипи или коррозии, вызванной неочищенной водой. Таким образом, она продлевает срок службы оборудования и снижает расходы на техническое обслуживание [1].

Модернизация системы управления водоподготовкой подразумевает собой несколько процессов по обновлению и улучшению технологий, процессов и систем, что используются для мониторинга, управления и оптимизации операций по очистке воды.

Модернизация может включать несколько аспектов:

1. Замена устаревших систем управления на современные системы диспетчерского управления;
2. Сбор необходимых релевантных данных в SCADA - систему для обеспечения мониторинга в реальном времени (например фильтрация, дозирование химикатов в процессе очистки и перекачка воды в баках);
3. Применение мер кибербезопасности для защиты цифровых систем управления от сетевых проблем и киберугроз для обеспечения целостности и безопасности операций по очистке воды;

4. Улучшение пользовательского интерфейса, а именно модернизация человеко-машинного интерфейса для возможности удаленного управления системой;

5. Модернизация системы для соответствия действующим нормативным стандартам качества воды с обеспечением масштабируемости для обработки будущих требований к очистке;

6. Замена устаревшего оборудования и программного обеспечения, которое может быть подвержено сбоям или несовместимо с современными стандартами, замена их надежными и совместимым решениями.

Таким образом, модернизация системы управления водоподготовкой на предприятии направлена на повышении эффективности взаимодействия оператора системы посредством улучшения пользовательского интерфейса, замены устаревшего оборудования на современное, соответствие действующим стандартам проектирования, использование актуального прикладного программного обеспечения.

Литература

1. Новикова О.К. Водоснабжение промышленных предприятий / О.К. Новикова, А.М. Ратникова. – Гомель: БелГУТ, 2021.
2. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Объекты автоматизации в энергетике» для студентов специальности 6-05-0713-04 «Автоматизация технологических процессов и производств» профилизации «Автоматизация технологических процессов и производств в энергетике» / Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Робототехнические системы» ; сост. И. И. Гутич. – Минск : БНТУ, 2025.

УДК 004.8

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ

Мухачёв И.Б., Тетерюков А.А.
Научный руководитель: Воюш Н.В., ст. преподаватель

Искусственный интеллект с использованием компьютерного зрения уже сегодня является неотъемлемой частью нашей жизни. Потенциал этой сферы безграничен для человечества, ведь компьютер в разы точнее и продуктивнее любого из нас. IT компании по всему миру применяют его в разработках гражданского, промышленного и военного секторов.

В данной статье мы бы хотели рассмотреть примеры развития области искусственного интеллекта, в частности с применением машинного зрения на территории союзного государства Республики Беларусь и России, а также рассмотреть собственный вариант разработки.

На территории Республики Беларусь активно, при поддержке Парка высоких технологий, ведутся разработки в сфере ИИ, например: «Lung Passport», продукт, позволяющий с помощью алгоритмов интеллектуальной системы идентифицировать заболевания легких по издаваемым звукам, или небезызвестное во всем мире «Flo» – приложение, помогающее женщинам отслеживать проблемы со здоровьем. Если говорить о продуктах, непосредственно использующих Машинное зрение, то это компания «OneSoil» – ведущая разработки в сфере сельскохозяйственной промышленности, способная анализировать состояние посевных, планировать сельскохозяйственные операции и предоставлять различного рода прогнозы, пример её работы представлен на рисунке 1, а также проект «Rozum Robotics» – резидент Парка высоких технологий, занимающиеся разработками в сфере автоматизации, а именно роботизации в сфере промышленности.

Из российских решений в сфере искусственного интеллекта и непосредственного использования машинного зрения интересно обратить внимание на разработки «Лаборатории Касперского», например, программное обеспечение для сельскохозяйственных дронов, позволяющие считывать информацию в режиме реального времени, или медиагиганты «VK» и «Mail.ru», активно внедряющие системы распознавания лиц и жестов в свои приложения.

Рис.1. Пример работы приложения «OneSoil».

Одним из главных преимуществ компьютерного зрения, вследствие которого оно активно применяется, является возможность быстрого обнаружения дефектов на деталях, что обобщенно можно назвать быстротой обработки потоков информации, что у человека могло бы занять до нескольких часов. Различные приложения для всякого рода умных камер и датчиков позволяет автоматически контролировать качество деталей и выявлять виды дефектов на сборочных линиях в доли секунды. Таким образом, глубокое обучение использует обнаружение объектов в реальном времени, что в свою очередь позволяет добиться лучших результатов с наименьшими затратами рабочих сил.

Так как сборочные линии давно стали основой производства, компьютерное зрение существенно помогает улучшить процесс производства с помощью автоматического наведения роботов, выравнивания деталей на ленте, проверка качества сборки и других подобных действий. Оснащенные алгоритмами обнаружения объектов, роботы могут точно размещать компоненты, уменьшая количество ошибок при сборке и повышая эффективность. Модели компьютерного зрения, такие как «YOLO11», могут быть обучены отслеживать и подсчитывать десятки, сотни и тысячи предметов, одновременно попадающих в объектив в режиме реального времени, пока они движутся по конвейерной ленте, оптимизируя внутренние рабочие и процессы. Пример представлен на рисунке 2.

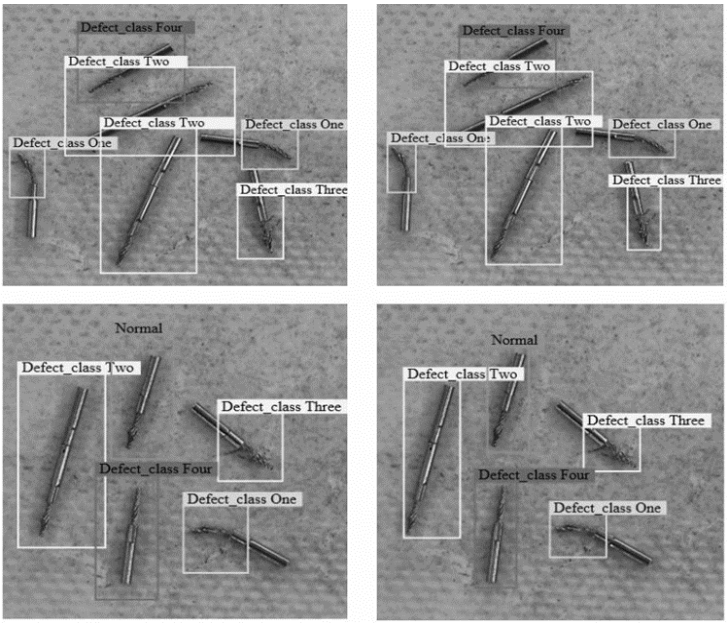


Рис.2. Вид с камер конвейерного производства.

Основные технологии внедрения и написания логики включают в себя библиотеки «OpenCV» для обработки изображений, нейросетевые

фреймворки «TensorFlow» и «PyTorch» для распознавания объектов, а также алгоритмы «YOLO» и «Mask R-CNN» для детекции и сегментации. Языки программирования, в частности «Python» и «C++», обеспечивают базу для разработки высокопроизводительных систем, а облачные сервисы на примере «AWS Rekognition» и «Google Vision API» помогают анализировать изображения без локального развертывания.

При собственной разработке экспериментального приложения мы использовали библиотеки «YOLO» вместе с «TensorFlow» и «PyTorch» на языке программирования «Python», что позволило добиться высокой точности детекции объектов при оптимальном времени обработки. Такой выбор сделан в пользу широкой поддержкой данных инструментов в сообществе, наличием заранее обученных моделей и возможностью гибкой настройки под конкретные задачи машинного зрения. При этом «C++» по сравнению с «Python» обеспечивает более высокую скорость выполнения и более эффективное управление памятью, что делает его предпочтительным для подобных задач реального времени и встроенных систем, тогда как «Python» за счет своего синтаксиса более прост и удобен для оптимальной скорости разработки и работы с нейросетями.

Для хранения и обработки получаемых результатов распознавания использовалась база данных, в которой сохранялись изображения, метаданные объектов (координаты, классы, вероятность детекции), а также временные метки и связанные идентификаторы. При нашей разработке использовалась платформа «MySQL», но в зависимости от требований системы можно также использовать такую реляционную базу данных как «PostgreSQL», для структурированного хранения информации, или же NoSQL-решения: «MongoDB», «Redis», для быстрого доступа к данным в реальном времени.

Таким образом, в наших наработках мы отдали предпочтения именно «Python» с его обширными библиотеками, подстроенными для работы с машинным зрением и относительной простоте написания внутренней логики программы, но также отмечаем, что для более высокого быстродействия программы, в случае, если на его сервера будет оказана большая нагрузка со стороны большого числа пользователей, предпочтительно использовать «C++» с его куда большей скоростью обработки информации, в нашем случае при анализе фото и видео материалов, а также более эффективным управлением памятью.

Литература

1. Электронная библиотека «Хабр» [Электронный ресурс]. URL: https://habr.com/ru/companies/otus/articles/810207

2. Электронная библиотека «forklog» [Электронный ресурс]. URL: https://forklog.com/cryptorium/ai/chto-takoe-kompyuternoe-zrenie-mashinnoe-obuchenie
3. Электронная библиотека «Kvantron» [Электронный ресурс]. URL: https://kvantron.com/primenenie-iskusstvennogo-intellekta-i-nejrosetej-v-sistemah-kompyuternogo-zreniya
4. Сборник материалов пятнадцатой национальной научно-практической конференции с международным участием молодых ученых, аспирантов и студентов, часть 2, стр. 143-148 [Электронный ресурс]. URL: molodaya_nauka_2024_2.pdf

УДК 004.9

АВТОМАТИЗИРОВАНЫЙ АНТРОПОМОРФНЫЙ РОБОТ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Огиевич Г.А., Коваленко В.С., Щипер И.А.
Научные руководители – Прохорович С.С., ст. преподаватель, Очеретний А.М.

В рамках данного проекта был разработан автоматизированный антропоморфный робот общего назначения высотой 375 мм и массой 2024 г, состоящий из 16 сервоприводов, обеспечивающих 16 степеней свободы. Конструкция включает 3D-моделированные в SolidWorks элементы: туловище (основание, защитный модуль и крышки), руки (плечевой кронштейн, локоть, ударная часть) и ноги (тазовая часть, шестерни преобразования движения, ступни), напечатанные из ударопрочного пластика ABS на FDM-принтере.

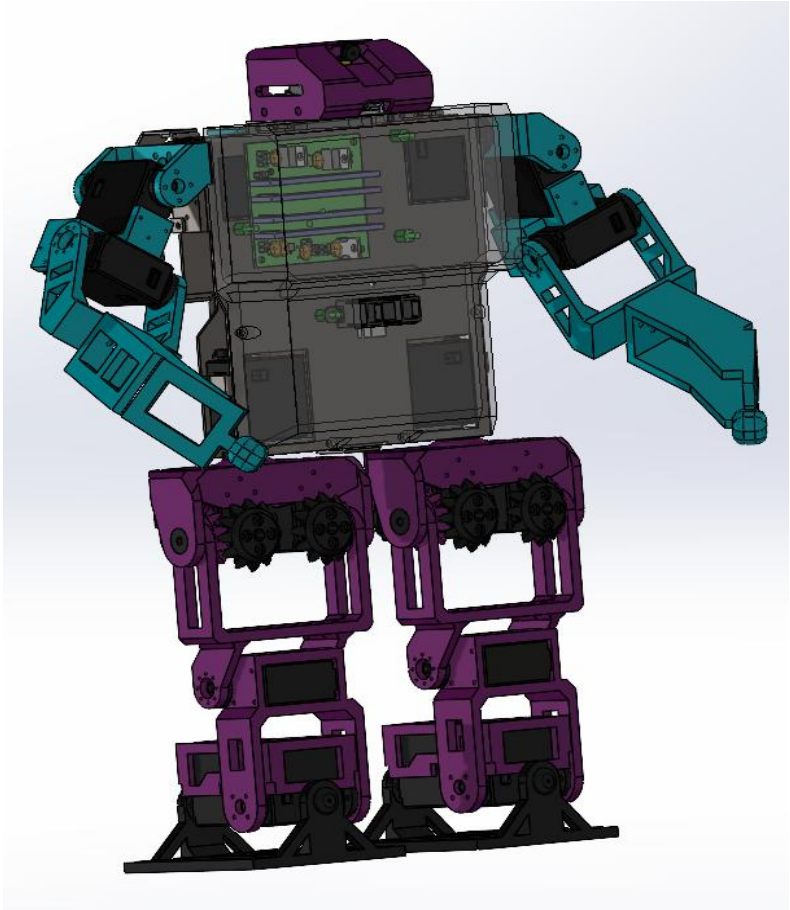


Рис.1. Общий вид готового устройства.

Электронная система основана на микроконтроллере ESP32-S3 с тактовой частотой 240 МГц, включает стабилизатор напряжения LM7805 (5В, 1.5А), инфракрасный датчик расстояния SHARP GP2Y0A21YK0F (до 80 см) и литий-ионные аккумуляторы 18650. Для управления реализован алгоритм на C++ в Arduino IDE с использованием UART-протокола, включающий решение прямой и обратной задач кинематики для точного позиционирования конечностей, а также расчет моментов сил на осях (максимальный момент 3.10 кг/см для сервоприводов ног).

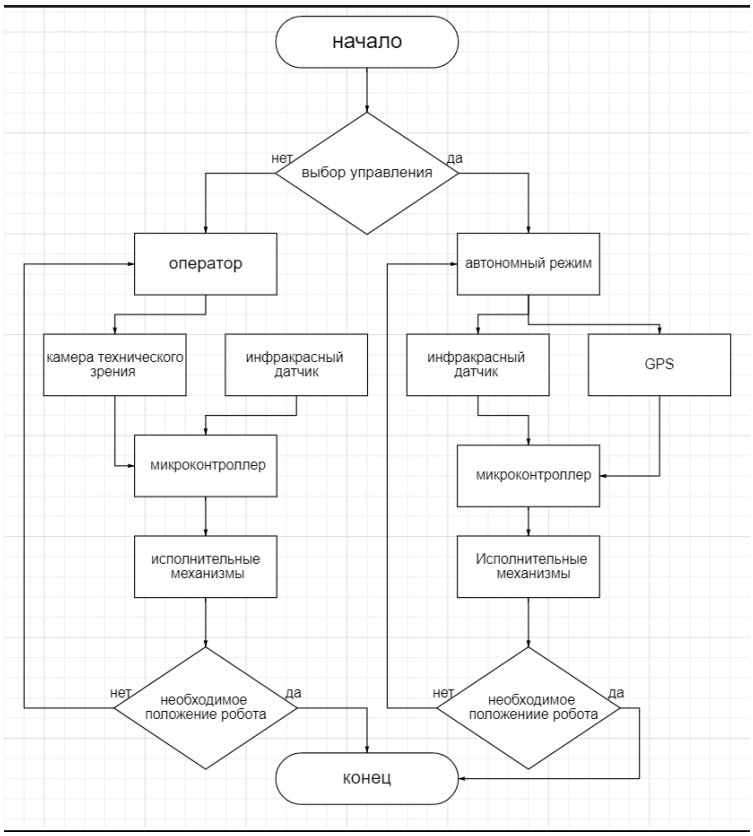


Рис.2. Блок-схема алгоритма управления антропоморфным роботом.

Электрическая схема разведена в Proteus с применением технологии ЛУТ для изготовления печатных плат. Проведены расчеты потребляемого тока (1382 мА с запасом 25%) и прочностные расчеты элементов конструкции.

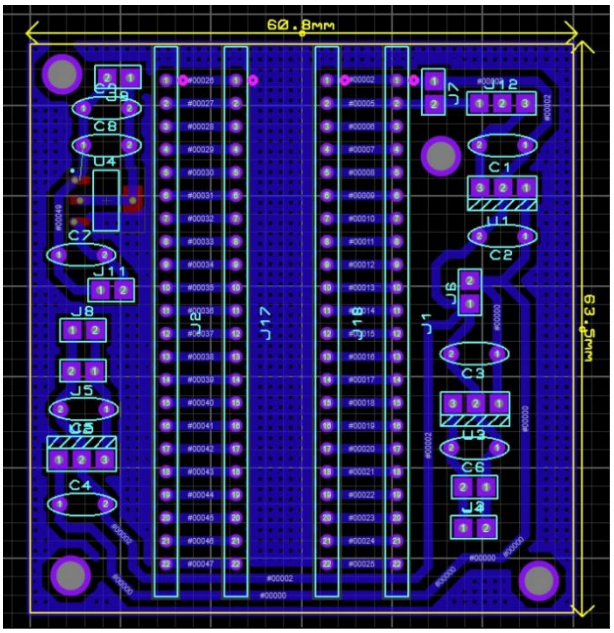


Рис.3. Внешний вид печатной платы.

В перспективе планируется интеграция компьютерного зрения для автономной навигации. Проект демонстрирует комплексный подход к созданию антропоморфного робота - от теоретических расчетов (кинематика, моменты сил) до практической реализации (3D-печать, схемотехника, программирование).

Литература

1. robotics.ua [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://robotics.ua/ru/spasaia-nashy-zhyzny.-roboty-spasately-v-pomoshch-liudiam/
2. researchgate.net [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/figure/Sharp-2Y0A21-distance-IR-sensor-17-The-Sharp-IR-Range-sensor-is-the-most-powerful_fig2_328981095
3. Управление в технических системах. Под редакцией В.И. Харитонова. – М.: Форум, 2010.
4. Дж. Фрайден. Мир электроники. Современные датчики. Справочник. Техносфера. Москва, 2006.
5. Мясников В.И. Микропроцессорные системы. Учебное пособие, Йошкар-Ола, 2005.
6. Меша К.И., Семенихин Г.И., Харитонов В.И. Информационное обеспечение систем управления. Учебное пособие. Москва, 2012.
7. Герберт Шилдт – C#. Полное руководство. Вильямс, 2011.
8. Герберт Шилдт. Самоучитель C++. СПб.: БХВ-Петербург, 2009.
9. Уилли Соммер. Программирование микроконтроллерных плат Arduino. БХВ, 2012
10. Mentamore [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа:
https://mentamore.com/robototexnika/promyshlennyjrobotmanipulyator.
11. Юревич Е.И. Основы робототехники: учеб. пособие – 3-е издание, перераб. и доп. / Е.И. Юревич – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 368 с.
12. Тридиай [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://3d-diy.ru/wiki/3d-printery/raznovidnosti-plastikov-3D-pechati/.
13. arduino [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://www. arduino.cc/en/Main/ReleaseNotes Дата обращения: 30.08.2024.
14. github [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа:https://github.com/arduino/arduino-ide/releases/tag/2.3.1

УДК 004.9

ХОДОВАЯ ЧАСТЬ АНТРОПОМОРФНОГО РОБОТА

Огиевич Г.А.
Научные руководители – Прохорович С.С., ст. преподаватель, Очеретний А.М.

В данной научной работе представлен всесторонний математический анализ ходовой части антропоморфного робота, включающий глубокое исследование кинематических и динамических характеристик механической системы. Основное внимание уделено решению обратной задачи кинематики. Обратная задача кинематики решена через систему трансцендентных уравнений с использованием тригонометрических преобразований. Получены аналитические выражения для углов Q_1 и Q_2 через координаты (x, y):

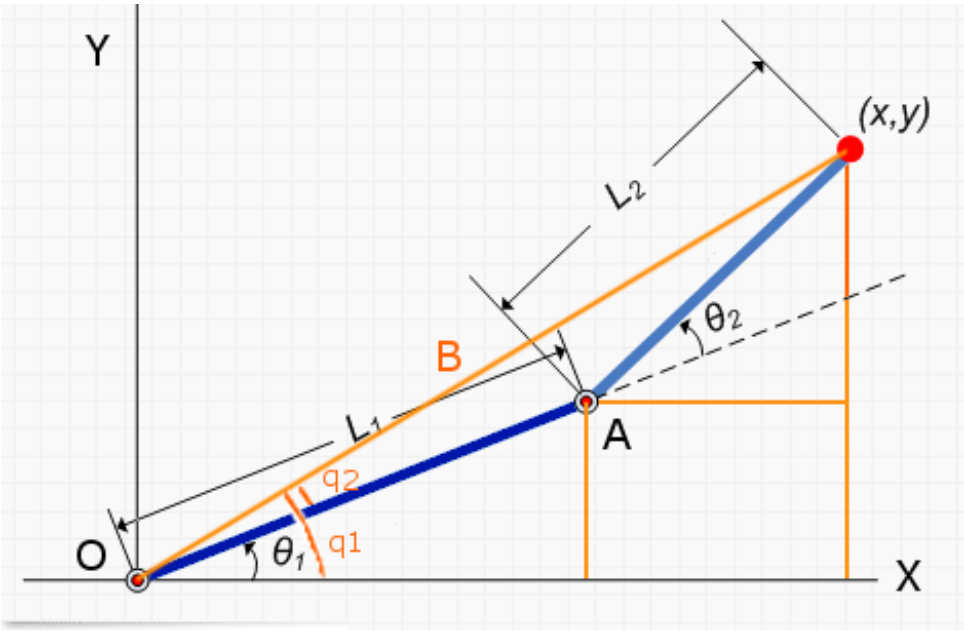


Рис.1. Решение обратной задачи кинематики.

$$Q_1 = \arccos\left(\frac{x}{B}\right) - \arccos\left(\frac{L_1^2 - L_2^2 - B^2}{2BL_1}\right)$$

$$Q_2 = 180° - \arccos\left(\frac{L_1^2 - L_2^2 - B^2}{2L_2L_1}\right)$$

Где $B = \sqrt{x^2 + y^2}$.

Динамический анализ включает расчет моментов сил во всех критических узлах конструкции. Для каждого сервопривода (1-2, 3, 4) выведены уравнения моментов с учетом:

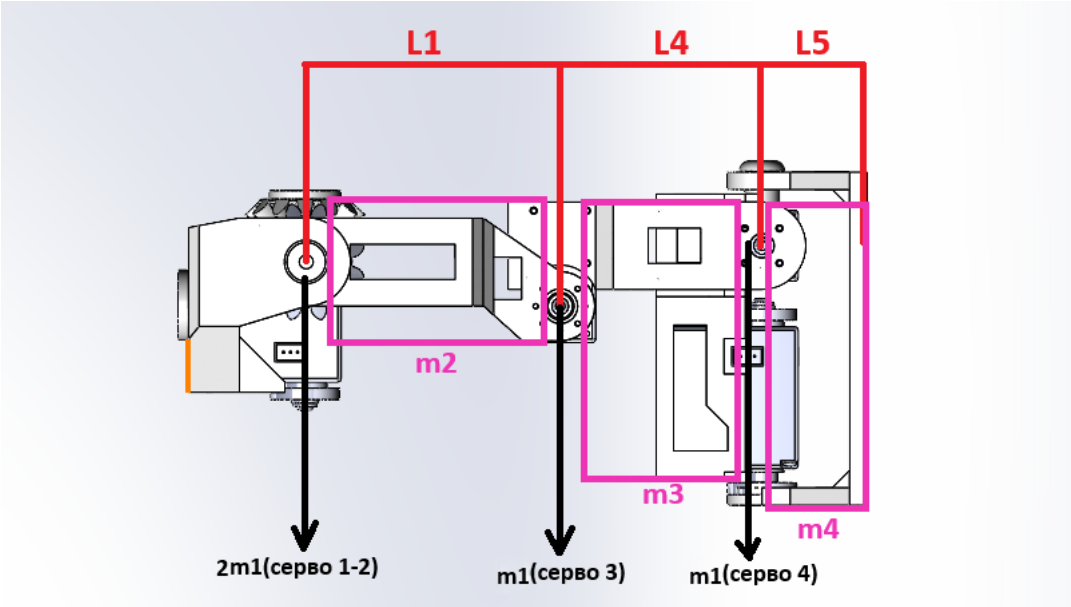


Рис.2. Схематичное изображение манипулятора ноги.

- Распределенных масс элементов (m_1 = 68.2 г, m_2 = 12.13 г и др.)
- Геометрических параметров рычагов (L_1 = 85.01 мм, L_4 = 55.16 мм и др.)

Например, момент для сервопривода 1-2:

$$M_{1-2} = \sum_{i=1}^{4}(m_i \cdot r_i) = 2.94 \frac{\text{кг}}{\text{см}}.$$

что составляет 95% от максимального допустимого момента (3.10 кг/см), подтверждая запас прочности.

Верификация модели проведена через сопоставление расчетных параметров с техническими характеристиками сервоприводов. Установлено, что все узлы работают в зоне 45-95% от максимальной нагрузки, что оптимизирует энергопотребление без потери надежности.

Результаты математического моделирования легли в основу 3D-проектирования, обеспечив:

- Минимизацию массы конструкции (490 гр на конечность)
- Точность позиционирования (±1° по углам)
- Плавность движения за счет оптимизации моментов инерции

Работа демонстрирует строгий инженерный подход, сочетающий теоретическую механику с практическими требованиями к антропоморфным системам.

Литература

1. robotics.ua [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://robotics.ua/ru/spasaia-nashy-zhyzny.-roboty-spasately-v-pomoshch-liudiam/
2. Управление в технических системах. Под редакцией В.И. Харитонова. – М.: Форум, 2010.
3. Меша К.И., Семенихин Г.И., Харитонов В.И. Информационное обеспечение систем управления. Учебное пособие. Москва, 2012.
4. Mentamore [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://mentamore.com/robototexnika/promyshlennyjrobotmanipulyator.
5. Юревич Е.И. Основы робототехники: учеб. пособие – 3-е издание, перераб. и доп. / Е.И. Юревич – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 368 с.
6. Тридиай [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://3d-diy.ru/wiki/3d-printery/raznovidnosti-plastikov-3D-pechati/.
7. github [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа:https://github.com/arduino/arduino-ide/releases/tag/2.3.1

УДК 681.51

THE ROLE OF CONTROL THEORY IN SPORTS AND DRONES

Ronald Munachimso Oonodugo
Scientific supervisor, Senior Lecturer: Mr. Zaryany V.p

Control theory, a cornerstone of engineering and applied mathematics, studies how systems can be directed using feedback to achieve desired outputs. Though it originated in fields like robotics and electrical engineering, its applications have since spread into diverse domains–including sports and aerial robotics like drones. This article explores how control theory shapes both the physical performance of athletes and the technological prowess of modern drones.

Understanding Control Theory

At its core, control theory revolves around managing dynamic systems using inputs, feedback, and control algorithms. The system receives an input, reacts to it, and produces an output. This output is measured and compared with a desired target (called the setpoint), and any difference (called the error) is used to adjust the input in a feedback loop.

This framework applies broadly–from thermostats regulating room temperature to self-balancing robots and precision-guided missiles. In both sports and drones,

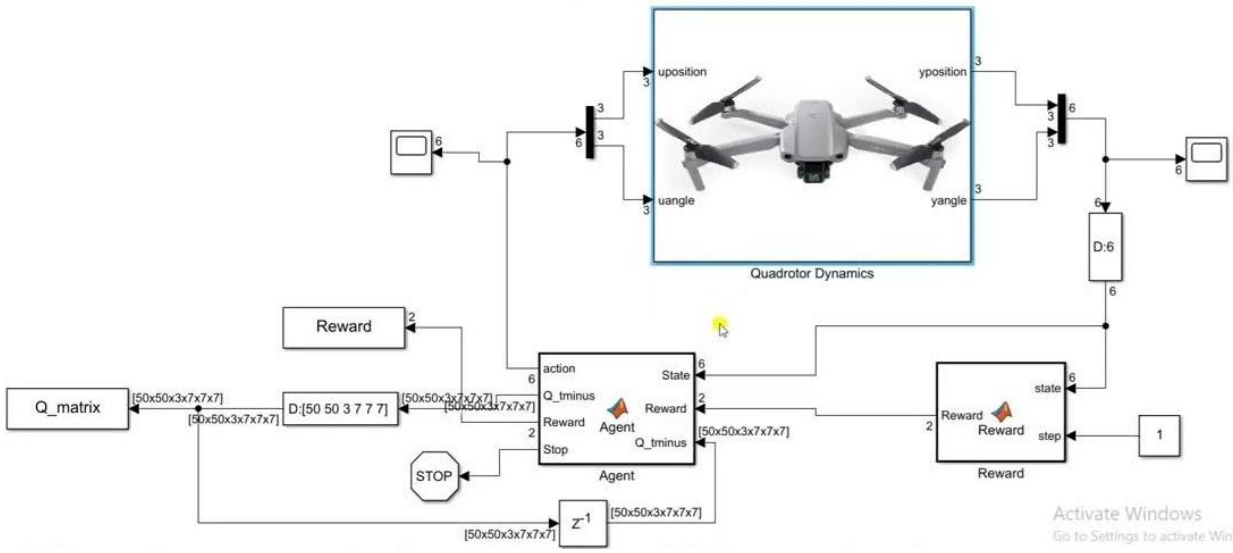
the key lies in using real-time data to make continuous adjustments that enhance performance.

Control Theory in Sports: The Human Body as a Control System

In sports, athletes function as complex biological control systems. Muscles act as actuators, joints function as mechanical linkages, and the brain operates as a control center, processing sensory inputs from eyes, ears, and proprioceptive systems to adjust movement on the fly.

1. Motor Control and Feedback

Athletes rely on both feedforward and feedback control. Feedforward control is used when a player swings a bat or kicks a ball based on prior experience and training. Feedback control kicks in when a tennis player adjusts their grip or stance after a shot based on ball trajectory or balance cues.



Modern sports science uses control theory to model these responses, particularly in rehabilitation, where wearable sensors monitor joint angles, force, and timing. Coaches and physiotherapists can assess how an athlete's control system adapts after injury or training.

2. Biofeedback and Neurocontrol

Technologies such as EMG (electromyography) and motion tracking provide data for real-time analysis. Athletes can use this biofeedback to improve performance–training their nervous system to optimize timing, precision, and muscle coordination.

Sports like gymnastics, skiing, and sprinting demand exquisite control over posture and force distribution. Control theory helps athletes refine these variables to produce efficient, repeatable motions.

Control Theory in Drones: Precision in the Sky

In drones, control theory governs flight dynamics, stability, and navigation. A drone is a classic example of a closed-loop system, where sensors and controllers continually adjust the motor outputs to maintain desired behavior.

1. Sensors and Actuators

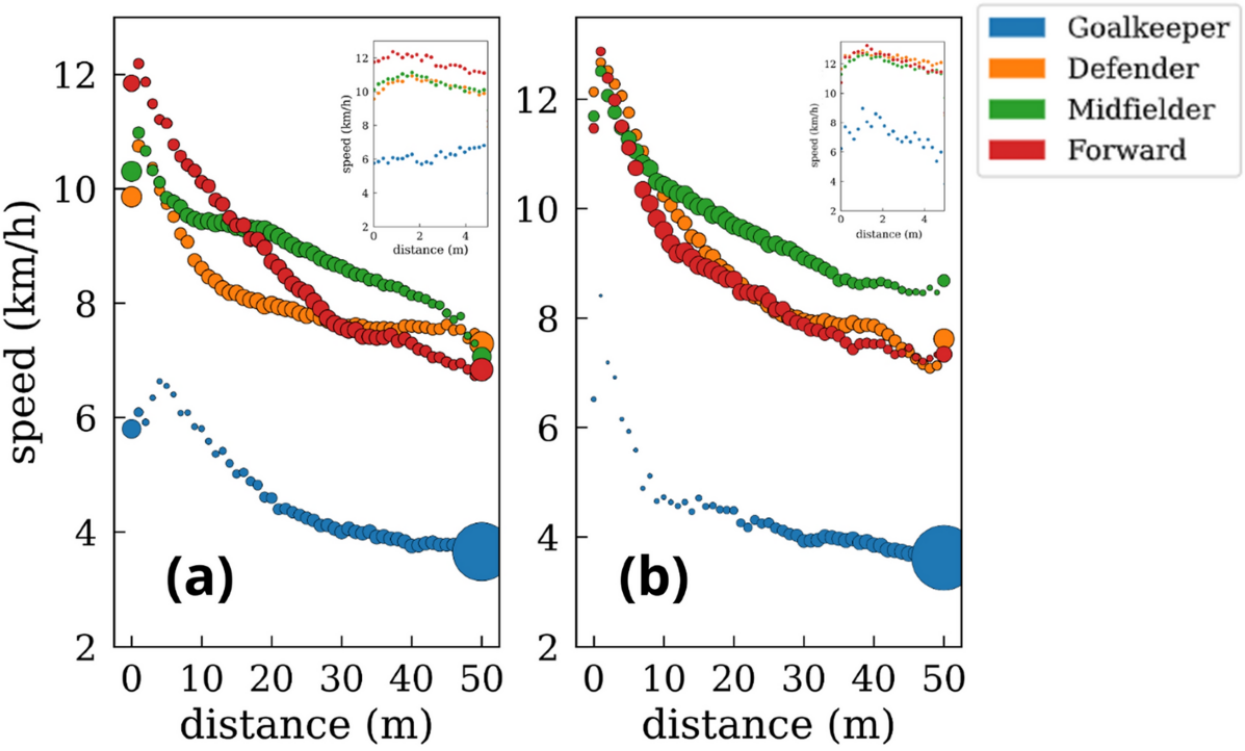
Drones are equipped with sensors such as GPS, inertial measurement units (IMUs), gyroscopes, and accelerometers. These sensors feed data into onboard microcontrollers, which calculate necessary corrections to the propeller speeds. This allows the drone to hover, rotate, climb, or descend with precision.

2. Stability and Navigation Control

Maintaining stable flight in a dynamic environment (wind, obstacles, user input) requires continuous control adjustments. Proportional-Integral-Derivative (PID) controllers are commonly used to manage pitch, roll, yaw, and altitude. More advanced drones may employ Model Predictive Control (MPC) or adaptive control algorithms to handle uncertainty and optimize energy use.

3. Autonomous Operations

As drones evolve, control theory plays a critical role in enabling autonomous flight–such as obstacle avoidance, formation flying, and payload delivery. For example, delivery drones need to balance route efficiency with safety, requiring sophisticated control loops that account for GPS drift, object tracking, and sudden wind gusts.



Bridging the Gap: Human and Machine Control

The synergy between sports and drone technology is particularly evident in drone racing or augmented reality training tools. Drone pilots, much like athletes,

rely on sharp reflexes and sensory-motor coordination. Here, the pilot is part of the control loop, adapting to real-time video feedback to adjust inputs via a controller.

Additionally, wearable exoskeletons and robotic training assistants–emerging technologies in both sports and rehabilitation–combine biological and mechanical control systems, creating a hybrid control ecosystem.

Control theory offers a powerful lens through which to analyze both the elegance of human movement and the precision of aerial robotics. Whether it's an athlete refining their jump shot or a drone adjusting its course mid-air, the same principles of feedback, adaptation, and optimization are at work. As technology continues to evolve, control theory will remain central to unlocking new frontiers in human performance and autonomous robotics.

References

1. Nonlinear Systems – Hassan K. Khalil (for PID, LQR, and MPC theory)
2. Small Unmanned Aircraft: Theory and Practice – Randal W. Beard, Timothy W. McLain (covers UAV dynamics & control)
3. Automatic Control of Aircraft and Missiles – John H. Blakelock (classical & modern control methods)
4. PID vs. LQR Control for Quadrotor Drones: A Comparative Study"– IEEE Transactions on Control Systems Technology (2021)
5. "Robust H∞ Control for Quadrotor Trajectory Tracking" – American Control Conference (ACC) (2019)
10. Real-Time Aerial Tracking of Athletes Using AI and Computer Vision" – Sports Engineering (2022)
14. "Wearable Sensors + Drones for Real-Time Biomechanical Feedback in Athletics" – IEEE Sensors Journal (2022)
16. MATLAB/Simulink for UAV Control Design – MathWorks UAV Toolbox
"Ethical and Safety Considerations in Sports Drones" – International Journal of Robotics Ethics (2021)

УДК 621.833

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ ЦИКЛОИДАЛЬНОГО РЕДУКТОРА

Паршев В.В., Гришков Т.А.
Научный руководитель – Холод П.В., ассистент кафедры

В сложных механических системах растёт интерес к нестандартным типам редукторов. Примером является циклоидальный редуктор –

механизм, в котором сочетаются простота кинематики и выдающиеся эксплуатационные характеристики. Однако дальнейшее совершенствование конструкции возможно за счёт внедрения новых форм взаимодействия между элементами передачи.

В данной работе рассматривается вариант циклоидального редуктора, в котором применяется шевронное зацепление – форма зубчатого сопряжения, позволяющая добиться более плавного и надёжного контакта между элементами. Это решение направлено на улучшение характеристик редуктора, в первую очередь для использования в сервоприводах, где крайне важны точность позиционирования, стабильность крутящего момента и минимизация люфта.

Классическая конструкция циклоидального редуктора основана на использовании эксцентрикового вращения, при котором циклоидальный диск совершает качательное движение относительно неподвижного венца, оснащённого штифтами или роликами. Это создаёт характерное перемещение, преобразующее высокочастотное вращение входного вала в медленное и мощное вращение выходного звена. Несмотря на высокую нагрузочную способность и компактность, такой редуктор в стандартном исполнении страдает от ограничений, связанных с точечным контактом, приводящему к локальному износу и вибрациям при работе под нагрузкой.

Применение шевронного зацепления в качестве контактной пары между циклоидальным элементом и неподвижным венцом позволяет перейти от точечного к линейному контакту. За счёт этого улучшаются динамические характеристики редуктора, снижается уровень шума и вибраций, увеличивается срок службы. Кроме того, конструкция с шевронным зацеплением в условиях обратной связи с датчиком положения позволяет достичь почти полного отсутствия люфта, что критично для точного позиционирования в сервосистемах.

Исходными данными для проектирования редуктора являются: a – ширина корпуса квадратной формы, h – толщина корпуса, U – передаточное отношение, m – модуль зуба, β - угол наклона зуба av – расстояние между отверстиями, $d_{ко}$ – диаметры корпусных отверстий. Исходные данные для расчёта показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для расчёта

Показатель	a, мм	h, мм	U	m, мм	β, °	av, мм	$d_{ко}$, мм
Значение	42	15	15	1	30	31	3.5

Изначально редуктор проектировался как классический циклоидальный редуктор. Результирующими параметрами расчёта являются: $Z_{вол}$ – число зубьев циклоидального диска, $z_{кор}$ – число зубьев коронного кольца, *e* –

эксцентриситет, d_o – диаметр окружности, образующей массив отверстий циклоидального диска, $d_{экс}$ – диаметр ведущего (эксцентрикового вала), $d_{дшо}$ диаметр окружности, вписанной в шестигранное отверстие эксцентрика, d_o – диаметры отверстий циклоидального диска, $d_{пр}$ – диаметры роликов выходного вала, $d_{вол}$ – максимальный диаметр циклоидального диска, $d_{кор}$ – минимальный диаметр коронного кольца, b – толщина циклоидального диска, $b_{пер}$ – толщина муфты и входного диска. Расчёты выполнены в MS Excel по формулам, приведённым в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчёта циклоидального редуктора

Параметр	Формула расчёта	Значение
Zвол	=[([(a - 4,4*m)/(2*m)]*2)/(U+1)]*U	30
$z_{кор}$	=$z_{вол}$/U*(U+1)	32
e, мм	=($z_{кор}$-$z_{вол}$)*m/2	1
d_o, мм	=$z_{вол}$*m*0,7	21
$d_{экс}$, мм	=$z_{вол}$*m*0,4	12
$d_{дшо}$, мм	=$d_{экс}$*0,6	7.2
d_o, мм	=$z_{вол}$*m*0,15	4.5
$d_{пр}$, мм	=$d_{отв}$-2*e	2.5
$d_{вол}$, мм	=($z_{кор}$+$z_{вол}$)/2*m - 0,2	30.7
$d_{кор}$, мм	=($z_{кор}$+$z_{вол}$)/2*m+0,2	31.3
b, мм	=[h/3]	5
$b_{пер}$, мм	=⌈ (h - 2*m)/2 - 0,1]	2.4

Примечание – [x] оператор взятия целого, ⌈x] округления вверх.
Чертёж редуктора с основными параметрами представлен на рисунке 1.

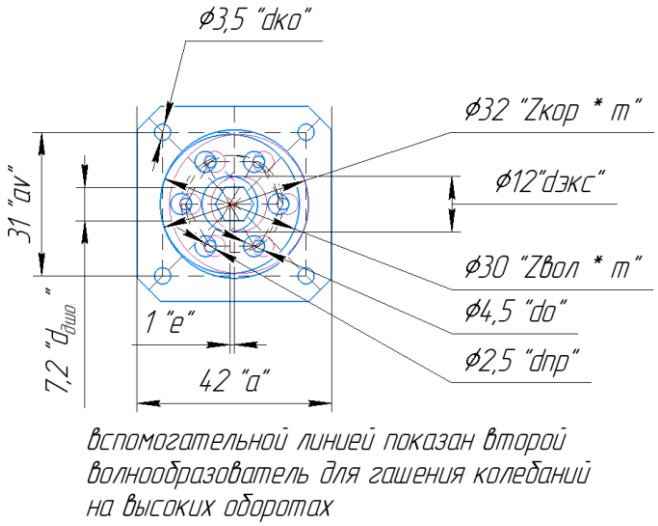


Рис.1. Чертёж редуктора.

Расчётные параметры редуктора представлены на рисунке 2.

Глобальные переменные			
"mt"	= 1	1.00	тангенсальный модуль
"alpha"	= 20	20.00	угол зацепления
"beta"	= 30	30.00	угол наклона
"mn"	= "mt" * cos ("beta")	0.87	нормальный модуль
"b"	= 5	5.00	толщина колеса
"Z"	= 30	30.00	число зубьев
"d"	= "mt" * "Z"	30.00	делительный диаметр
"da"	= "d" + "mn" * 2	31.73	диаметр вершин
"zv"	= "Z" / cos ("beta") ^ 3	46.19	эквивалентное число зубьев
"dv"	= "zv" * "mn"	40.00	эквивалентный делительный диаметр
"Dbv"	= "dv" * cos ("alpha")	37.59	эквивалентный касательный диаметр
"Dfv"	= "dv" - "mn" * 2.5	37.83	эквивалентный диаметр впадин зуба
"Sv"	= "dv" * pi / ("zv" * 2)	1.36	шаг зуба

Рис.2. Расчёты для шевронного зацепления.

Редуктор был смоделирован в CAD ПО SolidWorks 2023 и изготовлен при помощи 3D печати. Результаты моделирования и готовое изделие представлены на рисунке 3:

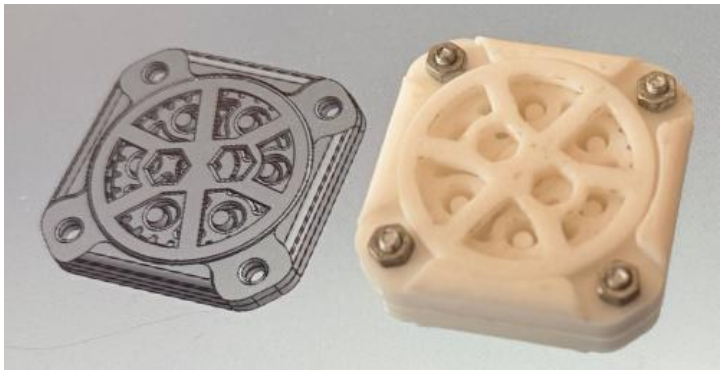


Рис.3. Модель редуктора в SolidWorks и готовое изделие.

Для сервоприводов, особенно в робототехнических и мехатронных приложениях, подобное решение представляет особую ценность. Высокая жёсткость и минимальный обратный ход обеспечивают точную реакцию на управляющее воздействие, без задержек и паразитных колебаний. Плавность хода, достигнутая благодаря шевронному зацеплению, повышает устойчивость системы к механическим колебаниям и улучшает качество работы алгоритмов управления. Наконец, способность такой передачи выдерживать резкие и непредсказуемые нагрузки делает её подходящей для использования в манипуляторах, приводах суставов и других критически нагруженных узлах.

Литература

1. Ма В. Проектирование цевочной передачи с модифицированным профилем зуба колеса: магистерская диссертация / Науч. рук. А. О. Бознак. – Томск: ТПУ, 2021.
2. Хоу Ч. Проектирование редуктора на базе циклоидальной передачи с двойным зацеплением: магистерская диссертация / Науч. рук. Ю. Б. Червач. – Томск: ТПУ, 2020.

УДК 621.833

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ КООРДИНАТ ПОЛОЖЕНИЯ КОНЕЧНОЙ ТОЧКИ МАНИПУЛЯТОРА В УГЛЫ ПОВОРОТА ЗВЕНЬЕВ

Паршев В.В., Шевченко А.В.
Научный руководитель – Матрунчик Ю.Н., ст. преподаватель

Манипулятор представляет собой многозвенный механизм с захватным устройством на конце, который имитирует движения руки человека. Конструктивно манипулятор, как правило, состоит из захватного устройства (рабочего органа), исполнительного механизма и привода. Захватное устройство – конечный узел манипулятора, обеспечивает захватывание и удержание в определённом положении объекта манипулирования. Исполнительный механизм представляет собой совокупность подвижно соединённых звеньев для перемещения объекта манипулирования. Шарнирно-рычажные и телескопические сочленения звеньев обеспечивают рабочему органу манипулятора различные степени подвижности (например, линейные и угловые перемещения, вращения, захват и удержание).

В данной работе рассматривается проектирование трёхзвеньевого манипулятора. Основными данными для расчёта являются длины всех звеньев манипулятора (l1, l2, h) и угол «Alpha». Основной целью расчёта является преобразование конечной точки манипулятора для в углы поворота звеньев (a1, a2, a3 и a4). Схема манипулятора представлена на рисунке 1.

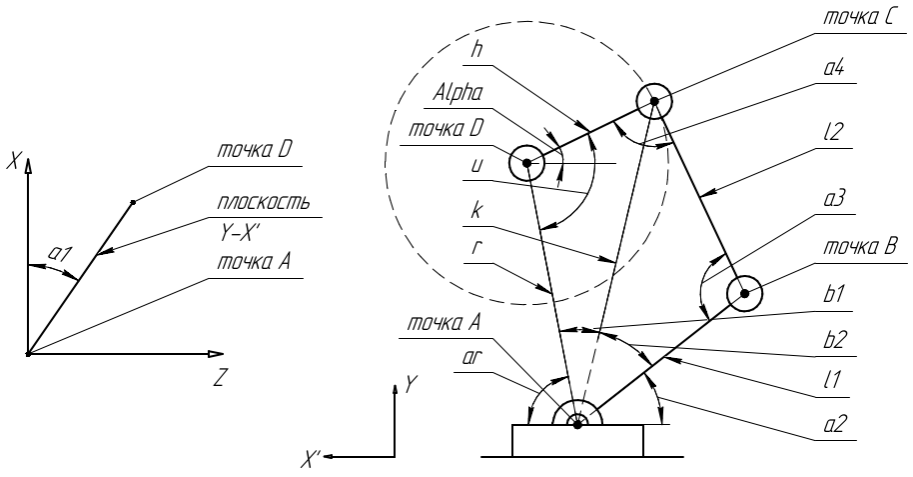


Рис.1. Схема манипулятора.

Примечание: точка *A* имеет координаты (0,0,0), точка *D* – координата (*X*, *Y*, *Z*). Далее по тексту точки *A*, *B*, *C*, *D* будут писаться без приписки «точка».

Для расчёта углов поворота звеньев зададим значения переменным *X*, *Y*, *Z*, *Alpha* равными 70, 80, 120, 30, а постоянные задающие параметры *l1*, *l2*, *h* – 110, 100, 50. Расчётные формулы для манипулятора представлены в таблице 1. Полученные данные отобразим на кинематической модели, нарисованной в программе SolidWorks (рисунок 2).

Таблица1 – Расчётные формулы манипулятора и итоговые значения

Параметр	**Расчётная формула**	**Значение**
«X»	-	70
«Y»	-	80
«Z»	-	120
«Alpha»	-	30
«l1»	-	110
«l2»	-	100
«h»	-	50
«a1»	atn(«Z»/«X»)	59,74
«X1»	X/cos(a1)	138,92
«r»	sqr(«X1»^{2} + «Y»^{2})	160,31
«ar»	atn(«Y»/ «X1»)	29,94
«u»	«ar» + «Alpha»	59,94
«k»	sqr(«r»^{2} + «h»^{2} - 2×«r»×«h» cos(«u»))	142,02
«a3»	arccos ((«l1»^{2} + «l2»^{2} - «k»^{2})/(2×«l1»×«l2»))	84,96

«b1»	arccos ((«r»^{2} + «k»^{2} - «h»^{2})/(2×«r»×«k»))	17,74
«b2»	arccos ((«k»^{2} + «l1»^{2} - «2»^{2})/(2×«k»×«l1»))	44,54
«a2»	180°-«ar»- «b1»- «b2»	87,78
«a4»	360°-«u»- «a3»- «b1»- «b2»	152,82

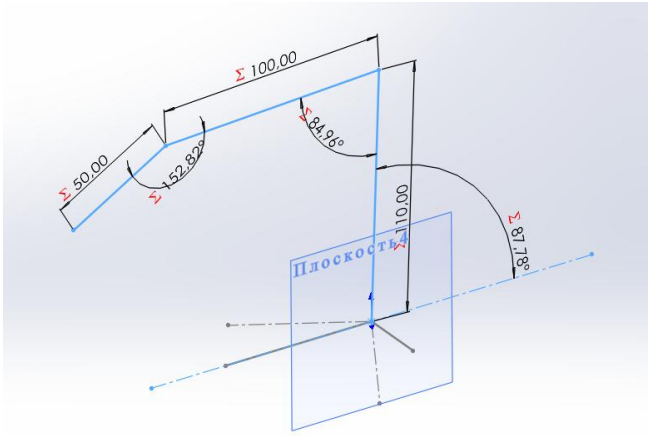


Рис.2. Построение и выставление размеров манипулятора.

В той же программе «SolidWorks» через функцию «Анализировать», далее «Измерить» смотрим расстояние между началом координат (*A*) и конечной точкой (*D*) (рисунок 3).

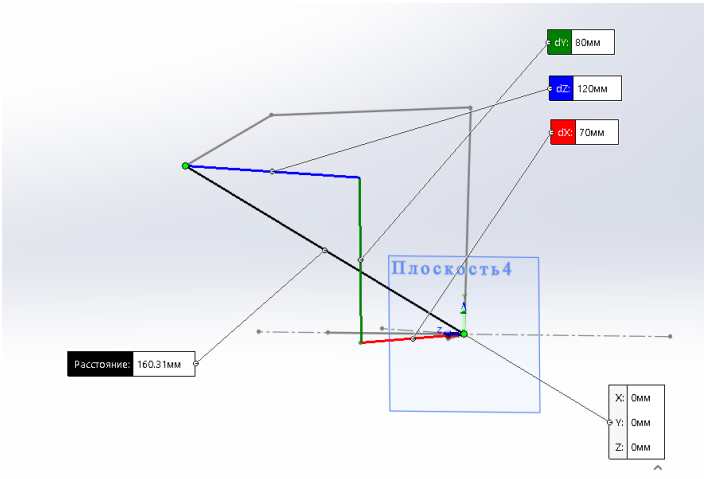


Рис.3. Измерение и проверка результатов.

Как можем видеть на рисунке 3 значения *X*, *Y*, *Z*, а также *«r»* совпали с измеренными данными из таблицы 1. Полученные значения *Alpha* и *«k»* также совпадают с измеренными (рисунок 4).

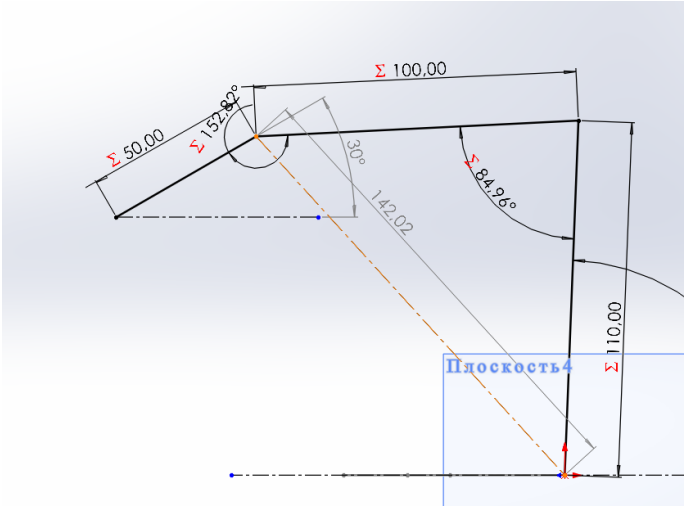


Рис.4. Второе измерение параметров.

Полученные в ходе работы уравнения позволят задавать нужные звеньям манипулятора углы, подавая на вход необходимые координаты и размерные параметры манипулятора, что делает возможным расчёт манипуляторов для всевозможных сфер использования.

Литература

1. Юревич Е.И. "Основы робототехники" – Санкт-Петербург, 2010г.
2. Джон Крейг "Введение в робототехнику: механика и управление" – 2013г.

УДК 621.383.6

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ НА ПЛАЗМЕННЫХ ПАНЕЛЯХ В УСЛОВИЯХ АГРЕССИВНЫХ СРЕД

Пшеничный М.Л., Малиновский Е.А.
Научный руководитель – Заярный В.П., заведующий лабораторией

Плазменные панели остаются ключевым элементом систем отображения в условиях, где требуется высокая надежность и устойчивость к внешним воздействиям. Однако их работа в средах с повышенной влажностью и химически агрессивными испарениями приводит к критическим проблемам, связанным с деградацией внутренних компонентов. Основные уязвимые элементы включают управляющие и сканирующие электроды, покрытие оксида магния, люминофорное покрытие ячеек и диэлектрические слои. Влага и химические пары провоцируют коррозию электродов,

разрушение защитного слоя оксида магния, а также выцветание люминофора, что проявляется в снижении яркости, появлении мертвых пикселей и нарушении однородности свечения. Например, в химической промышленности или на морских платформах конденсат и испарения могут проникать через микротрещины в переднем или заднем стекле, вызывая окисление проводящих элементов и деградацию диэлектриков. Схема общего строения плазменных панелей представлена на рисунке 1.

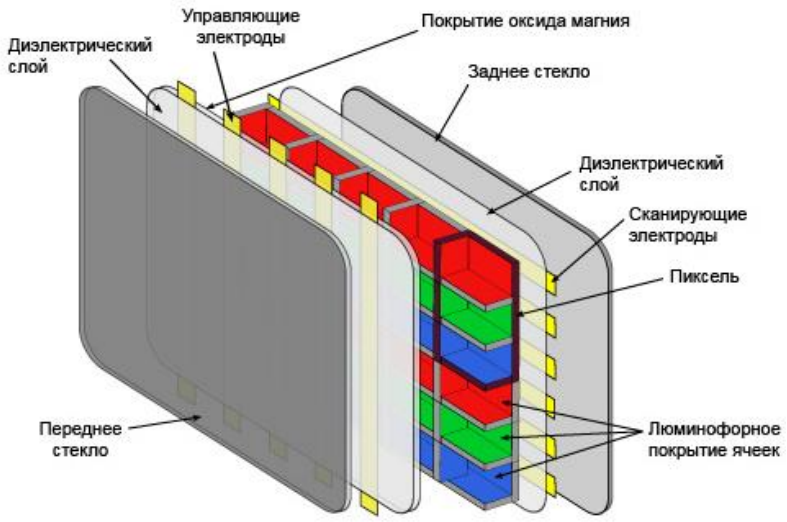


Рис.1. Система автоматического контроля Lynx EVO для микроэлектроники.

Современные инженерные решения позволяют эффективно бороться с деградацией плазменных панелей в условиях повышенной влажности и химических испарений. Одним из ключевых направлений является применение наноструктурированных защитных покрытий. Например, компании Panasonic и LG используют многослойные барьерные пленки на основе оксида алюминия (Al_2O_3) и диоксида кремния (SiO_2), которые наносятся методом атомно-слоевого осаждения (ALD). Такие покрытия снижают проницаемость влаги в 10 раз по сравнению с традиционными решениями, сохраняя прозрачность на уровне 95%.

Прорывным направлением стала герметизация панелей с использованием инертных газов (аргон, ксенон) и эпоксидных компаундов. Системы вроде Glass-to-Glass Sealing от Corning обеспечивают полную изоляцию внутренних компонентов, включая электроды и люминофорные ячейки, от внешней среды. Это особенно критично для морских и химических производств, где относительная влажность может достигать 98%.

Материаловедение играет ключевую роль в решении проблем коррозии. Для электродов вместо стандартного серебра применяются сплавы на основе итрия (Y) и палладия (Pd), устойчивые к окислению. Например,

технология NeoPlasma от Samsung использует легированные медью электроды, срок службы которых в агрессивных средах увеличен на 40%.

Алгоритмы адаптивного управления разрядом компенсируют влияние деградации компонентов. Системы на базе ИИ, такие как PlasmaAI Control от Sony, анализируют состояние каждого пикселя в реальном времени, регулируя напряжение и частоту разряда. Это минимизирует появление мертвых зон даже при частичном повреждении люминофора.

Ключевое значение имеет уравнение скорости коррозии электродов в зависимости от влажности (H) и концентрации химикатов (C):

$$R_{corr} = k \cdot e^{(\alpha H + \beta C)}$$

где R– скорость коррозии,

k, α, β – экспериментальные коэффициенты,

H – относительная влажность (%),

C – концентрация агрессивных веществ (ppm).

В промышленных условиях Республики Беларусь, где многие предприятия сталкиваются с повышенной влажностью и агрессивными средами (например, на производствах удобрений, нефтехимических заводах или в пищевой промышленности), особое внимание уделяется контролю состояния и защите плазменных панелей. Для мониторинга их работоспособности применяются передовые технологии, такие как многоспектральные камеры FLIR A655sc, которые позволяют выявлять участки с деградировавшим люминофором, и эллипсометры Horiba UVISEL, обеспечивающие прецизионный контроль толщины защитных покрытий с точностью до 0,1 нм.

Эти методы особенно востребованы на предприятиях, подобных ОАО «Гродно Азот» или ОАО «Мозырский НПЗ», где оборудование подвергается воздействию агрессивных химических веществ.

Для оперативного контроля состояния панелей в полевых условиях предлагаются портативные оптические сканеры, такие как Olympus IPLEX

G Lite, которые позволяют выявлять микротрещины в стекле и коррозию электродов без демонтажа оборудования. Это особенно удобно для обслуживания панелей на удаленных объектах, например, в энергетическом секторе или на транспортных узлах. Интеграция этих технологий в производственные процессы белорусских предприятий позволит создавать плазменные панели с сроком службы до 100 000 часов даже в экстремальных условиях. Учитывая опыт соседних стран и доступность современных материалов, такие решения могут быть адаптированы под нужды местной промышленности, обеспечивая надежность и долговечность оборудования.

Литература

1. Технологии защиты дисплеев в промышленных условиях: монография / В. К. Петров, С. И. Сидоров. – СПб.: Политехника, 2021.
2. Коррозионная стойкость материалов в агрессивных средах / под ред. А. П. Гуляева. – М.: Машиностроение, 2018.
2. Современные системы визуального контроля – технологии Индустрии 4.0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ostec-smart.ru/media/publications/smt/covremennye-sistemy-vizualnogo-kontrolya-tekhnologii-industrii-4-0/ – Дата доступа: 06.05.2025.

УДК 681.5

АВТОМАТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ КРИМПИРОВАНИЯ РЕНТГЕНОКОНТРАСТНЫХ МАРКЕРОВ В КАРКАСЫ НИТИНОЛОВЫХ САМОРАСШИРЯЮЩИХСЯ СТЕНТОВ

Розов Д.В.
Научный руководитель – Воюш Н.В., ст. преподаватель

Современная медицина предъявляет высокие требования к качеству изготавливаемых изделий. Особенно это актуально для устройств, используемых для лечения сердечно-сосудистых заболеваний, одним из которых является атеросклероз – хроническое состояние, при котором артериальные стенки утолщаются, в следствие чего образуются холестериновые бляшки. Это приводит к нарушению кровообращения, а в последствии – к инфаркту миокарда или инсульту. Наиболее частым способом лечения атеросклероза является стентирование – процедура, при которой в артерию вводится стент, что способствует ее расширению, улучшает кровоток и снижает риск повторного сужения сосудов.

Процедура имплантации проводится под рентгенотелевизионным контролем. Однако никелид титана, из которого изготавливаются саморасширяющиеся стенты, в таком случае плохо виден. Для решения данной проблемы на обоих его концах выполняются отверстия, в которые запрессовываются рентгеноконтрастные маркеры (рисунок 1) – шарики диаметром 0,5 мм, изготавливающиеся из рентгеноконтрастных материалов. Данные маркеры позволяют врачу контролировать положение стента во время процедуры имплантации, что напрямую влияет на безопасность пациента.

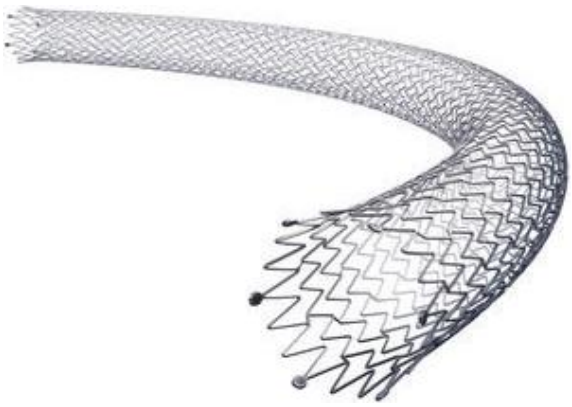


Рис.1. Нитиноловый саморасширяющийся медицинский стент с запрессованными в него рентгеноконтрастными маркерами.

Однако несмотря на значимость данного этапа, традиционные методы кримпирования маркеров являются трудоемкими, зависят от человеческого фактора и зачастую приводят к низкому качеству конечного изделия. Для решения данной проблемы разработана автоматическая установка, способная значительно повысить скорость производства и качество готовой продукции. Данная установка включает в себя механическую, электрическую и программную составляющие.

Конструкция установки состоит из основания, пресса, привода и двух зажимов. Для крепления стентов используется комплект цилиндрических стержней, на которые они надеваются за счет выполненной конусности. Данные стержни располагаются в двух зажимах и фиксируются в них. Зажимы состоят из двух призм с выполненными в них треугольными вырезами, которые стягиваются винтами. Таким образом, каждый стержень имеет по восемь точек контакта, а их фиксация и удаление из установки являются быстрыми и удобными.

Давит на маркеры пресс, представляющий собой металлическую призму, закрепленную на одной стороне тензодатчика, который является частью системы управления. Второй конец датчика крепится к кронштейну, создавая тем самым каретку, способную перемещаться по четырем направляющим за счет линейных подшипников.

Приводится в движение каретка шаговым электродвигателем за счет зубчато-реечной передачи. Данный тип электродвигателей используется за счет возможности удержания большого момента на валу на низких оборотах, а также точности поворота вала, что крайне важно для проектируемой системы. Зубчатая рейка крепится к каретке винтами, а шестерня – к валу электродвигателя штифтом. Данная конструкция является приводом установки, который способен обеспечить возможность как автоматического, так и ручного управления, что используется при настройке технологического процесса и устранении возможных неполадок.

«Мозгом» системы управления установки является микроконтроллер ATmega328 на базе платформы Arduino Uno. Данная платформа выбрана по причине ее универсальности, удобства в использовании и возможности быстрой перепрошивки. Задачи для нее представлены далее.

1. Управление шаговым электродвигателем.
2. Считывание и обработка информации, получаемой с тензодатчика.
3. Считывание и обработка информации, получаемой с элементов управления. Такими являются модуль роторного энкодера и две кнопки.
4. Вывод информации пользователю на символьный ЖК-дисплей и сигнальный светодиод.

В качестве программного обеспечения разработан интерфейс оператора, благодаря которому установка может работать в двух режимах: автоматическом и ручном.

В автоматическом режиме процесс кримпирования происходит после нажатия кнопки «Старт», в следствие чего пресс начинает опускаться вниз, пока к маркеру не будет приложено настроенное пользователем усилие. После этого каретка возвращается в начальное положение. Оператор через меню управления может изменять величину требуемого усилия и скорость процесса, а также контролировать усилие с тензодатчика в реальном времени.

Ручной режим реализован в основном для проведения экспериментов для более точной настройки установки под различные типы и материалы рентгеноконтрастных маркеров. В ручном режиме положением пресса можно будет управлять, поворачивая энкодер. На протяжении всего процесса на экране отображаются усилие с тензодатчика в реальном времени, а также максимальное зафиксированное им усилие.

Процесс кримпирования выглядит следующим образом: оператор надевает стент на стержень и крепит последний в установке. После этого располагает в отверстии маркер, в случае необходимости, настраивает нужные параметры, после чего нажимает кнопку «Старт», запуская тем самым процесс.

Таким образом, разработана автоматическая установка (рисунок 2), способная автоматизировать и оптимизировать процесс кримпирования рентгеноконтрастных маркеров в каркасы нитиноловых саморасширяющихся стентов. Данный проект способен внести существенный вклад в улучшение современных производственных процессов в медицине, увеличить выпуск готовой продукции и снизить процент брака. Также данная система является основой для дальнейших разработок в данной области.

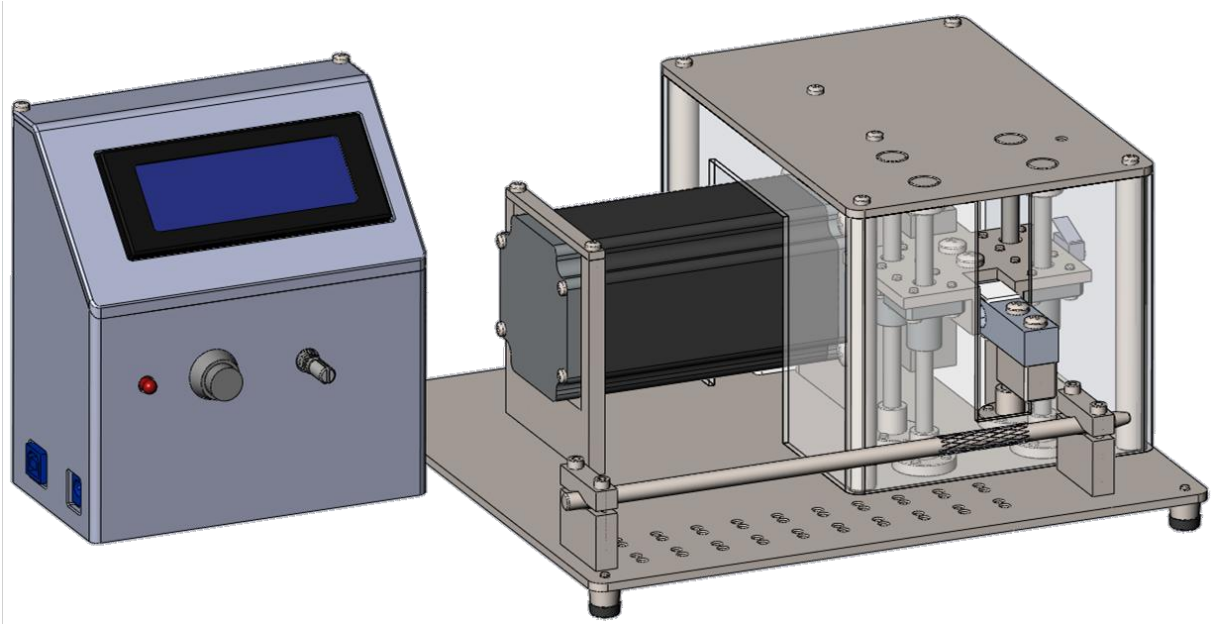


Рис.2. Конструкция автоматической установки.

УДК 621.311.1

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ ПОДСТАНЦИЙ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕСЕ SOFIT-SCADA-PLUS

И.В. Романовский, Ляшевич М.С.
Научные руководители – Гутич И.И., Воюш Н.В., ст. преподаватели

Современные энергетические системы ставят всё более высокие требования к надежности и безопасности управления объектами электроэнергетики для обеспечения эффективности и стабильности снабжения потребителей электроэнергией. Подстанции играют ключевую роль в поддержании этой стабильности. Особенно важно автоматизировать процессы управления и мониторинга группы подстанций при их территориально-удаленном размещении. Автоматизированная система управления группой подстанций представляет собой комплекс программных решений, предназначенных для мониторинга, анализа и управления работой сразу нескольких подстанций в единой энергосистеме. Важнейшими функциями данной системы являются централизованный сбор и обработка данных, управление состояниями коммутационных аппаратов, проведение и демонстрация измерений в реальном времени. Применение программного комплекса (ПК) “SofIT-SCADA-Plus”, Республика Беларусь, позволяет централизованно и эффективно управлять группой подстанций с минимальными рисками и затратами труда.

“SofIT-SCADA-Plus” – это современное решение для автоматизации оперативно-диспетчерского и эксплуатационно-технического управления на объектах электроэнергетики. Комплекс предназначен для работы в штатных режимах работы объекта, переходных моментах и в аварийных ситуациях. Может применяться в различных системах промышленной автоматизации, жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), диспетчерских службах и при учете используемых ресурсов. Программный комплекс обеспечивает достоверность и информативность данных о ходе технологических процессов и состоянии оборудования подстанций; сокращение ошибок оперативного персонала; адаптацию функциональных задач системы под конкретную подстанцию; возможность перенастройки и наращивания функциональных задач системы при реконструкции и расширении системы; отображение данных в форме таблиц, графиков и мнемосхем; выгрузку информации в виде ведомостей (отчетов) в необходимом формате; выдачу команд с проверкой состояния пользовательской логики оперативной блокировки. ПК “SofIT-SCADA-Plus” состоит из следующих программных модулей: программа «SofIT-SCADA-Plus Сервер»; «SofIT-SCADA-Plus АРМ»; «SofIT-SCADA-Plus Конфигуратор»; «SofIT-SCADA-Plus Редактор мнемосхем»; «SofIT-SCADA-Plus Просмотрщик осциллограмм» [1].

ПК “SofIT-SCADA-Plus” разработан с учетом стандартов СТБ ISO/IEC 27001-2016 и успешно прошел сертификационные испытания в соответствии с требованиями Технического регламента Республики Беларусь «Информационные технологии. Средства защиты информации. Информационная безопасность» (ТР 2013/027/BY). Программный комплекс успешно прошел тестирование на совместимость с операционной системой специального назначения Astra Linux Special Edition. Данная операционная система входит в перечень сертифицированных решений для использования на критически важных объектах с повышенными требованиями к безопасности и обеспечивает высокий уровень защиты от несанкционированного доступа, что особенно важно для систем управления в энергетике [2].

Разработчики “SofIT-SCADA-Plus”, осознанно делают ставку на использование отечественных защищённых решений. Совместимость с Astra Linux показывает, что программный продукт ориентирован на долгосрочную эксплуатацию в условиях современных требований к кибербезопасности, импортозамещению и технологической независимости. Это делает “SofIT-SCADA-Plus” особенно актуальным при построении автоматизированных систем управления на предприятиях, где важна стабильность и соответствие нормативным требованиям в области защиты информации.

Использование программного комплекса “SofIT-SCADA-Plus” для автоматизированного управления группой подстанций способствует улучшению надежности, скорости и безопасности управления. Благодаря обширным возможностям, модульной структуре и соответствию стандартам информационной безопасности этот комплекс представляет собой эффективное решение для внедрения современных систем управления в энергетике.

Таким образом, внедрение автоматизированной системы управления группой подстанций на основе ПК «SofIT-SCADA-Plus» полностью соответствует целям повышения производительности, снижения эксплуатационных расходов и обеспечения надежности электроснабжения в современных условиях.

Литература

1. Программный комплекс “SofIT-SCADA-Plus” [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://intechs.by/products/scadaplus
2. Astra Linux Special Edition [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://astralinux.ru/os/
3. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Объекты автоматизации в энергетике» для студентов специальности 6-05-0713-04 «Автоматизация технологических процессов и производств» профилизации «Автоматизация технологических процессов и производств в энергетике» / Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Робототехнические системы» ; сост. И. И. Гутич. – Минск : БНТУ, 2025.

УДК 004.9

РОБОТИЗИРОВАННАЯ МОБИЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ УЧАСТИЯ В КОНКУРСЕ «PROFSKILLS 2025»

Руселевич Д.Д.
Научный руководитель – Прохорович С.С., ст. преподаватель

Условия разработки: конкурсной задачей является транспортировка палет с различными грузами в соответствующие зоны выгрузки обозначенные QR кодом. Для выполнения данной задачи используется мобильная робототехническая установка, включающая в себя контроллеры, моторы, различные датчики и камеру.

В структуру установки входят следующие компоненты, изображенные на рисунке 1.

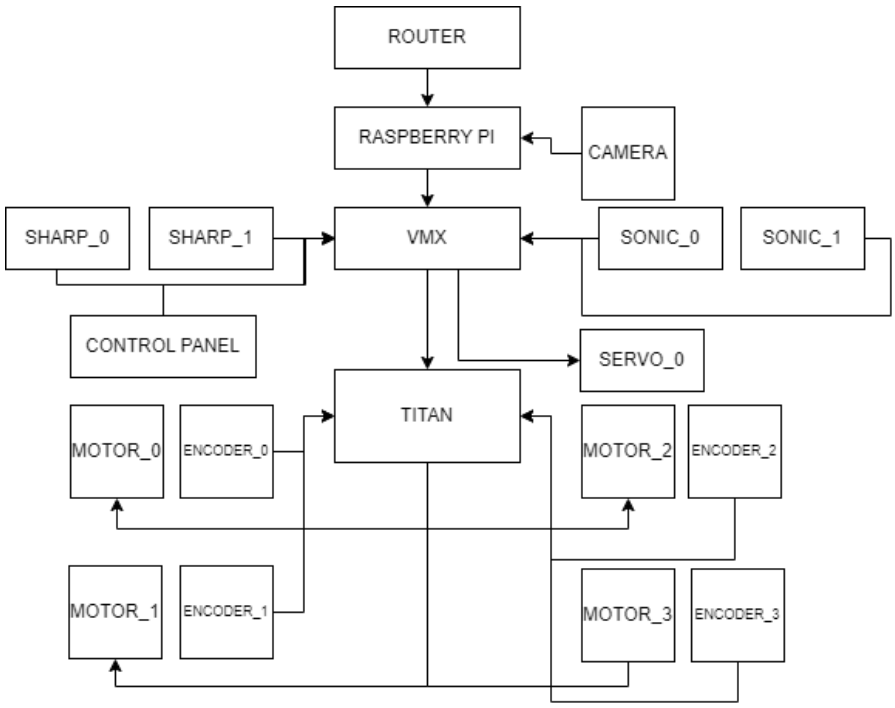


Рис.1. Структура установки.

Для осуществления связи с устройством используется отдельный установленный Router для раздачи Wi-Fi, при помощи которого и осуществляется передача данных. Router подключен напрямую к RASPBERRY PI при помощи Ethernet кабеля.

Где главным управляющим устройством установки является одноплатный компьютер RASPBERRY PI, выполняющий функции устройства высокого уровня, на котором происходят все вычисления и обработка данных, обработка видеопотока с видеокамеры, а также осуществляется связь с оператором.

Для осуществления машинного зрения установки используется камера Studica Camera, подключенная к RASPBERRY PI через HDMI интерфейс. Далее управляющим устройством низкого уровня является VMX. Данное устройства осуществляет опрос всех подключенных датчик и дополнительных устройств, к примеру датчик ультразвуковой дальномер HC-SR04, датчик дистанции инфракрасный Sharp GP2Y0A21YK0F и т.д. В роли датчиков дистанции используются: датчик ультразвуковой дальномер HC-SR04, а также датчик дистанции инфракрасный Sharp GP2Y0A21YK0F.

В качестве сервопривода используется Multi-Mode Smart Servo 75002 идущий в образовательном наборе Studica-Shanghai. Имеющий рабочий угол поворота в 300 градусов и скоростью вращения 50 об/мин.

Для управления моторами используются контроллер DC моторов TITAN-QUAD, подключение которого осуществляется по CAN шине (Controller

Area Network) к VMX. Данный контроллер обеспечивает возможность управления DC моторами, а именно скоростью и направлением вращения при помощи ШИМ (широтно-импульсной модуляции). Данный контроллер также имеет дополнительный контакты для установки концевиков, для управления моторами в определенном диапазоне поворота. Для безопасности на данном контроллере установлены предохранители для защиты от превышения тока на моторе.

Для индикации работы и осуществления минимального управления к VMX подключается CONTROL PANEL (панель управления). На которой установлены несколько светодиодов для индикации работы установки, тумблеры для отключения установки, а также кнопки управления устройством.

Для осуществления движения используются 4 мотора Studica Maverick DC Motor. Данные моторы рассчитаны на 12 вольт и имеют на себе энкодеры для отслеживания поворота моторов при вращении.

Интерфейсы соединения.

Для осуществления корректной работы установки используются следующие интерфейсы: USB, Ethernet, ШИМ, HDMI, CAN, UART, SPI, I2C. Интерфейс USB (Universal Serial Bus) представляет собой стандартный интерфейс для подключения периферийных устройств к компьютеру или другому устройству. В данной установке применяется для подключения RASPBERRY PI к Router для осуществления питания, а также для конфигурации стороннего устройства. Интерфейс Ethernet – это стандартный способ соединения устройств в локальной сети для обмена данными. Используется для передачи данных с Router на RASPBERRY PI или наоборот. Интерфейс ШИМ (Широтно-импульсная модуляция) используется для управления аналоговым сигналом с помощью цифрового устройства путем изменения ширины импульсов в выходном сигнале. Используется для контроля скорости поворота моторов Studica Maverick DC Motor, а также для управления сервопривода Multi-Mode Smart Servo 75002. Интерфейс HDMI (High-Definition Multimedia Interface) представляет собой стандартный цифровой интерфейс, используемый для передачи видео- и аудиосигналов высокой четкости между устройствами. Используется для передачи видеопотока с камеры на RASPBERRY PI. Интерфейс CAN (Controller Area Network) представляет собой стандарт для надежной передачи данных между устройствами в автомобилях, промышленных системах и других областях. Используется для подключения TITAN-QUAD к VMX. Интерфейс UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) является стандартным асинхронным последовательным интерфейсом, используемым для передачи данных между устройствами. Интерфейс SPI (Serial Peripheral Interface) – это синхронный последовательный интерфейс, используемый для обмена данными между микроконтроллерами,

сенсорами, периферийными устройствами и другими цифровыми устройствами. Интерфейс I2C (Inter-Integrated Circuit) – это последовательный двунаправленный мастер-раб интерфейс, используемый для подключения нескольких устройств к одной шине.

Литература

1. Kelly, A., Lynch, K. "Mobile Robotics: Mathematics, Models, and Methods." - Cambridge University Press, 2013
2. Холодов, Ю. "Мобильная робототехника: системный подход." - БХВ-Петербург, 2015
3. Кожевников, С. "Проектирование мобильных роботов." – БХВ-Петербург, 2018.
4. Григорьев, А., Чернов, П. "Сенсоры и датчики для мобильных роботов." – БХВ-Петербург 2016
5. Correll, N., et al. "Introduction to Autonomous Robots: Mechanics, Control, Perception." – CRC Press 2011
6. Liu, Y., Liu, Q. "Omni-Directional Mobile Robot: Design and Implementation." – Springer 2017
7. Nehmzow, U. "Mobile Robotics: A Practical Introduction." – CRC Press 2013
Corke, P. "Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MATLAB." – Springer 2017
8. Sobh, T., Xiong, X.. "Omni-Directional Mobile Robot: Development and Implementation." - CRC Press 2016
9. Fairchild, C., Harman, T. L. "ROS Robotics By Example." – Packt Publisher 2017

УДК 004.652.1

ИССЛЕДОВАНИЕ NOSQL БАЗ ДАННЫХ: ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ПО СРАВНЕНИЮ С РЕЛЯЦИОННЫМИ

Мельникова Е. А., Савченко И. С., Радюк Д. Д.
Научный руководитель – Воюш Н. В., ст. преподаватель

Реляционные БД – это базы данных структурированного типа, основанные на связанных в общую схему таблицах. Каждая таблица имеет столбцы, отражающие атрибуты некоторой сущности, и строки, которые описывают конкретный экземпляр этой сущности.

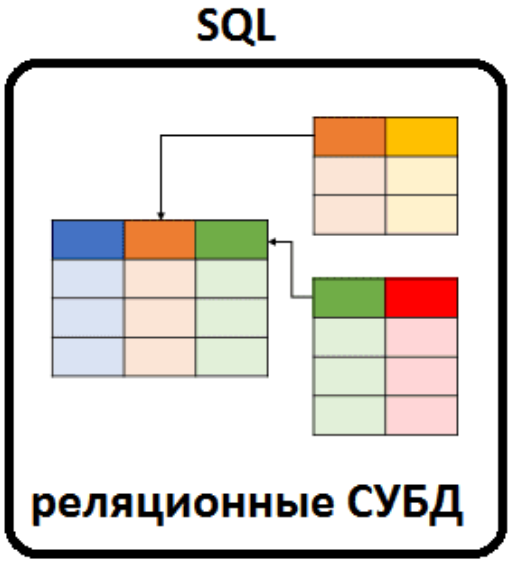


Рис.1. Структура реляционной базы (URL: https://bigdataschool.ru/wp-content/uploads/2019/12/%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%BB_2.png).

Обработка данных происходит при помощи языка структурированных запросов SQL (Structured Query Language).

NoSQL базы (Not only SQL), вопреки заблуждениям, могут работать с объемами как неструктурированных (JSON, логи, тексты), так и полуструктурированных данных (временные ряды, графы, XML). Существует три основных вида NoSQL:

- Документые БД – структура данных удобна для разработчиков, относительно быстрая запись информации, но в них сложно реализуются JOIN-запросы. Такие БД в основном применяются в каталогах различных товаров. Примером такого вида служит MongoDB;
- Ключ-значение – высокая скорость доступа, однако не предусмотрены сложные запросы. Нашли своё применение в кэшировании данных и корзинах покупок. БД Redis является наиболее известным представителем этого вида;
- Графовые – база оптимизирована для работы со связями, но неэффективна для работы с простыми данными. Социальная сеть LinkedIn использует этот вид для поиска связей третьего уровня.

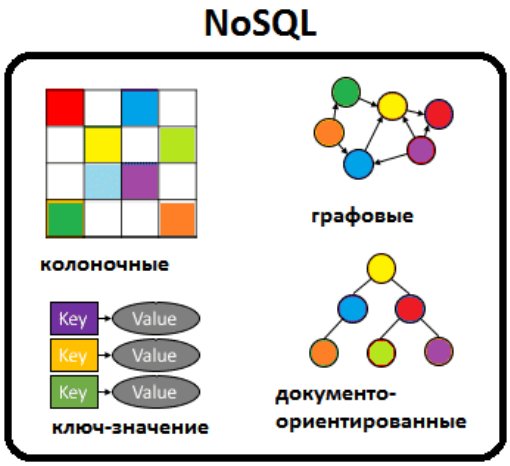


Рис.2. Виды NoSQL-систем (URL: https://bigdataschool.ru/wp-content/uploads/2019/12/%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%BB_2.png).

Появление NoSQL обусловлено ростом объемов обрабатываемой информации и необходимостью горизонтального масштабирования. Всем известная социальная сеть Facebook в день генерирует около 4 петабайт данных, с каждым днем все больше развиваются направления IoT-решений и Big Data. Также не стоит забывать про гибкость форматов, что заметно увеличивает область применения такого решения.

Многие согласятся с тем, что модернизировать один сервер дороже и сложнее, чем добавлять новые. Таким образом встал вопрос о горизонтальном масштабировании баз данных. Наиболее известными и применяемыми видами горизонтального масштабирования являются шардирование и репликация. Шардирование – это разделение данных между серверами. Репликация – это копирование информации на сервер-реплику, который, при необходимости, может стать основным.

Одним из примеров успешного внедрения NoSQL базы данных является Netflix. Они используют СУБД Cassandra для хранения и обработки информации о просмотрах. С такими нагрузками реляционная БД не справлялась.

Сравнивать SQL и NoSQL базы будем по ключевым параметрам: структура данных, масштабируемость и транзакции.

Структура данных в SQL жесткая и требует миграций. Миграции – это внесение изменений в структуру(схему) и данные самой базы. Создание, редактирование, удаление таблиц или столбцов и т.п. является примером миграций в SQL. В NoSQL базах структура наоборот гибкая, что позволяет хранить данные в произвольном формате.

В плане масштабируемости NoSQL проще и дешевле. Как и оговаривалось выше, горизонтальное масштабирование, то есть добавление новых серверов в кластер, экономически целесообразнее, чем вертикальное,

то есть модернизация существующего сервера. В качестве примера можно привести социальную сеть Instagram: здесь использовали PostgreSQL, но для шардирования пришлось переписывать всю логику, что заняло несколько месяцев и стоило компании немалых денег.

Транзакции в SQL – это логическая последовательность действий, выполненных в автоматическом режиме с помощью какой-либо программы или вручную. В SQL базах присутствует полная поддержка метода ACID (Atomicity, Consistency, Isolation, Durability), основанного главным образом на достоверности и целостности хранимой информации. NoSQL-системы построены на методе BASE(Basically Available, Soft state, Eventually consistent), строящемся на расширении и адаптивности систем.

Рис.3. Основные области применения SQL- и NoSQL-систем (URL: https://bigdataschool.ru/wp-content/uploads/2019/12/%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%BB_3.png).

Таким образом можно сделать следующие выводы: SQL базы являются отличным решением при работе с данными, имеющими строгую структуру, а также в тех случаях, где необходимы сложные запросы(агрегация данных, использование оконных функций и т.п.). NoSQL лучше всего использовать при работе с большими объемами информации и гибкими проектами, такими как социальные сети и стартапы.

Литература

1. Клеппманн, М. Высоконагруженные приложения. Программирование, масштабирование, поддержка – СПб.: Питер, 2020.
2. Садогурский, А. Базы данных: проектирование, использование, администрирование – М.: ДМК Пресс, 2019.

УДК 621.3-1/9

AUTOMATIC VISION SYSTEMS IN ROBOTICS: A COMPREHENSIVE STUDY

Sajjad Ahmed M.R.
Scientific adviser - Zayarny V.P., Senior Lecturer

Vision systems in robotics represent a significant leap in the evolution of automated machines. By mimicking human sight, robots equipped with these systems can perform complex, dynamic tasks that were previously impossible with traditional programming alone. Automatic vision systems leverage advances in optics, electronics, and artificial intelligence to empower machines with visual perception and intelligent decision-making. This article presents a comprehensive exploration of such systems, detailing their technical components, enabling technologies, industrial and academic applications, advantages, limitations, and future prospects, including a case study that exemplifies their real-world impact.

Robots have transformed from basic mechanical devices into sophisticated, intelligent systems capable of performing a variety of tasks across diverse environments. A crucial enabler of this transformation is the integration of automatic vision systems. These systems provide robots with the capacity to observe, analyse, and respond to visual cues from their surroundings functions essential for autonomy in unstructured environments. Unlike traditional automation that depends solely on repetitive, pre-defined movements, vision-guided robots can adapt to object position changes, recognize defects, navigate obstacles, and even interact with humans. As such, vision systems are not just enhancements; they are foundational to the advancement of robotics in the age of Industry 4.0 and AI-driven automation.

Image sensors, typically either CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) or CCD (Charge-Coupled Device), convert optical images into digital signals. The frame grabber interfaces with the processor to transfer this digital data, often in real-time. The processing unit, which may range from industrial PCs to embedded vision processors, runs sophisticated algorithms that interpret the visual input. Finally, vision software incorporates tools for edge detection, contour matching, pattern recognition, bar code reading, and defect analysis. AI and deep learning modules can also be integrated to enhance adaptability and classification accuracy.

Automatic vision systems in robotics are supported by a blend of traditional and cutting-edge technologies. Machine vision primarily focuses on rule-based image processing. It is ideal for structured environments such as production lines, where consistent lighting and object positioning are ensured. It typically includes morphological operations, histogram analysis, and thresholding.

Computer vision extends this capability by incorporating geometric analysis and mathematical modelling. This enables robots to identify object features such as corners, edges, and textures and understand spatial relationships within a scene. Algorithms like SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) and SURF (Speeded-Up Robust Features) allow for robust feature extraction, even under varying lighting and scale conditions.

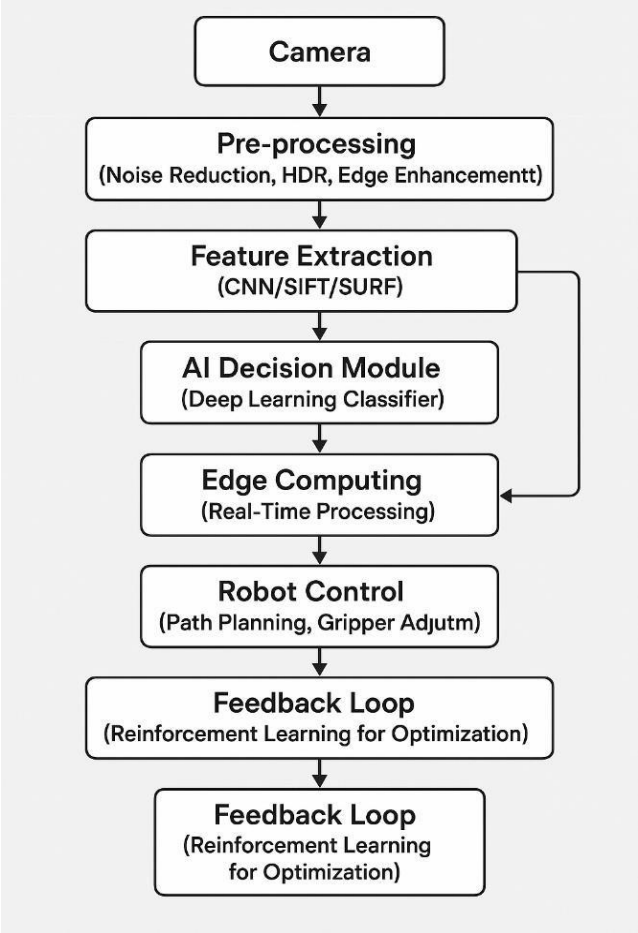


Fig.1. Block diagram of the vision system.

Artificial Intelligence (AI) particularly deep learning has revolutionized robotic vision by enabling systems to learn from data rather than rely solely on rulebased programming. Convolutional Neural Networks (CNNs) are widely used for object classification, face detection, semantic segmentation, and anomaly detection. Unlike traditional vision systems that fail when encountering new object types, AIbased systems can generalize from training datasets and adapt to previously unseen situations.

3D vision technologies such as stereo vision, structured light, and LiDAR enable depth measurement, object localization, and scene reconstruction. These are essential for navigation, obstacle avoidance, and precise robotic manipulation in three-dimensional space.

Vision systems are integral to a multitude of robotic applications. In manufacturing, they are used for robotic arms to guide pick-and-place operations, inspect welds, check assembly accuracy, and sort defective components. In logistics and warehousing, autonomous mobile robots (AMRs) utilize vision systems to identify packages, read labels, and navigate complex warehouse layouts, enabling flexible and scalable supply chains.

system involves computer vision, AI decision-making, edge computing, robot control, and reinforcement learning. The following equations represent key processes at each stage:

Pre-processing:

For noise reduction and edge enhancement:

Gaussian Filter (for Noise Reduction):

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

Laplacian of Gaussian (for Edge Detection):

$$\nabla^2 G(x,y) = \frac{\partial^2 G}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 G}{\partial y^2}$$

Feature Extraction

Convolution Operation in CNN:

$$(I * K)(x,y) = \sum_m \sum_n I(m,n) \cdot \mathrm{K}(x-m, y-n)$$

Where I is the image, and K is the kernel. 3D Reconstruction (Stereo Vision):

Depth Estimation from Stereo:

$$z = \frac{f \cdot \mathrm{B}}{d}$$

Where:

Z = depth, f = focal length, B = baseline between cameras, d = disparity between corresponding points.

AI Decision Module (Classifier):

Softmax for Final Layer Classification:

$$Softmax(z_i) = \frac{e^{z_i}}{\sum_{j=1}^{K} e^{z_j}}$$

Cross-Entropy Loss for Training:

$$L = -\sum_{i=1}^{K} y_i \log(y_i)$$

References

1. Davies, E. R. Machine Vision: Theory, Algorithms, Practicalities. 4th ed. Amsterdam, Elsevier, 2023. 850 p.
2. Siciliano, B., Khatib, O. Springer Handbook of Robotics. 2nd ed. Berlin, Springer, 2023. 1600 p.
3. Gonzalez, R. C., Woods, R. E. Digital Image Processing for Machine Vision. 5th ed. Boston, Pearson, 2024. 920 p.

УДК 681.51

ELEVATOR CONTROL SYSTEM WITH GSM INTEGRATION

Hettiarachchige Ranush Sankalpa
Scientific supervisor, Senior Teacher, Zayarny V.P.

1.Introduction

Elevators are the lifelines of modern skyscrapers, yet traditional systems struggle with persistent gaps: during power failures, stranded passengers have no way to call for help; clunky elevator routing wastes energy with inefficient stops and starts; and maintenance often feels reactive rather than proactive. Our solution reimagines these everyday challenges by weaving GSM technology into the system's core, creating an always-connected cellular network for real-time emergency alerts and two-way communication even in outages. Paired with a self-learning AI algorithm that studies building traffic patterns to optimize elevator movement, the system cuts wait times and energy waste while giving technicians remote visibility for predictive maintenance. It's not just about smoother rides it's about transforming elevators into safer, smarter, and more sustainable partners in urban life.

2.System Design & Mathematical Modeling

2.1. Hardware Architecture

The system is made up of:

- Elevator movement is controlled by a microcontroller (STM32/Arduino) that processes sensor data.
- Emergency calls and remote diagnostics are made possible via the GSM Module (SIM800L/4G VoLTE Gateway).
- Proximity and Load Sensors: Determine passenger weight and floor locations for efficient dispatching.
- Regenerative braking energy is captured by the energy storage unit (supercapacitor).

2.2. Elevator Kinematics Model

The elevator's motion can be modeled using Newtonian mechanics:

$F = m \cdot a = m \cdot \frac{dv}{dt}$

The position at time t is given by:

$s(t) = s0 \quad + v0 \ t + \frac{1}{2} a t^2$

2.3 GSM Signal Processing Model

The GSM module transmits emergency signals via DTMF (Dual-Tone Multi-Frequency) tones. The signal strength S at distance d follows the log-distance path loss model:

$S(d) = S0 - 10 n log_{10}(\frac{d}{d_0}) + x_Q$

1.AI-Based Predictive Scheduling Algorithm

To optimize elevator dispatch, a Fuzzy Logic Controller (FLC) is implemented:

3.1. Input Variables

- Passenger Demand (D) – Detected via floor sensors.
- Energy Consumption (E) – Monitored via current sensors 8.
- Waiting Time (W) – Calculated per floor request.

3.2. Fuzzy Rules

Rule	**Condition**	**Action**
1	High D, Low E	Prioritize nearest elevator
2	Low D, High W	Combine requests for energy savings
3	Emergency Signal	Override scheduling for rescue

3.3. Performance Metrics

- 15% shorter wait times (in contrast to traditional systems)
- 20% energy savings through intelligent scheduling and regenerative braking

4. Implementation & Results

4.1. Prototype Testing

- 98% of GSM emergency calls are successful (tested using a 4G VoLTE gateway).
- Energy Recovery: 23.1% by storing in supercapacitors.

4.2. Comparison with Existing Systems

Feature	**Traditional ECS**	**Proposed GSM-ECS**
Emergency Communication	Landline-dependent	GSM-based (always active)
Energy Efficiency	Fixed scheduling	AI-optimized dispatching
Remote Diagnostics	Limited	Real-time cloud monitoring

This project presents a GSM-integrated elevator control system that enhances safety and efficiency through AI-driven scheduling and cellular-based emergency communication. Replacing landline dependency, the GSM module ensures reliable alerts during outages, while the fuzzy logic algorithm reduces wait times by 15% and energy use by 20% via regenerative braking. Prototype tests achieved 98% GSM signal success and 23% energy recovery. Future enhancements include 5G IoT integration for real-time analytics, blockchain security, and solar energy adoption for sustainability.

References

1. https://ict.co/products-solutions/our-integrations/elevator-systems/
2. https://www.intuz.com/blog/guide-iot-solutions-for-smart-elevator-management
3. https://www.mdpi.com/1996-1073/12/1/33
4. https://deltronlifts.co.uk/product/gsm-unit-sim/

УДК 004.056.5

РАЗРАБОТКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЁТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ПЕРСОНАЛЬНЫХ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Сапсай А.Ф.
Научный руководитель – Прохорович С.С. ст. преподаватель

В проекте была разработана система для отображения и анализа данных потребления электроэнергии на мобильных устройствах. Архитектура решения основана на клиент-серверной модели, где мобильное приложение на Xamarin.Forms взаимодействует с сервером, реализованным на Flask (Python). Система позволяет пользователю получать актуальную информацию о потреблении, а также просматривать агрегированные статистические данные в удобном интерфейсе.

Основная задача системы – визуализация параметров электрических счётчиков, таких как напряжение, активная и реактивная мощность, а также суточное, месячное и мгновенное потребление. Эти данные сначала загружаются в Excel-файл, который затем обрабатывается сервером Flask. Сервер извлекает необходимые значения, преобразует их в JSON-формат и передаёт мобильному клиенту по HTTP-запросу. На клиентской стороне пользователь выбирает диапазон дат, и в ответ получает таблицу значений, график изменения параметров и сводную статистику.

Также реализован экран с мгновенными показаниями, который позволяет оперативно получать текущие данные со счётчика.

Основной проблемой являлось отсутствие удобного способа мониторинга энергопотребления с мобильного устройства.

Структурная схема программы изображена на рисунке 1.

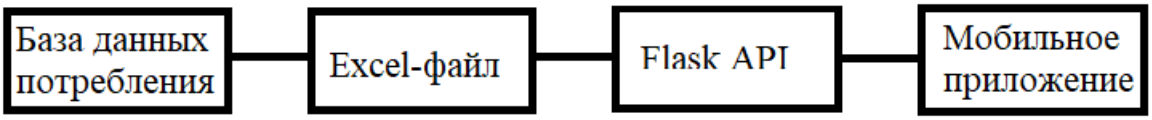


Рис.1 Структурная схема программы.

В качестве решения был разработан следующий программный комплекс:

Серверная часть (Flask API):

- Реализован REST API, обрабатывающий GET-запросы от мобильного приложения.
- Загружается Excel-файл с архивом показаний.
- Реализована логика фильтрации данных по диапазону дат.
- В ответ возвращаются: список записей, статистика (макс., мин., среднее, сумма), текущие мгновенные показания.

Мобильное приложение (Xamarin.Forms):

- Авторизация и регистрация пользователей.
- Пользователь выбирает начальную и конечную дату через DatePicker.
- Взаимодействие с сервером через HttpClient и собственный ApiService.

Главный экран с тремя вкладками:

1) Главная: таблица значений и график изменения параметров.
2) Информация: сводка по выбранному диапазону (максимум, минимум, среднее, сумма).
3) Мгновенные показания: отображение текущих данных.

Литература

1. Учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Автоматизированные системы контроля и учета энергопотребления» для студентов специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств» [Электронный ресурс] / Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Робототехнические системы" ; сост. И. И. Гутич. – Минск : БНТУ, 2021.

2. Григорьев В. В. Информационные технологии в энергетике. – М.: Энергоатомиздат, 2021.

3. Microsoft Docs. Xamarin.Forms documentation – https://learn.microsoft.com

4. Ковальчук С. А. Проектирование пользовательских интерфейсов. – Минск: БГУИР, 2020.
5. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Объекты автоматизации в энергетике» для студентов специальности 6-05-0713-04 «Автоматизация технологических процессов и производств» профилизации «Автоматизация технологических процессов и производств в энергетике» / Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Робототехнические системы» ; сост. И. И. Гутич. – Минск : БНТУ, 2025.

УДК 681.5

ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА И ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ДЕЛЬТА-РОБОТА, РАЗРАБОТАННОГО С ЦЕЛЬЮ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ

Слизавский М.О., Вороник Л.Ч.
Научный руководитель – Матрунчик Ю.Н., ст. преподаватель, Марченко И.С.

Дельта-роботы применяются в сферах, где критически важны быстрота выполнения операций и точность позиционирования. Основной областью их применения является автоматизация задач захвата, перемещения и укладки объектов с малой массой. За счет своей высокой скорости и малой инерции дельта-роботы превосходят распространённые промышленные манипуляторы и являются предпочтительным выбором для комплектации производственных линий с большим объёмом повторяющихся операций.

Использование собственного дельта-робота в процессе обучения студентов позволит им научиться расчетам, проектированию, сборке и программированию роботов с параллельной кинематикой, что является сложными инженерными задачами [1]. Основными преимуществами разработанного дельта-робота является возможность адаптации его конструкции и программы управления под различные учебные цели, имитирующие настоящее производство. Для достижения описанного результата необходимо использование аппаратной части дельта-робота доступной по стоимости и легкой в освоении.

Конструкция дельта-робота состоит из верхней неподвижной платформы, на которой строго под 120° располагаются электроприводы. Каждый электродвигатель перемещает верхнее звено. Верхние и нижние звенья соединены с помощью сферического шарнира. Нижние звенья и нижняя платформа (фланец робота, к которому крепятся исполнительные

механизмы) также соединены с помощью сферических шарниров. Такая конструкция обеспечивает три степени свободы вдоль осей X, Y и Z [2].

При моделировании деталей необходимо предусмотреть их точную симметричность и наименьший вес. Так, например звенья, нельзя проектировать большими и тяжелыми, так как это создаст лишнюю инерцию, которая уменьшит точность позиционирования. Также для деталей требуется подобрать легкие, но прочные материалы для изготовления. Наилучшим выбором является изготовление из алюминия и пластика. Предусмотрев эти факторы, нагрузка на приводы будет снижена, а конструкция будет достаточно легкой и жесткой. После моделирования необходимо подготовить конструкторскую документацию для дальнейшего изготовления.

С практической точки зрения проект подтвердил возможность сборки дельта-робота из доступных компонентов. Механическая часть была собрана из алюминиевых профилей и деталей, изготовленных методом 3D-печати.

Расчет электродвигателя производится с учетом максимальной его нагрузки при горизонтальном положении верхнего и нижнего звеньев. Расчет и выбор редуктора происходит с учетом необходимости наименьших люфта, габаритов и сложности производства. Так в результате расчетов и подбора выгодно применение электродвигателя модели NEMA 17 и волнового редуктора с телами качения с передаточным отношением 1:7 [3].

В качестве управляющего устройства используется плата Arduino Mega 2560 с микроконтроллером Atmega2560, обладающая широкими возможностями подключения периферии. На плату Arduino установлена плата расширения RAMPS 1.4, обеспечивающая интерфейс подключения других компонентов и позволяющая дальнейшую модификацию системы [4].

Для управления шаговыми двигателями выбраны драйвера A4988 и концевые выключатели, подключенные к плате расширения. Концевые включатели ограничивают рабочую зону робота, обеспечивая безопасность работы и точку отсчета для калибровки движения.

В прошивке дельта-робота реализована логика обработки G-кода. Координаты преобразуются в углы поворота приводов с применением методов обратной кинематики. Геометрия робота, приём команд, расчёт движения и управления шаговыми моторами оформлены в виде отдельных блоков. Данное решение позволяет дальше расширять систему.

Был разработан пользовательский интерфейс на языке Python. Данный интерфейс предназначен для формирования и последовательной отправки команд в формате G-кода. Программа поддерживает сохранение и загрузку файлов с командами, проверку корректности ввода и вывод сообщений об

ошибках. В отличие от готовых решений, данный интерфейс ориентирован на учебные задачи и отладку в лабораторных условиях.

Также была разработана программа для расчёта параметров профиля волнового редуктора с постоянными телами качения. Алгоритм расчёта был найден в открытом доступе, но для работы с программой требовалась среда разработки Python. В ходе работы были реализованы формы ввода данных, визуализация результата средствами matnolib и возможно экспорта чертежа в DXF-формате с помощью библиотеки ezdxf. Данная программа позволяет конструкторам и учащимся, не владеющим средой разработки Python, удобно подбирать параметры редуктора и интегрировать их в CAD-системы.

Полученная установка успешно прошла испытания и продемонстрировала работоспособность в задачах позиционирования лёгких объектов. Созданный комплекс можно эффективно использовать как в рамках инженерных лабораторий, так и для демонстрации принципов автоматизации на ранних этапах обучения. Благодаря модульности и открытой архитектуре, проект может быть расширен для решения более сложных задач.

Литература

1. Роль самостоятельной работы студентов в современном профессиональном образовании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/rol-samostoyatelnoy-raboty-studentov-v-sovremennom-professionalnom-obrazovanii
2. Сапрыкина Н. А. Синтез механизмов с кинематикой типа дельта / Н. А. Сапрыкина, А. В. Проскоков, А. А. Сапрыкин // Фундаментальные и прикладные проблемы инженерии и технологии – 2020. – С. 26-33.
3. Степанов В. С. Методика проектирования привода на основе волновой передачи с телами качения / В. С. Степанов – Москва, МАИ, 2009. – 20с.
4. Arduino® Mega 2560 Rev3 Datasheet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000067-datasheet.pdf

УДК 621.382.323

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ ПОДОГРЕВА СТОЛА 3D ПРИНТЕРОВ

Субботин С.И.
Научный руководитель – Заярный В.П, заведующий лабораторией

В последние годы огромными темпами продвигается 3D печать. Данная веха развития изготовления деталей необходимой формы имеет высокое

преимущество в скорости и точности изготовления деталей из пластика (в некоторых случаях металла). Однако при печати есть высокая вероятность того, что из-за перепада температур пластик может лопнуть, или не иметь требуемых характеристик. Для предотвращения этих недостатков и упрощения работы с материалом используют нагревательные элементы, для подогрева рабочей поверхности. Для осуществления электропитания нагревателя применяется модуль нагрева стола.

Нагрев стола может быть осуществлен встроенным в стол нагревателем (платформенные нагреватели) или внешними нагревателями в виде отдельных модулей. Контроль температуры производиться термодатчиком, устанавливаемым на печатной столе. Регуляция температуры осуществляется программно, для этого контроллер принтера подает сигнал на модуль нагрева стола, который коммутирует ток, идущий на нагревательный элемент.

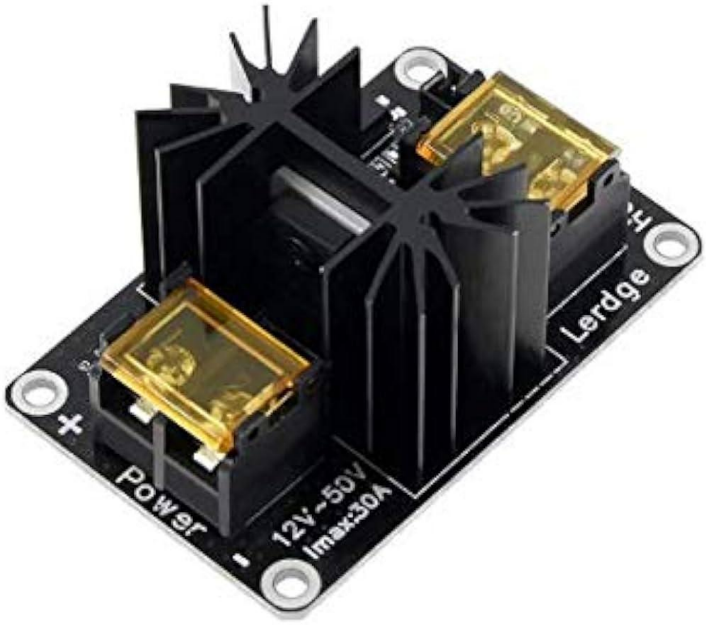


Рис.1. Внешний вид модуля MOS-25A.

Модуль нагрева является одним из важнейших компонентов нагревательного стола, однако конструктивно он представляет резистор определённой формы (зачастую плоский). Расчёт выходной мощности нагревателя определяется по формуле:

$$P = I^2 R \quad (1)$$

Сам нагревательный элемент подбирается с расчётом на определённый диапазон рабочих температур (под рабочие виды пластика и материал самого стола). Ещё одной важной частью нагревательного стола является

радиатор – передающий и рассеивающий тепло, одной из важнейших характеристик радиатора является его площадь, от неё зависит количество рассеиваемого тепла, площадь вычисляется по формуле:

$$S = \frac{800}{R_{\text{р}-\text{о}}} \quad (2)$$

где $R_{\text{р}-\text{о}}$ – тепловое сопротивление между радиатором и окружающей средой.

Нагревательные столы по материалу разделяют на:

- Текстолитовые
- Алюминиевые
- Силиконовые
- Капроновые (Полиамидные)

В зависимости от материала и размера стола нагреватели могут использовать питающее напряжение 12В, 24В или 220В. Соответственно требуется и выбор подходящего модуля нагрева стола.

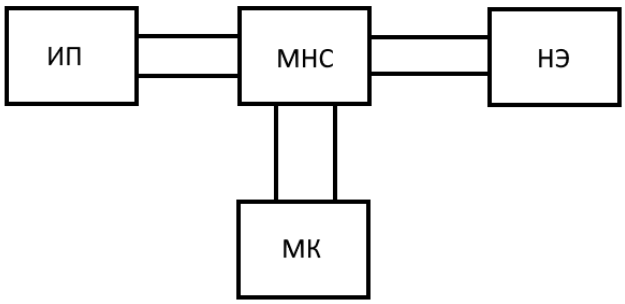


Рис.2. Принципиальная схема включения модуля нагрева стола.

Модуль нагрева стола включается в разрыв между источником питания (ИП) и нагревательным элементом (НЭ) и управляется сигналом от микроконтроллера 3D принтера (МК). В модуле нагрева стола в качестве регулирующего элемента используются MOSFET-транзисторы с установленными на них алюминиевыми радиаторами для защиты от перегрева, что обеспечивает длительное протекание тока до 25А. В отличие от магнитных реле транзисторное управление обеспечивает высокий уровень надежности. Так же применение тиристоров невозможно из-за применения постоянного тока для нагревателей на 12 и 24 вольт.

Отдельно можно отметить, что для лучшей передачи температуры необходимо использовать термопасту или термопрокладку. Термопаста – это специальная густая смесь различных веществ, улучшающих тепловой обмен между корпусом нагревательного элемента и металлом охлаждающего

радиатора. Она имеет вязкую, пастообразную консистенцию и состоит из синтетических, минеральных и металлических компонентов.

Применение термопасты решает следующие важные задачи:

- Исключение образования микрополостей в зазоре между элементом и охладителем, где мог бы скапливаться теплоизолирующий воздух;
- Улучшение параметров передачи тепла от микросхемы к охлаждающим устройствам.

Недостатком любой такой пасты является то, что, как и другая жидкость, она испаряется со временем, теряя свои защитные качества. По этой причине существует необходимость один-два раза в год производить ее замену в ключевых местах схемы. Другой способ улучшить передачу тепла это – применение термопрокладок. Это специальный листовой материал (или отдельные пластины), содержащий керамические или графитовые наполнители, которые способствуют лучшей теплопроводности. Между собой термопрокладки различаются толщиной, наполнением, количеством слоев и клеящихся поверхностей. Они удобнее в обращении по сравнению с жидкой термопастой, но также имеют ограничение по времени использования.

Литература

1. 3DiY [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://3d-diy.ru/blog/vybor-nagrevatelnogo-stola-3d-printera/?srsltid=AfmBOope5q7OLpEskVMdEQ-1T7QaajuUw3ff3f-SBZSm0ylx5CT1froM
2. Ю.Ф Скрипников. Радиаторы для полупроводниковых приборов. Массовая радиобиблиотека (МРБ) выпуск 817 Радиаторы для полупроводниковых приборов Автор(ы): Скрипников Ю.Ф.1973 год
3. OK-komputer.by [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ok-computer.by/a49339-termopasta-termoprokladki-chto.html?srsltid=AfmBOopLvQHBTZ9-s2QBgBER04rNW_SQQrL_gJ3s-TEZETvVDhNuHFzE
4. PCmount.by [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.pcmount.by/moduli-dopolnitelnye/acces-electro-modul-hotbed-mos-30a?i=13818%2C14859%2C14158

УДК 004.93

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ РЕКУРЕНТНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ЛЭП

Сухобоков А.А.
Научный руководитель – Воюш Н.В., ст. преподаватель

Нейронные сети получили широкое распространение благодаря своей способности эффективно решать задачи автоматической классификации и распознавания объектов. Важность применения этих технологий особенно очевидна в мониторинге критически важной инфраструктуры, такой как линии электропередач (ЛЭП). Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в сочетании с нейронными сетями позволяет оперативно и точно диагностировать состояние объектов инфраструктуры, таких как опоры, изоляторы и элементы их крепления (вязки).

Модель YOLO v12[1] была разработана и обучена специально для обнаружения и классификации дефектов ЛЭП по изображениям, полученным с БПЛА. Практическое применение данной модели осуществлялось в среде Python с использованием библиотек PyTorch для объявления и работы с моделью, SAHI для разделения больших изображений на мелкие сегменты и Matplotlib с OpenCV для визуализации результатов.

Для работы с YOLO v12 используется библиотека Ultralytics:

```
from ultralytics import YOLO
model = YOLO('yolov12.pt')
```

Использование библиотеки SAHI[2] позволяет существенно улучшить точность обнаружения мелких дефектов, особенно актуальную для изображений высокого разрешения 5000x4000 пикселей. Метод тайлинга от SAHI разбивает большое изображение на слайсы меньшего размера (1024x1024 пикселя) с частичным перекрытием, что повышает качество обработки каждого сегмента:

```
from sahi.predict import get_sliced_prediction
result = get_sliced_prediction(
    image_path='image.jpg',
    detection_model=model,
    slice_height=1024,
    slice_width=1024,
    overlap_height_ratio=0.2,
    overlap_width_ratio=0.2)
result.export_visuals(export_dir='results/')
```

Для отображения результатов классификации дефектов используется Matplotlib:

```
import matplotlib.pyplot as plt
import cv2
image = cv2.imread('results/prediction_visual.png')
image = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2RGB)
plt.figure(figsize=(12, 8))
plt.imshow(image)
plt.axis('off')
plt.show()
```

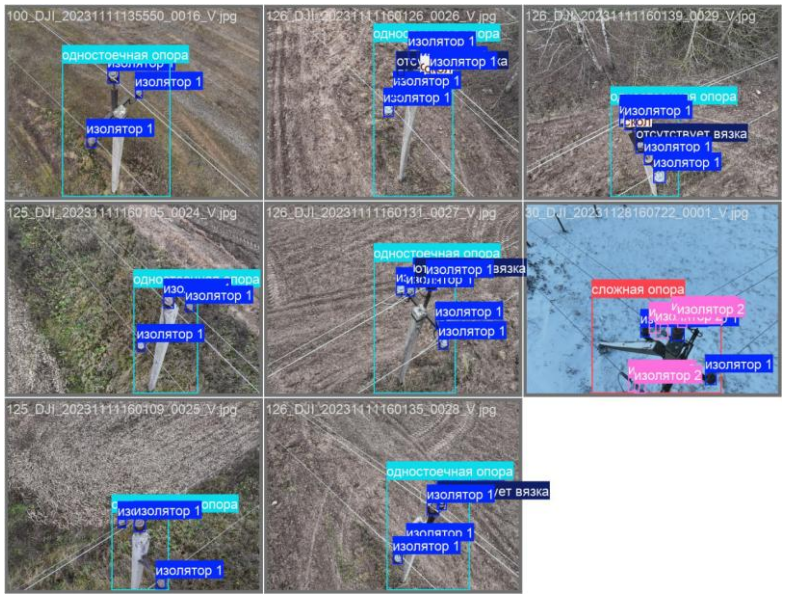


Рис.1. Результаты автоматизированной детекции объектов на изображениях ЛЭП.

На представленной выборке изображений показаны результаты работы нейросетевой модели по автоматическому обнаружению элементов опор воздушных линий электропередач. Кадры были получены с БПЛА и содержат разнообразные конфигурации опор, включая одностоечные и сложные конструкции, а также элементы изоляции.

Изображения демонстрируют устойчивость модели к различным условиям съёмки: варьируется высота полёта, угол обзора, погодные условия (включая снег), а также наличие естественных препятствий (ветки, провода). Модель корректно идентифицирует как хорошо освещённые объекты, так и частично перекрытые, что свидетельствует о высокой обобщающей способности обученной нейросети.

Использование нейронной сети YOLO v12 в задачах мониторинга ЛЭП демонстрирует высокую эффективность и оперативность выявления дефектов. Технологии компьютерного зрения в сочетании с беспилотными

летательными аппаратами имеют большой потенциал для автоматизации диагностики и профилактического обслуживания инфраструктуры.

Литература

1. Джочер, Г. и др. YOLOv12: Достижения в области обнаружения объектов для реальных приложений / Г. Джочер и др. – 2024.
2. Акиба, Т. и др. SAHI: Гиперинференция с помощью нарезки для обнаружения объектов / Т. Акиба и др. – Journal of Machine Learning Research, 2022.
3. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Объекты автоматизации в энергетике» для студентов специальности 6-05-0713-04 «Автоматизация технологических процессов и производств» профилизации «Автоматизация технологических процессов и производств в энергетике» / Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Робототехнические системы» ; сост. И. И. Гутич. – Минск : БНТУ, 2025.
4. Гудфеллоу, И., Бенжио, Й., Курвиль, А. Глубокое обучение / И. Гудфеллоу, Й. Бенжио, А. Курвиль. – М.: MIT Press, 2016.

УДК 681.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШКАФА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПРИЕМО-СДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Тарасюк А.В.
Научный руководитель Заярный В. П., заведующий лабораторией

Применение систем автоматизации (шкафов управления) в приемо-сдаточных испытаниях позволяет ускорить, удешевить этот процесс, а также позволяет добиться более высокого уровня контроля и качества, что положительно сказывается на стоимости и качестве готовой продукции. Исходя из этого мы поставили себе задачу по разработке и создания стенда для изучения приемо-сдаточных испытаний.

Для упрощения и большей наглядности процесса разработали шкаф управления для мониторинга работы и показателей стиральной машины. Основной принцип действия шкафов управления основан на непрерывном отслеживании изменений параметров системы и выборе оптимальных режимов работы электродвигателей. Управление шкафами может осуществляться в ручном или автоматическом режимах. Применение шкафа управления позволяет во многих случаях снизить потребление электроэнергии, защитить электродвигатели от недопустимых и

нежелательных режимов работы, и, как следствие, продлить срок их эксплуатации на объекте.

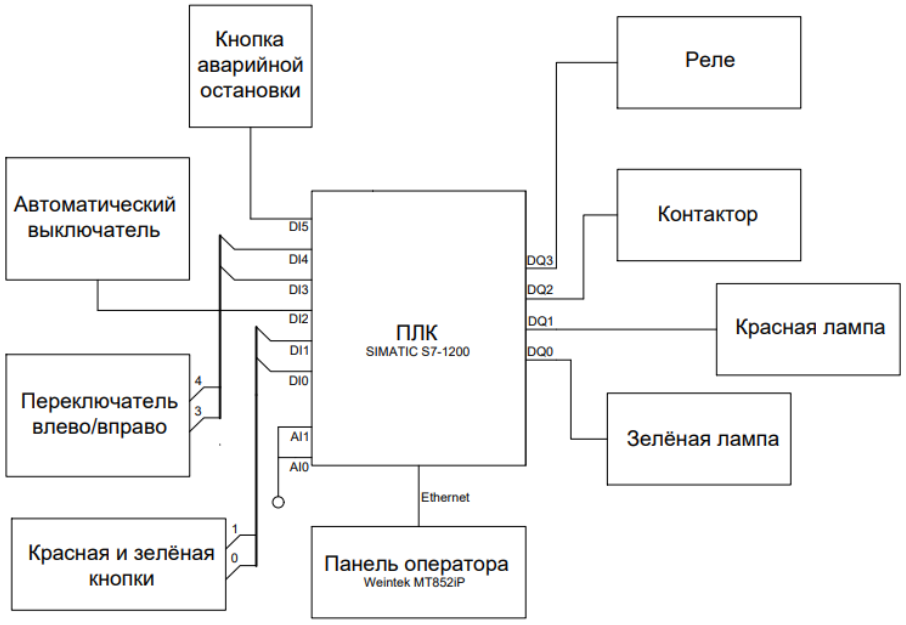


Рис.1. Структурная схема шкафа управления.

Структурная схема шкафа управления представлена на рисунке 1. Данный шкаф управления будет использоваться при изучении ПСИ (приемо-сдаточных испытаниях), управление в этом шкафу осуществляется программируемым логическим контроллеров (ПЛК SIMATIC S7-1211C). Контроллер SIMATIC S7-1200 является основным блоком шкафа, без которого невозможно его функционирование, этот микроконтроллер используется для отслеживания параметров, управления входными и выходными сигналами, передачи данных и т.д. Настройка ПЛК Simatic S7-1200 осуществляется в программе TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) – это интегрированная среда разработки программного обеспечения от Siemens для комплексной автоматизации промышленных объектов .

В TIA Portal для программирования ПЛК Siemens используются следующие языки, стандартизированные по IEC 61131-3:

LAD (Ladder Diagram, Контактные схемы) – графический язык, напоминающий электрические схемы релейной логики.

FBD (Function Block Diagram, Функциональные блоки) – графический язык для построения программ из функциональных блоков.

SCL (Structured Control Language, Структурированный текст) - текстовый язык высокого уровня, похожий на Pascal, подходит для сложных алгоритмов и работы с данными.

STL (Statement List, Список инструкций) - низкоуровневый текстовый язык, ближе к ассемблеру, поддерживается для S7-1500 и некоторых других контроллеров.

Для S7-1200 доступны LAD, FBD и SCL, для S7-1500 - все перечисленные выше языки. Каждый язык можно использовать для отдельных блоков программы, что позволяет гибко выбирать подходящий инструмент под задачу. [1],[2].

У данного микроконтроллера имеется 6 дискретных DI и 2 аналоговых AI входов и 4 дискретных DQ выходов для ввода и вывода информации.

Панель оператора (Weintek MT8051iP) подключается к ПЛК через сетевой кабель Ethernet. Обеспечивает быстрое введение и отображение информации в системе. Для создания визуализации и управления входными сигналами используют Utility Manager.

Кнопка аварийной остановки предназначена для того, чтобы вручную останавливать систему в ситуации, когда продолжение её работы является опасным.

Принципиальная схема шкафа управления представлена на рисунке 2.

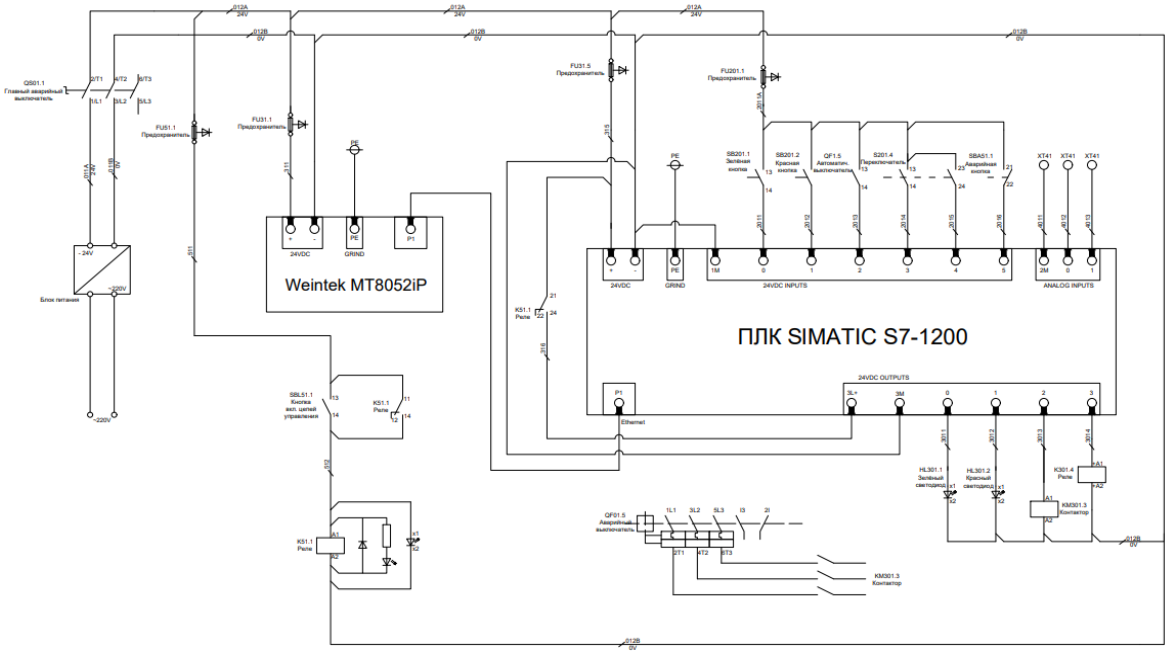


Рис.2. Принципиальная схема шкафа управления.

При разработке шкафа основной упор делался на надежность и дешевизну, потому что в процессе обучения нет возможности постоянно проводить наладку или заменять дорогостоящие элементы. Но не смотря на кажущуюся простоту и надежность данного стенда, подобный шкаф управления является современным и передовым средством автоматизации, которое может использоваться на современных производствах. Поэтому изучение средств автоматизации, шкафов управления и программного обеспечения значительно расширит кругозор самого студента так и повысит его востребованность как специалиста.

Данный лабораторный стенд позволит закрепить студентам знания по деталям машин, схемотехнике, электроприводу и программированию.

Литература

1. Siemens TIA Portal [Электронный ресурс]: https://www.siemens-pro.ru/soft/tia-portal.html.
2. Журнал «ИСУП». (Информатизация и системы управления в промышленности) [Электронный ресурс]: https://isup.ru/articles/6/883/.

УДК 629.4.051.2

ЛИНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА ПО ПРОИЗВОДСТВУ ГЛЮКОМЕТРОВ

Черевко П. М., Хвесько М.А.
Научный руководитель – Заярный В. П., заведующий лабораторией

Глюкометр – это медицинский прибор для измерения уровня глюкозы (сахара) в крови. В первую очередь им пользуются люди с сахарным диабетом, чтобы следить за своим состоянием.

Существует несколько типов глюкометров, отличающиеся по принципу действия и способу измерения:

Электрохимические (устройство имеет реагент на тест-полоске, после попадания крови на нее, происходит соответствующая реакция, т. о. происходит накопление электрического потенциала, который и помогает определить уровень содержания сахара в крови);

Фотометрические (определяет уровень глюкозы по изменению цвета тест-полоски при реакции с кровью);

Кулонометрические (они являются разновидностью электрохимических приборов, где также оценивается электрический заряд при взаимодействии с реагентом);

Одноразовые (представляет собой не полноценный прибор, а тест-полоску, определяет уровень сахара в крови благодаря цветовой шкале).

В Республике Беларусь отечественным производителем глюкометров и расходных материалов является ОАО «Минский НИИ радиоматериалов» (МНИИРМ). Данный институт производит глюкометры “ИРМА” и “ИРМА ПЛЮС” с речевым сопровождением, предназначенные для людей с нарушением зрения, а также одноразовые биоэлектрохимические датчики (тест-полоски) “Глюкосен”.

Рис.1. Глюкометры “ИРМА” и “ИРМА ПЛЮС”.

Таблица 1 – Основные технические характеристики глюкометров “ИРМА” и “ИРМА ПЛЮС”

Характеристика	“ИРМА”	“ИРМА ПЛЮС”
Принцип измерения	Биоэлектрохимический	Биоэлектрохимический
Диапазон измерения, ммоль/л	1,0 – 33,0	1,0 – 33,0
Погрешность измерения	Относительная: ±5 %	±0,3 ммоль/л (≤5,6 ммоль/л) ±0,6 ммоль/л (≤15,0 ммоль/л) ±1,0 ммоль/л (≤33,0 ммоль/л)
Время анализа, сек	41	40
Размер, мм	95×56×15	100×60×20
Вес, г	90 – 100	100
Напряжение питания, В	2,3 – 3,3	2,3 – 3,3
Кодирование	Автоматическое с кодовой полоской	Автоматическое с кодовой полоской
Память	100 результатов	50 результатов
Авто включение при пробе крови	Есть	Есть
Автоотключение (сек)	120	120
Индикаторы и функции отображения	Дата, время, ошибки, разряд батареи, гликемия выше/ниже нормы	Дата, время, ошибки, разряд батареи, гликемия выше/ниже нормы
Дополнительно	Контрольная полоска для самопроверки	Голосовые сообщения, тревожный сигнал при глюкозе < 3,5 ммоль/л

Обе модели считаются надежными приборами, особенно для домашнего применения.

Данные глюкометры прошли обязательную государственную регистрацию в Республике Беларусь. Они внесены в Государственный реестр медицинской техники и изделий медицинского назначения, что подтверждает их соответствие требованиям безопасности, качества и

эффективности, установленным национальным законодательством. Кроме того, глюкометры «ИРМА» и «ИРМА ПЛЮС» соответствуют требованиям технического регламента ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств», что подтверждает их устойчивость к электромагнитным помехам и безопасность при эксплуатации.

Для нанесения крови человека на тест-полоску нужно пользоваться стерильными одноразовыми изделиями, в данном случае иглами (ланцетами). До вскрытия упаковки каждый ланцет стерилизован и герметично упакован. Повторное применение не рекомендуется.

Глюкометры, разработанные в Беларуси имеют ряд преимуществ по сравнению с импортными моделями (Accu-Chek, OneTouch, Bionime), например не требуется импорт из других стран, таким образом снижается стоимость изделия (в 1,5-2 раза дешевле, чем многие зарубежные аналоги) и производится сервисное и гарантийное обслуживание. Наличие голосового сопровождения – это редкая функция среди бюджетных моделей, также она удобна для пожилых людей и слабослышащих. Из-за автоматического кодирования не требуется ручной ввод кода с тест-полосок.

Применение линии поверхностного монтажа в производстве глюкометров

Линия поверхностного монтажа (SMT-линия) – это автоматизированный комплекс оборудования, предназначенный для монтажа электронных компонентов на поверхность печатных плат (ПП), без использования выводов, проходящих через отверстия.

Перед проведением линии поверхностного монтажа для производства печатных плат в глюкометры нужно проанализировать требования к продукту, т. е. определить технические параметры устройства: количество и типы электронных компонентов, габариты платы, плотность монтажа. Также потребуется определить предполагаемые объемы производства.

Далее происходит проектирование SMT-линии:

1) Принтер паяльной пасты – наносит паяльную пасту на контактные площадки;
2) Установка компонентов на плату;
3) Печь, которая плавит пасту и припаивает компоненты на плату;
4) Станции контроля качества:

- Автоматическая оптическая инспекция,
- Рентген для проверки микросхем;

5) Конвейер и загрузчики/разгрузчики плат;

Применение автоматизированной сборки позволяет повысить точность и надёжность сборки, а также позволяет быстро выпускать большие партии и сократить себестоимость изделий. Внедрение линии поверхностного монтажа в производственный процесс для изготовления глюкометров – важный шаг в развитии отечественной медицинской электроники.

Литература

1. Сускин, В. В. Основы технологии поверхностного монтажа / В. В. Сускин. – Рязань, 2001.

УДК 004.457

СРАВНЕНИЕ СУБД POSTGRESQL В РАМКАХ СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СЧЕТЧИКОВ

Чернявский Д.И., Шемет В.А.
Научный руководитель – Воюш Н.В., ст. преподаватель

Автоматизация обработки данных электронных счетчиков крайне важна в современных реалиях. Еще пару лет назад мы встречались с тем, что в большей части жилого сектора показания приборов учета могли сниматься вручную. На данный момент этот процесс автоматизирован при помощи автоматических счетчиков и устройств сбора и передачи данных. Важным элементом автоматизации учета потребления энергоносителей является хранение больших объемов данных, сгенерированных счетчиками. На себя эту функцию берет база данных.

Система управления базами данных (СУБД) – это программный комплекс, обеспечивающий централизованное хранение данных и предоставляющий приложениям услуги по обработке данных. Совокупность данных, хранимых под управлением СУБД, называется базой данных [1].

PostgreSQL – свободно распространяемая СУБД под лицензией BSD. В ряд преимуществ PostgreSQL выносят:

- Расширяемость и поддержка JSON – PostgreSQL поддерживает не только традиционные реляционные структуры, но и тип JSON-данных. Это позволяет работать с различными источниками данных.
- Масштабируемость – горизонтальное масштабирование, реализуемое за счет шардинга, позволяет PostgreSQL обрабатывать большие объемы данных счетчиков без потери производительности.
- Поддержка временных рядов – инструменты анализа временных данных и сторонние расширения, такие как TimescaleDB, позволяют упростить анализ показаний счетчиков.
- Надежность и безопасность – механизмы репликации и резервного копирования обеспечивают надежное хранение данных. Гибкость системы управления доступом позволяет предотвратить несанкционированный доступ к важной информации.
- Открытый исходный код и бесплатность – PostgreSQL является полностью бесплатным продуктом с открытым исходным кодом под

лицензией BSD, что делает её экономически выгодным решением и позволяет реализовывать её без открытия кода.

В рамках сбора и обработки данных электронных счетчиков сравним PostgreSQL с другими реляционными базами данных:

- MySQL – популярная альтернатива, уступающая PostgreSQL в возможностях обработки JSON-данных и работе со сложными аналитическими запросами. Бесплатная версия MySQL распространяется под лицензией GPL, что препятствует ее использованию в предметной области. PostgreSQL распространяется под лицензией BSD, что позволяет использовать ее в коммерческих целях без раскрытия кода.
- Microsoft SQL Server – качественное комплексное решение, однако требует значительных финансовых вложений. Для сравнения PostgreSQL является бесплатным решением с открытым исходным кодом.
- Oracle Database – СУБД активно используемая в крупных предприятиях. Является быстрой и надежной, но в недостатках имеет дорогое лицензирование.

Таблица 1. Сравнение характеристик и годовой стоимости обслуживания СУБД

СУБД/ Критерий	Расширяемость (плагины)	Расширенные индексы	Объектно-реляционная модель	Поддержка оконных функций	Поддержка кластеризации	Поддержка сложных запросов	Стоимость лицензии Enterprise (в год), $
PostgreSQL	+	+	+	+	+	+	Бесплатно
MySQL	+ -	+ -	-	+ -	+	+ -	5 350
Microsoft SQL Server	+ -	+ -	-	+	+	+	5 434
Oracle Database	+ -	+	+ -	+	+	+	10 250

Сравнение быстродействия PostgreSQL и Microsoft SQL Server в условиях обработки запросов на выборку на производственном кластере (CPU: Intel Xeon E5-2680 v4 @ 2.4 GHz, RAM: 64 GB DDR4, SSD: NVMe SSD) приведено на рисунках 1 и 2.

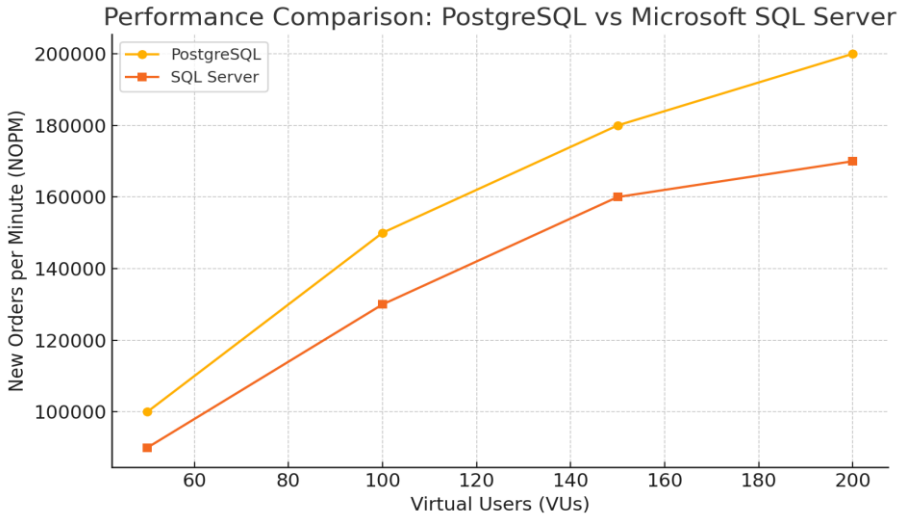


Рис1. Сравнение производительности PostgreSQL и Microsoft SQL Server в рамках лицензии Enterprise.

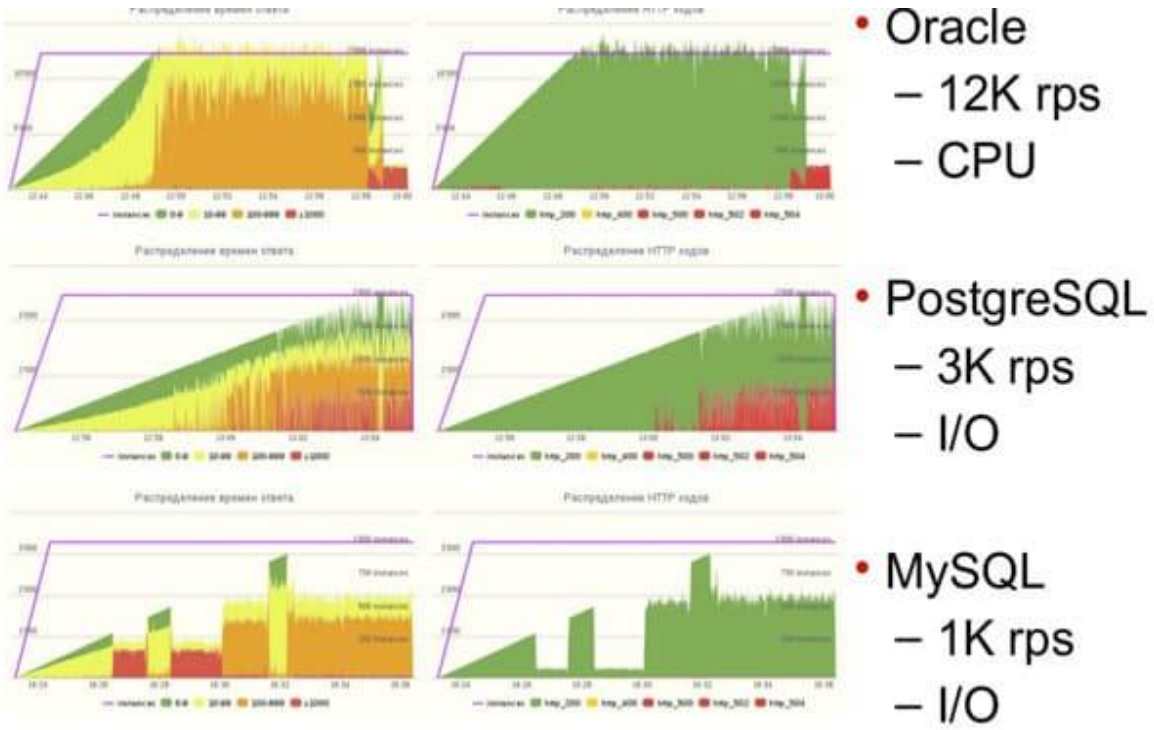


Рис.2. Сравнение производительности СУБД в рамках лицензии Enterprise на производственном кластере (источник: https://www.performance-lab.ru/press-releases/oracle-vs-postgresql-kakuyu-subd-vybrat#rabota-s-ocen-bolsimi-dannymi).

Таким образом PostgreSQL предоставляет высокую производительность (рис. 1, рис. 2) при работе с небольшими транзакциями, обеспечивая их целостность благодаря атомарным операциям, и отчетность за счет журнала событий, что является важным функционалом для приёма, сбора и анализа данных энергопотребления, поступающих с электронных счетчиков.

Конкуренты PostgreSQL, как правило, проигрывают в быстродействии при обработке большого количества транзакций, что является критическим критерием для выбора СУБД в рамках сбора и обработки энергопотребления с счетчиков.

Сравнительный анализ показал, что PostgreSQL является мощной, гибкой и экономически эффективной при сборе и обработке данных электронных счетчиков. Лицензия BSD является бесплатной, что позволяет сэкономить значительные ресурсы в поддержке СУБД. В сравнении с другими реляционными СУБД PostgreSQL отлично подходит для организации сбора и учета данных энергопотребления за счет вышеперечисленных качеств.

Литература

1. Б. А. Новиков, Е. А. Горшкова, Н. Г. Графеева Основы технологий баз данных – М.: ДМК Пресс, 2020. – 581 с.: ил.

УДК 681.5

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ SMD-УСТАНОВЩИКОВ

Чиж В.В.
Научный руководитель – Заярный В.П., заведующий лабораторией

С развитием технологий в промышленной автоматизации, важность точности и надежности каждой детали становится ключевым фактором. В последние годы одной из самых эффективных и популярных технологий для создания надежных и компактных электронных компонентов является SMD монтаж. Это процесс установки компонентов поверхностного монтажа, который используется в производстве как для создания мелких бытовых устройств, так и для сложных промышленных систем. SMD-монтаж предполагает установку электронных компонентов непосредственно на поверхность платы, что экономит место и улучшает электромагнитные характеристики устройства. Компоненты, использующиеся в SMD-технологии, имеют контакты, которые припаяны к поверхности платы, в отличие от традиционных компонентов, которые требуют отверстий в плате. Это позволяет значительно уменьшить размеры устройств, повысить их производительность и снизить затраты на производство.

Рис.1. SMD-установщик.

Развитие электроники сопровождается уменьшением размеров электронных компонентов. На современном этапе развития электроники с появлением компонентов, имеющих большое число выводов, стало ясно, что прежние методы разработки и сборки не могут удовлетворять сегодняшним требованиям производства электроники. Это привело к появлению планарных компонентов и поверхностного монтажа, что позволило в высокой степени автоматизировать сборочные процессы, достичь высокой плотности монтажа, снизить объем, вес и размеры. Сборку с применением одних планарных компонентов, устанавливаемых на проводящий рисунок платы, называют поверхностным монтажом. Сборка состоит из следующих этапов: перенос паяльной пасты, установка компонентов, расплавление пасты и контроль. Поверхностный монтаж обеспечивает высокую надежность изготавливаемой электроники.

Одной из главных тенденций является увеличение уровня автоматизации. Современные установки используют системы машинного зрения, AI-алгоритмы и роботизированные механизмы для повышения точности позиционирования компонентов. Это снижает количество ошибок и повышает производительность. Архитектуры ResNet, EfficientNet или VGGNet могут использоваться для анализа изображений печатных плат, выявления отклонений в позиционировании компонентов и контроля качества нанесения припоя.

Производители стремятся повысить скорость установки компонентов. Современные SMD-установщики способны устанавливать тысячи копонентов в час, что значительно ускоряет сборку печатных плат. Технологии позволяют оптимизировать процессы размещения,

минимизируя затраты времени. Современные установщики поддерживают быструю перенастройку без остановки.

Ресурс SMD-установщика часто определяется как общее количество установок (размещённых компонентов), которое оборудование способно выполнить до необходимости профилактического обслуживания или ремонта.

Срок службы (дней)=L×Tcycle/H×3600

- L - заявленный ресурс установки.
- Tcyclet - среднее время одного цикла установки.
- H - часов в день.
- Qpaste=Npcb×n×Vpaste
- Npcb - количество печатных плат, которые планируется изготовить.
- n - среднее количество пайки на одну плату.
- Vpaste - объём пасты, расходуемый на одну пайку.

Эта формула позволяет узнать требуемый объём пасты, из количества плат, числа точек пайки и объёма пасты на одну точку.

Современные SMD-установщики играют ключевую роль в развитии электронной промышленности, обеспечивая точность, скорость и гибкость производства. Их развитие направлено на автоматизацию, интеграцию с цифровыми технологиями и повышение производительности. Миниатюризация компонентов требует точности монтажа, а внедрение AI позволяет оптимизировать производственные процессы. Универсальность установщиков делают их незаменимыми в современных условиях, позволяя адаптироваться к изменениям рынка. Таким образом, развитие SMD-установщиков определяет будущее производства электроники, открывая новые возможности для улучшения качества и эффективности.

Литература

1. ОАО “Пеленг”- поверхносный монтаж
2. SMD-монтаж в промышленной автоматизации: как современные технологии улучшают производственные процессы – Режим доступа: https://electronicaplus.ru/blog/186-smd-montazh-v-promyshlennoj-avtomatizatsii-kak-sovremennye-tekhnologii-uluchshayut-proizvodstvennye-protsessy – Дата доступа: 06.05.2025.

УДК 681.5

БОРЬБА С ВИБРАЦИЕЙ ПРОГРАММНЫМИ СПОСОБАМИ

Карим Квитунга, Шклёда Д.А.
Научный руководитель – Заярный В.П., заведующий лабораторией

Исходя из ГОСТа Р ИСО 2041-2012: вибрация - движение механической системы (точки механической системы), при котором происходят периодические или случайные колебания характеризующей его величины относительно положения равновесия.

Для мониторинга состояния и диагностики неисправностей машин с целью повышения производительности и увеличения время безотказной работы оборудования используются виброметры.

Виброметр – это портативное устройство со встроенным датчиком вибрации и дисплеем. Используется для проверки уровня вибрации актива или его составной части. Измерители обеспечивают мгновенное считывание скорости вибрации, ускорения и смещения. Большинство современных виброизмерителей сохраняют результаты измерений вибрации, что позволяет техническим специалистам легко получить доступ к истории конкретного актива и отслеживать отклонения от нормальных показателей.

В условиях современного автоматизированного производства особую актуальность приобретает задача снижения вибрации оборудования и технологической оснастки. Избыточная вибрация отрицательно сказывается на точности обработки, снижает срок службы узлов, увеличивает процент брака и нарушает устойчивость технологического процесса. Одним из эффективных решений данной проблемы являются программные методы контроля и подавления вибрации.

1. Цифровая фильтрация вибрационных сигналов

Цифровая фильтрация применяется для обработки сигналов, поступающих от вибродатчиков (акселерометров, гироскопов и т. д.). В процессе обработки устраняются высокочастотные шумы и помехи, не несущие полезной информации. Применяются различные виды фильтров:

- Фильтр низких частот (ФНЧ) – пропускает низкие частоты, отсекая высокочастотные помехи;
- Фильтр полосовых частот (ФПЧ) – выделяет колебания в нужном диапазоне частот, например, 10–500 Гц;
- Адаптивные фильтры – автоматически подстраиваются под изменения в характеристиках сигнала;
- Фильтр Калмана – применяется для оценки текущего состояния системы в условиях шума и неопределённости.

2. Активная виброкомпенсация

Суть метода в создании обратной связи, где система на основе данных от вибрационных датчиков формирует корректирующее воздействие. Это воздействие направлено на нейтрализацию вибраций в режиме реального времени. Пример – система Active Vibration Control (AVC), используемая в высокоточных станках и роботах.

Алгоритмы управления могут быть реализованы на базе микроконтроллеров, промышленных ПЛК или цифровых сигнальных процессоров (DSP). Активная компенсация эффективна при борьбе с вибрациями от электродвигателей, приводов и неуравновешенных вращающихся масс.

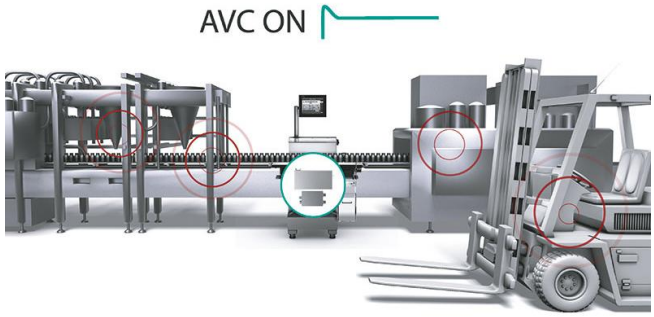


Рис.1. Активная виброкомпенсация.

3. Диагностика и мониторинг вибраций

Программные комплексы позволяют анализировать вибрационные процессы в динамике, выявлять аномалии и строить прогнозы технического состояния оборудования. Примерами ПО являются MATLAB + Simulink, VibroBox, VibroExpert и т.д.

Анализ проводится на основе временных и частотных характеристик сигнала. Часто применяются алгоритмы БПФ (быстрое преобразование Фурье) и машинное обучение для распознавания типов неисправностей.

Рис.2. Диагностика и мониторинг вибраций.

4. Оптимизация управляющих траекторий

Многие источники вибрации возникают из-за резких изменений скорости и ускорения в траекториях движения исполнительных органов. Для устранения этой проблемы используется сглаживание траекторий.

Наиболее распространены:

- S-образные профили скорости – обеспечивают плавные изменения ускорения;
- Синусоидальные и полиномиальные кривые движения – снижают динамические нагрузки;

Метод применяется в робототехнике, на станках с ЧПУ, манипуляторах и портальных системах.

5. Прогнозное управление (Model Predictive Control, MPC)

Прогнозное управление строится на математической модели объекта. Алгоритм предсказывает поведение системы на несколько шагов вперёд и формирует оптимальное управляющее воздействие, предотвращающее возникновение вибраций.

Преимущества метода: высокая точность управления, учёт ограничений на переменные, прогнозирование реакций системы на возмущения.

Применяется на сложных мехатронных системах, линиях с высокой степенью автоматизации и в оборудовании, где недопустимы даже кратковременные вибрационные возмущения.

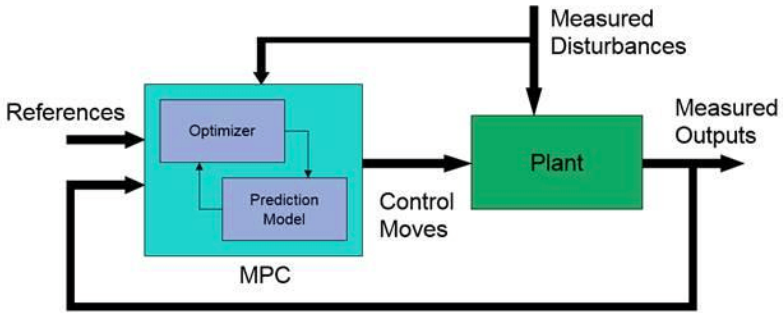


Рис.3. Основной цикл управления MPC.

Литература

1. ГОСТ Р ИСО 2041-2012. Вибрация, удар и контроль технического состояния: введ. в действие приказом федерального агенства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2012 г. №1281-ст
2. Болтянский В.Г. Механика колебательных систем. – М.: Наука, 2018.
3. Плотников А.А., Сидоров Н.П. Программные средства управления вибрациями в машиностроении. – Екатеринбург: УрФУ, 2020.
4. Диагностика технического состояния оборудования по вибрационным признакам. – М.: Машиностроение, 2017.

УДК 621.317.39

РАЗВИТИЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ВИБРАЦИИ

Щеклеина В.П.
Научный руководитель – Заярный В.П., заведующий лабораторией

Пьезоэлектрические датчики вибрации на протяжении последних десятилетий остаются одним из наиболее востребованных инструментов для мониторинга механических колебаний в промышленности, энергетике, авиации и других отраслях. Их принцип действия основан на прямом пьезоэффекте – способности пьезоэлектрических материалов генерировать электрический заряд под действием механической деформации, что обеспечивает высокую точность и надежность измерений [1]. С 1990 года технологии пьезоэлектрических датчиков претерпели значительные изменения: от простых аналоговых конструкций до интеллектуальных систем с цифровой обработкой сигналов и встроенными алгоритмами диагностики. В данной статье рассматривается эволюция конструкций пьезоэлектрических датчиков вибрации, анализируются ключевые изменения в их эксплуатационных характеристиках.

Ранее доминирующее положение на рынке занимали аналоговые пьезоэлектрические датчики, такие как МВ-26В. Эти устройства демонстрировали надежность и достаточную для своего времени точность измерений. Конструктивно датчик МВ-26В представлял собой сложную механическую систему (рис.1). Он состоит из инерционной массы (постоянного магнита), помещенной внутри корпуса, в котором расположена катушка. Постоянный магнит связан с корпусом датчика специальным устройством из подшипников качения. Среднее положение магнита в направлении оси датчика обеспечивается двумя цилиндрическими пружинами. Под воздействием виброускорения датчик вырабатывает заряд, пропорциональный величине воздействия. Через герметичный разъем заряд поступает на преобразование в согласующий усилитель.

Принцип работы основывался на преобразовании механических колебаний в электрический заряд при деформации пьезоэлемента. Технические характеристики МВ-26В включали:

- диапазон частот: 0,5-5000 Гц;
- максимальное ускорение: 200 м/с²;
- аналоговый выходной сигнал постоянного тока.

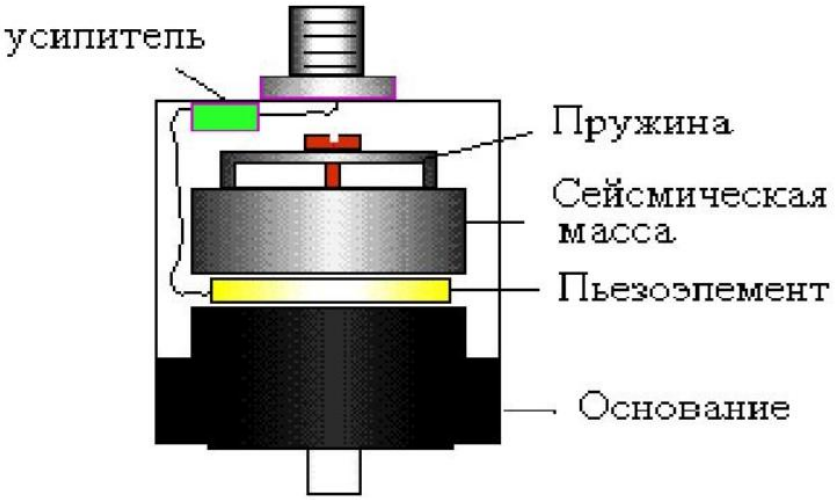


Рис.1. Конструкция датчика вибраций МВ26-В.

Однако такие датчики имели существенные ограничения: большие габариты, чувствительность к электромагнитным помехам, необходимость использования внешних усилителей и отсутствие встроенных диагностических функций.

На смену простым аналоговым датчиком пришли интеллектуальные датчики. Применение встроенной электроники позволило резко улучшить технические характеристики, за счет встроенных программно-аппаратных средств часть обработки данных производить непосредственно в самом датчике, разгружая аппаратные средства АСУ ТП и загрузку линий связи. Кроме того интеллектуальные датчики обладают цифровым интерфейсом, например протокол RS-485 [2]. Такие датчики нового поколения, например ИТ12.35.000 (рис. 2), демонстрировали значительные улучшения:

- расширенный частотный диапазон (2-7000 Гц);
- увеличенный предел измеряемого ускорения (до 2000 м/с²);
- улучшенная конструктивная надежность.

Также важной характеристикой для датчиков вибрации, которая получила весомое развитие за последние десятилетия, является неравномерность частотной характеристики. Она позволяет оценить точность полученных измерений в диапазоне рабочих частот. Для получения этого параметра необходимо рассчитать коэффициент преобразования:

$$K = \frac{U}{a},$$

где K – коэффициент преобразования, U – напряжение датчика, a – виброускорение.

Тогда неравномерность частотной характеристики будет вычисляться:

$$\gamma = \frac{K_{Дi} - K_Д}{K_Д} \cdot 100\%,$$

где γ – неравномерность АЧХ, $K_{Дi}$ – коэффициент преобразования на i-той частоте, $K_Д$ – коэффициент преобразования на базовой частоте.

Для датчика ИТ12.35.000 неравномерность частотной характеристики будет составлять ±10%.

Рис.2. Датчик вибраций ИТ12.35.000.

Конструктивно датчик состоит из герметичного стального корпуса, в который помещен чувствительный элемент, состоящий из блока пьезоэлектрических пластин. Особенности ИТ12.35.000 включали: герметичный корпус из нержавеющей стали; пьезоэлектрические пластины как чувствительный элемент; лазерную сварку корпусных элементов; степень защиты IP67; жаропрочный кабель с минеральной изоляцией.

Развитие пьезоэлектрических датчиков вибрации за последние десятилетия демонстрирует впечатляющий технологический прогресс. От простых аналоговых устройств индустрия пришла к сложным интеллектуальным системам, способным не только измерять параметры вибрации, но и участвовать в комплексном мониторинге состояния оборудования. Дальнейшее развитие этой технологии будет определяться потребностями цифрового производства и необходимостью создания все более точных, надежных и автономных систем диагностики.

Литература

1. Эркабаева Е. О. Пьезоэлектрический эффект. – 2018.

2. Синютин С. А. Цифровая обработка сигналов в интеллектуальных датчиках вибрации //Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2003. – Т. 32. – №. 3. – С. 18-26.

УДК 004.8

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К РАСПОЗНАВАНИЮ ЭЛЕМЕНТОВ СХЕМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Ляшевич М.С.
Научный руководитель – Дербан А.Н., ст. преподаватель

Процесс построения информационных моделей энергетических систем связан с необходимостью переноса информации об устройстве энергетических объектах с твердых (бумажных) носителей в структурированный цифровой формат. Такой подход предусматривает выявление и извлечение информации об элементах энергетических объектов, их характеристик и взаимосвязях.

Для реализации рассматриваемого процесса формирования цифровых схем, используются методы распознавания графической информации, обеспечивающие выделение и классификацию элементов энергетических схем.

Среди современных подходов наибольшее распространение получили методы компьютерного зрения, аналитические алгоритмы и технологии машинного обучения. Наиболее эффективными зарекомендовали себя: шаблонное сопоставление, графоаналитические методы, распознавание с использованием локальны дескрипторов и машин опорных векторов.

Особое место в области распознавания и классификации на данный момент занимают модели нейронных сетей, характеризующиеся высокой точностью классификации среди большого перечня распознаваемых классов, что особенно важно при анализе схем энергетических объектов.

Несмотря на высокую точность распознавания, все перечисленные методы не представляют информацию о топологических связях объекта с другими элементами схем.

В данной работе рассматривается разработка модуля распознавания, основанного на модели свёрточной нейронной сети. Предложенный модуль ориентирован на комплексную обработку схем с распознаванием графических элементов, текстовых обозначений и топологической связи между элементами.

Результатом работы модуля является формирование оцифрованной машиночитаемой модели схемы, содержащей полную информацию о типах элементов, их параметрах и логической структуре соединений.

УДК 004.92

УСОВЕРШЕННСТВОВАННЫЙ СПОСОБ ОБРАБОТКИ ГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА БАЗЕ OPENCY

Крыжановский И.С.
Научный руководитель – Дербан А.Н., ст. преподаватель

Обработка кадров видео представляет собой алгоритмический процесс, направленный на синтез непрерывного видеопотока из последовательности дискретных цифровых изображений, что обеспечивает иллюзию плавного движения. Концептуально алгоритм совмещения кадров, включает в себя несколько функциональных модулей: модуль предварительной обработки, модуль определения траектории и модуль генерации синтетического кадра. Модуль предварительной обработки извлекает пространственно-временные координаты ключевых точек каждого кадра, что позволяет оценить характер перемещения объектов в сцене. Далее, модуль определения траектории, используя методы анализа оптического потока, преобразует полученные координаты в параметры направления движения, опираясь на заранее известное направление перемещения. Наконец, модуль генерации осуществляет вычисление коэффициентов перекрестного слияния, переводя временные и пространственные характеристики исходных кадров в корректно синхронизированный видеоряд.

Основными входными данными рассматриваемого алгоритма являются разрешение исходных изображений, временные метки кадров, координаты выделенных ключевых точек и параметр направления движения, обозначаемый как угол «Alpha». Основная цель вычислений заключается в преобразовании этих входных данных в набор параметров скрещивания, определяющих степень и режим смешивания пикселей, а также интерполяционные коэффициенты, обеспечивающие плавный переход между соседними кадрами. Применяемые алгоритмы линейной и нелинейной интерполяции позволяют минимизировать артефакты, возникающие при дискретном представлении видеосигнала, что критически важно при реализации систем видеомонтажа и потоковой передачи.

Функциональная схема для реализации алгоритма совмещения кадров представлена на рисунке 1., где отображается последовательная обработка входного видеопотока: от выделения ключевых координат в каждом кадре, до установления направляющего вектора движения, а затем вычисления коэффициентов смешивания для получения финального синтезированного изображения. В результате реализуется видеоряд с непрерывной динамикой, где переходы между отдельными кадрами происходят плавно и без резких визуальных контрастов, что существенно улучшает качество восприятия динамического изображения.

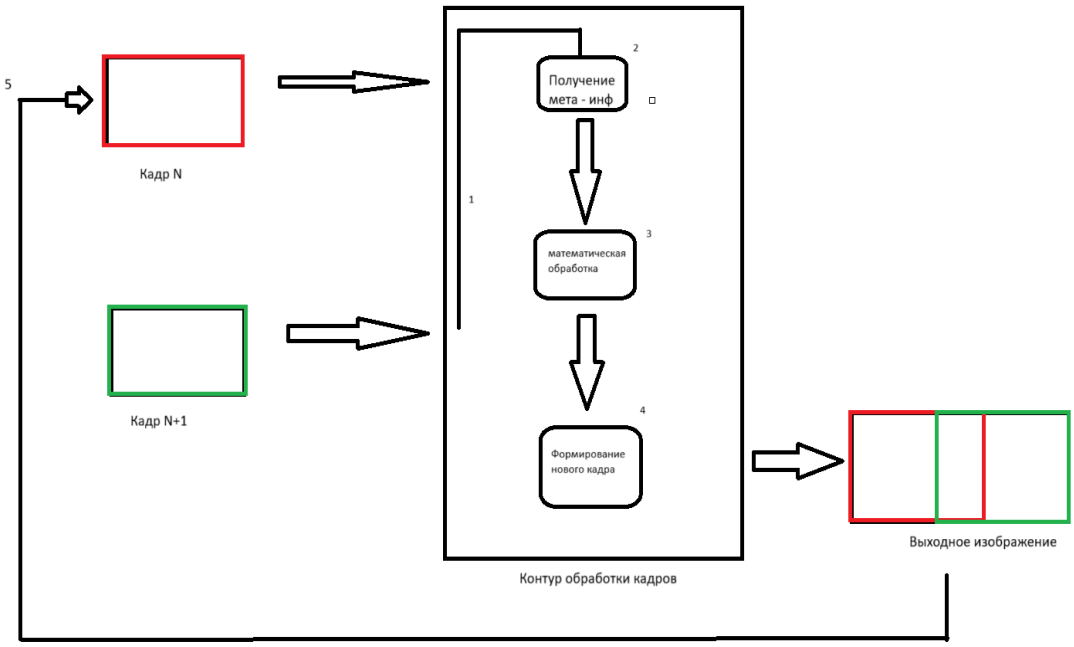


Рис.1. Алгоритмическая схема обработки.

Наиболее ответственные этапы реализации обработки графических данных функционируют на базе библиотеки OpenCV, которая на протяжении нескольких последних лет, является де-факто наиболее популярным инструментом для построения рассматриваемых систем. Отрытый программных код, широкие возможности по настройке и адаптации специфичных параметров для обработки видеоинформации, а также поддержка различных аппаратно-программных платформ выгодно отличают OpenCV от аналогичных решений.

ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА

УДК 37.016:51.004

РАЗРАБОТКА НАВИГАЦИОННЫХ КАРТ ПРИ ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ-ПРОГРАММИСТОВ

Пономаренко А.В., Москевич А.С.
Научный руководитель – Бадак Б.А., старший преподаватель

В современном мире навигационные технологии играют ключевую роль в различных отраслях: от повседневного использования мобильных приложений до сложных систем управления движением в авиации, морском и автомобильном транспорте. Они не только облегчают ориентацию в пространстве, но и способствуют оптимизации маршрутов, снижению затрат и повышению эффективности логистических процессов. Всё это делает навигационные системы актуальными не только в инженерной практике, но и в системе подготовки будущих специалистов, особенно в области информационных технологий.

Среди инструментов, позволяющих формализовать навигационные процессы, особое место занимает теория графов – один из важнейших разделов дискретной математики. Методы теории графов находят широкое применение в решении прикладных задачах, таких как нахождение кратчайших путей, анализ маршрутов, моделирование транспортных сетей. Использование навигационных карт, разработанных с помощью математического аппарата, включающего основные понятия, леммы, теоремы, следствия из теории графов способствуют формированию у студентов представлений о структуре пространственных данных и способах их обработки, что важно для будущих инженеров-программистов.

Граф представляет собой математическую структуру, состоящую из вершин (точек) и рёбер (линий), соединяющих некоторые пары этих вершин. В контексте навигации вершины могут соответствовать перекрёсткам, станциям, ключевым точкам маршрута, а рёбра – дорогам, железнодорожным путям или иным соединениям между ними.

Для анализа маршрутов в таких графах широко применяются алгоритмы поиска кратчайших путей. Один из наиболее известных – алгоритм Дейкстры, предложенный в 1959 году. Его суть заключается в пошаговом построении пути от начальной вершины к целевой через последовательное добавление наименее удалённых вершин. Это позволяет находить минимальные расстояния во взвешенных графах, где каждому ребру приписан свой «вес» – например, длина, время в пути или стоимость.

Другой эффективный метод – алгоритм A* (A star), который является эвристическим расширением алгоритма Дейкстры. Он также ищет кратчайший путь, но при этом использует функцию оценки (эвристику), которая приближённо предсказывает расстояние от текущей вершины до цели. Это позволяет существенно сократить количество обрабатываемых вершин, особенно в больших и сложных графах. Такой подход особенно полезен в реальных навигационных приложениях, где важны не только точность, но и скорость построения маршрута.

Помимо дискретных моделей в виде графов, важную роль в обучении математике играют непрерывные модели, основанные на математическом моделировании движения. Такие модели позволяют анализировать поведение потоков – будь то транспорт, пешеходы, грузы – в динамике, то есть с учётом времени и пространства. Это особенно актуально при изучении процессов в городских условиях, где движение зависит от множества факторов: плотности потока, фаз работы светофоров, дорожных происшествий, погодных условий и др.

Одним из наиболее распространённых подходов является макроскопическое моделирование, при котором движение большого количества объектов описывается как непрерывный поток, подобный жидкости. Это позволяет применять методы математического анализа и теории дифференциальных уравнений. Одной из таких моделей является **модель Лайтхилла–Уитема–Ричардса (LWR)**, описывающая сохранение плотности транспортного потока:

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \frac{\partial (\rho \vartheta)}{\partial x} = 0$$

Где $\rho(x\ t)$– плотность потока (машин на единицу длины дороги);

$\vartheta(x\ t)$ – скорость потока;

$\rho\vartheta$– интенсивность движения.

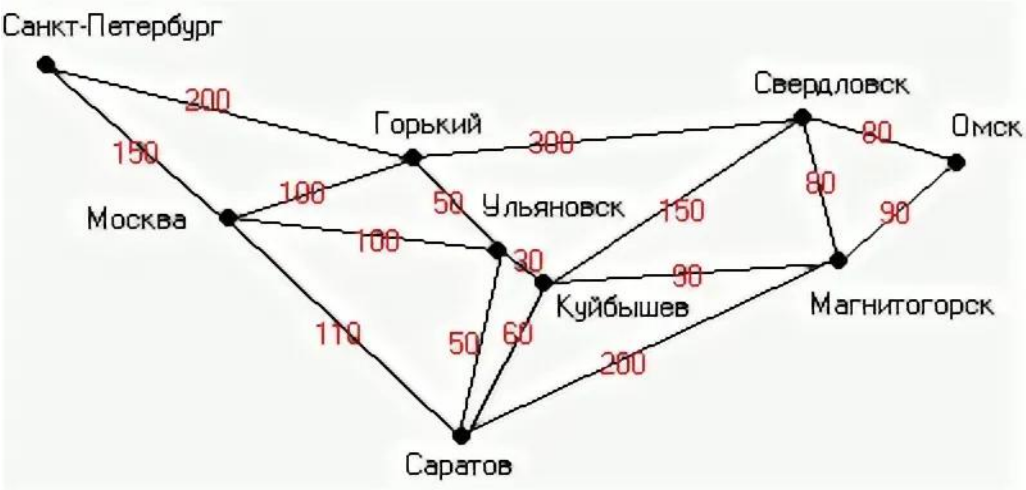
Такие модели позволяют предсказывать пробки, моделировать их распространение, оценивать среднее время в пути и оптимизировать работу светофоров. С их помощью можно, например, определить, в какой момент и в каком месте образуется затор, сколько времени потребуется для его устранения, и какие изменения в организации движения позволят его предотвратить.

Использование навигационных карт, основанных на графах и математических моделях, открывает широкие возможности в образовательном процессе. Во-первых, это способствует развитию логического мышления – обучающиеся учатся формулировать задачи в терминах математических структур, строить алгоритмы, использовать формулы и оценивать эффективность решений. Во-вторых, происходит связь теории с практикой – абстрактные математические понятия обретают

конкретное прикладное значение, что особенно важно для студентов инженерных и IT-специальностей.

Кроме того, такие задачи могут быть реализованы в виде программных проектов: студенты могут создавать приложения для построения маршрутов, симуляции движения транспорта, анализа загруженности участков. Это позволяет интегрировать обучение математике с изучением программирования, алгоритмов, структур данных и технологий визуализации, что полностью соответствует требованиям современной инженерной подготовки.

Навигационные карты являются не только инструментом в транспорте и логистике, но и эффективным средством обучения математике будущих инженеров-программистов. Их использование способствует укреплению знаний, развитию профессиональных навыков и интереса к теории и практике математики.



Литература

1. Бондаренко, С. В.:Теория графов и её приложения: учеб. пособие / С. В. Бондаренко. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2019. – 288 с.(Использован для базовых понятий теории графов: вершины, рёбра, пути.)
2. Войцеховский, С. А.:Математическое моделирование транспортных потоков / С. А. Войцеховский. – СПб. : Питер, 2018. – 224 с.(Источник по моделированию движения и применению макроскопических моделей.)
3. Курносов, А. М.:Информатизация образования и математическое моделирование // Информатика и образование. – 2022. – № 2. – С. 25–30.(Использовано при описании образовательного потенциала математического моделирования.)
4. Как работает алгоритм A* [Электронный ресурс] // Habr.com. – Режим доступа: https://habr.com/ru/post/198266/ – Дата обращения: 01.05.2025.(Использовано при описании эвристического алгоритма A.)*

УДК 519.8:004.42

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В АНАЛИЗЕ ДАННЫХ

Лапцевич И.А., Шибеко В.А.
Научный руководитель – Бадак Б.А., старший преподаватель

В современном мире объем данных, доступных для анализа, растет с невероятной скоростью. Компании, государственные организации и научные институты сталкиваются с необходимостью не просто хранить эти данные, но и анализировать их для принятия решений. Компьютерное математическое моделирование позволяет находить закономерности, прогнозировать будущее и тестировать гипотезы, что делает его важнейшим инструментом в аналитике данных. **Математическое моделирование** – это метод, который использует математические теории и компьютерные алгоритмы для создания упрощенных и абстрактных моделей сложных систем, процессов и явлений. Этот метод позволяет улучшить наше понимание сложных систем и предсказать их поведение [1].

Методы математического моделирования применяются в самых разных сферах [2]:

1. Экономика и финансы: модели прогнозируют курсы валют, цены на акции и экономические кризисы.
2. Медицина: анализ больших данных помогает находить закономерности в развитии болезней и разрабатывать новые препараты.
3. Инженерия: моделирование используется для проектирования сложных систем, таких как самолеты, мосты и автомобили.
4. Экология: прогнозируются изменения климата, оцениваются риски природных катастроф.

Без компьютерного моделирования многие процессы были бы слишком сложными для анализа вручную, а их изучение занимало бы гораздо больше времени и ресурсов. Работа с наборами данных (datasets) является основой анализа данных.

Рассмотрим, как компьютерное моделирование помогает исследовать реальные данные на примере набора данных(dataset) с информацией о продажах интернет-магазина. Он содержит данные о клиентах (возраст, пол, местоположение), покупках (товары, стоимость, дата заказа) и других параметрах. Для исследования и анализа данных воспользуемся одним из методов статистического анализа таким, как регрессионный. Помогает выявить зависимость между переменными. Например, как цена товара влияет на объем продаж. Линейная регрессия может показать, что, при снижении цены на 10%, продажи увеличиваются на 15%.

Также существуют различные методы статического анализа данных, такие как [3]:

- Кластеризация (группировка данных)

Используется для сегментации клиентов на основе их покупательского поведения.

Например, можно выделить три группы: частые покупатели, редкие покупатели и новые клиенты, чтобы предложить им персонализированные скидки.

- Методы машинного обучения

Позволяют прогнозировать будущее поведение клиентов.

Например, алгоритм может предсказать, какие товары будут популярны в следующем месяце, чтобы заранее скорректировать запасы.

Нами использовались реальные данные, в частности, датасет о прогнозе погоды, на основе которого построена модель, прогнозирующая изменение погоды на следующий день. Первым шагом в практической реализации являлась подготовка данных. Этот этап включал в себя нормализацию и преобразование данных в формат, удобный для анализа. Использование библиотек C++, таких как Vector и Cstdlib, позволяет эффективно обрабатывать, хранить данные и делать различные исследования. Следующим этапом являлся выбор подходящей математической модели для анализа. Нами использовались линейные и нелинейные регрессии и нейронные сети. После выбора модели было необходимо ее обучить на тренировочных данных. Этот процесс включал в себя настройку гипер-параметров и использование методов кросс-валидации для оценки производительности модели. Важно также следить за переобучением модели и использовать регуляризацию для повышения обобщающей способности. Результат выполнения программы представлен на рисунке 1:

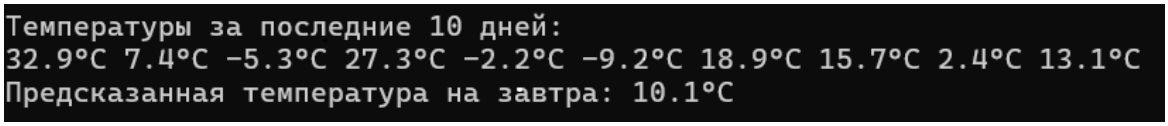


Рис.1. Результат работы программы

Компьютерное математическое моделирование – это ключевой инструмент в анализе данных. Оно позволяет:

1. Работать с большими объемами информации.
2. Находить закономерности и зависимости.
3. Прогнозировать будущее развитие процессов.
4. Автоматизировать принятие решений.

В будущем, с развитием технологий искусственного интеллекта и облачных вычислений, математическое моделирование станет еще более

мощным и доступным инструментом для аналитики данных во всех сферах жизни.

Литература

1. Математическое моделирование: понимаем суть понятия [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://mou43-samara.ru/education/matematicheskoe-modelirovanie-ponimaem-sut. Дата: 7.03.2025;
2. В.Б. Кудрявцев, Э.Э. Гасанов, А.С. Подколзин. Компьютерное моделирование логических процессов, Москва, 2018;
3. Никехин, А. А. Основы C++ для моделирования и расчетов. Часть 2. Библиотеки для научных вычислений: Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2016. – 64 с.

УДК 669.018.95

РАЗРАБОТКА НОВЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ

Михалюк К.О.
Научный руководитель – Бань Л.В., ст. преподаватель

Современное общество сталкивается с постоянным увеличением потребностей в новых материалах, которые обладают уникальными свойствами и могут применяться в различных отраслях. Одной из наиболее перспективных областей является разработка композитных материалов. Композиты представляют собой комбинацию двух или более различных материалов, которые в совокупности обеспечивают улучшенные характеристики, такие как прочность, легкость и устойчивость к коррозии. В данной работе рассматриваются актуальные направления разработки новых композитов и их применение в упаковочной промышленности, а также в других отраслях.

Разработка новых композитных материалов включает в себя использование различных матриц и армирующих волокон. Наиболее распространенные матрицы – это полимеры, металлы и керамика. В упаковочной промышленности особенно актуальны полимерные композиты, которые могут быть адаптированы под специфические требования упаковки товаров.

Одним из современных направлений является использование биополимеров, таких как полилактид (PLA) и крахмал, в сочетании с натуральными волокнами (например, сизаль или джут). Эти композиты

обладают хорошими механическими свойствами и являются экологически чистыми, что делает их идеальными для создания упаковки, отвечающей современным требованиям устойчивого развития.

Также активно исследуются композиты на основе углеродных нанотрубок и графена. Добавление этих наноматериалов в полимерные матрицы позволяет значительно увеличить прочность и жесткость упаковочных материалов при минимальном увеличении веса. Это особенно важно для упаковки легких и хрупких товаров, таких как электроника и стеклянные изделия.

В упаковочной промышленности композитные материалы находят широкое применение благодаря своим уникальным свойствам. Они обеспечивают защиту продукции от механических повреждений, влаги и кислорода, что особенно важно для сохранения свежести продуктов питания и качества фармацевтических препаратов.

Например, многослойные композитные пленки, состоящие из различных полимеров, позволяют создавать упаковку с улучшенными барьерными свойствами. Такие пленки могут использоваться для упаковки продуктов с коротким сроком хранения, таких как мясо и молочные изделия. Кроме того, использование композитов позволяет снизить общий вес упаковки, что снижает транспортные расходы и уменьшает воздействие на окружающую среду.

Одним из примеров успешного применения композитных материалов в упаковке является создание легких и прочных контейнеров для напитков. Эти контейнеры обеспечивают надежную защиту содержимого и уменьшают риск повреждений при транспортировке.

Несмотря на многочисленные преимущества композитных материалов, их разработка и внедрение в промышленность сталкиваются с рядом вызовов. Одним из основных является высокая стоимость производства новых композитов, что может ограничивать их применение в массовом производстве упаковки. Кроме того, необходимо учитывать вопросы переработки и утилизации композитных материалов, чтобы минимизировать их воздействие на окружающую среду.

Тем не менее, с учетом растущего интереса к устойчивому развитию и экологически чистым технологиям, можно ожидать дальнейшего роста исследований в области композитов. Инновационные подходы к созданию новых материалов, такие как использование отходов сельского хозяйства или вторичных полимеров, могут значительно снизить затраты и улучшить экологические характеристики упаковки.

Разработка новых композитных материалов представляет собой важное направление в инженерии, которое имеет широкий спектр применения в различных отраслях, включая упаковочную промышленность. Использование современных технологий и инновационных материалов

позволяет создавать упаковку, отвечающую требованиям устойчивого развития и обеспечивающую надежную защиту продукции. В будущем можно ожидать появления новых композитов, которые будут способствовать улучшению качества жизни и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Литература

1. Захарова, О.Н., Рябов, А. С. Композитные упаковочные материалы: проблемы и решения. Упаковка и производство / О.Н. Захарова. – СПб.: Профессия, 2016.
2. Кербер, М.Л. Полимерные композиционные материалы. Структура. Свойства. Технологии / М.Л. Кербер – СПб.: Профессия, 2008.
3. Маликов, П.К. Композитные материалы: свойства, технологии, применение / П.К. Маликов – М.: Издательство МГТУ, 2010.

УДК 620.92

ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Пашковский С. Н., Сварцевич А. В.
Научный руководитель – Бань Л.В., ст. преподаватель

Введение:

В современном мире, где вопросы устойчивого развития и рационального использования энергетических ресурсов становятся все более актуальными, оптимизация процессов генерации и распределения энергии приобретает особое значение. Одним из мощных инструментов для достижения этой цели является математический анализ, в частности, дифференцирование функций. В данном докладе мы рассмотрим, как производные помогают оценивать эффективность энергетических процессов и как их применение может привести к улучшению работы энергетических систем.

Основы дифференцирования:

Дифференцирование – это процесс нахождения производной функции, который показывает, как изменяется значение функции при изменении её производные позволяют анализировать аргумента. В контексте энергетикипроизводные позволяют анализировать скорость изменения различных параметров, таких как мощность, потребление энергии и потери.

Применение производных в энергетических процессах:

1. Оптимизация генерации энергии

Производные играют ключевую роль в оптимизации процессов генерации энергии. Рассмотрим, например, солнечные панели. Эффективность их работы зависит от угла падения солнечного света. Используя производные, можно определить угол, при котором мощность, вырабатываемая панелями, максимальна

Пример:

Пусть мощность P солнечной панели зависит от угла α следующим образом:

$P(\theta) = a \cdot \sin(b \cdot \alpha)$

где a и b – константы. Для нахождения максимума мощности необходимо найти производную и решить уравнение:

$P'(\alpha) = a \cdot b \cdot \cos(b \cdot \alpha) = 0$

Решение этого уравнения даст значения углов, при которых мощность максимальна.

Рис.1. Закон Джоуля – Ленца.

1. Анализ распределения энергии

Производные также помогают анализировать распределение энергии в электросетях. Например, при проектировании сети важно учитывать потери энергии на сопротивлении проводов. Потери можно описать с помощью функции:

$L(I) = R \cdot$

где L – потери энергии, I – ток, а R – сопротивление. Для минимизации потерь необходимо найти производную:

$L'(I) = 2R \cdot I$

Из этого следует, что потери увеличиваются с ростом тока. Это знание может помочь в проектировании сети с минимальными потерями.

Прогнозирование потребления энергии:

Производные также используются для прогнозирования потребления энергии в зависимости от времени и других факторов. Например, если функция потребления энергии задана как C(t), то её производная C'(t) покажет, как быстро изменяется потребление в зависимости от времени.

Это позволяет энергетическим компаниям лучше планировать свои ресурсы и избегать пиковых нагрузок.

Литература

1. Фурсанов, М. И. Секацкий, Д. А. Электрические системы и сети / Фурсанов, М. И. Секацкий, Д. А. – БНТУ, 2020

2. Герасимова, А. Г. Карницкий, Н. Б. Пронкевич, Е. В. Кащеев, В. П. Седнин, А. В. Теплоэнергетические процессы и установки. Общая энергетика / Герасимова, А. Г. Карницкий, Н. Б. Пронкевич, Е. В. Кащеев, В. П. Седнин, А. В. – БНТУ, 2010

3. Драневский, Е. В. Солнечная энергетика. Технологии преобразования и основные ее характеристики. Плюсы, минусы, перспектива / Драневский, Е. В. – БНТУ, 2021

4. Козловская, В. Б. Математические задачи энергетики / Козловская, В. Б. – БНТУ, 2005

УДК 681.526

ПРИМЕНЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ОПИСАНИИ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Бумбуль Д.Ю., Петровец К. А.
Научный руководитель – Бань Л.В., ст. преподаватель

Дифференциа́льное уравне́ние – уравнение, которое помимо функции содержит её производные. Порядок входящих в уравнение производных может быть различен (формально он ничем не ограничен). Производные, функции, независимые переменные и параметры могут входить в уравнение в различных комбинациях или отсутствовать вовсе, кроме хотя бы одной производной. Не любое уравнение, содержащее производные неизвестной функции, является дифференциальным.

Тепловые процессы играют огромную роль в различных областях науки и техники. От проектирования двигателей внутреннего сгорания и систем

кондиционирования воздуха до разработки новых материалов и прогнозирования климатических изменений – понимание и моделирование тепловых явлений является критически важным. Математическим фундаментом для описания этих процессов служат дифференциальные уравнения. Целью данного доклада является рассмотрение основных типов дифференциальных уравнений, применяемых для моделирования тепловых процессов, и демонстрация их значимости в различных инженерных и научных задачах.

Основные типы дифференциальных уравнений для описания тепловых процессов:

Уравнение теплопроводности (или уравнение Фурье): Согласно закону Фурье, тепловой поток в плоской стенке направлен от горячей поверхности к холодной и вычисляется через теплопроводность стенки, её толщину и площадь и разницу температур: $\Phi = \lambda \times \frac{(T_2 - T_1)}{d} \times S$.

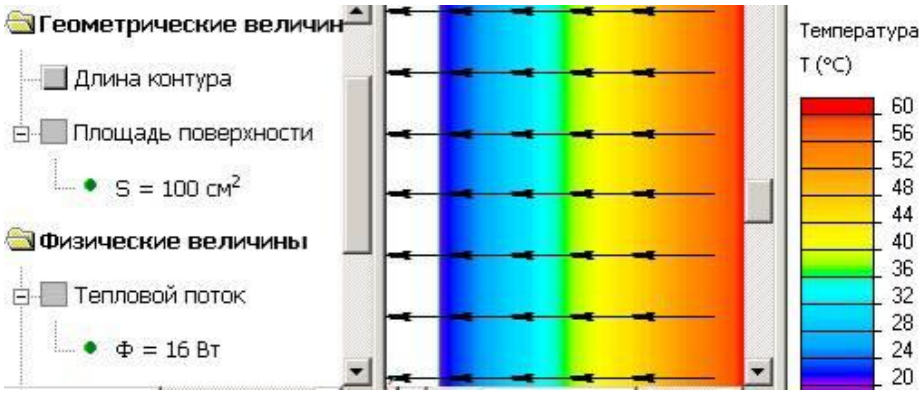


Рис.1. Закон Фурье.

Это уравнение является параболическим дифференциальным уравнением в частных производных. $\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial^2 x} + \frac{\partial^2 T}{\partial^2 y} + \frac{\partial^2 T}{\partial^2 z} \right)$ где:

где:

- T – температура;
- t – время;
- x, y, z – координаты;
- α – коэффициент температуропроводности (характеризует способность материала проводить тепло и накапливать его).

Уравнение конвективного теплообмена: Описывает процесс передачи тепла от твердой поверхности к жидкости или газу (или наоборот) за счет конвекции. Для описания конвективной теплоотдачи используется формула: $q_{ст} = a(T_0 – T_{ст})$, где $q_{ст}$ – плотность теплового потока на поверхности (вт/м2); a – коэффициент теплоотдачи (вт/(м2·°С)); $T0$ и $T_{ст}$ – температуры среды (жидкости или газа) и поверхности соответственно.

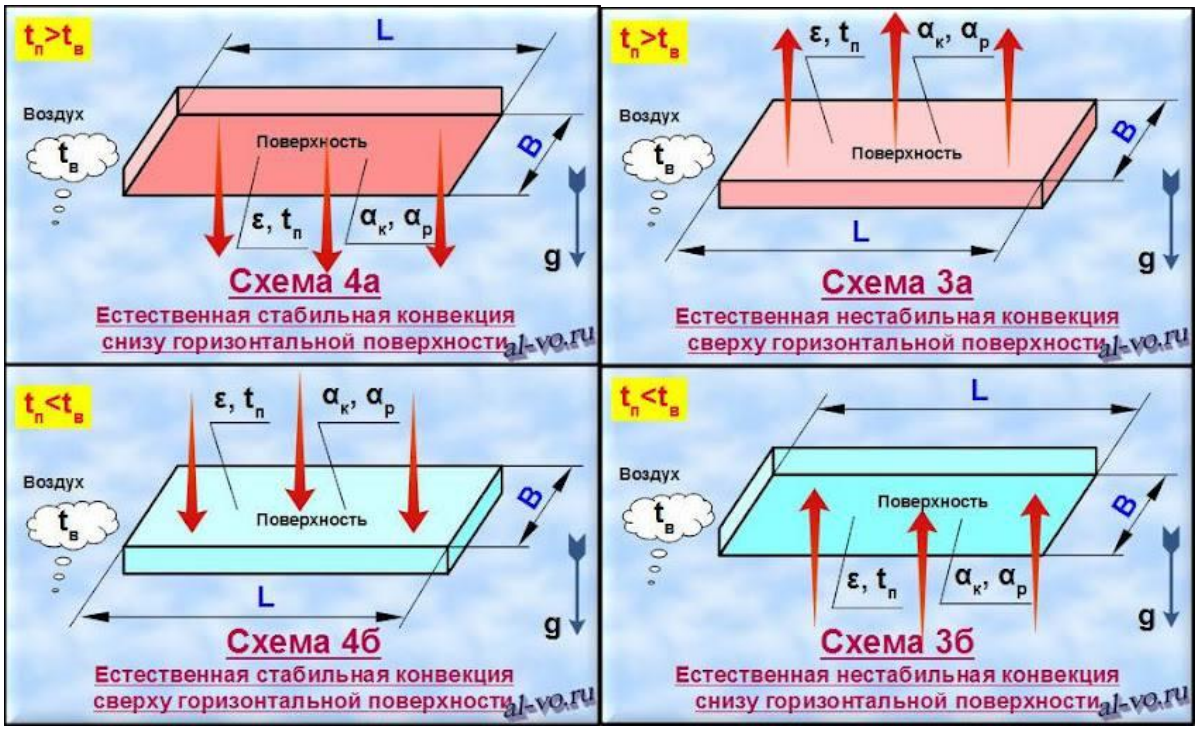


Рис.2. Естественная стабильная и нестабильная конвекции.

Математически это уравнение обычно связано с уравнениями гидродинамики, так как конвекция подразумевает движение жидкости или газа.

Уравнение имеет общий вид:

$$\rho \cdot cp \left(\frac{\partial T}{\partial t} + v \cdot \nabla \cdot T\right) = k \cdot \nabla^2 \cdot T + Q$$

Где: • ρ – плотность жидкости или газа; • cp – удельная теплоемкость; • v – вектор скорости жидкости или газа; • k – коэффициент теплопроводности жидкости или газа; • Q – объемная мощность источников тепла; • ∇ – оператор набла. Это уравнение также является дифференциальнымуравнением в частных производных, и его решение может быть довольно сложным, особенно при турбулентном потоке.

Уравнение теплового излучения. Тепловóе излучéние – электромагнитные волны, испускаемые телами за счёт их внутренней энергии. Описывает процесс передачи тепла за счет электромагнитного излучения. В простейшем случае, для абсолютно черного тела, количество тепла, излучаемого с единицы поверхности, определяется законом Стефана-Больцмана:

$\rho = БT^4$

Где: • ρ – плотность потока излучения; • $Б$ – постоянная Стефана-Больцмана (5.67×10^{-8} Вт/(м²·К⁴)); • T – абсолютная температура поверхности. Для реальных тел используется коэффициент излучения ε ($0 \leq \varepsilon \leq 1$): $\rho = \varepsilon БT^4$.

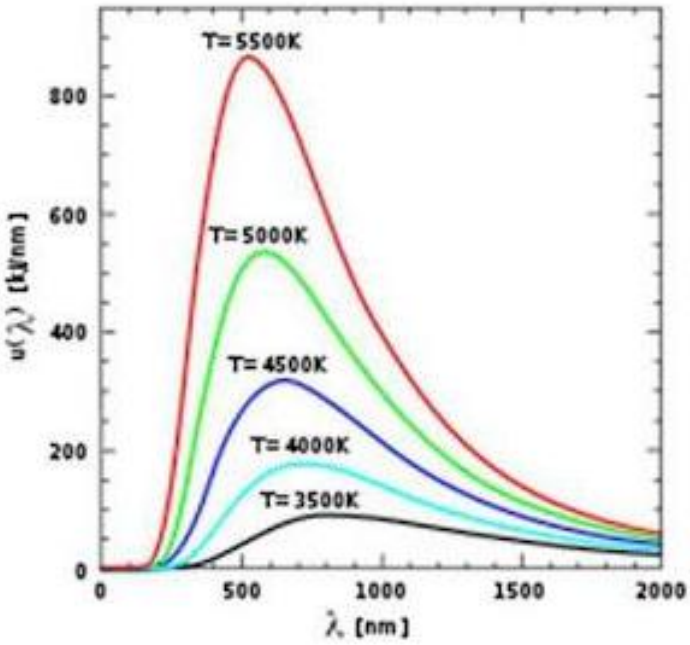


Рис. Зависимость мощности излучения чёрного тела от длины волны (Закон смещения Вина)

Рис.3. Зависимость мощности излучения чёрного тела от длины волны (Закон смещения Вина).

Примеры применения:

•Охлаждение электроники: Дифференциальные уравнения используются для моделирования тепловых режимов микросхем и радиаторов, что позволяет оптимизировать их конструкцию для эффективного отвода тепла.

•Проектирование теплообменников: Уравнения конвекции и теплопроводности применяются для расчета эффективности теплообменников в различных системах, от автомобильных радиаторов до промышленных теплоутилизаторов.

•Моделирование горения: Дифференциальные уравнения описывают процессы тепло- и массопереноса в камерах сгорания двигателей внутреннего сгорания и реактивных двигателей, что позволяет оптимизировать процессы горения для повышения эффективности и снижения выбросов.

Численные методы:

Решение дифференциальных уравнений, описывающих тепловые процессы, часто представляет собой сложную задачу, особенно для нелинейных уравнений и сложных граничных условий. В таких случаях используются численные методы, такие как:

• Метод конечных разностей (МКР): Дифференциальные уравнения заменяются разностными уравнениями, которые решаются на дискретной сетке.

Рис.4. Метод конечных разностей.

• Метод конечных элементов (МКЭ): Область решения разбивается на конечные элементы, и решение ищется в виде линейной комбинации базисных функций.

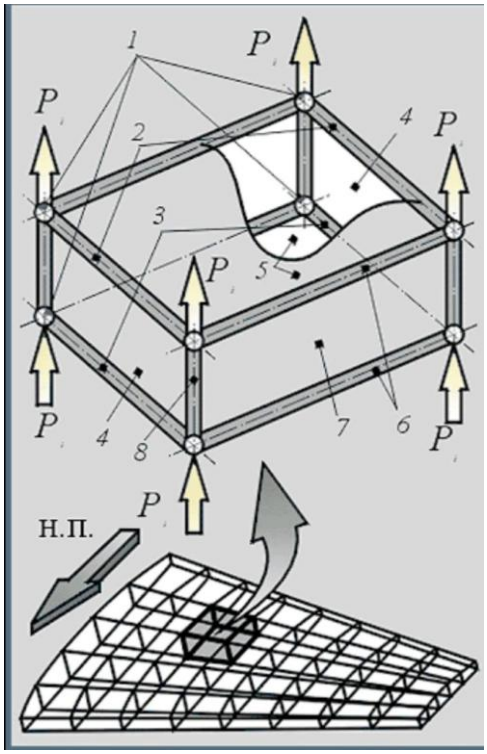


Рис.5. Метод конечных элементов.

• Метод конечных объемов (МКО). Сохраняются интегральные законы сохранения на каждом конечном объеме.

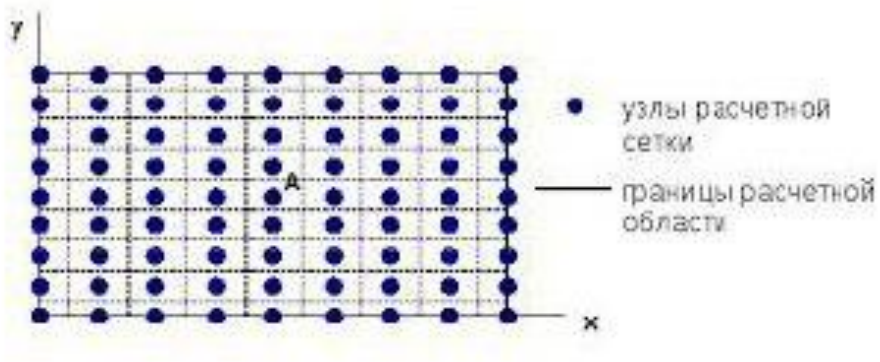


Рис.6. Метод конечных объёмов.

Тезисы

1. Тепловые процессы описывают передачу тепла, изменение температуры и распределение тепловой энергии в различных средах.
2. Для решения уравнений теплопередачи необходимы начальные и краевые условия, такие как фиксированные температуры на границах или потоки тепла.
3. Дифференциальные уравнения теплопередачи применяются в различных областях, таких как проектирование теплообменников, оптимизация отопительных систем.
4. Дифференциальные уравнения также применяются для анализа тепловых сетей, где требуется учитывать передачу тепла через трубы и узлы системы.
5. Существуют различные методы решения дифференциальных уравнений, включая метод разделения переменных, метод Фурье, и численные методы, такие как метод конечных разностей.

Литература

1. Сапун, Н.Н., Ярмольчик, М.А., Кушнер, Д.Л., Шевченко, Н.Г. Тепломассообмен. Теплопроводность / Сапун, Н.Н., Ярмольчик, М.А., Кушнер, Д.Л., Шевченко, Н.Г. – БНТУ, 2014.
2. Позняк, В.С., Баранов, А.А. Определение коэффициента теплопроводности металлического проводника / Позняк, В.С., Баранов, А.А. – БНТУ, 2011.
3. Алексеева, А.С., Андреева, С.О., Сидорова, В.Н. Численные методы анализа и метод конечных элементов / Алексеева, А.С., Андреева, С.О., Сидорова, В.Н. – чл. -корр. АН СССР, 1982.

УДК 621.311

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Карпейчик Н.Д., Растовский Н.А.
Научный руководитель – Бань Л.В., ст. преподаватель.

Математические модели занимают центральное место в проектировании, анализе и управлении современными энергетическими системами. Они предоставляют инструменты для анализа, оптимизации и прогнозирования работы сложных сетей, которые снабжают энергией весь мир. В условиях технологического прогресса энергетическая отрасль сталкивается с множеством сложных вызовов, связанных с устойчивостью, надежностью, эффективностью и безопасностью распределения ресурсов. Эти вызовы подчеркивают важность применения математических методов для решения сложных задач. Модели, применяемые в сфере энергетики, варьируются от простейших линейных уравнений до сложных нелинейных Современные энергетические системы характеризуются высокой комплексностью из-за множества тесно взаимосвязанных элементов, которые взаимодействуют как друг с другом, так и с экономической, социальной и экологической средой, что делает их важнейшей составляющей развития общества. Это требует разработки моделей, способных учитывать многочисленные факторы и обеспечивать принятие решений. Например, математические модели позволяют оценивать влияние различных сценариев развития энергетики, внедрение инновационных технологий хранения энергии.

Одним из ярких и весомых примеров применения математических моделей в энергетических системах является использование сетевых моделей для оптимизации потоков электроэнергии. Такие модели детально описывают структуру и динамику энергосистем, учитывая ограничения пропускной способности линий электропередач и генерационных мощностей. На основе этих моделей разрабатываются стратегии оптимальной загрузки электросетей, что позволяет существенно минимизировать потери энергии и снизить операционные затраты, одновременно повышая надежность снабжения и удовлетворяя всех потребителей.

Введение в математическое моделирование энергетических систем

Математическое моделирование энергетических систем представляет собой важную и быстро развивающуюся область науки, которая играет ключевую роль в проектировании, оптимизации и эффективном управлении сложными энергетическими сетями. Применение математических моделей предоставляет возможность точно предсказать поведение систем при различных условиях эксплуатации, оптимизировать процессы генерации и

распределения энергии, а также значительно повысить эффективность использования доступных ресурсов. Развитие этой области стало особенно актуальным в условиях роста значимости энергетической безопасности, а также потребности в интеграции возобновляемых источников энергии и усиливающегося внимания к вопросам устойчивого и экологичного развития.

Одна из первоочередных задач математического моделирования заключается в создании моделей, которые способны максимально точно воспроизвести процессы генерации электроэнергии. Генерация может осуществляться с использованием различных источников: традиционных, таких как уголь, нефть и природный газ, а также возобновляемых, включая солнечную, ветровую и гидроэнергию. Для каждой из этих технологий существуют свои специфические модели, учитывающие большое количество параметров: мощности генерации, удельные затраты, влияние внешних факторов и многое другое.

Математические модели в энергетических системах также играют ключевую роль в решении задач оптимизации и интеграции возобновляемых источников энергии. Возобновляемые источники обладают высокой непостоянностью из-за природных факторов, поэтому требуется адаптивные и надежные подходы к их управлению. Модели прогнозирования помогают оценивать потенциал энергетического производства и корректировать режимы работы систем в зависимости от погодных и климатических условий. На сегодняшний день такие методы, как машинное обучение и искусственный интеллект, все чаще применяются для анализа больших объемов данных и улучшения предсказуемости производственных процессов, открытия новых возможностей для интеграции и эксплуатации возобновляемых источников.

Современное математическое моделирование в энергетике значительно продвигается благодаря технологическим инновациям и достижениям в области вычислительных мощностей. Высокопроизводительные вычисления дают возможность осуществлять детализированные симуляции, моделировать сложные системы и анализировать огромные массивы данных практически в реальном времени. Это способствует внедрению интеллектуальных систем управления, которые могут адаптироваться к изменяющимся условиям, оптимизировать работу всей энергосети и значительно повышать ее эффективность и безопасность. В перспективе это создаст более интегрированные, гибкие и адаптивные энергетические системы, способные справляться с вызовами будущего. Таким образом, математическое моделирование занимает центральное место в планировании, исследовании и управлении энергетическими системами, позволяя принимать обоснованные решения и разрабатывать стратегии для повышения общей эффективности и устойчивости

инфраструктуры. В условиях постоянных изменений, роста потребностей и нарастающего спроса на энергетические ресурсы, эти модели становятся незаменимым инструментом для развития энергетических систем будущего, способных удовлетворять потребности как современных, так и будущих поколений, обеспечивая их энергией безопасным, эффективным и устойчивым образом.

Литература

1. https://bntu.by
2. https://elib.gstu.by
3. https://elib.belstu.by
4. https://top-technologies.ru

УДК 621.311

РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОТЛА ГМ-50 СТ.1-4

Попова П.А., Ашейчик Д.О.
Научный руководитель – Бань Л.В., ст. преподаватель

Энергетические характеристики котлов ГМ-50-14/250 ст. № 1…4, которые не имеют конструктивных отличий и оснащены одинаковым вспомогательным оборудованием, составлены для работы на мазуте как единые для всех четырёх котлов. Исходными данными для разработки характеристик являлись материалы испытаний котла ст. № 3 в расширенном диапазоне нагрузок (15…50 т/ч) с номинальными параметрами перегретого пара и тепловых испытаний котла ст. № 4, проведенных ОАО «Белэнергоремналадка», соответственно, в 1998 г. и в 2005 г. Для нормирования показателей при нагрузках котла 25…50 т/ч использованы рекомендации ОАО "Белэнергоремналадка" по унификации важнейших нормируемых промежуточных показателей (температура уходящих газов, избытки воздуха в режимном сечении и др.) однотипных котлов котельных. Характеристики составлены без учёта допуска на эксплуатационные условия и поправки на старение оборудования. Расчёт нормируемых показателей, условия построения характеристик, графические и аналитические зависимости и поправки к ним представлены в расчётной таблице № 1.16.

Энергетические характеристики котла КВГМ-100 ст.5 разработаны на основе результатов испытаний, проведенных в 2004 г. ОАО «Белэнергоремналадка» для диапазона нагрузок 35 -70 МВт (30-60

Гкал/час). Режимы работы котла КВГМ-100 с нагрузками выше 70 МВт не используются в связи с недостаточными тепловыми нагрузками присоединенных к тепловой сети ТЭЦ-5 потребителей. Характеристики составлены без учёта допуска на эксплуатационные условия. Расчёты показателей, условия построения характеристик, графические и аналитические зависимости в таблице 1.16.

Таблица 1.16 расчет энергетических характеристик котла ГМ-50 ст. 1-4

Топливо: мазут; Q_H^P = 40 405 *кДж/кг* (9650 *ккал/кг*), W^P = 1,5 %, S^P = 2,2 %

Наименование величины	**Обозначение**	**Метод определения**	**Паропроизводительность,** $Д_К, т/ч$				
			15	**20**	**30**	**40**	**50**
1. Давление в барабане, *МПа*	$P_{БАР}$	Результаты испытаний	1,52	1,52	1,57	1,62	1,62
2. Давление перегретого пара, *МПа*	$P_{ПЕ}$	Результаты испытаний	1,37				
3. Температура перегретого пара, °*С*	$t_{ПЕ}$	То же	250				
4. Температура питательной воды, °*С*	$t_{ПВ}$	То же	104				
5. Давление питательной воды, *МПа*	$P_{ПВ}$	То же	2,35				
6. Энтальпия питательной воды, *кДж / кг* (*ккал / кг*)	$i_{ПВ}$	Теплофизические свойства воды и водяного пара	437,85 (104,5)				
7. Энтальпия котловой воды в барабане, *кДж / кг* (*ккал / кг*)	$i_{КВ}$	То же	848,06 (202,4)	848,06 (202,4)	854,76 (204,0)	861,46 (205,6)	861,46 (205,6)

Наименование величины	**Обозначение**	**Метод определения**	**Паропроизводительность, $Д_К, т/ч$**				
			15	**20**	**30**	**40**	**50**
8. Энтальпия перегретого пара, $кДж/кг$ ($ккал/кг$)	$i_{ПЕ}$	То же	2928,4 (699,4)				
9. Непрерывная продувка, %	p	ПТЭ § 4.8.27	5				
10. Расход непрерывной продувки, %	$Д_{Н.ПР.}$	$p \cdot Д_К \cdot 10^{-2}$	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50
11. Выработка котлом тепла брутто, $МВт$ ($Гкал/ч$)	$Q_К^{БР}$	$\left[Д_К \cdot (i_{ПЕ} - i_{ПВ}) + Д_{Н.ПР.} \cdot (i_{КВ} - i_{ПВ})\right] \cdot 10^{-3}$	10,47 (9,0)	13,95 (12,0)	20,93 (18,0)	27,91 (24,0)	34,88 (30,0)
12. Расход питательной воды, $т/ч$	$Д_{ПВ}$	$Д_К + Д_{Н.ПР.}$	15,75	21,00	31,50	42,00	52,50
13. Количество работающих горелок, *шт.*	n	По режимной карте	4				
14. Температура холодного воздуха, $°C$	$t_{ХВ}$	То же	17				
15. Температура воздуха перед калориферами, $°C$	$t'_{КАЛ}$	То же	20	20	20	20	20
16. Температура воздуха перед ВП, $°C$	$t'_{ВП}$	Результаты испытаний	90	90	90	90	90

Наименование величины	Обозначение	Метод определения	Паропроизводительность, $Д_К, т/ч$				
			15	**20**	**30**	**40**	**50**
17. Коэффициент избытка воздуха в режимном сечении.	$\alpha_{РС}$	Результаты испытаний	2,34	2,08	1,54	1,25	1,14
18. Суммарные присосы воздуха в конвективную шахту.	$\Delta\alpha_{ПР}$	Результаты испытаний	0,66	0,57	0,46	0,40	0,36
19. Коэффициент избытка воздуха в уходящих газах.	$\alpha_{УХ}$	$\alpha_{РС} + \Delta\alpha_{ПР}$	3,00	2,65	2,00	1,65	1,50
20. Коэффициент избытка воздуха на входе в ВП	$\alpha'_{ВП}$	$\alpha_{РС} - \Delta\alpha_{Т}$; где, $\Delta\alpha_{Т} = \Delta\alpha_{Т}^{Н} \cdot \frac{Д_Н}{Д_К^i}$ $\Delta\alpha_{Т}^{Н} = 0,15$	1,84	1,70	1,29	1,06	0,99
21. Нагрев воздуха в калориферах, $°C$	$\Delta t_{КАЛ}$	$t'_{ВП} - t'_{КАЛ}$	70	70	70	70	70
22. Температура уходящих газов, $°C$	$t_{УХ}$	По режим. карте с учетом $\Delta\alpha_{Т}$ и $\Delta\alpha_{ПР}$	142,9	143,0	143,4	146,8	159,7
23. Температура мазута, $°C$	$t_М$	По режимной карте	120				
24. Тепло, вносимое в котел подогретым воздухом, $кДж/кг$ ($ккал/кг$)	$Q_{В.ВН}$	$0,35 \cdot \alpha'_{ВП} \cdot \Delta t_{КАЛ} \cdot (1 + 0,006 \cdot W^{П}) \cdot Q^{Р}_{Н} \cdot 10^{-3}$	1 823 (435)	1 689 (403)	1 278 (305)	1 052 (251)	980 (234)

Наименование величины	Обозначение	Метод определения	Паропроизводительность, $Д_К, т/ч$				
			15	**20**	**30**	**40**	**50**
25. Тепло, вносимое в котел подогретым мазутом и паровым дутьём, $кДж/кг$ ($ккал/кг$)	$Q_{ТЛ}$	$(0,415+0,0006\cdot t_М)\cdot t_М + d_Ф\cdot(i_Ф - i_Н)$; $d_Ф = 0,05 кг/кг$ при $Д_Н$	255 (60,9)				
26. Коэффициент, учитывающий дополнительное тепло, вносимое подогретым вне котла топливом и воздухом.	K_Q	$\frac{1}{1+\frac{Q_{В.ВН}}{Q_Н^Р}+\frac{Q_{ТЛ}}{Q_Н^Р}}$	0,9511	0,9541	0,9634	0,9686	0,9703
27. Располагаемое тепло топлива, $кДж/кг$ ($ккал/кг$)	$Q_Р^Р$	$\frac{Q_Н^Р}{K_Q}$	42 512 (10 146)	42 378 (10 114)	41 967 (10 016)	41 741 (9 962)	41 670 (9 945)
28. Приведенная влажность, $кг\cdot\%\cdot 10^3/кДж$ ($кг\cdot\%\cdot 10^3/ккал$)	$W^П$	$\frac{W^Р\cdot 10^3}{Q_Н^Р}$	0,037 (0,155)				

Наименование величины	Обозначение	Метод определения	Паропроизводительность, $Д_К, т/ч$				
			15	**20**	**30**	**40**	**50**
29. Коэффициент, учитывающий влияние $t_{УХ}$ на теплоемкость продуктов сгорания	A_t	$0{,}9805 + 0{,}00013 \cdot t_{УХ}$	0,9991	0,9991	0,9991	0,9996	1,0013
30. Коэффициенты, зависящие от вида и качества топлива	K	$3{,}495 + 0{,}08 \cdot W^{П}$	3,498				
	c	$0{,}44 + 0{,}17 \cdot W^{П}$	0,446				
	b	0,.13	0,13				
31. Потери тепла с уходящими газами, %	q_2	$\left(K \cdot \alpha_{УХ} + c\right) \cdot \left(t_{УХ} - \frac{\alpha_{УХ} \cdot t_{ХВ}}{\alpha_{УХ} + b}\right) \cdot K_{q_2} \cdot 10^{-2}$	13,45	11,73	9,12	7,85	7,96
32. Потери тепла с химическим и механическим недожогом, %	$q_3 + q_4$	Результаты испытаний	0,05				
33. Потери тепла в окружающую среду, %	q_5	$q_5 = q_5^H \cdot \left(Q_K^{БР(Н)} / Q_K^{БР}\right)$; $q_5^H = 0{,}92\%$	3,07	2,30	1,53	1,15	0,92
34. КПД котлоагрегата брутто, %	$\eta_K^{БР}$	$100 - q_2 - q_3 - q_4 - q_5$	83,73	85,92	89,30	90,95	91,07
35. Расход натурального топлива, $т/ч$	$B_{НАТ}$	$\frac{Q_K^{БР} \cdot 10^5}{Q_P^P \cdot \eta_K^{БР}}$	1,06	1,38	2,01	2,65	3,31

Наименование величины	Обозначение	Метод определения	Паропроизводительность, $Д_К, т/ч$				
			15	20	30	40	50
36. Расход электроэнергии на тягу, дутье, $кВт/МВт$ ($кВт \cdot ч/Гкал$)	$Э_{Т+Д}$	Результаты испытаний	10,5 (12,2)	8,7 (10,1)	6,7 (7,8)	5,2 (6,1)	4,3 (5,0)

Литература

1. Методические указания по нормированию расходов тепла на отопление и вентиляцию производственных зданий тепловых электростанций. МУ 34□70□079□84. М., Союзтехэнерго, 1984.
2. Отчет по тепловым испытаниям котла КВГМ-100 №5 пусковой котельной Минской ТЭЦ-5 при сжигании мазута.Мн. БЭРН, 2004
3. Технический отчет. Тепловые испытания котла ГМ-50-14/250 №4 пускорезервной котельной ТЭЦ-5 при сжигании мазута.Мн. БЭРН, 20
4. Теория автоматического управления: учебное пособие / Г.Т. Кулаков [и др.]; под ред. Г.Т. Кулакова. Минск: Вышэйшая школа, 2022. – 197 с.
5. Кулаков, Г.Т. Результаты модельных и экспериментальных исследований показателей качества типовых и модернизированных регуляторов впрысков котла ТГМП–114 энергоблока №2 Лукомльской ГРЭС / Г.Т. Кулаков [и др.] // Инновационные технологии, автоматизация и мехатроника в машино- и приборостроении: материалы XI международной научно-практической конференции / ред. кол. Околов А.Р. (гл. ред.) [и др.]; Минск: Бизнесофсет, 2023. С. 84-88

УДК 621.311

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ИСЧИСЛЕНИЯ В АНАЛИЗЕ И МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭКОНОМИКИ

Юшкевич А. В., Барладян М. В.
Научный руководитель – Бань Л.В., ст. преподаватель

Энергетический менеджмент и энергетическая экономика являются критически важными областями в современном мире, где устойчивое развитие и эффективное использование ресурсов становятся приоритетными задачами. Оптимизация энергопотребления, снижение

затрат на энергию и повышение энергоэффективности требуют глубокого понимания процессов, лежащих в основе энергетических систем. Математическое моделирование, в частности, с использованием интегрального исчисления, предоставляет мощный инструмент для анализа и прогнозирования поведения этих систем, а также для разработки эффективных стратегий управления.

Интегральное исчисление — это раздел математики, изучающий интегралы и их применение. Интегралы позволяют находить площади под кривыми, объемы тел вращения и решать множество других задач. В контексте энергетического менеджмента интегралы используются для анализа потоков энергии, оценки затрат и оптимизации процессов.

Применение интегрального исчисления в энергетическом менеджменте:

Одним из ключевых аспектов энергетического менеджмента является понимание и прогнозирование энергопотребления. Интегралы позволяют нам анализировать динамику энергопотребления во времени и пространстве.

Интегральное представление суммарного энергопотребления: если P(t) представляет собой функцию мощности, потребляемой в момент времени t, то суммарное энергопотребление за период времени от t_1 до t_2 можно вычислить как определенный интеграл:

$$E = \int_{t_1}^{t_2} P(t)dt$$

Где E – общее потребление энергии, P(t) – мощность в момент времени t, t_1 и t_2 – начальный и конечный момент времени соответственно.

Этот интеграл представляет собой площадь под кривой мощности P(t) и позволяет оценить общее количество энергии, потребленной за заданный период.

Энергопотребление зависит от множества факторов, таких как температура окружающей среды, время суток, день недели, и т.д. Интегральные модели могут учитывать эти переменные, представляя мощность как функцию нескольких переменных: P(t, T(t), D(t)) , где T(t) – температура, D(t) – день недели. В этом случае, интеграл становится более сложным, но позволяет более точно моделировать энергопотребление.

Применение интегрального исчисления в энергетической экономике:

Энергетическая экономика изучает экономические аспекты производства, распределения и потребления энергии. Интегралы играют важную роль в анализе затрат, доходов и прибыли в энергетических проектах.

Затраты на производство энергии могут меняться со временем, например, из-за изменения цен на топливо или из-за износа оборудования. Если Z(t)

представляет собой функцию затрат на производство энергии в момент времени t, то суммарные затраты за период времени от t_1 до t_2 можно вычислить как:

$$Z = \int_{t_1}^{t_2} Z(t)dt$$

Аналогично, доходы от продажи энергии можно оценить, интегрируя функцию доходов R(t) по времени:

$$R = \int_{t_1}^{t_2} R(t)dt$$

Интегральное исчисление является мощным инструментом в анализе и моделировании процессов энергетического менеджмента и энергетической экономики. Оно позволяет эффективно решать задачи, связанные с оптимизацией, оценкой экономической эффективности и анализом рисков. В условиях растущей потребности в устойчивом развитии и эффективном использовании ресурсов применение интегрального исчисления будет только возрастать.

Литература

1. Центр сертификации в Минске: сертификация продукции в Беларуси[Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://standartno.by/blog/articles/management-system/organization-objectives-and-functions-of-energy-management/#third – Дата доступа: 28.04.2025.

2. Особенность экономики в энергетической отрасли | Статья в журнале «Молодой ученый» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://moluch.ru/archive/146/41076/ – Дата доступа: 28.04.2025.

3. Integral Calculus | GeeksforGeeks [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.geeksforgeeks.org/integral-calculus/ – Date of access: 28.04.2025.

4. Зависимость электропотребления от влияния различных факторов. Анализ потребления электроэнергии по ОЭС и энергосистемам 2012–2014 гг. / Статья в журнале «Молодой ученый» [Электронный ресурс].– Режим доступа: https://moluch.ru/archive/86/16264/ – Дата доступа: 28.04.2025.

УДК 51-74

МАТЕМАТИКА ЭНЕРГИИ: ОТ УРАВНЕНИЙ К УСТОЙЧИВОМУ БУДУЩЕМУ

Куцепалова Д.А.
Научный руководитель – Бричикова А.П., ассистент

Сейчас весь мир говорит об энергетике: как сделать её дешевле, эффективнее и экологичнее. Но мало кто задумывается, что за этим стоит не только физика и инженерия, но и математика. Именно уравнения и алгоритмы помогают рассчитать, как лучше распределять энергию, снижать потери и переходить на возобновляемые источники.

В этой работе я разберу, как математические модели применяются в энергетике, как с их помощью можно оптимизировать системы и что они дают для устойчивого развития.

Энергетика – это сложная система, где всё взаимосвязано. Чтобы её анализировать, используют уравнения из разных областей науки:

- *Термодинамика* (уравнения теплопередачи, КПД станций).
- *Гидродинамика* (расчёт потоков воды в ГЭС).
- *Электродинамика* (распределение тока в сетях).

Например, чтобы спрогнозировать нагрузку на электростанцию, применяют дифференциальные уравнения. А чтобы учесть все факторы, используют численные методы, такие как метод конечных элементов.

Пример: Авария в энергосистеме США (2003 год)

В августе 2003 года в США и Канаде произошлакрупнейшая веерная авария – без электричества остались более 50 миллионов человек. Причина? Перегрузка линий электропередач из-за неправильного распределения нагрузки. Этот пример показывает, чтобез математики энергетика была бы слепой – аварии случались бы чаще, а электричество было бы менее стабильным. Сейчас же, благодаря уравнениям, мы можемпредсказывать и предотвращатьсерьёзные сбои

После этого случая инженеры началиактивно применять математические моделидля прогнозирования аварий. Вот как это работает:

1.*Дифференциальные уравнения*описывают, как ток распределяется по сети.

2.*Численны еметоды* (например, метод Ньютона-Рафсона) помогают рассчитать, где может возникнуть перегрузка.

3.*Компьютерные программы* (типа PowerWorld или MATLAB) моделируют разные сценарии и показывают слабые места.

Благодаря этим расчётам сегодня энергосистемы сталинадёжнее.

Энергию нужно не только производить, но и грамотно распределять. Здесь помогает математическая оптимизация:

- *Линейное программирование* – например, как распределить энергию между городами с минимальными потерями.

-*Нелинейные методы*– если нужно учесть переменные факторы, например, погоду.

-*Машинное обучение*– нейросети предсказывают пики потребления,чтобы станции не работали вхолостую.

Без этих методов КПД энергосистем был бы намного ниже.

Солнце и ветер – хорошие, но нестабильные источники энергии. Чтобы их эффективно использовать, нужны точные расчёты:

-*Модели солнечных панелей*– как угол наклона и облачность влияют на выработку.

-*Статистика ветрогенераторов*– где их ставить, чтобы ловить максимум ветра.

-*Балансировка сетей*– как компенсировать перепады, когда нет солнца или ветра.

Без математики ВИЭ были бы ненадёжными, но сейчас их доля в энергосистемах растёт.

Устойчивое развитие и математическое прогнозирование

Чтобы перейти на «зелёную» энергию, нужно просчитать все варианты:

-*Сценарии перехода*– сколько нужно ветряков и солнечных станций, чтобы заменить уголь.

- *Экономические модели*– когда инвестиции в ВИЭ окупятся.

-*Big Data в энергетике*– умные сети (smartgrids) анализируют данные в реальном времени и перераспределяют энергию.

Без точных расчётов такой переход был бы хаотичным и дорогим.

Математика – это не просто цифры и формулы. В энергетике она помогает делать реальные вещи: снижать затраты, повышать эффективность и переходить на чистую энергию.

В будущем её роль будет только расти, особенно с развитием ИИ и bigdata. Но важно помнить, что одних уравнений мало – нужны ещё инженеры, экономисты и политики, чтобы воплотить эти расчёты в жизнь.

Литература

1.Математические модели в энергетике. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:https://portal.tpu.ru/SHARED/i/IOM/liter/Tab/M_Datsenko_Mat_mod_v_el_snab_2005.pdf. – Дата доступа: 08.05.2025.

2. Авария в энергосистеме США и Канады(2003). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Авария_в_энергосистеме_США_и_Канады_(2003). – Дата доступа: 08.05.2025.

3.Математические модели повышают эффективность источников энергии. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:https://new.ras.ru/activities/news/matematicheskie-modeli-povyshayut-effektivnost-istochnikov-energii/. – Дата доступа: 08.05.2025.

4. Применение технологии больших данных (Big Data) в энергетике. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:https://eepir.ru/new/obzor-panelnoj-diskussii-primenenie-tehnologii-bolshih-dannyh-big-data-v-energetike/. – Дата доступа: 08.05.2025.

УДК 51-74

ОПТИМИЗАЦИЯ: МЕТОДЫ ЛИНЕЙНОГО И НЕЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ИНЖЕНЕРИИ

Кузнецова В.С.
Научный руководитель – Бричикова А.П., ассистент

Оптимизация – это процесс поиска наилучшего решения из множества возможных вариантов. Целью оптимизации является максимизация (или минимизация) целевой функции при соблюдении ограничений.

Два основных класса задач оптимизации: линейное программирование (ЛП) и нелинейное программирование (НЛП). Различие основано на линейности целевой функции и ограничений.

Важность оптимизации в инженерии: проектирование оптимальных конструкций, управление процессами, планирование ресурсов, повышение эффективности и снижение затрат.

Линейное программирование (ЛП) – целевая функция и ограничения представляют собой линейные функции от переменных.

*Методы решения:*симплекс-метод (наиболее распространенный алгоритм для решения задач ЛП, эффективен для задач с относительно небольшим числом переменных);метод внутренней точки (эффективный алгоритм для задач большой размерности);двойственность в ЛП (позволяет получить дополнительную информацию о решении и использовать двойственные задачи для решения исходной).

*Применение в инженерии:*оптимизация транспортных задач (нахождение оптимальных маршрутов доставки);планирование производства (определение оптимального объема выпуска продукции); распределение ресурсов (определение оптимального распределения ресурсов между различными проектами); линейное проектирование конструкций (определение оптимальных размеров элементов конструкций).

Нелинейное программирование (НЛП)– целевая функция или ограничения (или и то, и другое) являются нелинейными функциями. Значительно более сложный класс задач, чем ЛП.

*Классификация задач НЛП:*задачи безусловной оптимизации (без ограничений), задачи условной оптимизации (с ограничениями), выпуклые задачи (имеют единственный глобальный оптимум),невыпуклые задачи (могут иметь несколько локальных оптимумов).

*Методы решения НЛП:*градиентные методы (метод наискорейшего спуска, метод Ньютона);методы второго порядка (метод Ньютона, квазиньютоновские методы); методы безградиентной оптимизации (метод имитации отжига, генетические алгоритмы); методы решения задач с ограничениями (метод множителей Лагранжа, метод штрафных функций, метод барьерных функций); условия оптимальности (условия Куна-Таккера для НЛП более сложные, чем для ЛП);генетические алгоритмы (имитируют естественный отбор для поиска оптимального решения); метод имитации отжига (имитирует процесс охлаждения металла для поиска глобального оптимума,устойчив к попаданию в локальные оптимумы); нейронные сети (могут использоваться для аппроксимации целевой функции и поиска оптимального решения).

*Применение методов НЛП в инженерии:*оптимизация конструкций (поиск оптимальных размеров и форм элементов конструкций с учетом прочности, жесткости и веса); управление процессами (оптимизация параметров технологических процессов для достижения максимальной производительности и качества продукции); обработка изображений (оптимизация параметров алгоритмов обработки изображений для достижения наилучшего качества изображения); робототехника (оптимизация траектории движения робота для выполнения определенной задачи); аэродинамика (оптимизация формы летательных аппаратов для уменьшения сопротивления воздуха);оптимизация энергетических систем (оптимизация работы электростанций, распределение энергии в сетях); оптимизация систем водоснабжения (выбор оптимальных диаметров труб, оптимизация работы насосных станций).

Характеристика	**Линейное программирование (ЛП)**	**Нелинейное программирование (НЛП)**
Целевая функция и ограничения	Линейные	Нелинейные
Сложность решения	Относительно простая	Сложная
Количество оптимумов	Один глобальный оптимум	Может иметь несколько локальных оптимумов
Методы решения	Симплекс-метод, метод внутренней точки	Градиентные методы, методы второго порядка, безградиентные методы
Применение	Транспортные задачи, планирование производства, распределение ресурсов	Оптимизация конструкций, управление процессами, обработка изображений

Рис.1. Сравнение ЛП и НЛП.

*Факторы, влияющие на выбор метода:*характер целевой функции и ограничений (линейные или нелинейные);размерность задачи (количество переменных и ограничений);требуемая точность решения; вычислительные ресурсы; доступность специализированного программного обеспечения.

*Программное обеспечение для оптимизации:*MATLAB с OptimizationToolbox,Python с библиотеками SciPy, CVXOPT, GAMS, Lindo, CPLEX.

Примеры практического применения в инженерии (более подробно):

✓ Оптимизация конструкции моста: использование НЛП для определения оптимальных размеров балок и опор моста, минимизирующих вес конструкции при соблюдении требований прочности и жесткости. Выбор алгоритма (например, генетические алгоритмы) будет зависеть от сложности геометрии и используемых материалов.

✓ Оптимизация процесса химического синтеза: использование ЛП или НЛП (в зависимости от нелинейности кинетических уравнений) для определения оптимальных параметров процесса (температура, давление, концентрации реагентов), максимизирующих выход целевого продукта.

✓ Оптимизация системы водоснабжения: использование НЛП для определения оптимальных диаметров труб в сети водоснабжения, минимизирующих затраты на строительство и эксплуатацию при обеспечении требуемого давления и расхода воды. Учет местных сопротивлений (задвижки, повороты труб) критически важен.

Заключение:

Методы линейного и нелинейного программирования являются мощными инструментами для решения различных задач оптимизации в инженерии. Выбор оптимального метода зависит от конкретной задачи и доступных ресурсов. Современные тенденции в области оптимизации направлены на разработку более эффективных и универсальных методов, способных решать все более сложные задачи. Понимание основ линейного и нелинейного программирования является важным навыком для инженеров всех специальностей.

Литература

1. Гасс С. Линейное программирование (методы и приложения) / С. Гасс. – М.: Физматлит, 1961. – 304 с.
2. Юдин Д. Б. Линейное программирование. Теория и конечные методы / Д. Б. Юдин, Е. Г. Гольштейн. – М.: Наука, 1969. – 424 с.
3. Хемди А. Таха Введение в исследование операций / А. Таха. – М.: Вильямс, 2005. – 912 с.
4. Базара М. Оптимизация. Теория и алгоритмы. В 2 томах. Т. 1 / М. Базара, Х. Шетти, К. М. Шетти. – М.: Мир, 2014. – 416 с.

5. М. Оптимизация. Теория и алгоритмы. В 2 томах. Т. 2 / М. Базара, Х. Шетти, К. М. Шетти. – М.: Мир, 2014. – 416 с.
6. Чанг К. Оптимизация для инженеров / К. Чанг. – М.: Мир, 2017. – 352 с.
7. Кузнецов А.В. Математическое программирование / А.В. Кузнецов, В.И. Сакович, Н.И. Холод. - Минск: Вышэйшая школа, 1994. - 288 с.
8. Сухарев А.Г. Курс методов оптимизации / А.Г. Сухарев, А.В. Тимохов, В.В. Федоров. - М.: Наука, 1986. - 328 с.
9. Зайченко Ю.П. Исследование операций / Ю.П. Зайченко. - Киев: Вища школа, 1988. - 552 с.
10. Алексеев В.М. Оптимальное управление / В.М. Алексеев, В.М. Тихомиров, С.В. Фомин. - М.: Наука, 1979. - 432 с.
11. https://moodle.kstu.ru/
12. https://1fin.ru/

УДК 624.21

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ В ОБУЧЕНИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Мильяненко А. А.
Научный руководитель – Евсюк А. В., ассистент

Несмотря на появление большого количества новых методов обучения искусственных интеллектов и их постоянное улучшение, основным инструментом обучения остаются производные. Производные используются в различных процессах, связанных с обучением ИИ. Главной задачей, которую выполняют производные в обучении ИИ является их оптимизация.

Машинное обучение – специальные методы, разработанные для обучения искусственного интеллекта без введения новых данных в программный код.

Существует несколько способов применения производных в машинном обучении. Выбранный способ зависит от задачи, для которой он будет использоваться и знаний пользователя.

Одним из первых способов обучения искусственных интеллектов, особенно нейронных сетей, является градиентный спуск. Также он является одним из самых популярных методов в различных стилях машинного обучения.

Градиентный спуск – это специальный алгоритм, позволяющий находить минимальные и максимальные значения функции потерь с помощью их движения вдоль градиента. Градиент – это вектор, который направлен в сторону наибыстрейшего роста какой-либо скалярной величины. Минимизация любой функции заключается в нахождении самой глубокой

точке на пространственном графике функции. Точка минимума является точкой наименьшей ошибки ответа искусственного интеллекта и, соответственно, максимальной точности.

Для быстрого нахождения точки минимума следует использовать постоянную формулу шага градиентного спуска:

$$\theta_j = \theta_j - \alpha \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} (h_\theta(x^{(i)}) - y^{(i)}) * x_j^{(i)}.$$

Простыми словами процесс градиентного спуска можно разделить на несколько основных этапов (для примера взята функция f(a,b), a a, b – коэффициенты, которые необходимо найти для определения минимума функции):

1. В первом этапе следует вычислить градиент функции;
2. Далее необходимо умножить значение градиента на выбранный шаг и данное произведение вычесть из предыдущего значения коэффициента;
3. Если значение с новым коэффициентом уменьшилось, то градиентный спуск движется в нужном направлении;
4. На заключительном этапе предыдущие шаги производятся до того момента, когда изменение значений станет не существенным.

Существует метод ускорения градиентного спуска – это метод оптимизации Ньютона. В данном способе ускорение происходит за счет использования не только градиентов, но и матриц вторых производных (матриц Гессе).

$$\nabla^2 L(w) = \begin{pmatrix} \frac{\partial L(w)}{\partial w_1 \partial w_1} & \cdots & \frac{\partial L(w)}{\partial w_1 \partial w_D} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial L(w)}{\partial w_D \partial w_1} & \cdots & \frac{\partial L(w)}{\partial w_D \partial w_D} \end{pmatrix} \in R^{D*D}.$$

Благодаря вторым производным можно ускорить сходимость, так как в ней содержится информация о скорости изменения градиента. Чем медленнее меняется градиент, тем больше становится шаг обучения и наоборот.

Метод обратного распространения ошибок является одним из самых популярных алгоритмов обучения плоскослоистых нейросетей прямого распространения. Данный способ относится к машинному обучению с учителем. Данный метод основан на использовании выходной ошибки нейронной сети, которая помогает вычислять величины коррекции весов в скрытых слоях сети.

$$E = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{k}(y - y')^2,$$

где k – число выходных нейронов сети, y – целевое значение, y′ – фактическое выходное значение.

Автоматическое дифференцирование – это вычислительный метод, который используется для оценки производной функции, заданной программой. Данный способ отличается от других дифференцирований методом работы. Благодаря этому данный способ может вычислять производные по выходным данным и эффективно использоваться в машинном обучении. Данный способ используется во многих сферах. В машинном обучении автоматическое дифференцирование используется для улучшения работы метода обратного распространения ошибок.

Одним из способов решения задач стохастической оптимизации является метод логарифмической производной. Данный метод заключается в применении правила для градиента к параметрам θ логарифма функции p(x;θ):

$$\nabla\theta log p(x;\theta) = \frac{\nabla\theta p(x;\theta)}{p(x;\theta)}.$$

В заключение можно сказать, что производные занимают важное место в работе с искусственными интеллектами и нейронными сетями. В зависимости от алгоритма, в котором используются производные, они могут помогать уменьшать величину ошибки, увеличивать стабильность при работе ИИ и нейросетей и т.д.

Литература

1. Градиентный спуск: всё, что нужно знать: [сайт]. – URL: https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/gradient-descent/ (дата обращения: 11.05.2025).
2. Градиентный спуск: что это такое и почему его так любят в ML: [сайт]. – URL: https://blog.skillfactory.ru/gradientnyy-spusk-chto-eto-takoe/ (дата обращения: 11.05.2025).
3. Реализация градиентного спуска на C#: [сайт]. – URL: https://lsreg.ru/realizaciya-gradientnogo-spuska-na-c/ (дата обращения: 11.05.2025).
4. Метод Ньютона: [сайт]. – URL: https://deepmachinelearning.ru/docs/Machine-learning/Numerical-optimization/Newton-method (дата обращения: 11.05.2025).

5. Алгоритм обратного распространения ошибки (Back propagation algorithm): [сайт]. – URL: https://wiki.loginom.ru/articles/back-propagation-algorithm.html (дата обращения: 11.05.2025).
6. Метод обратного распространения ошибки: [сайт]. – URL: https://education.yandex.ru/handbook/ml/article/metod-obratnogo-rasprostraneniya-oshibki (дата обращения: 11.05.2025).
7. Обучение нейронных сетей с обратным распространением ошибки: [сайт]. – URL: https://sky.pro/wiki/python/obuchenie-nejronnyh-setej-s-obratnym-rasprostraneniem-oshibki/ (дата обращения: 11.05.2025).
8. Что такое: автоматическая дифференциация: [сайт]. – URL: https://ru.statisticseasily.com/glossario/what-is-automatic-differentiation/ (дата обращения: 11.05.2025).
9. Логарифмируй это: метод логарифмической производной в машинном обучении: [сайт]. – URL: https://habr.com/ru/companies/wunderfund/articles/335614/ (дата обращения: 11.05.2025).

УДК 378.146

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОСТАВЛЕНИЮ И СОДЕРЖАНИЮ ТЕСТОВ ПО ТЕМЕ «НЕОПРЕДЕЛЕННЫЕ И ОПРЕДЕЛЕННЫЕ ИНТЕГРАЛЫ»

Боровцова В. Ю.
Научный руководитель – Кожевко О.Ф., ст. преподаватель

Целью данной работы является разработка и анализ контрольных тестов, предназначенных для оценки знаний студентов в области интегрального исчисления, включая определенные и неопределенные интегралы. В рамках исследования были изучены структура и содержание тестов, проведена оценка их валидности. Подход к анализу базируется на соблюдении академических стандартов и использовании общедоступных образовательных ресурсов [1]. И методических рекомендаций по валидности тестов.

Создание контрольных тестов по интегралам требует глубокого понимания как педагогических принципов, так и специфических трудностей, связанных с обучением интегральному исчислению. Исследования свидетельствуют [2], что качественные тесты должны отвечать требованиям валидности, надежности, дифференцирующей способности и практичности, чтобы эффективно оценивать знания студентов и способствовать их учебному процессу.

В условиях насыщенного образовательного процесса на проверку знаний студента требуется выделять значительное количество времени, поэтому для быстрой и всесторонней проверки знаний целесообразно использовать математические тесты.

Рассмотрим принципы создания педагогических тестов

Основой для разработки тестов служат принципы, обеспечивающие их надежность и валидность. Как отмечается в статье "A Primer on the Validity of Assessment Instruments" [3], валидность и надежность являются фундаментальными характеристиками, требующими тщательной проработки.

Валидность отражает способность теста измерять именно те аспекты знаний, для которых он предназначен. В контексте интегралов это предполагает содержательную, конструктную и критериальную валидность.

Надежность характеризует стабильность результатов теста. Для ее оценки применяются: внутренняя согласованность, реестровая и межоценочная надежность.

Тест должен различать студентов с разным уровнем подготовки. Это обеспечивается включением заданий разной сложности, структурированных по типам: воспроизведение (базовые вычисления), применение (практические задачи) и рефлексия (анализ свойств).

Тест должен быть удобным в проведении и оценивании, что предполагает ограниченное время выполнения, понятные инструкции и возможность оперативной обратной связи.

При конструировании тестов создатели сталкиваются с определенными трудностями: концептуальные трудности, контекст обучения, дизайн оценки, рамка для дизайна оценки.

В тестах встречаются следующие типы задач [4]: задачи воспроизведения, задачи применения, задачи генерации и рефлексии. Отметим, что должен быть соблюден баланс между вычислением и концепцией и обучающиеся должны получать обратную связь по своим результатам.

Предлагаем примерное содержание теста:

Анализ показал, что оптимальное число заданий в тесте по интегралам составляет 10-15. Это позволяет охватить ключевые аспекты темы, не перегружая студентов. Например, тесты на платформе Varsity Tutors содержат до 10 вопросов по отдельным темам, что подтверждает предложенный диапазон. Задания должны быть распределяются по темам и уровням сложности следующим образом:

Неопределенные интегралы (5 заданий):

Базовый уровень: Простые вычисления, например, $\int x^2 dx$ или $\int \sin(x) dx$.

Средний уровень: Задания с $\int x e^x dx$ или интегрированием по частям $\int x \ln(x) dx$.

Продвинутый уровень: Сложные методы, такие как разложение на частные дроби $\int \frac{1}{x^2-1} dx$.

Определенные интегралы (5 заданий):

Базовый уровень: Простые расчеты, например, $\int_0^1 x^2 dx$.

Средний уровень: Задания на свойства интегралов или вычисление площади $\int_{-1}^{1} x^3 dx$.

Продвинутый уровень: Неправильные интегралы $\int_0^{\infty} e^{-x} dx$ или приложения.

Таким образом опираясь на принципы создания контрольных тестов был предложен указанный выше вариант теста, который соответствует целям проверки знаний по темам: определенный интеграл и неопределенный интеграл. Дальнейшая работа может быть направлена на апробацию разработанных тестов в учебном процессе и анализ их эффективности.

Литература

1. Кодекс Республики Беларусь об образовании от 2022 г. № 243-З (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс] // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=hk1100243 (дата обращения: 05.05.2025).
2. Sullivan G. M. A Primer on the Validity of Assessment Instruments // Journal of Graduate Medical Education. – 2011. – Vol. 3, No. 2. – P. 119-120. – DOI: 10.4300/JGME-D-11-00075.1.
3. Bressoud D., Ghedamsi I., Martinez-Luaces V., Törner G. Teaching and Learning of Calculus // ICME-13 Topical Surveys. – Springer, 2016. – P. 1-37. – DOI: 10.1007/978-3-319-32975-8_1.
4. Suurtamm C., Kim S. Mathematics Classroom Assessment: A Framework for Designing Assessment Tasks and Interpreting Students' Responses // Frontiers in Education. – 2021. – Vol. 6. – Article 724936. – DOI: 10.3389/feduc.2021.724936.
5. Seppälä M., Caprotti O. Calculus Courses' Assessment Data // Journal of Learning Analytics. – 2017. – Vol. 4, No. 2. – P. 12-25.
6. Laursen S. L., Hassi M.-L., Hunter A.-B. Establishing a new standard of care for calculus using trials with randomized student allocation // Science. – 2023. – Vol. 381, Issue 6654. – P. 125-126. – DOI: 10.1126/science.ade9803.

7. Аванесов В. С. Композиция тестовых заданий. – М.: Ассоциация инженеров-педагогов, 1996. – 330 с.
8. Майоров А. Н. Педагогическое тестирование: теория, практика, технологии. – М.: Интеллект-центр, 2000. – 176 с.

УДК 621.3:517.3

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ИСЧИСЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Глухов Д.Г.
Научный руководитель – Кожевко О.Ф., ст. преподаватель

Интегральное исчисление играет ключевую роль в энергетике. Интегральное исчисление используется для решения задач, связанных с анализом и оптимизацией энергетических систем. позволяет описывать такие процессы, как преобразование энергии, распределение потока и накопление ресурсов и обеспечивается более глубокое понимание физических явлений и процессов.

Современные технологии энергетики требуют от специалистов способность применять математические модели для оценки эффективности систем, вследствие чего изучение и практическое применение различных видов интегралов становится особенно важным.

Целью данной работы является обзор и анализ основных видов интегралов, которые применяются в энергетике.

Исторически этапы применения различных видов интегралов соответствовали этапам развития интегрального исчисления. Первым в электроэнергетике стали применять определенный интеграл. Таковым является интеграл Джоуля, который применяется для оценки термической стойкости кабелей, шин, соединений, электрических аппаратов при коротких замыканиях. Интеграл Джоуля представляет собой определенный интеграл квадратичного тока по данному интервалу времени. Интеграл вычисляется по значению тока короткого замыкания в течение времени его протекания – от момента возникновения тока короткого замыкания до момента погасания дуги на контактах силового выключателя. Интеграл Джоуля позволял определить количество энергии, выделившейся на определенном объекте за время действия короткого замыкания.

Интеграл квадрата текущего значения тока за период времени в электроэнергетике (интеграл Джоуля) в математической форме записи имеет вид:

$$B_k = \int_0^{t_{откл}} i_{kt}^2 dt,$$

где B_k – импульс тепла, Дж; i_{kt} – ток короткого замыкания в момент времени t, кА; $t_{откл}$ – время выключения в период протекания короткого замыкания, с. Интеграл Джоуля используется в электроэнергетике для анализа термической резистенции систем защитного реле выключения при неправильной работе механизма. Вычисление интеграла Джоуля включает в себя процесс вычисления токов, идущих при коротком замыкании в коммутационном устройстве. Для вычисления значения этого интеграла требуется предварительно выявить место, где произошло короткое замыкание. Интеграл Джоуля определяет количество энергии, пропущенной через УЗО при испытаниях на условный ток короткого замыкания. Характеристика эта энергетическая, она позволяет комплексно оценить стойкость устройства при прохождении через него определенного количества энергии. При протекании через УЗО испытательного тока часть энергии выделяется в конструкции УЗО в виде тепла, динамических усилий, приложенных к проводникам, изоляционным элементам устройства.

Интеграл Джоуля для устройства защитного отключения с защитой от сверхтоков имеет несколько другой смысл. Он определен для встроенного устройства для защиты от сверхтоков – автоматического выключателя. Этот интеграл служит для определения характеристики автоматического выключателя и позволяет определять количество энергии, которую способен пропустить через себя автоматический выключатель до момента отключения тока короткого замыкания.

Для случая, когда короткое замыкание протекает за реактором и трансформаторами, и короткое замыкание произошло во всех генераторах цепи, интеграл Джоуля вычисляется по формуле:

$$B_k = I_{пс}^2 \left[t_{откл} + T_{а.эк.} \left(1 - e^{\frac{-2t_{откл}}{T_{а.эк.}}} \right) \right],$$

где $I_{пс}$ – фактическое значение периодического элемента тока короткого замыкания от эквивалентного источника питания (системы), кА; $T_{а.эк}$ – эквивалентная постоянная времени затухания непериодического элемента тока короткого замыкания, с.

Использование автоматических выключателей (реле) потребовало дальнейшего развития математических моделей, основанных на вычислении интеграла Джоуля, а также позволили расширить область применения этого интеграла в инженерном деле.

Сейчас интеграл Джоуля активно используют при создании конструкции дугогасительной камеры, а также системы магнитного взрыва.

Для расчета выходной энергии генератора также используется определенный интеграл. Он является определенным интегралом по времени от мгновенной мощности.

Кроме того, в электроэнергетике активно используются кратные, криволинейные и поверхностные интегралы. В данной работе рассмотрены лишь важнейшие случаи применения интегрального исчисления.

Тройные интегралы по объему внутри конденсатора, если поле внутри конденсатора неоднородное позволяют вычислять полную энергию *U*электрического поля, занимающего объем *V* по формуле:

$$U = \frac{1}{2}\iiint_V \varepsilon E^2 dV,$$

где U –полная энергия, ε – диэлектрическая проницаемость, E – напряженность электрического поля, dV – элементы объема.

Работа электрической силы, совершаемая при перемещении заряда из одной точки в другую, представляет собой криволинейный интеграл первого рода и вычисляется по формуле

$$A = \int_l F(x)dl,$$

где F – сила, действующая на заряд, dl – элемент перемещения.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что интегральное исчисление является инструментом для инженерных расчетов в электроэнергетике, и с развитием электроэнергетики сфера применения в ней математического аппарата, построенного на интегральном исчислении, будет расширяться, так как более сложным объектам и процессам соответствуют и более сложные математические структуры.

Литература

1. Интернет-портал «Справочник от автор 24»: [сайт]. – URL: https://spravochnick.ru/definitions/integral-dzhoulya/

УДК 519.6

О ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ БАЗОВЫМИ ПОНЯТИЯМИ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ И НЕКОТОРЫМИ ПРИНЦИПАМИ РАБОТЫ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ПРИМЕРАХ

Штейнерт Я.А.
Научный руководитель – Кожевко О.Ф., ст. преподаватель

Искусственный интеллект (далее - ИИ) переживает период развития, проникая в различные сферы человеческой деятельности. Успех

современных ИИ - систем во многом определяется применением сложных математических методов, лежащих в их основе. В данной работе рассматриваются роли изучаемых в курсе высшей математики концепций в создании и функционировании алгоритмов ИИ, которые используются наиболее часто.

Цель работы – определить взаимосвязь между базовыми понятиями высшей математики и некоторыми принципами работы алгоритмов машинного обучения на примерах.

Для достижения этой цели нами были поставлены следующие задачи:

- описать применение линейной алгебры в представлении данных и построении изображений;
- рассмотреть использование математического анализа в оптимизации алгоритмов;
- изучить роль теории вероятностей и статистики в машинном обучении;
- рассмотреть конкретные примеры применения математических методов в различных областях ИИ;
- оценить перспективы развития ИИ с учетом уровня современной математики.

Основой многих алгоритмов ИИ являются векторы и матрицы. Они позволяют эффективно представлять и обрабатывать данные.

Различные типы данных (например, изображения, тексты, временные ряды) могут быть компактно представлены в виде векторов и матриц.

Преобразование изображений в матрицы пикселей, а текстов в матрицы термов – это ключевые процессы в обработке данных, которые позволяют компьютерам воспринимать и анализировать визуальную и текстовую информацию. Вот как это происходит:

1) Растеризация: Изображение (обычно в формате JPEG, PNG, GIF и т.д.) сканируется по строкам и по столбцам.
2) Определение цвета пикселя: для каждого пикселя определяется его цвет.
3) Для черно-белых изображений: каждому пикселю присваивается значение от 0 (черный) до 255 (белый), представляющее уровень яркости.
4) Для цветных изображений: используются цветовые модели, такие как RGB (Red, Green, Blue). Каждый пиксель представляется тремя значениями (от 0 до 255) для красного, зеленого и синего цветов. Комбинация этих значений определяет итоговый цвет пикселя. Другие цветовые модели (например, HSV, CMYK) также могут использоваться.
5) Создание матрицы: все полученные значения пикселей организуются в матрицу (двумерный массив). Размер матрицы соответствует разрешению изображения (например, 1920x1080 пикселей).
6) Для черно-белого изображения: матрица будет двумерной, где каждый элемент представляет уровень яркости пикселя.

7) Для цветного изображения (RGB): можно представить как три двумерные матрицы (по одной для каждого цветового канала) или как одну трехмерную матрицу (ширина x высота x 3).

Важную роль в методах машинного обучения играет понятие градиента.

Метод градиентного спуска широко используется для оптимизации в машинном обучении. Он используется для нахождения минимума функции, которая обычно представляет собой функцию потерь (loss function), и представляет собой разность между предсказаниями модели и ее фактическими значениями. Данный алгоритм позволяет определить направление, в котором функция потерь убывает максимально быстро. Алгоритм градиентного спуска работает итеративно (т. е. многократно повторяясь), движение происходит в направлении, противоположном градиенту функции потерь. Метод градиентного спуска –представляет собой поиск направления, в котором минимум функции достигается быстрее всего, то есть он предназначен для минимизации функции потерь, что обеспечивает. Итого, сутью применения наименьшее значение ошибки.

Проиллюстрируем на конкретном примере идею применения метода:

Допустим, необходимо «научить» компьютерную программу предсказывать рост человека на основе его веса. Имеется набор данных с весом и ростом многих людей. Программа начинается со случайного предположения о взаимосвязи между весом и ростом (например, она может предположить, что при каждом увеличении веса на 1 килограмм рост увеличивается на 0,5 метра). Используя градиентный спуск, программа затем вычислит ошибку между своим прогнозом и фактическим ростом для каждого человека в наборе данных. Эта ошибка затем будет использована для определения градиента или направления изменения.

Затем программа скорректирует свое предположение относительно взаимосвязи между весом и ростом (например, она может уменьшить свое предположение об увеличении высоты до 0,49 метра при увеличении веса на 1 килограмм) и повторить процесс вычисления ошибки и определения градиента. Он будет продолжать повторять этот процесс, каждый раз обновляя свое предположение, пока ошибка не будет сведена к минимуму до заранее определенного уровня или не будет выполнен критерий остановки.

Если критерий остановки или ошибка сведена к минимуму, то считается, что программа на оптимальное соотношение между весом и ростом, которое она может использовать для прогнозирования новых данных.

Теория вероятностей и статистика находят широкое применение в задачах классификации (байесовские методы, наивный байесовский классификатор), регрессии, кластеризации, а также для оценки рисков и принятия решений в условиях неопределенности

Таким образом, линейная алгебра, математический анализ, теория вероятностей лежат в основе машинного обучения и применения ИИ, но с развитием ИИ сфера применения различных математических дисциплин в процессе разработки различных моделей ИИ будет расширяться, а новые открытия в различных областях математики будут способствовать дальнейшему развитие ИИ.

Перспективными направлениями являются разработка новых алгоритмов оптимизации, создание более мощных математических моделей для представления сложных данных или обработки больших массивов данных, а также применение новых математических инструментов для решения задач в таких областях, как объяснение решений ИИ, обеспечение надежности и безопасности ИИ - систем, а также разработка новых архитектур нейронных сетей.

Литература

1. https://nbpublish.com «О выборе уровней серого в задаче текстурной сегментации изображений на основе матриц яркостной зависимости»
2. Информационный интернет-портал «Хабр» - «Градиентный спуск простыми словами» https://habr.com/ru/articles/716380/
3. https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/gradient-descent/ статья «Градиентный спуск. Все, что надо знать»

УДК 519.2

ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТА ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ПРОГРЕССИИ ВОСПИТАТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

Казак И.Н.
Научный руководитель – Кожевко О.Ф., ст. преподаватель

Воспитательная работа со студентами является необходимой составляющей профессиональной подготовки специалистов с высшим образованием. Это юридически закреплено в кодексе об образовании Республики Беларусь [1].

С развитием постиндустриального общества формы и методы проведения воспитательной работы должны развиваться и дополняться новыми подходами. Риторическая составляющая должна быть содержательно дополнена применением положений точных наук, которые с одной стороны служат эффективным инструментом убеждения, а с другой стороны мотивируют к активному изучению курса высшей математики.

Цель данной работы – показать применение положений теории вероятностей как аргументов в проводимой со студентами воспитательной работе.

Новизна данной работы заключается в том, что на кураторских часах предлагается рассматривать проблему азартных игр, используя инструмент теории вероятностей, включая различные способы восприятия информации.

В последние годы интернет стал неотъемлемой частью жизни молодежи. Студенты активно используют его для учебы и развлечений. Однако среди множества доступных ресурсов существуют такие, которые представляют собой угрозу для моральной, психологической, физической, финансовой безопасности молодежи. Одной из таких опасностей для молодежи является онлайн - казино, так как участие в азартных играх формируют у молодежи ложные представления о деньгах и успехе, иллюзию быстрого обогащении, и в конечном итоге, может привести к депрессии и преступлениям. Молодые люди начинают считать, что легкие деньги можно заработать без усилий, сделав ставку в интернете. Обучающиеся, увлеченные азартными играми, могут забывать о своих учебных обязанностях и интересах, а их уровень успеваемости снижается.

Исследования показывают, что молодежь наиболее восприимчива к формированию зависимого поведения [2].

Рекомендуется следующее содержательное наполнение кураторского часа:

«Давайте откровенно обсудим тему, которая вызывает у молодежи интерес, но очень редко обсуждается, а откровенный научно-аргументированный (ведь мы студенты, интеллектуальная элита молодежи) разговор необходим. Поговорим об азартных играх.

Орля́нка (орёл или решка) – старинная азартная игра, распространённая во многих странах. Смысл игры заключается в следующем: бросают монету любого номинала, и тот, кто угадает, какой стороной она упадёт: с гербовым изображением («орлом») или противоположной ей («решкой»), выигрывает. (*Приложение №2*).

Эта игра часто используется для быстрого разрешения споров или выбора между двумя вариантами. Она проста и не требует никаких специальных навыков или подготовки.

Часто заядлые игроки в орлянку используют метод Мартингейла. Метод Мартингейла – это стратегия управления ставками, которая изначально использовалась в азартных играх и финансовых рынках.

Суть стратегии заключается в следующем:

1. Начинается игра с некоторой заранее выбранной стартовой ставки.
2. После каждого проигрыша игрок должен увеличивать ставку так, чтобы в случае выигрыша окупить все прошлые проигрыши в этой серии, с

небольшим доходом. При соблюдении последовательности прибыль игрока при выигрыше будет равна начальной ставке.

3. В случае выигрыша игрок должен вернуться обратно к начальной ставке.

Когда игрок выигрывает, даже после длинной серии проигрышей, он отыгрывает весь проигрыш и при этом получает прибыль, равную стартовой ставке. Кажется, что эта стратегия беспроигрышна, так как игрок не может бесконечно долго проигрывать. Используя стратегию мартингейл, игрок не получает преимущества, он всего лишь перераспределяет свой выигрыш: игрок проигрывает чаще, чем выигрывает, но выиграв - отыгрывает все проигрыши с момента предыдущего выигрыша.

Итак, пусть начальная ставка - C_0, тогда ставка после n проигрышей ставка будет $C_n = C_0 \cdot 2^n$, а общая сумма потерь представляет собой сумму геометрической прогрессии со знаменателем 2 и будет равна $S_n = C_0(2^n - 1)$. Если выиграть на $(n + 1)$ ставке, то выиграть составит: $H = C_n - S_n = C_0$, то есть, выигрыш всегда будет равен начальной ставке.

Разберем недостатки метода Мартингейла:

1) Если игрок сталкивается с серией проигрышей, его ставки могут быстро увеличиваться до значительных сумм, что может привести к большим потерям; 2) метод Мартингейла основан на вероятности, и нет гарантии, что игрок в конечном итоге выиграет; 3) многие казино устанавливают лимиты на максимальные ставки, что может помешать игроку продолжать удваивать свои ставки после нескольких проигрышей.

Метод Мартингейла может показаться привлекательным из-за своей простоты, но важно помнить о рисках, связанных с его использованием.

Некоторые игроки, играя в более сложные «интеллектуальные» азартные игры пытаются обосновать свое желание продолжать участвовать в серии игр, объясняя это тем, то с получением большего объема информации они будут «с большей вероятностью» предсказывать дальнейший исход игры. Некоторые игроки даже пытаются аргументировать свою позицию, ссылаясь на формулу Байеса, которая является мощным инструментом для обновления знаний о вероятностях, принятия обоснованных решений в условиях неопределенности.

Однако, применение формулы Байеса, вследствие неизвестной априорной вероятности гипотез, является некорректным.

Закон больших чисел, согласно которому по мере увеличения числа наблюдений (или испытаний) среднее значение выборки будет стремиться к математическому ожиданию (или среднему значению) генеральной совокупности также позволяет сделать вывод о том, что математическое ожидание выигрыша будет приближаться к значению, запланированному заранее казино.

И, конечно, сама история возникновения теории вероятностей свидетельствует о том, что следует избегать участия в азартных играх».

Таким образом, можно сделать вывод о том, что необходимо применять аппарат теории вероятностей в воспитательной работе.

Литература

1. Кодекс Республики Беларусь об образовании в новой редакции, изложенной Законом Республики Беларусь от 14 января 2022 г. №154-З, глава 9, статьи 89, 91, 92,93,94, 95.
2. Формирование культуры, безопасности, жизнедеятельности и здорового образа жизни студенческой молодежи: материалы I международной интернет - конференции 24 -25 марта 2022 г., Минск, Беларусь / БГУ, Фак. социокультурных коммуникаций, Каф. экологии человека; [редкол.: И.В. Пантюк (отв. ред.) и др.].-Минск: БГУ, 2022

УДК 621.3:517.3

ПРИМЕНЕНИЕ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Шаюков П.С.
Научный руководитель – Кожевко О.Ф., ст. преподаватель

Дифференциальные уравнения широко применяются в электроэнергетике для моделирования процессов в электрических цепях, электрических машинах, линиях передачи и системах управления, гидроэнергетике и теплоэнергетике.

Целью данной работы является систематизация знаний о применении обыкновенных дифференциальных уравнений в электроэнергетике и обзор дальнейших перспектив применения математического моделирования в электроэнергетике.

Важнейшим применением дифференциальных уравнений в электроэнергетике является моделирование электрических цепей. Чтобы перейти к рассмотрению данного применения необходимо дать определение RLC- контура.

RLC- контур – это электрическая цепь, состоящая из резистора (R), индуктивности (L), конденсатора (C), соединенных последовательно или параллельно.

Рассмотрим последовательный RLC- контур. Чтобы вывести соответствующее дифференциальное уравнение для этого контура воспользуемся вторым законом Кирхгофа, согласно которому сумма

падений напряжений на элементах контура равна приложенному напряжению.

После определения напряжения на резисторе и на конденсаторе, подставив эти выражения для напряжений в закон Кирхгофа, и продифференцировав полученное уравнение по времени, а затем записав полученное уравнение в стандартной форме, получим дифференциальное уравнение, которое описывает изменения тока в последовательном RLC-контуре:

$$L \cdot \left(\frac{d^2 I(t)}{dt^2} \right) + R \left(\frac{dI(t)}{dt} \right) + \left(\frac{1}{C} \right) \cdot I(t) = \frac{dU(t)}{dt}$$

Для решения таких уравнений применяют аналитические методы (разделение переменных, операционное исчисление, интегрирующие множители); метод Эйлера, который является численным методом решения дифференциальных уравнений, а также пакеты прикладных программ Matlab, Mathematica и аналогичные им.

Дифференциальные уравнения в электроэнергетике применяют для анализа переходных процессов после замыканий, отключений и переключений; проектирования устройств защиты (например, релейной защиты линий и машин); оценки устойчивости энергосистем (электромеханической устойчивости генераторов); моделирования энергоблоков (двигателей, турбогенераторов, трансформаторов).

В гидроэнергетике дифференциальные уравнения применяются для описания движения воды (гидравлические процессы); динамике гидротурбин и генераторов; регулирования мощности и частоты в энергосистемах.

Гидроэнергетические объекты представляют собой сложные системы, динамика которых описывается обыкновенными дифференциальными уравнениями и уравнениями в частных производных.

Математическая модель качаний генератора на ГЭС имеет вид:

$$M \frac{\mathrm{d}^2 \delta}{dt^2} = P_m - P_e ,$$

где δ - угол нагрузки; М-электромеханическая инерция; P_m - механическая мощность турбины; P_e - электрическая мощность.

В гидроэнергетике предлагаемая математическая модель применяется: для анализа устойчивости энергосистемы при резких изменениях нагрузки или авариях. Например, для оценки устойчивости работы гидроагрегатов при подключении или отключении их от сети; расчёта переходных процессов при закрытии/открытии затворов. Также она применяется для моделирования процесса автоматического регулирования скорости

гидротурбин; анализа и прогнозирования уровня воды с целью управления им в водохранилищах.

Дифференциальные уравнения также применяются в теплоэнергетике.

Теплоэнергетика изучает производство, преобразование и использование тепловой энергии, особенно в тепловых электростанциях (ТЭС), котельных установках, паровых и газовых турбинах.

Изменения внутренней энергии пара в котле можно описать уравнением энергетического баланса котла:

$$\frac{\mathrm{dU}}{\mathrm{dT}} = Q - W + m_{in} \cdot h_{in} - m_{out} \cdot h_{out},$$

где U – внутренняя энергия котла; Q – поступающая тепловая мощность; W – выполняемая работа; M – массовые потоки пара и воды; h – удельная энтальпия.

Таким образом, обыкновенные дифференциальные уравнения в энергетике применяются для моделирования переходных процессов; анализа устойчивости энергосистем к возмущениям; оптимизации параметров энергосистем; при разработке систем автоматического управления энергосистемами, которые поддерживают стабильность частоты и напряжения в сети.

С развитием научно-технического прогресса сфера применения обыкновенных дифференциальных уравнений в энергетике постоянно расширяется.

В дальнейшем научному сообществу следует уделить внимание разработке моделей на основе обыкновенных дифференциальных уравнений, с помощью которых можно будет предсказывать отказы оборудования, а также новых методов управления энергосистемами с учетом возобновляемых источников энергии.

Литература

1. Андреев М.В. Математическое моделирование электромеханических переходных процессов в электромеханических системах с возобновляемыми источниками энергии / М.В. Андреев, А.С. Семов // Энергобезопасность и энергосбережение.-2021. - №2.- с. 5-11. DOI 10.24163/1998-9903-2021-2-5-11.

2. Воропай, Н. И. Моделирование и управление современными электроэнергетическими системами: вызовы и перспективы / Н. И. Воропай, А. В. Фишов, Д. Н. Ефимов // Известия РАН. Энергетика. – 2020. – № 1. – С. 3–18. – DOI: 10.31857/S000233102001007X.

3. Гусев, А. С. Динамическая устойчивость сложных электроэнергетических систем: методы анализа на основе систем обыкновенных дифференциальных уравнений / А. С. Гусев, Е. В. Колпакова

; под ред. Ю. Н. Кучерова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2022. – 215 с. – ISBN 978-5-7782-485

УДК 517:372.8

ПРОИЗВОДЫЕ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЫ ФУНКЦИЙ ОДНОЙ И МНОГИХ ПЕРЕМЕННЫХ. ПРИМЕНЕНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ И ДИФФЕРЕНЦИАЛОВ В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЯХ ПЕРВОГО ПОРЯДКА

Антонио Мануель Нгонг Ондо Нзанг
Научный руководитель – Кожевко О.Ф., ст. преподаватель

Дифференциальное исчисление является основой математического анализа, и служит мощным инструментом для изучения изменений, процессов и систем в различных областях науки и техники. Понимание производных и дифференциалов функций одной и многих переменных важно для дальнейшего освоения математического анализа и его приложений, в частности, теории дифференциальных уравнений.

Преподавание этих тем студентам, для которых русский язык не является родным, например, испаноговорящим, требует особого внимания к ясности изложения, терминологии и преодолению языкового барьера.

В данном докладе мы рассмотрим основные понятия дифференциального исчисления, их применение к решению некоторых типов обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка (однородных и уравнений в полных дифференциалах) и обсудим методические подходы, учитывающие языковую специфику испаноговорящей аудитории при их обучении на русском языке.

Начало изучения дифференциального исчисления связано с понятиями производной и дифференциала функции одной переменной (f(x)). Важно с самого начала четко определить, что производная ($f'(x)$) (читается как "эф штрих от икс" или "производная эф по икс") Производная показывает **скорость изменения** функции в данной точке и **наклон касательной** к графику функции.

На русском языке мы используем термин "производная".На испанском языке эквивалент – "derivada". Этот термин является когнатом и может служить хорошим мостиком для понимания. Но необходимо подчеркнуть грамматические различия (например, русские предлоги требуют падежей: "производная **от** функции", "производная **в** точке").

При переходе к функциям многих переменных ($f(x_1, x_2, ..., x_n)$), вводится понятие **частной производной**. Например, для функции двух переменных $f(x,y))$\, частная производная по (x), читается "частная производная эф по

икс"). Она показывает скорость изменения функции, когда меняется только (x), а переменная (y) остается постоянной.

Аналогично определяется частная производная по y. Испанский термин "derivada parcial" также является узнаваемым. Для наглядности можно использовать аналогию: "Мы идем по поверхности, меняя только одну координату".

Дифференциал функции (df) – это главная линейная часть приращения функции. Для функции одной переменной ($df = f'(x)\,dx$). Для функции многих переменных вводится понятие полного дифференциала

$df = f'_{x1}(x_1, \ldots, x_n)\,dx_1 + f'_{x2}(x_1, \ldots, x_n)\,dx_2 + f'\,x_n\,(x_1, \ldots, x_n)\,dx_n$.

На русском говорят "дифференциал функции", на испанском "diferencial".

Важно объяснить, что дифференциал дает хорошее **линейное приближение** изменения функции при малых изменениях аргументов.

Это понятие абстрактнее производной и требует многократного повторения и примеров.

Рассмотрим применение производных и дифференциалов на примере дифференциальных уравнений.

Дифференциальные уравнения – это уравнения, связывающие функцию, независимую переменную и производные этой функции.

Производные и дифференциалы являются их основными строительными блоками.

Рассмотрим два типа уравнений первого порядка, где понятия дифференцирования применяются непосредственно:

1) Однородные дифференциальные уравнения первого порядка.

Уравнение первого порядка ($y' = f(x,y)$) называется однородным, если функция ($f(x,y)$) является однородной функцией нулевого измерения, то есть ($f(tx, ty) = t^0 f(x,y) = f(x,y)$) для любого действительного числа t.

Как этот материал объяснить испаноговорящим студентам:

- Начать с определения: "Уравнение называется **однородным** (исп. **homogénea**), если его можно записать в виде: производная (y) по (x) равна функции, которая зависит только от отношения (y) к (x)".
- Записать на доске $y' = f(\frac{y}{x})$
- Объяснить метод решения: "Для решения таких уравнений мы используем специальную **замену** (исп. **sustitución**): ($y = ux$). Здесь (u) – это новая неизвестная функция от (x), то есть $u = \frac{y}{x}$. "Это **главный шаг**!" (исп. "¡Este es el **paso clave**!").
- Показать, как найти производную (y') по правилу производной произведения: ($y' = (ux)' = u'x + u$).
- Подставить в исходное уравнение: ($u'x + u$) и ux "

- Мы получили новое уравнение **для u**" (исп. "Hemos obtenido una nueva ecuación **para u**").
- "Это **уравнение с разделяющимися переменными** (исп. **ecuación de variables separables**)". Объяснить, как его решать (разделить переменные (u) и (x) по разные стороны от знака равенства и интегрировать).
- В конце обязательно вернуться к исходной функции (y), подставив ($u = y/x$). "Не забывайте вернуться **к *y***!" (исп. "¡No olviden volver **a *y***!").

2) Уравнения в полных дифференциалах.

Уравнение первого порядка, записанное в виде ($P(x,y)\,dx + Q(x,y)\,dy = 0$), называется **уравнением в полных дифференциалах**, если выражение ($P(x,y)\,dx + Q(x,y)\,dy$) является полным дифференциалом некоторой функции ($F(x,y)$), то есть ($dF = P\,dx + Q\,dy$).

Как объяснить испаноговорящим студентам:

- Ввести форму уравнения: "Уравнение имеет вид
- $P(x,y)\,dx + Q(x,y)\,dy = 0$". "Здесь ($P$) и ($Q$) – функции от ($x$) и ($y$)" (исп. "Aquí ($P$) y ($Q$) son funciones de ($x$) e ($y$)").
- Следовательно, при рассмотрении данных тем на русском языке испаноговорящим студентам необходимо ставить акцент на ясности изложения, визуализации, систематизации терминологии, пошаговом объяснении алгоритмов.

Литература

1. Письменный, Д. Т. Конспект лекций по высшей математике : полный курс / Д. Т. Письменный. – 14-е изд. – Москва : Айрис-пресс, 2021. – 608 с. – (Высшая математика). – ISBN 978-5-8112-6160-2.
2. Методика преподавания высшей математики в техническом вузе / [А. В. Ануфриев и др.] ; под ред. В. И. Харламовой. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 312 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – ISBN 978-5-16-014713-9.

УДК 519.8

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИКИ В ВОЕННОМ ДЕЛЕ

Кучик В.Ю.
Научный руководитель – Кожевко О.Ф., ст. преподаватель

В военном деле применение математики играет особую роль, так как точность расчётов и оптимизация процессов оказывают решающее влияние на исход военных операций. Военные конфликты требуют планирования, анализа и логистики, и в этих областях математика является незаменимым инструментом в принятии оптимальных управленческих и конструкторских

решений. С развитием технологий и усложнением характера военных операций роль математики возрастает. Математический аппарат применяется в военном деле, включает в себя как работу с арифметическими операциями, так и со сложными математическими моделями, причем тенденция математизации военного дела сохраняется.

Современные военные стратегии опираются на данные, собранные из различных источников, и их анализ требует глубокого понимания статистики и теории вероятностей. математика не только помогает решать текущие задачи, но и прогнозировать возможные сценарии событий.

Сложные алгоритмы, используемые в области искусственного интеллекта, позволяют обрабатывать колоссальные объёмы данных с высокой скоростью. Это даёт возможность проводить симуляции и математическое моделирование, что в свою очередь влияет на качество стратегического и тактического планирования.

Цель данной работы заключается в том, чтобы раскрыть актуальность корректного применения математического аппарата в военном деле.

Необходимо выделить несколько ключевых аспектов рассмотрения темы: 1) исторический контекст; 2) базовые дисциплины, применяемые в военном деле; 3) современные тенденции в области алгоритмов и искусственного интеллекта.

Рассмотрим исторические этапы применения математики в военном деле.

Уже в античности военные стратеги осознавали важность количественных расчетов, связанных с планированием сражений, настройкой артиллерийских орудий и изучением маршрутов для перемещения войск.

Геометрия применялась в Древнем Египте при строительстве оборонительных сооружений, баллистических расчетов. Древние римляне использовали простейшие математические модели и расчеты для планирования осад, строя катапульты и другие осадные машины на основе геометрических расчётов.

В средние века военные инженеры применяли тригонометрию для расчёта траекторий снарядов. Например, Бертольд Шварц использовал математические методы для расчёта дальности стрельбы артиллерийских орудий.

В эпоху Возрождения, применение математики в военном деле приобрело системный характер. В военном деле начинают применять линейную алгебру. Известны разработки математика той эпохи Флавия Веспасиана, который занимался развитием «полевой арифметики». Наиболее значимым проектом этого времени стало создание осадных машин, при создании которых особое внимание уделялось математическим расчётам, связанным с механикой (расчет силы и определение углов). Леонардо да Винчи

разработал проекты осадных орудий и укреплений, применяя геометрические принципы для оптимизации их конструкции.

С XVII века с развитием пушечных технологий математика стала основой теории стрельбы и управления огнем артиллерии.

Работы Ньютона по механике оказали значительное влияние на военные технологии.

В XIX веке, во времена Наполеоновских войн, математика широко использоваться для расчета вероятности успешного выполнения военных операций. Это привело к возникновению новых математических дисциплин, таких как теория игр, которая уже в XX веке сыграет важную роль в стратегическом планировании.

Во время Первой и Второй мировых войн математика оказала значительное влияние на военную стратегию. Разработка и применение математических моделей для прогнозирования поведения противника, анализ данных о расположении войск, прогнозирование логистических потребностей стали стандартом в военном деле. В этот период создаются первые математические модели боя, создаются математические основы военной криптографии.

С появлением вычислительных машин и технологий в середине и конце XX века математические модели стали ещё более мощным инструментом, применяемом в военном деле. Системы управления огнем, моделирование боевых действий, использование спутниковой навигации – всё это стало возможно благодаря высоким математическим достижениям и её приложению в военном деле.

Особый вклад в военное дело и математическую теорию внесли военные математики: Остроградский М.В., генерал – топограф Осипов М.П. Вклад в развитие военной математической мысли внесли советские ученые: Вентцель Е.С. и Леонид Канторович, а белорусский математик Липницкий В.А. который создал и развил белорусскую математическую школу военной криптографии.

Необходимо сделать обзор математических дисциплин, применяемых в военном деле.

Теория вероятностей позволяет анализировать риски и непредсказуемые обстоятельства. Военные аналитики используют эту теорию для оценки вероятности успеха различных стратегий, прогнозирования поведения противника и оптимизации использования ресурсов.

Математическая статистика применяется в военной аналитике для обобщения данных и выявления закономерностей, что позволяет принимать оптимальные решения.

Применение цикла геометрических дисциплин мы привели ранее.

Высшая алгебра и теория чисел применяются в военной криптографии. Кроме того, высшая алгебра, дифференциальные уравнения,

математический анализ, теория функций комплексного переменного, дискретная математика кроме того, что непосредственно применяются в математическом моделировании в военном деле, но и служат базой для других математических дисциплин, применяемых в военном деле.

Математические методы исследования операций - для математического моделирования в сфере логистики и снабжения, моделирования стратегии и тактики проведения боевых операций.

То есть, применяемый в военном деле математический аппарат по сути уже представляет собой математическую технологию.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что корректно применяемые в военном деле математические технологии служат для повышения эффективности, точности и предсказуемости различных боевых операций. Их применение охватывает широкий спектр задач, от планирования боевых действий до логистики, позволяет анализировать и упрощать процессы, которые являются критически важными для достижения успеха в современных условиях ведения боевых действий, а следовательно, сохранить человеческие жизни защитников Родины.

Литература

1. Ковалев, В. Н. История математики и её применение в военном деле. – Екатеринбург: УНУ, 2022. – 210 с. – ISBN 978-5-99960-024-8.
2. Бобров, М. А., Сорокин, К. И. Математика и войны: как вычисления меняют ход истории. – Москва: Техносфера, 2023. – 230 с. – ISBN 978-5-98041-143-6.

УДК 512.64

СТИМУЛИРОВАНИЕ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ СТУДЕНТОВ НА ЗАНЯТИЯХ ПО ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКЕ

Кулик А.Э.
Научный руководитель – Кожевко О.Ф., ст. преподаватель

Современное образование переживает стремительные изменения, обусловленные технологическим прогрессом, изменением общественных запросов и особенностями нового поколения студентов. В наши дни студент – это не просто пассивный слушатель, воспринимающий информацию традиционными методами, а активный участник образовательного процесса, имеющий доступ к огромным массивам информации, обладающий критическим мышлением и стремящийся к самостоятельному поиску знаний. В условиях, когда объем доступных данных постоянно

растет, а скорость усвоения информации становится важнейшим фактором успеха, традиционные методы обучения уже не способны полностью удовлетворить потребности студентов и обеспечить им необходимые компетенции.

Высшая математика, являющаяся одной из наиболее сложных дисциплин, особенно остро требует модернизации подходов к обучению. Для эффективного усвоения математических концепций студенту необходимо не просто понимать теоретический материал, но и уметь применять его на практике, видеть его взаимосвязь с реальными задачами и быть мотивированным к самостоятельному изучению.

Целью данной работы является выработка рекомендаций для стимулирования познавательной активности студентов на занятиях по высшей математике.

Согласно имеющимся исследованиям, по теме имеется два эффективных подхода к стимулированию познавательной активности студентов на занятиях по высшей математике: традиционный, который проверен временем и инновационный. Суть традиционного способа: строгие требования к посещаемости, запрет «списывания» на контрольных работах и экзаменах, конспектирование лекционного и практического материала. За нарушения предусматривается лишение материальных стимулов, низкий рейтинг при распределении или даже отчисление.

Преимущество подхода: максимально возможное изучение учебного материала. Полученный объем знаний можно применять для более глубокого изучения курса высшей математики.

Недостаток подхода: определенный психологический дискомфорт от того, что знания приходится получать, испытывая определенное дисциплинарное давление. В результате у студента может теряться интерес и мотивация к изучению курса высшей математики.

Для решения обозначенной проблемы проводилось данное исследование, в котором особое внимание уделяется применению психологических приемов и принципов для стимулирования познавательной активности студентов на занятиях по высшей математике.

Первоочередной задачей для стимулирования познавательной активности студентов является формирование у них самостоятельности.

Студент самостоятельно решает, какие пары он будет посещать для того, чтобы стать высококомпетентным специалистом с высшим образованием, но в то же время он берет ответственность за планирование своего времени и результаты учебного труда на себя. Кроме того, преподаватель получает возможность более рационально использовать время занятия, не тратя его на контроль посещаемости, который порой занимает 5 -10 минут.

Также следует отметить, что студенты незаинтересованные в посещении занятий, как правило, поверхностно слушают и конспектируют материал,

отвлекают осознанно пришедших на занятие студентов от занятия. Кроме того, для лучшей посещаемости занятий одного высокого научно – методического уровня подачи материала преподавателем недостаточно, необходим психологический контакт преподавателя и студентов, благоприятный морально – психологический климат.

Больше внимания также необходимо уделять биопсихологическим особенностям обучающихся, учитывая их биологические ритмы. Например, когда студенты получают математическую и общенаучную подготовку, предлагается разбить их на группы не по специализации, а с учетом индивидуальных особенностей. Например, для «жаворонков» ставить первыми утренние лекционные пары, а для «сов» начинать занятия попозже.

Также рекомендуется проведение «бесконспектных» лекций, суть которых заключается в том, чтобы обучающиеся заранее получали на собственные электронные носители учебные материалы, студенты заранее изучали материал, а на лекции проводилось обсуждение изученного.

Отдельным этапом работы со студентами можно сделать необязательные онлайн тесты, которые помогут самим студентам определить свой уровень знаний, с прилагаемыми к ним решениями. Такой прием станет элементов внушения студенту мысли о самостоятельности.

Рекомендуется также разработать и внедрить детальную систему критериев оценки знаний по каждой теме, а для этого сформировать специальные студенческо - преподавательские научно – исследовательские группы.

Таким образом, активизация познавательной активности на занятиях по высшей математике является неотъемлемой составляющей современного образовательного процесса. Она способствует не только эффективному усвоению теоретического материала, но и развитию практических навыков, критического анализа и креативного мышления, что является залогом формирования высококвалифицированных специалистов. Внедрение рекомендаций, направленных на повышение вовлеченности студентов, открывает новые перспективы для совершенствования образовательной системы и адаптации её к потребностям XXI века.

Перспективными направлениями дальнейших исследований остаются разработка и апробация новых интерактивных технологий, а также анализ их влияния на мотивацию и успех обучающихся в образовательном процессе.

Литература

1. Приемы активизации познавательной деятельности студентов в процессе преподавания специальной методики математики:

[сайт]. URL: https://elib.bspu.by/bitstream/doc/5575/1/2005.pdf / (дата обращения 01.05.2025).
2. Математика: [сайт]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Математика / (дата обращения 01.05.2025).

УДК 371.38

МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ НА ПЕРВОМ КУРСЕ ТЕХНИЧЕСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Мыхлык В.Е., Даниленко К.А.
Научный руководитель – Кожевко О.Ф., ст. преподаватель

Высшая математика играет ключевую роль в профессиональном образовании студентов технических, естественнонаучных и экономических специальностей. Однако сложность материала, разнообразие уровней подготовки абитуриентов и быстрые изменения в образовательных технологиях требуют постоянного совершенствования методики преподавания. Следовательно, основная задача преподавателя – не только передать теоретические знания, но и развить аналитическое мышление, умение решать задачи, а также показать практическую значимость математических методов.

Цель исследования: разработать и проверить эффективность методики преподавания начального курса высшей математики, направленной на повышение уровня усвоения студентами математических понятий и развитие их математического мышления.

Для реализации цели исследования потребовалось проанализировать влияние уровня подготовки студентов на методику преподавания и разработать подходы к адаптации методики для различных специальностей.

Согласно результатам мониторинга входного уровня знаний по элементарной математике и частотного анализа устного опроса, проведенного по серийной выборке студентов первого курса энергетического факультета, удалось выявить, что основными проблемами студентов при изучении начального курса высшей математики на энергетическом факультете являются:

Недостаточная базовая подготовка: 28 % студентов, проходивших опрос, указали, что имеют пробелы в школьной программе, особенно в таких разделах, как тригонометрия, логарифмы и элементы математического анализа. Это затрудняет восприятие новых понятий.

Страх перед сложностью предмета: высшая математика воспринимается как трудная и теоретически сложная дисциплина, что снижает мотивацию

студентов. Математика воспринимается студентами как сложный предмет в связи со сложностью восприятия абстракций. Например, такие темы, как теория пределов, интегральное исчисление, высшая алгебра требуют развитого абстрактного мышления, которое у многих студентов сформировано недостаточно.

Кроме того, 40 % студентов не видят практической направленности изучаемого ими на практике.

Следует также отметить, что 30 % опрошенных студентов не приучены к самостоятельной работе в школе. Отсутствие систематического выполнения домашних заданий приводит к низкому уровню освоения материала.

На основании проведенного выборочного исследования проанализируем роль в образовательном процессе различных видов занятий.

Практические занятия являются веками проверенным и центральным элементом учебного процесса. Они способствуют закреплению теоретических знаний (решение задач помогает студентам осознать, как применять формулы и теоремы), развитию логического мышления (через пошаговое решение задач студенты учатся структурировать свои действия), повышению интереса (решение задач с реальными данными или профессиональной направленностью мотивирует студентов), формируют навыки командной работы (совместное решение задач позволяет студентам делиться идеями и учиться друг у друга).

Научно-обоснованная примерная структура практического занятия, следующая:

1. Краткое повторение теории (10-15 минут).
2. Показ решения типовой задачи.
3. Самостоятельное выполнение упражнений с поддержкой преподавателя.
4. Обсуждение ошибок и сложностей.

Для повышения эффективности этой формы проведения занятия следует интегрировать теорию и практику с помощью решения контекстных задач, то есть использовать примеры из будущей профессиональной деятельности, например, расчёт нагрузки в инженерных конструкциях. В соответствии с развитием компьютерных технологий будет целесообразно использование на занятиях программных средствам (например, MATLAB или Python для моделирования функций и решений дифференциальных уравнений, GeoGebra для визуализации графиков). При этом особое место должно быть уделено проектной работе (решению комплексных задач, требующие применения теоретических знаний). Кроме того, будет полезно предоставлять студентам теоретический материал для самостоятельного изучения, чтобы на практических занятиях уделять больше времени перечисленным выше подходам.

Особое внимание необходимо уделить реализации индивидуального подхода в обучении. С этой целью должны проводиться вводные курсы или

факультативы. После входного тестирования и собеседования можно рекомендовать разбить студентов в зависимости от их уровня знаний, способностей и мотивации на группы, и сильным студентам предлагать задачи повышенной сложности, а для студентов с более низким уровнем знаний – упрощённые задания. Кроме того, будет также целесообразно разработать универсальных методических материалов, которые подойдут для разных уровней подготовки.

Современная методика преподавания высшей математики должна сочетать традиционные подходы и инновации. Важно учитывать уровень подготовки студентов, специфику их будущих профессий и использовать современные цифровые ресурсы. Основная цель – не только передать знания, но и сформировать математическое мышление, необходимое для решения профессиональных задач.

Литература

1. Математика: учебник и практикум для вузов / М.И. Башмаков, Б.М. Беккер, В.А. Калашников [и др.]: под общей редакцией М.И. Башмакова. Москва: Издательство Юрайт, 2022.-470с.

УДК 519.642

ПРОБЛЕМА ТОЧНОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОПРЕДЕЛЁННЫХ ИНТЕГРАЛОВ ЧИСЛЕННЫМИ МЕТОДАМИ

Пилипенко А.О.
Научный руководитель – Кожевко О.Ф., ст. преподаватель

Проблемой вычисления определенных интегралов от функций, не имеющих первообразных, начали заниматься еще в XVII в., когда немецкий и английский ученые Г. Лейбниц и И. Ньютон открыли основные принципы дифференциального и интегрального исчислений. В этот период решались задачи астрономии, геодезии и расчета механических конструкций. С 1940 г. потребность в численных методах возросла в связи с решением военных задач, требующих высокой скорости и определенной точности. Существуют более 10 методов численного интегрирования, однако наш интерес представляют методы Ньютона – Котеса, так как эти методы можно реализовать в среде программирования. В случае “неберущихся” интегралов невозможно использовать формулу Ньютона – Лейбница. Решением данной проблемы выступают численные методы интегрирования: метод прямоугольников, метод трапеций, метод Симпсона и другие. Наиболее часто “неберущиеся” интегралы встречаются в

физических задачах, в таких разделах как, оптика и термодинамика, статика в механике.

Использование информационных технологий находит свое применение во многих сферах образования. При решении задач по физике вычисление определенных интегралов зачастую вызывает у студентов затруднения, что ведет к временным затратам и потере точности. Совместное использование таких дисциплин, как физика, математика и информатика, в цифровой среде повышает эффективность решения задач.

Приближенные вычисления необходимы в случаях “неберущихся интегралов” или сложно находимых интегралов, когда нельзя применять формулу Ньютона-Лейбница или ее применения требует больших временных затрат. Формула Ньютона-Лейбница, применяется для вычисления точного значение определенного интеграла.

При этом задача встречается в двух формулировках:

1) Вычислить определенный интеграл приближенно**,** округляя результат до определённого знака после запятой.

2) Вычислить определенный интеграл приближенно, с определённой точностью**.** Например, вычислить определённый интеграл приближенно с точностью до 0,001. Это значит, что необходимо отыскать такое приближенное значение, которое по модулю отличается от истины не более чем на 0,001.

Метод трапеций. Таким образом, площадь приближается суммой площадей трапеций. Отсюда и название метода. Несложно заметить, что метод трапеций даёт значительно лучшее приближение, чем метод прямоугольников (при одинаковом количестве отрезков разбиения). И, естественно, чем больше более мелких промежуточных отрезков мы рассмотрим, тем будет выше точность.

Реализовать данный метод можно с помощью формулы:

$$\int_a^b f(x)dx \approx h\left[\frac{f(x_o)+f(x_n)}{2}+f(x_1)+f(x_2)+\ldots+f(x_{n\text{-}1})\right],$$

где h –шаг или длина каждого из маленьких отрезков, x_n – количество узлов разбиения.

Метод трапеций, это метод численного интегрирования функции одной переменной, заключающийся в замене на каждом элементарном отрезке подынтегральной функции на многочлен первой степени, то есть линейную функцию. Площадь под графиком функции аппроксимируется прямоугольными трапециями.

Отрезок интегрирования делится на n частей, и график подынтегральной функции стремится к ломанной линии. Так, площадь приближенная к сумме

площадей трапеции. Именно поэтому метод имеет такое название. Само собой, если рассмотреть больше мелких промежуточных отрезков, то точность вырастет.

Метод парабол. Данный метод реализуется при помощи формулы:

$$I = \int_a^b f(x)dx \approx \frac{h}{3}\left[f(x_o) + f(x_{2n}) + 2(f(x_2) + f(x_4) + \ldots + f(x_{2n-2})) + 4(f(x_1) + f(x_3) + \ldots + f(x_{2n-1}))\right],$$

где h –шаг или длина каждого из маленьких отрезков, x_n – количество узлов разбиения.

Формула получила название в честь британского математика Томаса Симпсона (1710–1761).

Идея метода заключается в приближении подынтегральной функции на отрезке [a, b], иначе говоря, приближение графика функции параболой. Метод Симпсона, наиболее совершенен, он использует не ломанные линии, а маленькие параболы.

Большинство элементарных задач могут считаться относительно несложными. Для таких задач уже существуют методики численного решения, и довольно часто уже написаны типовые программные приложения по решению их на компьютере. Существуют и достаточно сложные, но элементарные задачи, методы решения которых, сейчас постоянно разрабатываются. По этой причине современные специалисты, обладающие высшим образованием, должны иметь не только высокий уровень подготовки по профилю своей специальности, но и отлично владеть математическими методами решения инженерных задач, быть ориентированным на применение вычислительной техники, а также овладеть принципами работы на компьютере.

Литература

1. Исследование численных методов вычисления определённых интегралов: [сайт]. URL: https://spravochnick.ru/informatika/issledovanie_chislennyh_metodov_vychisleniya_opredelennyh_integralov/ (дата обращения 14.03.2025).

2. Кулакова С.В. Численные методы: учеб. пособие / С.В. Кулакова; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. Иваново, 2018. – 124 с.

3. Березин И.С. Методы вычислений: учеб. пособие / М.: Физматгиз, 1962. –281 с.

УДК 621.311

ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТИ В РАСЧЁТАХ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

Пенкратик Д. И.
Научный руководитель –Кленовская И. С., ст. преподаватель

Современные технологии потребляют большое количество электроэнергии и требуют мощных систем электроснабжения, за счет этого спрос на электроэнергию растёт с каждым годом. В связи с этим требования к надёжности и эффективности систем снабжения увеличились. Также в результате перебоев электроэнергии страдает экономика. Эти требования поставили конкретные задачи: “Увеличить показатель надёжности и обеспечить регулярное поступление электроэнергии”. Благодаря математическим методам удалось найти коэффициент надёжности, при расчётах которого всё опиралось на теорию вероятности. Теория вероятности – это один из разделов математики, изучающий принципы случайных событий.

Термин надёжность включает в себя набор качественных понятий:

1) Отказ – событие, в результате которого происходит полное или частичное нарушение работоспособности элемента или системы.

2) Долговечность – свойство объекта поддерживать работоспособность до предельного состояния в системе, в которой используется данный объект.

3) Безотказность – свойство объекта непрерывно поддерживать работоспособность на заданном промежутке времени.

4) Среднее время наработки на отказ – период, на протяжении которого объект будет работать без отказа.

И все вышеперечисленные понятия характеризуют надёжность системы электроснабжения.

Расчёт количественных показателей надёжности

1) Интегральная функция распределения вероятностей безотказной работы:

$A(t)=n(t1>t^*)/N(t=0) = \{0, t^*=\infty; 1, t^*=0$; доля начального количества объектов $N(t=0)$, которые не отказали до произвольного, но фиксированного времени t^* объектов $n(t1>t^*)$; t1-время отказа.

2) Интегральная функция распределения вероятностей отказа:

$K(t)=n(t1\leq t^*)/N(t=0) = \{0, t^*=0; 1, t^*=\infty$; начальное количество объектов $N(t=0)$, которые отказали до произвольного, но фиксированного времени t^* объектов $n(t1\leq t^*)$.

3) Плотность вероятности отказа:

Q(t)=n(t*<t1≤t*+Δt)/(N(t=0) *Δt); усреднённое количество отказов в единицу времени, которые приходятся на один объект из начального количества объектов N(t=0).

Из теории вероятности известно:

Q(t)=dK(t)/dt= -dA(t)/dt и $\int_0^\infty Q(t)\mathrm{d}t = 1$

Из формулы представленой выше мы можем сделать вывод, что график Q(t) полностью зависит от графика K(t). После сравнения графиков мы приходим к выводу, что увеличивается вероятность отказа на данном промежутке времени при росте промежутка времени Δt.

4) Интенсивность отказа объектов:

∂(t)=n(t*<t1≤t*+Δt)/(n(t1>t*) *Δt); n(t1>t*), среднее количество отказов в единицу времени, которые приходятся на один объект из количества объектов n(t1>t*), не отказавших до произвольного, но фиксированного времени t*.

На рис.1, представлен график ∂(t), на котором можно чётко выделить 3 периода.

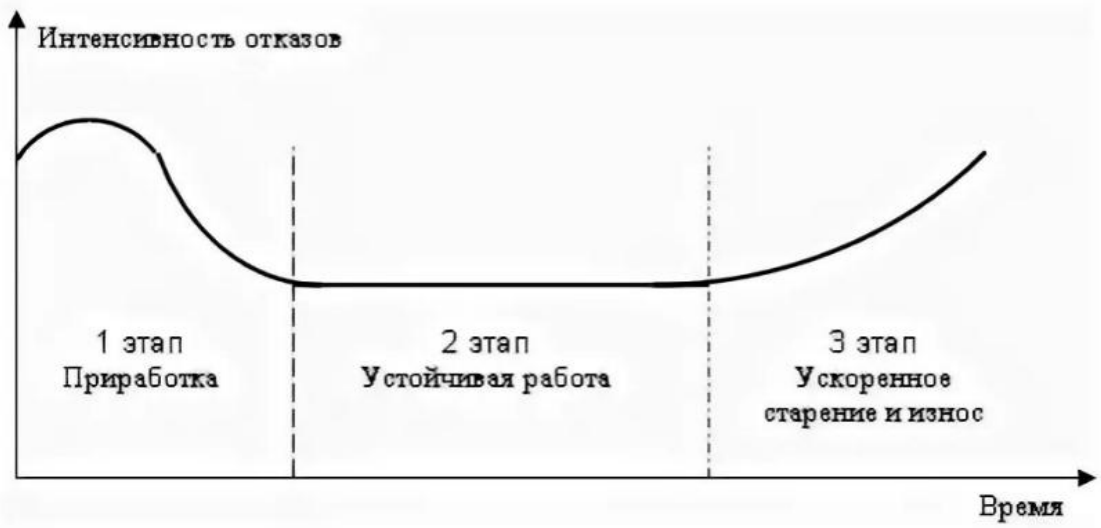


Рис. 1

Период приработки объекты проходят на заводе, который их изготовил, либо после включения в работу на протяжении 72 часов. Объект допускается до работы только при условии, если он прошёл период приработки. Наиболее важным и значимым является период нормальной эксплуатации. Данный период показывает, на протяжении какого времени будет работать определённый объект. Именно ему уделяют наибольшее внимание при использовании расчётных формул, его хотят сделать как можно больше, увеличив при этом работоспособность объекта. И третий период – это период естественного износа. Как только время подходит к

периоду износа объект либо модернизируют, что позволяет продлить срок службы, либо заменяют на новый.

1) Также была введена величина, получившая название среднее время на отказ, которая рассчитывается по формуле tc=1/∂ при ∂=const.

Так как ∂=const, отсюда следует и tc=const. В связи с этим средняя время наработки и интенсивность отказов могут быть табулированы, то есть эти величины вычисляются по формулам и вносятся в таблицы объектов систем электроснабжения.

Расчётные формулы показателей надёжности

С учётом ∂(t)=∂=const получим

$A(t)=e^{-\int_0^t \partial(x)dx}=e^{-\partial t}=e^{-\frac{t}{t_C}}$; (1)

$K(t)=1-e^{-\int_0^t \partial(x)dx}=1-e^{-\partial t}=1-e^{-\frac{t}{t_C}}$; (2)

$Q(t)=\partial(t)*e^{-\int_0^t \partial(x)dx}=\partial*e^{-\partial t}=t_C^{-1}*e^{-\frac{t}{t_C}}$; (3)

Надёжности каждого объекта можно рассчитать, используя формулы 1-3. Исходя из целей исследования надёжности, время t задаётся расчётчиком. И на основании полученных результатов также формируются таблицы, в которые вносятся полученные данные, для наиболее распространённых объектов эксплуатации.

Таким образом теория вероятности широко используется в расчётах энергоснабжения. Она позволяет увеличить длительность эксплуатации объектов.

В расчётах систем электроснабжения теория вероятности позволяет учитывать случайные факторы и принимать обдуманные решения при проектировке и эксплуатации оборудования. В основном теория вероятности применяется при расчётах надёжности систем электроснабжения. Все элементы системы электроснабжения (трансформаторы, генераторы, линии электропередач и т. д.) с течением определённого периода времени имеют вероятность отказа. Теория вероятности даёт возможность на основе статистики отказов определить наработки элементов системы.

Литература

1. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. “Теория вероятностей”. -М.: Наука,1969.
2. Гнеденко Б.В. Математические методы в теории надёжности. -М.: Наука, 1965.-524 с.
3. Эндрени Дж. Моделирование при расчётах надёжности в электроэнергетических системах. -М.: Энергоатомиздат, 1983,-336 с.
4. Фокин Ю.А. Применение методов теории вероятностей в энергетике.

УДК 621.311

ЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ РАСЧЁТА НАДЁЖНОСТИ

Карачан Д. В.
Научный руководитель – Кленовская И. С., старший преподаватель

Логические рассуждения “по отказу” и “по безотказности”

Логические схемы надежности – это визуальные модели, которые показывают, как поломки отдельных частей влияют на работу всей системы. Они используются для анализа и оценки надежности сложных систем.

Схемы надежности строятся на основе обычных схем, но с учетом требований к надежности и связей между элементами. Чтобы понять, как система может выйти из строя, можно либо анализировать ее способность работать без сбоев, то есть «по безотказности», либо изучать возможные сценарии «отказов». Выбор метода не принципиален, но, если продумать оба варианта, можно создать более простую и удобную для расчетов схему надежности.

Практически используются два трафарета логических рассуждений - "по теореме умножения вероятностей (союз И)" и "по теореме сложения вероятностей (союз ИЛИ)", причем, оба трафарета применимы к обоим типам логических рассуждений - "по безотказности" и "по отказу". С учетом изложенного, логические рассуждения при составлении логических схем расчета надежности по технологическим схемам систем электроснабжения имеют следующий обобщенный вид:

система не откажет (откажет), если не откажет (откажет) этот ее элемент И (ИЛИ) тот, И(ИЛИ) вот этот, и (ИЛИ) ..." и т.д.

Типовые логические схемы расчёта надёжности

В стандартных подходах к оценке надёжности систем используются различные логические схемы, включающие в себя такие элементы: обособленный, последовательное соединение, параллельное соединение. Существуют и более сложные схемы, такие как мостиковые, параллельно-последовательные и последовательно-параллельные соединения, но сейчас мы их рассматривать не будем.

Для простоты мы сосредоточимся на трех основных типах: обособленном элементе, последовательном и параллельном соединении. Чтобы было проще визуализировать и не запутаться, мы будем использовать специальные обозначения для этих элементов при создании схем:

- “по безотказности” - символом R или $R(t)$
- “по отказу” – символами F или $F(t)$

Для однокомпонентной системы состояние системы напрямую определяется состоянием единственного компонента. Следовательно, анализ надежности и анализ отказов, по сути, являются

взаимозаменяемыми. Вероятность безотказной работы системы равна вероятности безотказной работы компонента, а вероятность отказа системы равна вероятности отказа компонента.

Логические системы здесь совпадают, поэтому совпадают и логические схемы расчёта надёжности по “безотказности” R_{Σ}и “по отказу” F_{Σ}.

При последовательном соединении объектов логические выводы относятся друг к другу как двойственные, поэтому и логические схемы расчета надежности "по безотказности" R_{Σ} и "по отказу" F_{Σ}. также имеют двойственный характер. Из логического рассуждения “система” R_{Σ}не откажет, если не откажет элемент R_1 и элемент R_2” следует, что $R_{\Sigma}(t) = R_1(t) \cdot R_2(t)$

При параллельном соединении двойственность логических рассуждений и логических схем расчета, надежности "по безотказности" R_{Σ} и "по отказу" F_{Σ}сохраняется. Поэтому здесь тоже из логического рассуждения "система R_{Σ} не откажет, если не откажет хотя бы один из элементов - R_1 или R_2, а, возможно, и оба" следует, что$R_{\Sigma}(t) = R_1(t) + R_2(t) - R_1(t) \cdot R_2(t)$

В мостиковом соединении объектов есть элемент R_5, и неясно, соединен ли он последовательно или параллельно с другими элементами. Таким образом, обычные логические операции "и" и "или" не помогут в оценке надежности.

Существует два подхода: либо моделировать, как сигнал проходит через мостик (пути надежной работы), либо как он выходит из строя (пути отказа). Однако в обоих вариантах получится сложная схема, где компоненты соединены по-разному. Но есть одна заминка: хотя эти схемы и показывают, какой мостик лучше, точно оценить его надежность не удается. Это происходит потому, что каждая деталь учитывается дважды, что искажает расчет. Для корректности нужно выбрать любой треугольник в мостике и представить его в виде "звезды", при этом сохраняя надежность между углами этого треугольника.

Частный случай типовых логических схем расчёта надёжности

В электроэнергетике встречаются ситуации, когда для оценки надежности системы можно обойтись без сложных расчетов и воспользоваться типовыми схемами. Электрические сети обладают определенной способностью к саморегуляции, поддерживая стабильность напряжения и тока. Однако, при возникновении дисбаланса токов, ситуация ухудшается. Для предотвращения этого, рекомендуется использовать однотипное оборудование и соединять его параллельно. Такой подход значительно упрощает расчет надежности. В случае, когда все элементы сети идентичны, возможно использование простейших расчетных моделей и даже графического представления взаимосвязей для анализа надежности. Таким образом, частный случай типовых логических схем расчета, надежности получается, если положить $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_{эл}$.

Поскольку отсюда следует $F_1 = F_2 = F_4 = F_5 = F_6 = F_{эл}$, то ниже приводятся аналитические соотношения для частных случаев типовых логических схем расчета надежности только "по безотказности".

1. Обособленный объект

$R_\Sigma = R_{эл}$

2. Последовательное соединение объектов

$R_\Sigma = R^2_{эл}$

3. Параллельное соединение объектов

$R_\Sigma = 2R_{эл} - R^2_{эл}$

4. Параллельно-последовательное соединение объектов

$R_\Sigma = 2\,R^2_{эл} - R^4_{эл}$

5. Последовательно-параллельное соединение объектов

$R_\Sigma = [2R_{эл} - R^2_{эл}]^2$

6. Мостиковое соединение объектов

$R_\Sigma = 2\,R^2_{эл} + 2\,R^3_{эл} - 5\,R^4_{эл} + 2\,R^5_{эл}$

В последовательной цепи, где компоненты соединены один за другим, общая надежность системы всегда будет ниже, чем надежность самого слабого звена. Это справедливо, если только отдельные компоненты сами по себе достаточно надежны.

В параллельной цепи, где компоненты соединены параллельно, общая надежность системы возрастает и превышает надежность каждого отдельного компонента. В сложных схемах, сочетающих последовательное и параллельное соединения, общая надежность напрямую зависит от надежности используемых компонентов. Если компоненты низкого качества, то надежность всей схемы будет низкой, как в последовательной цепи. Если же используются высоконадежные компоненты, то надежность схемы будет высокой, как в параллельной цепи. Таким образом, сложные схемы целесообразно использовать только при условии применения надежных компонентов.

Анализ надежности с использованием логических схем – это мощный инструмент. Понимание базовых принципов и формул позволяет проектировать высоконадежные системы и прогнозировать их срок службы. Однако, для анализа сложных систем необходимо применение специализированного программного обеспечения.

Литература

1. Гнеденько Б. В. Математические методы в теории надёжности. -М.: Наука, 1965.-524 с.

2.Эндрени Дж. Моделирование при расчётах надёжности в электроэнергетических системах. -М.: Энергоатомиздат, 1983. -336

УДК 378.147

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ

Фролов А.Д.
Научный руководитель – Кондратьева Н.А., ст. преподаватель

Высшая математика является одной из самых главных, «обслуживающих» дисциплин в техническом университете. С приходом на производство новых технологий, современного высокоэффективного оборудования, компьютерной техники, новых методов управления, значительно возросли требования к современному инженеру в области математического образования. После рассмотрения реальных производственных задач, которые формулируются ведущими преподавателями кафедр автотракторного факультета БНТУ и которые могут решаться с использованием математических моделей были выделены основные группы задач: задачи, решаемые методами линейного программирования и задачи с использованием дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений.

1.*Моделирование и симуляция.* Моделирование является одним из важнейших этапов в автомобилестроении[1]. С помощью моделей можно предсказать поведение автомобиля или другого механизма приблизительно в реальных условиях. Это помогает заранее найти и устранить проблемы, которые могут возникнуть при эксплуатации. Особенно моделирование стало актуально и востребовано в последние десятилетие[2], так как технологии не стоят на месте и все автомобили и механизмы с каждым годом сложнее в конструкции.

1.1. Механика жидкости. Каждый автомобиль представляет собой механизм или систему и состоит из множества сложных узлов. Для обеспечения их лучшей работы необходимо добиться максимально удачных условий. В этом процессе играют большую роль жидкости. Они помогают охлаждать детали и узлы, подверженные высоким температурам, смазывать и снимать напряжение с высоконагруженных деталей и механизмов. Ввиду того, что жидкость во всех механизмах выполняет важную роль, необходимо проводить расчёты касающиеся её теплопроводности, давления в системе, исследовать эффективность её применения. Такие задачи позволяет решить дифференциальное уравнение Навье-Стокса, описывающее движение жидкости в любой из систем:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + (V \times \nabla)V + \frac{\nabla p}{\rho} = g + \frac{1}{\rho} \times \sigma(V).$$

1.2. Механика твердых тел. Использование механики твердых тел в автомобилестроении заключается, например, в анализе прочности жесткости кузова и других деталей. Применяются методы теории упругости и пластичности для оценки деформаций при воздействии внешних сил. В такого рода расчётах аппарат высшей математики тесно связан с физикой процессов, теоретической механикой и механикой материалов. Теоретическая механика, используя формулы и принципы высшей математики и физики, изучает движение тел, воздействие сил на него. Аппарат механики материалов изучает как силы, воздействующие на интересующий нас объект, так и результат их влияния на его свойства и функциональные возможности. Можно утверждать, что данный вид механики является одним из ключевых аспектов в автомобилестроении, так как от таких расчётов зависит функциональность и исправная работа всех комплектующих автомобиля.

*2.Оптимизация.*После того как выполнен этап имитационного моделирования, следующим шагом подготовки автомобильного узла является помещение его в условия симуляции. Применяя законы физики, проводятся расчёты, благодаря которым определяются параметры эффективного функционирования данной модели автомобильного узла. Проводится математическая оптимизация модели узла, где определяются значения параметров, при которых система функционирует устойчиво.

Оптимизация конструкции и процессов с применением высшей математики включает в себя использование различных математических методов и моделей для достижения лучших характеристик автомобиля: прочность, легкость, аэродинамика и экономия топлива, а также проанализировать в каких местах идёт потеря КПД или неправильное сгорание топлива и другие параметры. Возможен расчет необходимого объёма цилиндра, объёма камеры сгорания, количества подаваемого топлива, давления в смазочной и охлаждающей системах автомобиля.

К примеру, используя дифференциальные уравнения можно определить поведение автомобиля под воздействием гравитации, трения и аэродинамического сопротивления. При определенных расчётах можно выявить оптимальную форму кузова, при которой автомобиль будет устойчив на дорогах или труднопроходимой среде. Также оптимальная форма кузова помогает снизить расход топлива, что является выгодным аспектом как для обычного пользователя, так и для предприятия.

Используя высшую математику, материаловедение и сопротивление материалов можно выбрать наилучший материал как для корпуса, так и для основных деталей, что в значительной мере помогает уменьшить массу и увеличить прочность, долговечность автомобиля или механизма.

К примеру, задача оптимизации веса кузова автомобиля [2], которая включает множество факторов, таких как материалы, геометрию и нагрузки, может быть в формулировке довольно сложной.

Целевая функция, для минимизации веса груза может быть записана как:

$$min_x W(x) = \sum_{i=1}^{n} p_i V_i(x) \ ,$$

где: $W(x)$ – общий вес кузова; p_i – плотность материала; V_i – объём материала i, зависящий от параметров конструкции x; n – количество различных материалов, используемых в конструкции.

Также, для более точного решения, вводятся ограничения по жёсткости ($E(x) = E_{min}$), геометрические ($h_j(x) = 0$) и прочности ($\sigma(x) = \sigma_{max}$), где $h_j(x)$– уравнение описывающие геометрические ограничения; $E(x)$ – расчётная жесткость конструкции; E_{min} – минимальная допустимая жесткость; $\sigma(x)$ – расчётное напряжение в конструкции; σ_{max} – максимальное допустимое напряжение.

Таким образом, задача оптимизации может быть сформулирована следующим образом:

$$min_x W(x) = \sum_{i=1}^{n} p_i V_i(x),$$

при условиях:

$$\sigma(x) \leq \sigma_{max}$$
$$E(x) \geq E_{min}$$
$$h_j(x) = 0.$$

Оптимизация процессов автомобиля с применением высшей математики является сложной и многогранной задачей. Она охватывает широкий спектр аспектов – от проектирования и производства до эксплуатации и управления.

Литература

1. 3D моделирование в автомобильной промышленности. Режим доступа – [https://digitalcraft3d.com/blog/3d-modelirovanie/3d-modelirovanie-v-avtomobilnoy-promyshlennosti/] (Дата обращения 06.05.2025).

2. Звонарев, С.В. Основы математического моделирования [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов вуза, обучающихся по направлению подготовки 11.03.04 – Электроника и наноэлектроника / С.В. Звонарев; УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2019. Режим доступа: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/68494/1/978-5-7996-2576-4_2019.pdf.

3.Оптимизация в автомобилестроении.Режим доступа – [https://hyperworks.compmechlab.ru/article/hyperworks_automotive_optimization](Дата обращения 06.05.2025).

УДК 004.8

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ВЕСОВЫХ МАТРИЦ

Сухобоков А.А.
Научные руководители – Королева М.Н., Воюш Н.В., ст. пр.

Нейронные сети, являясь мощным инструментом машинного обучения, характеризуются высокой степенью сложности своей архитектуры и параметров. Ключевым фактором эффективности работы сети является её устойчивость, под которой понимается способность нейронной сети адекватно реагировать на малые изменения входных данных и параметров без значительного изменения выходного сигнала. Одним из эффективных методов анализа устойчивости является спектральный анализ весовых матриц, основывающийся на изучении спектральных характеристик этих матриц, таких как спектральный радиус, обусловленность и спектральная норма [1]. Эти показатели позволяют глубже понять поведение сети и обеспечить её эффективную настройку.

Рассмотрим нейронную сеть, описываемую весовой матрицей. Важнейшим понятием в спектральном анализе является спектральный радиус, определяемый как максимальное абсолютное значение собственных значений матрицы:

$$\rho(W) = max_i|\lambda_i|$$

где λ_i – собственные значения матрицы W. Чем ближе спектральный радиус к нулю, тем менее чувствительна сеть к малым изменениям. Для обеспечения устойчивости сети с линейными активационными функциями спектральный радиус должен удовлетворять следующему условию:

$$\rho(W) < 1$$

это условие гарантирует, что при многократном применении весовой матрицы сигнал затухает, а не усиливается, предотвращая потенциальную неустойчивость сети[2].

Следующим важным понятием является число обусловленности матрицы, которое определяется отношением максимального к минимальному сингулярному числу:

$$\kappa(W) = \sigma_{\max}(W) / \sigma_{\min}(W)$$

где $\sigma_{max}(W)$ и $\sigma_{min}(W)$ – наибольшее и наименьшее сингулярные числа матрицы W. Число обусловленности показывает степень чувствительности выходных данных сети к изменениям входных данных. Чем выше значение числа обусловленности, тем сильнее небольшие возмущения или шумы могут искажать результат работы сети, что делает её менее устойчивой и менее надёжной в практических приложениях [3].

Третьей значимой характеристикой является спектральная норма матрицы, вычисляемая по формуле:

$$\|W\|_2 = \sqrt{\lambda_{\max}(W^{\mathrm{T}}W)}$$

где λ_{max} – наибольшее собственное значение матрицы W^TW. Спектральная норма представляет собой максимальное усиление входного сигнала при его прохождении через слой нейронной сети. Чем меньше спектральная норма, тем меньше сеть склонна к чрезмерному усилению ошибок и нестабильному поведению при обработке входных данных.

Использование перечисленных спектральных характеристик позволяет детально диагностировать потенциальные проблемы устойчивости, своевременно обнаруживать узкие места в архитектуре нейронной сети и оптимизировать её параметры. Регулярный контроль спектральных свойств весовых матриц способствует повышению общей стабильности и надёжности нейронных сетей в различных сценариях их применения.

Проведенный расширенный спектральный анализ позволяет оценить устойчивость нейронных сетей. Контроль и оптимизация таких характеристик, как спектральный радиус, число обусловленности и спектральная норма, критически важны для эффективного проектирования устойчивых нейронных сетей, способных надежно функционировать в условиях изменчивости данных и внешних возмущений.

Литература

1. Гудфеллоу, И. Глубокое обучение / И. Гудфеллоу, Й. Бенджио, А. Курвил ; пер. с англ. – М. : ДМК Пресс, 2018. – 640 с.

2. Голуб, Дж. Матричные вычисления. В 2 т. / Дж. Голуб, Ч. Ван Лоан ; пер. с англ. – М. : Мир, 1999.

3. Паскану, Р. О трудностях обучения рекуррентных нейронных сетей / Р. Паскану, Т. Миколов, Й. Бенджио // Труды ICML, 2013.

УДК 51-72

РЕШЕНИЕ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ, ОПИСЫВАЮЩИХ ДВИЖЕНИЕ МАНИПУЛЯТОРА, С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА РУНГЕ-КУТТА 4-ГО ПОРЯДКА

Тишук А.Г., Наркович А.М.
Научные руководители –Королёва М.Н., Воюш Н.В., ст. пр.

В данной работе динамически моделируемым объектом является трехосный механический манипулятор. Рассматриваемый объект будет представлять собой разомкнутую цепь, состоящую из твердых тел: линейных звеньев, соединенных ротационными сочленениями. Они будут приводится в движение силовыми приводами, и вращение сочленений будет передавать относительное движение звеньям. Основной целью этой работы является решение прямой задачи кинематики: определение положения и ориентации всех составных частей роботизированной системы в пространстве относительно установленной системы отсчета. Анализ будет произведен в обобщенной системе координат (элементом системы обобщенных считается величина, значение которой составляет угол между i-ым и (i-1)-ым звеном, где угол первого звена определяется относительно базовой системы отсчета).

Динамическая модель звена манипулятора представлена следующим образом:

$$M(q)\ddot{q} + C(q,\dot{q}) + G(q) = \tau \quad (1)$$

Где: q – угол поворота звена; $M(q)$ – матрица инерции; $\ddot{q}$ –угловое ускорение; $\dot{q}$ – угловая скорость; $C(q,\dot{q})$ – матрица Кориолисовых и центробежных сил (Кориолисова сила – мера воздействия на тело, возникающая во вращающейся системе отсчета). $G(q)$ – матрица гравитационных моментов; τ – управляющий момент приводов.

Уравнение (1) было образовано из уравнения Лагранжа II рода:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}}\right) - \frac{\partial L}{\partial q} = \tau$$

Где *L=(K-P)* – функция Лагранжа, а *K* – сумма кинетических энергии каждого звена

$$= \frac{1}{2}\left(\sum_{i=1}^{n} M_i(q)\,\dot{q}_i^2\right), ,$$

$M_i(q)$ – упомянутая раньше матрица инерции; *P* – потенциальная энергия $P = \sum_{i=1}^{n} m_i g h_i$, h – высота до центра масс i-ого звена.

В результате преобразования уравнение Лагранжа примет вид уравнения моментов (1).

Текущую роботизированную систему принимаем за простой манипулятор, поэтому звенья будут вращаться независимо друг от друга, что упрощает вид матрицы инерции, она становится диагональной:

$$M(q) = \begin{bmatrix} I_1 & 0 & 0 \\ 0 & I_2 & 0 \\ 0 & 0 & I_3 \end{bmatrix} \quad (2)$$

При такой упрощенной модели, когда звенья не влияют друг на друга и имеют небольшие линейные размеры при нормальной скорости вращения, матрица центробежных и Кориолисовых сил $C(q, \dot{q}) \approx 0$.

Формула (1) после исключений приобретает вид (3):

$$M(q)\ddot{q} + G(q) = \tau \quad (3)$$

Матрица гравитационных моментов $G(q)$ образуется так:

$G_i = m_i g r_i \cos(q_i(t))$, где r_i = расстояние от оси вращения до цента масс, и косинус для определения меры гравитационного воздействия на систему. Первое звено будет вращаться в горизонтальной плоскости, поэтому гравитационный момент относительно него будет $G_1 = 0$ (проходит через ось вращения), остальные вращаются в вертикальной – находятся по формуле (4).

$$G(q) = (0 \quad m_2 g r_2 \cos(q_2(t)) \quad m_3 g r_3 \cos(q_3(t)))^T \quad (4)$$

Определение траектории через заданный промежуток времени с известными стартовыми значениями (под определением траектории понимается нахождение углов поворота и угловой скорости через определенный промежуток времени):

Известные значения: $\tau_1 = 5$, $\tau_2 = 3$, $\tau_3 = 2$; $q_1 = 0$; $q_2 = 30$; $q_3 = -45$; $\dot{q}_1 = 0.4$; $\dot{q}_2 = 0.25$; $\dot{q}_3 = 0.15$;

Расчет моментов инерции при $m_1 = 2$, $m_2 = 1.5$, $m_3 = 1.2$;

$l_1 = 0.6$, $l_2 = 0.5$, $l_3 = 0.4$ (длины звеньев); $R_1 = 0.3$ (радиус звена):

Звенья будут иметь цилиндрическую форму, поэтому их моменты инерции определяются так: $I_{2,3} = \frac{1}{3} m l^2$; $I_1 = \frac{1}{2} m R^2$. После подстановки значений: $I_1 = 0.09$; $I_2 = 0.125$; $I_3 = 0.064$.

Методом Рунге Кутты 4-ого порядка определяется приращение величины за определенный период времени, равный $T = 2$ секунды, а в качестве шага, элементарного изменения времени принимается интервал $h = dt = 0.02$сек.

$$\begin{cases} \dot{q} = \omega; \\ \dot{\omega} = M^{-1}(\tau - G(q)); \end{cases} \quad (5)$$

Где (5) – система уравнений для определения угла поворота и угловой скорости методом Рунге-Кутты 4-ого порядка (для определения промежуточных коэффициентов, используемых методом, находятся производные от искомых значений).

$k_1 = dt\,\omega$; $z_1 = dt\,\dot{\omega}$ – первая оценка производной, т.е. значение производной в начальной точке.

$k_2 = dt\,(\omega + 0.5k_1)$; $z_2 = dt\,(\omega + 0.5z_1)$– уточненная оценка на середине шага. Здесь сдвигается значение на половину шага h/2, это позволяет учесть изменения функции на середине интервала.

$k_3 = dt\,(\omega + 0.5k_2)$; $z_3 = dt\,(\omega + 0.5z_2)$ – вторая уточненная оценка.

$k_4 = dt\,(\omega + k_3)$; $z_4 = dt\,(\omega + z_3)$ - окончательная промежуточная оценка на текущем шаге.

Теперь согласно теории Рунге-Кутты спрогнозированное значение через элементарный промежуток времени составит:

$$q_{n+1} = q_n + \frac{k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4}{6} \quad (6)$$

$$\omega_{n+1} = \omega_n + \frac{z_1 + 2z_2 + 2z_3 + z_4}{6} \quad (7)$$

$$\dot{\omega}_0 = \begin{bmatrix} \frac{1}{I_1} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{I_2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{I_3} \end{bmatrix} * \left(\begin{bmatrix} \tau_1 \\ \tau_2 \\ \tau_3 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ m_2 g \frac{l_2}{2} \cos(q_2(t)) \\ m_3 g \frac{l_3}{2} \cos(q_3(t)) \end{bmatrix} \right) =$$

$$= \begin{bmatrix} 11.1 & 0 & 0 \\ 0 & 8 & 0 \\ 0 & 0 & 15.6 \end{bmatrix} * \left(\begin{bmatrix} 5 \\ 3 \\ 2 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 10.18 \\ -4.16 \end{bmatrix} \right) = \begin{bmatrix} 11.1 * (5 - 0) \\ 8 * (3 - 10.18) \\ 15.6 * (2 + 4.16) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 55.5 \\ -57.64 \\ 65 \end{bmatrix}$$

$$z_1 = dt * \dot{\omega}_0 = 0{,}02 * \begin{bmatrix} 55.5 \\ -57.64 \\ 65 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1{,}1 \\ -1{,}15 \\ 1{,}3 \end{bmatrix};$$

После определения всех промежуточных коэффициентов как для угловой скорости (представлены в матричной форме), так и для угла поворота (считаются последовательно, начиная с заданной в условии угловой скорости) по формулам (7) и (6) соответственно, наблюдаем небольшое приращение углов поворота и угловых скоростей для одной итерации (0.011; 30,015; -45,023 – углы, 0.421, 0.211, 0.118 – угловые скорости). Таких итераций нужно выполнить $\mathrm{n} = \frac{\mathrm{T}}{\mathrm{h}} = \frac{2}{0.02} = 100$ раз, причем каждая итерация содержит четыре подшага, в которых высчитываются

коэффициенты предварительного приближения z_n, k_n, следовательно полная симуляция составит приблизительно 400 промежуточных действий. С каждой новой итерацией результирующая погрешность вычислений растет, однако, чем меньше элементарный шаг, тем выше точность полученных в итоге значений. Отсюда можно сделать вывод: численный метод Рунге-Кутты является неявным интегралом, иначе - он выполняет функцию аппроксимации (приближения) к интегралу.

Литература

1. Белоусов И.Р. Формирование уравнений динамики роботов-манипуляторов / Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. – Москва, 2002. – 45 с.

2. **Метод Рунге-Кутты 4-го порядка для решения дифференциальных уравнений** [Электронный ресурс] // GeeksforGeeks. – Режим доступа: https://www.geeksforgeeks.org/runge-kutta-4th-order-method-solve-differential-equation/ (дата обращения: 09.06.2025).

УДК 530.145:517.98:519.2

КОТ ШРЁДИНГЕРА В МАТЕМАТИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ

Никонович Д.М., Пахомова К.А., Сабецкая А.К.
Научный руководитель – Королёва М. Н., ст. преподаватель

В работе рассматривается мысленный эксперимент "Кот Шрёдингера" для иллюстрации квантовой суперпозиции. Анализируются основы математического аппарата квантовой механики, включая гильбертовы пространства и уравнение Шрёдингера, а также явление декогеренции, объясняющее отсутствие макроскопических суперпозиций. Кот Шрёдингера – это мысленный эксперимент, иллюстрирующий применение квантовой механики к макроскопической системе, которая может находиться в суперпозиции двух состояний: "жив" (|1⟩) и "мёртв" (|2⟩) Уравнение Шрёдингера описывает, как состояние системы меняется со временем.

Рассмотрим упрощённую модель, где состояние кота описывается вектором в гильбертовом пространстве (линейное бесконечномерное пространство, но для данной модели – двумерное), в котором задано скалярное произведение и выполнено условие полноты относительно нормы, порождаемой этим скалярным произведением:

Волновая функция:

$$|\psi(t) = c_1(t)|1\rangle + c_2(t)|2\rangle,$$

где $c_1(t)$ и $c_2(t)$ – комплексные амплитуды вероятности, удовлетворяющие условию нормировки $|c_1(t)|^2 + |c_2(t)|^2 = 1$. Эволюция этих амплитуд подчиняется уравнению Шрёдингера.

Уравнение Шрёдингера, **фундаментальное дифференциальное уравнение квантовой механики:**

$$i\hbar \frac{d}{dt}|\psi(t)\rangle = H|\psi(t)\rangle,$$

где H – гамильтониан (оператор энергии), i – мнимая единица, ħ – редуцированная постоянная Планка. Если система изолированасостояния $|1\rangle,|2\rangle$ являются собственными состояниями энергии E_1, E_2, то H – диагонален:

$$H = \begin{pmatrix} E_1 & 0 \\ 0 & E_2 \end{pmatrix}$$

Для системы без внешних воздействий (H – диагональная матрица) решения имеют вид:

$$c_1(t) = c_1(0) \cdot e^{-\frac{iE_1 t}{\hbar}},\ c_2(t) = c_2(0) \cdot e^{-\frac{iE_2 t}{\hbar}}$$

Если кот изолирован (нет внешних воздействий), его состояние – вечная суперпозиция "жив + мёртв". Но в реальности кот макроскопический, и суперпозиция разрушается. Почему? Переходим к теории вероятностей и декогеренции.

Вероятность нахождения кота в состоянии $|k\rangle$ (где k=1 или 2) определяется квадратом модуля коэффициента:

$$P_k(t) = |c_k(t)|^2$$

До измерения система находится в суперпозиции, но при измерении происходит "коллапс": случайный выбор состояния с вероятностью P_1 или P_2. Например, пусть начальное состояние:

$$|\psi(0)\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|1\rangle + |2\rangle)$$

После измерения система "выбирает" состояние $|1\rangle$ или $|2\rangle$ с вероятностью P_1 или P_2. Тогда $P_1 = P_2 = 0.5$. Это отличается от классической

вероятности (например, подбрасывания монеты), где неопределённость возникает из-за незнания, а не из суперпозиции.

Суперпозиция кота существует лишь до взаимодействия с окружением (ящик, воздух, наблюдатель). Это явление называется декогеренцией. Математически это описывается добавлением возмущения в гамильтониан:

$$H = H_0 + \lambda V,$$

где H_0 – гамильтониан изолированной системы, V – оператор взаимодействия с окружением, λ– малый параметр, характеризующий силу взаимодействия.

Для учёта окружения используют **матрицу плотности** ρ. Для системы кота в суперпозиции:

$$\rho(t) = |\psi(t)\rangle\langle\psi(t)| = \begin{pmatrix} |c_1(t)|^2 & c_1(t)c_2{}^*(t) \\ c_1{}^*(t)c_2(t) & |c_2(t)|^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \rho_{11} & \rho_{12} \\ \rho_{21} & \rho_{22} \end{pmatrix}$$

Применяя теорию возмущений, находим, что внедиагональные элементы матрицы плотности (описывающие суперпозицию) затухают экспоненциально (при взаимодействии с окружением):

$$\rho_{12}(t) = \rho_{12}(0)e^{-i\omega t}e^{-\gamma t},$$

где $\omega = \frac{(E_1 - E_2)}{\hbar}$ - частота осцилляций, а γ – скорость декогеренции. Чем сильнее взаимодействие (больше λ), тем больше γ и быстрее исчезает суперпозиция. Это объясняет, почему макроскопические объекты (как кот) не наблюдаются в суперпозиции.

Например, если кот взаимодействует даже с одним фотоном, этого достаточно, чтобы декогеренция произошла за 10−20 секунд. Поэтому мы не видим котов в суперпозиции!

Уравнение Шрёдингера допускает суперпозицию состояний "жив"/"мёртв" только для идеально изолированных систем. Коллапс волновой функции связывает квантовую вероятность с классическим исходом. Декогеренция, описываемая методами математического анализа эволюции открытых систем, разрушает суперпозицию за конечное, обычно очень малое для макрообъектов, время. Изучение моделей декогеренции важно для квантовых вычислений, где сохранение когерентной суперпозиции критично.

Литература

1. фон Нейман И. Математические основы квантовой механики. – М.: Наука, 1964.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Учеб. пособ.: Для вузов. В 10 т. Т. III. Квантовая механика (нерелятивистская теория). – М.: Физматлит.
3. Гриббин, Д. (2016). В поисках кота Шрёдингера. Квантовая физика и реальность. М.: Рипол-классик.

УДК 621.316.952

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЭНЕРГОСНАБЖЕНИИ

Праслов К.Д., Косов А.А.
Научные руководители — Королёва М.Н., Воюш Н.В., ст. пр.

В данной статье рассматривается возможность применения математического моделирования при техническом расчёте оптимального количества расходов меди в процессе изготовление витков катушек для трансформаторных станций. Расчёт расходов меди осуществляется по правилам системного анализа методом общего понижающего градиента (далее ОПГ) средствами табличного редактора Microsoft Exel. Этот метод был выбран исходя из того, что здесь рассматривается задача нелинейного программирования, содержащая ограничения с нелинейными коэффициентами. Целью является минимизация расходов меди, что повышает экономичность работы трансформаторов, а также достигается оптимальное распределение энергии между потребителями. Также в настоящей работе представлены математическая модель описываемой трансформаторной станции и фрагменты расчётов в процессе приведения математической модели к стандартному виду. Это позволит математически обосновать экономичность изготовления катушек для трансформаторов, что в свою очередь повысит оптимальность распределения энергии.

Проблематика данной статьи состоит в подборе технических решений при расчёте оптимального количества меди при конструировании трансформатора. Это аргументируется необходимостью оптимального распределения энергии между потребителями. Для этого необходимо соблюдать точные параметры катушек трансформатора, которые напрямую влияет на работоспособность электротехнических элементов. Катушка трансформатора представляет собой совокупность определённого количества витков медной проволоки с конкретной их толщиной. Поэтому

для точного соблюдения данных параметров необходим подход, заключающийся в использовании системного анализа и исследования операций.

Сезонность посещения частных домов в посёлках городского типа подразумевает, что расход электрической энергии у потребителей, которые круглый год проживают в одном частном доме, и у тех потребителей, которые посещают свой дом только в тёплое время года, будет очень сильно отличаться. Большинство старых трансформаторных станций рассчитаны на одинаковую нагрузку и одинаковое потребление, однако сезонность посещения диктует необходимость поиска современных решений.

Трансформаторные станции имеют в своём составе подстанции, электрическая энергия с которых распределяется равномерно по частным домам. В данном примере рассмотрим три дома-потребителя, имеющие различные расходы энергии вследствие того, что у их хозяев различные режимы посещения своего жилья: в первом доме люди живут круглый год, во втором – приезжают раз в две недели, в третьем – раз за квартал года. Пространственное размещение элементов на трансформаторной станции для таких типов домов представлено на рисунке 1.

Определение оптимального количества меди, используемой при изготовлении витков катушек для трёх трансформаторов, будет рассчитано средствами табличного редактора Microsoft Exel. По описанию режимов посещения домов становиться ясно, что эти дома потребляют различные мощности. Ограничения по этому параметру для каждого из трёх домов представлены на рисунке 2.

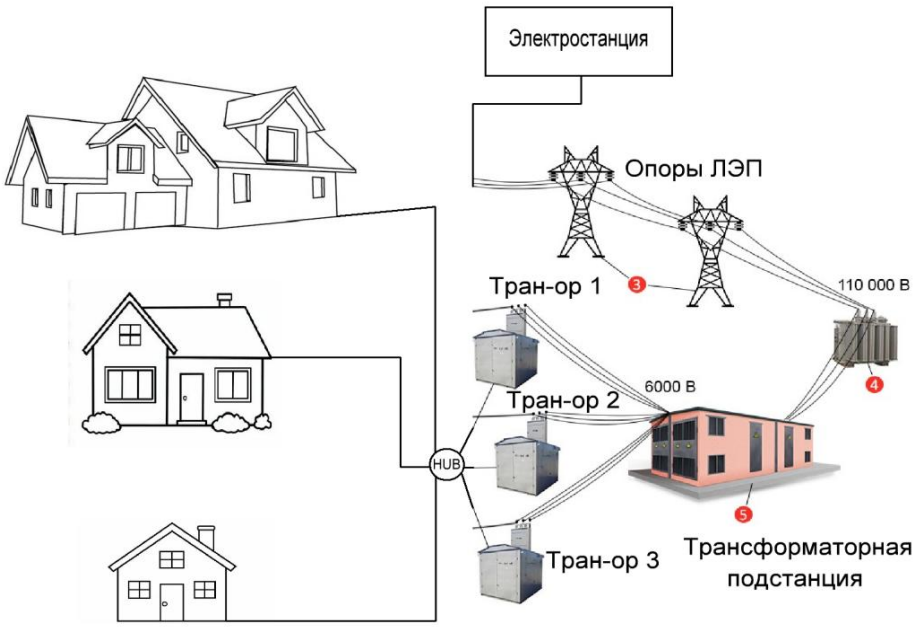


Рис.1. Пространственное размещение элементов на трансформаторной станции.

P1	>=	800
P2	<=	450
P3	<=	250

Рис.2. Ограничение по потребляемой мощности для каждого из трёх домов.

Далее необходимо составить целевую функцию задачи, представляющую собой расходы меди в килограммах, а также показать, что данная функция стремиться к минимуму. Для получения массы меди необходимо её плотность умножить на объём витков, содержащий в себе площадь их поперечного сечения и, соответственно, их диаметр. В качестве искомой переменной был выбран диаметр медного провода. В формуле целевой функции он возведён во вторую степень, чем объясняется необходимость применения метода ОПГ для решения задач нелинейного программирования. Взяв каждую из длин для каждого из трансформаторов в размере 45 м., 20 м. и 15 м., и зная плотность меди, получим целевую функцию, представленную на рисунке 3, где ячейки C3, D3 и E3 есть искомые переменные диаметров сечения проводов для каждого из трёх трансформаторов.

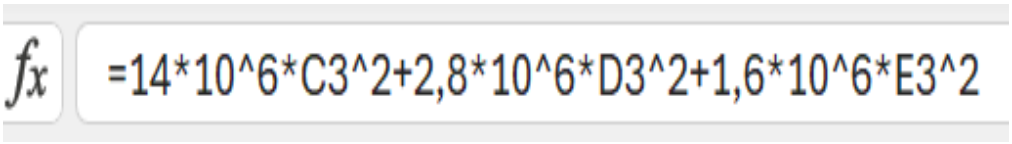


Рис.3 – Целевая функция расходов медного провода для трансформаторной станции.

Для дальнейшего расчёта необходимо составить и ввести в программу математическую модель, а также привести её к стандартному виду. По этой модели будет произведён поиск оптимального решения в Exel. Стандартный вид математической модели представлен на рисунке 4.

	Искомые диаметры	x1	x2	x3
Нижняя граница переменных		0	0	0

Рис.4 – Математическая модель для поиска оптимальных расходов меди.

Результатом поиска решения будет отображение в ячейке целевой функции оптимального количества затрат меди на производство витков для

катушек трансформатора. Результат составил 356 килограммов меди. Именно столько потребуется для оптимального построения трансформаторов и полностью соответствует ограничениям по мощности у каждого из трёх домов. На три трансформатора по отдельности понадобиться: 204 кг, 102 кг, 50 кг меди.

Определение оптимального количество затрат на ресурсы потенциально дорогостоящего объекта поможет в прогнозировании его технического состояния по определяющим параметрам до достижения ими предельного значения. Хотя в общем случае выбор метода прогнозирования остаточного ресурса должен обосновываться точностью и достоверностью полученных данных, а также требованиями точности и достоверности прогнозируемого ресурса объекта.

Литература

1. Ширяев А.Н. «Вероятность». В 2-х книгах. – М., Изд-во МЦНМО, 2004. Кн.1 – 520 с. Кн2 – 408 с. 3-е изд., перераб. и доп.
2. Бохан А.Н. «Проектирование подстанций и систем электроснабжения» – Гомель, изд-во ГГТУ, 2017 г. - 520 с.
3. Курицкий Б.Я. «Решение оптимизационных задач средствами Exel» - СПб.: BHV - Санкт-Петербург, 2007 г. - 384 с.
4. Акулич И.Л. «Математическое программирование в примерах и задачах» - Москва, изд-во Мир,1971 г. -192 с.

УДК 517.9

REAL LIFE APPLICATIONS OF INTEGRATION

Tadiwanashe Mudondo
Scientific supervisor – Senior Lecturer M.N. Koroliova

Integration is a way of parting units to find a whole. The definite integral is represented as follows$\int_a^b f(x)dx$ where a and b are the limits bounding the integral inside. Integration concepts have wide range of uses in life these include mathematics, physics, economics, biology and chemistry. It is used to calculate area and volume under a curve function, velocity, acceleration, prediction of future trends in economics and business, hydrostatic force and pressure, center of mass and blood flow amongst other things.

APPLICATION IN MATHEMATICS

In mathematics integration is used in the calculation of the arc length, surface area and the volume. In the calculation of arc length the following formula is used $L = \int ds \ where$

$$ds = \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}\, dx \; if \; y = f(x), a \trianglelefteq x \trianglerighteq b$$

Calculation of surface area

Given a graph under graph with limits provided the surface area is given as $S = \int 2\pi \, yds \quad where \; y \; is \; the \; given \; function \; and$

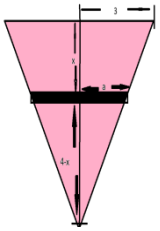
Calculation of Volume

For the calculation of volume the formula $V = \boldsymbol{\pi} \int_{\boldsymbol{a}}^{\boldsymbol{b}} \boldsymbol{y}^2 \, \boldsymbol{dx}$

NB: the formulas change depending on the rotation axis

APPLICATION IN PHYSICS

Calculation of hydrostatic force and pressure usually used by sea divers it can be called the air integration. The calculation is also used for equipping themselves.



Given an example of the diagram belowcalculate the force when an object is submerged at level *x on the strip*. The height of this strip is Δx and the width is 2a. We can use similar triangles to determine *a* as follows,

$$\frac{3}{4} = \frac{a}{4 - x} \;\rightarrow\; a = 3 - \frac{3}{4}x$$

Now, since we assuming the pressure on this strip is constant, the pressure is given by, $P = \rho g d = 1000(9.81)x = 9810x$ and the hydrostatic force on each strip is, $F = PA = P(2a\Delta x) = 9810x(2)\left(3 - \frac{3}{4}x\right)\Delta x = 19620x(3 - \frac{3}{4}x)$

Taking the limit will get the exact hydrostatic force

$$F = \lim_{n\to\infty} \sum_{i=1}^{n} 19620x\left(3 - \frac{3}{4}x\right)\Delta x$$

$$= \int_0^4 19620\left(3x - \frac{3}{4}x^2\right)\Delta x \, 4\left(19620\left(\frac{3}{2}x^2 - \frac{1}{4}x^3\right)\right) = 156960N$$

Centre of mass: by definition centere of mass isa point at wchich the entire mass of the body acts A good example is finding the centre of mass of a uniform solid of revolution. When a uniform solid is rotated about the $x - axis$, the $y - coordinate$ of its centre of mass will be zero this is it will lie of the $x - axis$. Therefore, the need to find the $x - coordinate$. Similar to the uniform lamina defined by a function, rather than mass we use the volume of the solid since mass is proportional to the volume this is $\int_0^a \pi y^2 dx$. For a uniform solid of revolution

with radius defined by fx, the $x-coordinate$ of the centre of mass is at $\bar{x} = \frac{\int_0^a xy^2dx}{\int_0^a y^2dx}$. In general: $V\bar{x} = \int_0^a \pi xy^2dx$ where Vis the volume of the solid.

APPLICATION IN BIOLOGY

It is used to calculate the rate of flow of blood, the laminar flow of blood equation is

$$v(r) = \frac{P}{4l\eta}(R^2\text{-}r^2)$$

where *v* is velocity, *R and r* is radius of blood vessel, *l* is the length and $\boldsymbol{\eta}$ is blood viscosity The approximate area of the ring (or washer) with inner radius r_{i-1} and outer radius r_i is

$$2\pi r_i \triangle r \text{ where } \triangle r = r_i\text{-}r_i^{-1}.$$

Thus, the volume of blood per unit time that flows across the ring is approximately

$$(2\pi r_i \triangle r)v(r_i) = 2\pi r_i v(r_i) \triangle r)$$

and the total volume of blood that flows across a cross-section per unit time is approximately

$$\sum_{i=1}^{n}(2\pi r_i v(r_i) \triangle r).$$

Taking the limit, we get the exact value of the flux which is the volume of blood that passes a cross-section per unit time

$$F = \lim_{n\to\infty} \sum_{i=1}^{n}(2\pi r_i v(r_i) \triangle r) = \int_0^R 2\pi\, rv(r)dr$$

$$= \frac{P\pi}{2\eta l}\int_0^R (R^2r\text{-}r^{\ 3})dr = \frac{P\pi}{2\eta l}\left[\frac{R^4}{2}\text{-}\frac{R^4}{4}\right] = \frac{P\pi R^4}{8\eta l}.$$

Hence Poiseullies' Law.

APPLICATION IN CHEMISTRY

Integration is mostly used in the course of reaction over time. It is possible to figure out how quickly each species in the reaction is going to change its concentration and also the actual change over time. for example $\int 2N^2O^5 \rightarrow 4NO^2 + O_2$.

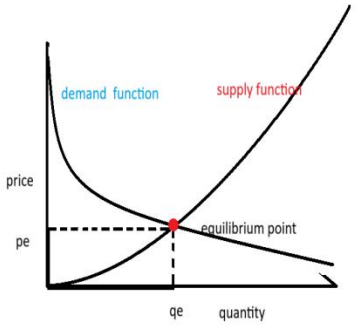
We can find how quickly each concentration is changing over time. This is symbolized by

$\frac{d[N^2O^5]}{dt}, \frac{d[NO^2]}{dt}, \frac{d[O_2]}{dt}$.

Now, integrating allows us to find the way the concentrations change, instead of the rate of change $\int \frac{d[N^2O^5]}{dt} = \int \frac{d[NO^2]}{dt} + \int \frac{d[O_2]}{dt}$

APPLICATION IN ECONOMICS

Integration is used in the consumer and producer surplus. The supply and demand curves have an equilibrium point where the amount offered for sale is equal to the amount of people who want to buy



Looking at the consumer side we can calculate the approximate consumer surplus. In calculus terms it is calculated.

$$consumer\ expenditure = \int_0^{qs} ps\ dq$$

$$consumer\ surplus = \int_0^{qs} (demand\ function(q) - ps)dq$$

SUMMARY: In conclusion integration has broad applications in life. It is a powerful tool for finding accumulated quantities over time and even approximation of the future quantities.

References

1. V.V Konev Higher Mathematics Part2
2.http://www.shodor.org/UNChem-old/math/integrate/index.html.
3.Calculus with Analytic Geometry by Burton Montgomery College stewcal4e_6_7.pdf the viscosity of blood

УДК 51-37

ВЫЧИСЛЕНИЕ В АЛГЕБРАХ КВАТЕРНИОНОВ В MAGMA

Ковальчук С.В., Рудая И.В.
Научный руководитель – Королёва М.Н., ст. преподаватель

Алгебры кватернионов занимают значимое место на пересечении многих математических дисциплин. Они отражают основные особенности некоммутативной теории колец, теории чисел, теории групп, геометрической топологии, теории Ли, функций комплексного переменного, арифметической геометрии, теории представлений и др. К сожалению, Гамильтоновы кватернионы имеют ряд ограничений,

влияющих на их использование. В первую очередь, Гамильтоновы кватернионы описывают только вращения и ориентации в трехмерном пространстве и их нельзя использовать для представления более высоких размерностей пространства, так как имеют только четыре компоненты. Помимо этого, Гамильтоновы кватернионы не подходят для работы с комплексными числами и скалярными матрицами и их умножение не коммутативно, что может затруднять вычисления и анализ.

Именно для того, чтобы преодолеть данные ограничения и расширить возможности гамильтоновых кватернионов, проводится обобщение данной алгебры.

Обобщенные алгебры кватернионов имеют широкий спектр применения в разных областях науки и техники. Некоторые примеры использования кватернионов:

1. Робототехника: кватернионы используются для описания и управления ориентацией роботов в трехмерном пространстве и для решения задач кинематики.
2. Графика и визуализация: для создания сложных анимаций и визуализаций, поворота объектов в 3D-пространстве.
3. Криптография: для генерации более сложных и надежных криптографических ключей и алгоритмов шифрования.
4. Механика: для моделирования движения жидкостей и газов.
5. Распознавание образов: для описания формы объектов в трехмерном пространстве. Обобщенные алгебры кватернионов могут быть использованы для разработки более эффективных алгоритмов распознавания образов и компьютерного зрения. [1]

В нашей работе мы используем программный пакет Magma, который является мощным и широко используемым инструментом для вычислений в различных областях математики, включая алгебру, теорию чисел, алгебраическую геометрию и алгебраическую комбинаторику. С помощью Magma мы сможем работать с различными математическими структурами, такими как группы, поля, модули, алгебры, схемы, кривые, графы, конструкции, коды и многие другие. Стоит отметить, что Magma также имеет ряд ограничений на количество введенных символов, объем занимаемой памяти и время, необходимое для вычислений, что усложняет работу.

Рассмотрим пример кватернионных алгебр над полем рациональных функций от одной переменной над конечным полем. [2]

Пусть

$$A = (x^{97} + 3x^3 + 2x + 1, \quad x^{15} + 3x^5 + 4x^2 - 5) \text{ и}$$
$$B = (x^{73} + 3x^{15} + x^3 + 1, \quad x^{90} + 3x^7 + x^2 + x + 15)$$

над конечным полем из 7^{75} элементов.

R<x> := PolynomialRing(FiniteField(7^75));

```
F<x> := FieldOfFractions(R);
A := QuaternionAlgebra< F |
x^97+3*x^3 +2*x +1, x^15+3*x^5 +4*x^2 -5 >;
B := QuaternionAlgebra< F|
x^73+3*x^15 +x^3 +1, x^90+3*x^7 +x^2 +x +15 >;
IsIsomorphic(A, B);
```

Результаты вычислений, которые заняли 6.750 секунд, демонстрируют, что алгебры не изоморфны друг другу.

Рассмотрим расширения поля рациональных чисел разных степеней, зададим алгебры кватернионов над этими расширениями с теми же коэффициентами и попробуем увидеть закономерность во времени вычислений. Проиллюстрируем полученные результаты на графике на рисунке 1, где на оси x расположим степень расширения поля рациональных чисел, а на оси y – соответствующее время, затраченное программной средой Magma на вычисления. Максимальная степень, для которой были проведены вычисления – 44. К сожалению, для больших степеней вступают ограничения по объему памяти, накладываемые средой. (Рис. 1).

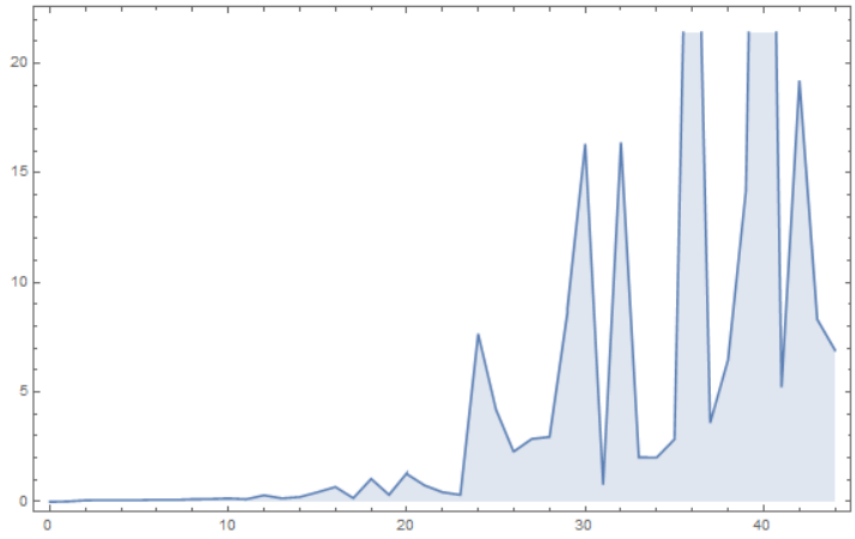


Рис.1

По полученному графику ярко видно, что тяжело установить конкретную взаимосвязь между степенью расширения поля и временем, затрачиваемым на вычисления. Также, стоит брать во внимание, что чем больше времени программная среда Magma затрачивает на вычисления, тем большие погрешности возникают. Так, в некоторых случаях разница составляла 0.4-0.6 секунд.

Благодаря изучению алгебры кватернионов, появились новые методы работы с не коммутативными алгебрами, такие как изоморфизм, гомоморфизм и групповые действия, которые в свою очередь стали толчком

развития абстрактной алгебры и теории групп. На сегодняшний день кватернионы широко используются в различных областях науки и техники, таких как робототехника, компьютерная графика и 3D-моделирование, медицина, авиация, навигация и многие другие, что делает их изучение не только важным, но и актуальным.

Результатом работы является рассмотрение конкретных примеров алгебр кватернионов, проведение вычислений их изоморфизма с помощью программной среды Magma, а также анализ полученных результатов, что позволило нам более глубоко понять их свойства и особенности. Также, благодаря изученной теории мы можем судить об изоморфизме алгебр без или с минимальными вычислениями. Всё это может быть полезно в различных областях науки и техники, где необходимо работать с кватернионами.

Литература:

1. Алгебра кватернионов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://mathhelpplanet.com/static.php?p=algebra-kvaternionov – Дата доступа 04.04.2024
2. Ассоциативные алгебры / Р. Пирс. – М: Мир, 1986. – 543 с.

УДК 621.397

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПЕРАТОРА ЛАПЛАСА В ОБРАБОТКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Тилигузова Е.Д.
Научный руководитель – Королёва М.Н., ст. преподаватель

Оператор Лапласа – один из фундаментальных операторов математического анализа, применяемый для анализа изменений функций в пространстве. В классическом виде оператор Лапласа используется для нахождения суммы вторых производных функции по всем пространственным координатам. Это позволяет исследовать поведение функции в окрестности точки – например, находить точки минимума, максимума и седловые точки.

Формально для функции двух переменных оператор Лапласа записывается так:

$$\Delta f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

Пример использования оператора Лапласа:

1. Параболоид эллиптический

$$z = x^2 + y^2$$

График функции изображен на рисунке 1

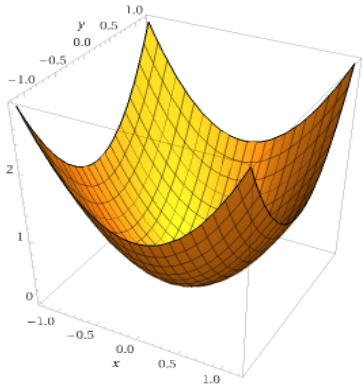


Рис. 5.

У функции Лапласиан везде одинаков:

$$\Delta f = 2 + 2 = 4$$

По мере удаления от центра функция плавно увеличивается. Производные меняются равномерно – нет резких изменений.

2. «Сингулярность»

$$z = \frac{1}{x^2 + y^2}$$

График функции изображен на рисунке 2

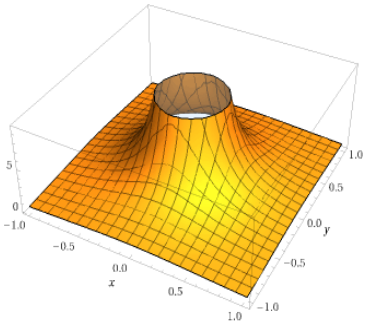


Рис 6.

У функции Лапласиан не является константой:

$$\Delta f = \frac{8(x^2+y^2)}{(x^2+y^2)^3} - \frac{4}{(x^2+y^2)^2}$$

Вблизи центра Лапласиан большой по модулю, отражая резкое изменение формы графика. По мере удаления от центра лапласиан быстро убывает, как и сама функция. В отличие от первого случая изменения функции происходят скачкообразно: малые сдвиги координат вызывают крупные изменения в значении функции и её кривизне.

При работе с изображениями вместо функций мы имеем дело с цифровыми матрицами – наборами пикселей, каждый из которых хранит определённое значение (яркость, цвет и др.). Поскольку изображение – это дискретная структура, оператор Лапласа для его обработки преобразуется в дискретную форму.

В дискретном виде вторая частная производная по координате x в цифровой обработке рассчитывается по формуле:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y)$$

Вторая частная производная по координате y рассчитывается по формуле:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y)$$

Это вычисляется с помощью конечных разностей, которые приближённо заменяют производные. Дискретный оператор Лапласа для изображения двух переменных выглядит так:

$$\Delta f = f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)$$

Вместо аналитических производных мы используем значения функции (яркости) в ближайших точках (пикселях) изображения. Формула учитывает 4 соседних пикселя (слева, справа, сверху, снизу) и центральный. Значение

в каждой из соседних точек принимается с коэффициентом 1, а значение центральной точки с коэффициентом 4. Это позволяет вычислить локальные изменения яркости и определить, есть ли в данной точке резкий перепад (граница).

Эту формулу удобно записывать в виде матрицы:

$$M = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

При применении этого ядра к изображению происходит вычисление приближённой суммы вторых производных, что позволяет определить места резких изменений – границы объектов.

В задачах обработки изображений дискретный Лапласиан используется для определения границ объектов. Там, где происходит резкое изменение яркости (переход от одного объекта к другому), значение Лапласиана резко увеличивается или уменьшается, что позволяет выделить границы.

Алгоритм работы:

1. Преобразовать изображение в оттенки серого (если оно цветное);
2. Применить дискретный Лапласиан;
3. Получить новую матрицу, где яркие области указывают на границы.

Пусть у нас есть простое 5x5 изображение:

$$I = \begin{bmatrix} 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\ 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\ 100 & 100 & 50 & 50 & 100 \\ 100 & 100 & 50 & 50 & 100 \\ 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \end{bmatrix}$$

Центральный квадрат выделен более тёмными значениями (50). Применяя к этому изображению дискретный Лапласиан, мы получим резкие значения на границе между 100 и 50 – именно там, где проходит контур объекта.

$$\Delta I = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -50 & -50 & 0 \\ 0 & -50 & 100 & 100 & -50 \\ 0 & -50 & 100 & 100 & -50 \\ 0 & 0 & -50 & -50 & 0 \end{bmatrix}$$

Литература

1. Линейные методы выделения границ областей. Лапласиан [Электронный ресурс]. – URL: https://studfile.net/preview/1874349/page:5/ (дата обращения 25.04.2025)

2. Оператор Лапласа: роль дивергенции в операторе Лапласа [Электронный ресурс]. – URL: https://fastercapital.com/ru/content/Оператор-Лапласа--роль-дивергенции-в-операторе-Лапласа.html (дата обращения 18.04.2025)

3. Гундина М.А. [и др.]. Прикладная математика. Цифровая обработка изображений: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-38 80 01 «Приборостроение». – Минск: БНТУ, 2022. – 53 с.
4. Конечные разности [Электронный ресурс]. – URL: https://studfile.net/preview/5347999/page:2/ (дата обращения 25.04.2025)

УДК 519.6

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ

Тетерюков А.А., Мухачёв И.Б.
Научный руководитель – Лебедева Г.И., доцент

В последние годы искусственный интеллект (ИИ) переместился во главу научно-технического прогресса. Его стремительное развитие оказывает большое влияние на самые разные сферы жизни: от медицины, где ИИ помогает выявлять болезни на ранней стадии, до промышленности и военной сферы, где компьютерное зрение помогает вычислять траектории с огромной точностью. Это привело к тому, что сегодня ИИ активно используется в экономике, образовании, промышленности, транспорте, в военных и космических целях, а также в других отраслях, постепенно становясь неотъемлемой частью повседневной жизни.

Однако стоит отметить, что за всей этой внешней сложностью и «интеллектуальностью» таких систем стоят четкие математические алгоритмы. Высшая математика играет фундаментальную роль в разработке, обучении, анализе и развитии моделей искусственного интеллекта. ИИ опирается на строгий математический фундамент, без которого невозможно ни построение моделей, ни их обучение и анализ. Наиболее значимые разделы высшей математики, применяемые в ИИ, включают: *линейную алгебру, математический анализ, теорию вероятностей, теорию информации и топологию*.

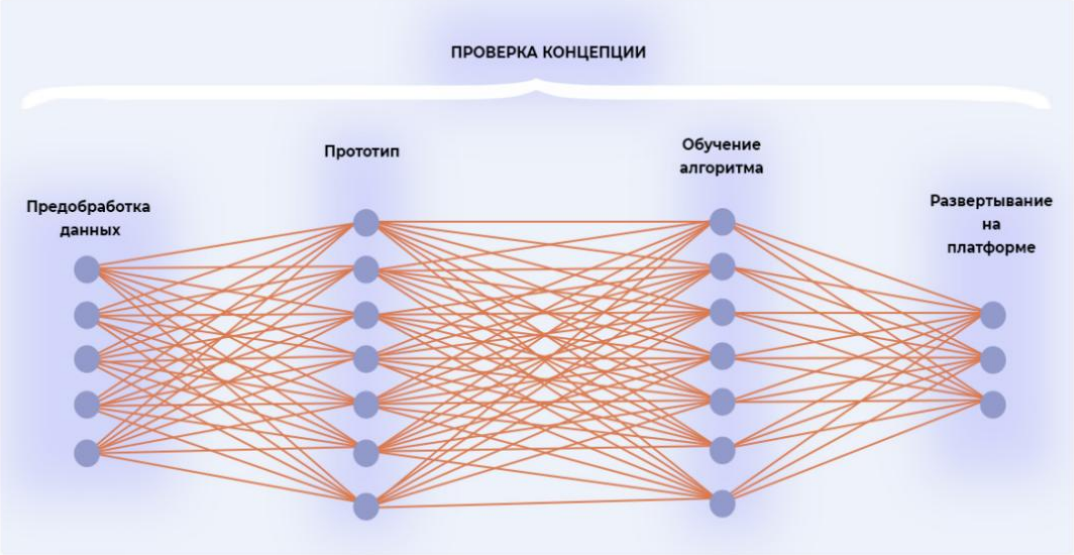


Рис.4 – принцип обучения и реализации ИИ.

1. **Математический анализ:** применяется в процессе обучения моделей. Производные и градиенты используются в алгоритмах оптимизации, таких как градиентный спуск. Понятия сходимости и выпуклости важны для обеспечения стабильности и эффективности обучения.
2. **Теория вероятностей и статистика:** формируют основу многих алгоритмов машинного обучения. Классификация и регрессия опираются на статистические методы, а байесовские модели и вероятностные графы позволяют работать с неопределенностью и аппроксимацией знаний.
3. **Теория информации:** помогает формализовать процесс обучения. Понятия энтропии и кросс-энтропии используются как функции потерь, особенно в задачах классификации и обработки естественного языка (NLP).
4. **Топология и геометрия:** находят применение при анализе структуры данных в высокоразмерных пространствах. Методы, основанные на манинфолдах и дифференциальной геометрии, используются, например, в генеративных моделях и при визуализации скрытых представлений данных.
5. **Линейная алгебра:**раздел математики, который чрезвычайно полезен в DataScience и машинном обучении. Владение линейной алгеброй – это также самый важный математический навык в машинном обучении. Большинство моделей машинного обучения могут быть выражены в матричном виде. Сам набор данных часто представляется в виде матрицы. Линейная алгебра используется при предварительной обработке данных, в преобразовании данных и оценке моделей.

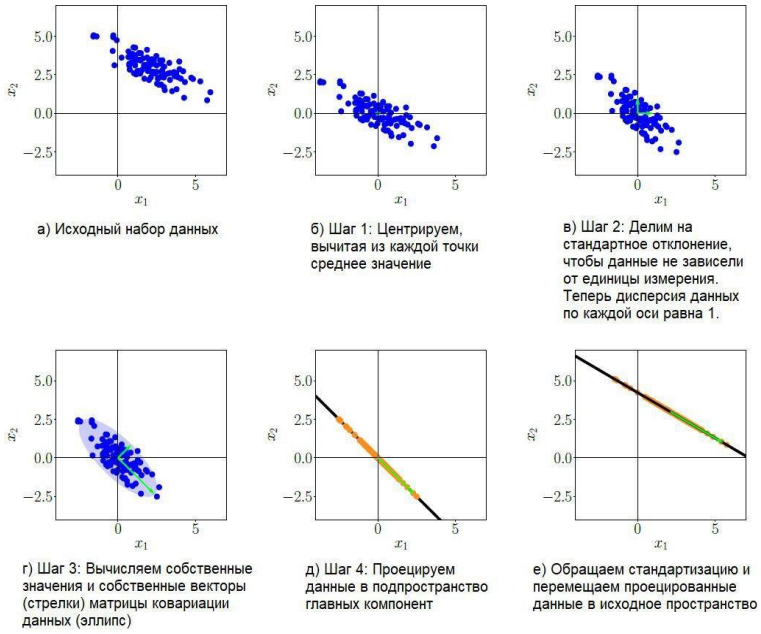


Рис.5. Графическое представление структурирования данных.

Современные технологии искусственного интеллекта создают мощный импульс для трансформации экономики, науки и повседневной жизни. Это совершенно новый, ключевой уровень внедрения технологического прогресса в нашу жизнь, который способствует многократному повышению производительности за счет автоматизации в любой сфере применения.

Говоря о тенденциях, нельзя не отметить такие направления в обучении и развитии ИИ и машинного зрения как:

1. Глубокое обучение (Deeplearning): это ветвь развития фокусируется на моделировании процесса человеческого мозга, с математической точки зрения использующее дифференциальное исчисление, принципы линейной алгебры и теории вероятности.
2. Алгоритмы принятия решений и планирования: здесь ИИ помогает с логистической точки зрения в различных отраслях, анализируя большие объёмы информации и выводя наиболее эффективный результат.
3. Обработка языка (NLP): ИИ методом разреженного представления матриц уже сейчас могут понимать и даже генерировать текст на уровне человека.
4. Робототехника и электроника: на роботизированных производствах необходимо применять наборы алгоритмов для точной работы с комплектующими, процессом сварки и конечной сборки продукта.

Если говорить о бизнесе и предпринимательстве, то компаниям необходимо внимательно следить за развитием технологий и своевременно интегрировать их в свои процессы, чтобы поддерживать конкурентоспособность и успешное развитие в условиях стремительного научно-технического прогресса. Именно из-за конкуренции мы и имеем

такое чудовищно быстрое развитие искусственного интеллекта, и с каждым годом оно набирает только новые обороты.

Литература:

1. Сборник материалов пятнадцатой национальной научно-практической конференции с международным участием молодых ученых, аспирантов и студентов, часть 2. – Ярославль: https://mubint.ru/about/science/molodaya_nauka_2024_2.pdf
2. Сборник материалов восьмидесятой студенческой научно-технической конференции – https://rep.bntu.by/handle/data/150800
3. Интернет-ресурс «Proglib» – Как линейная алгебра используется в машинном обучении?
4. Интернет-ресурс «MQL5» – Машинное обучение и DataScience (Часть 06): Градиентный спуск - Статьи по MQL5

УДК 51-7

ГЕОМЕТРИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ: ПРИМЕНЯЕМ ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫЕ ТОЧКИ ТРЕУГОЛЬНИКА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Ермалинской А.В., Федорович К.Н.
Научный руководитель – Лебедева Г. И., к.т.н., доцент

Треугольник – это простая, но в то же время удивительно сложная геометрическая фигура. На первый взгляд может показаться, что он не представляет собой ничего особенного: всего три стороны и три угла. Однако треугольник скрывает в себе множество интересных и поразительных геометрических конструкций, которые способны впечатлить любого.

В каждом треугольнике существуют уникальные точки и линии, обладающие особыми свойствами. Эти элементы, называемые замечательными, добавляют треугольникам шарм и глубину. Все внимание сосредоточено на этих точках, что поднимает вопрос: как можно оценить их «замечательность»? Очевидно, что чем более гармоничные и естественные фигуры они формируют, тем выше их значимость.

Замечательные точки треугольника представляют собой ключевые элементы, обладающие уникальными взаимосвязями. Некоторые из них мы проходили и в школе, например:

•***Ортоцентр*** – это точка пересечения высот треугольника, которая может находиться внутри, на границе или вне треугольника в зависимости от его типа (остроугольный, прямоугольный или тупоугольный).

•***Центроид*** – это точка пересечения медиан треугольника, которая всегда находится внутри треугольника и делит каждую медиану в отношении 2:1.

•***Инцентр*** – точка пересечения биссектрис углов треугольника, всегда находящаяся внутри треугольника, и являющаяся центром вписанной окружности.

Что касается прямых, некоторые из них мы также проходили и в школе, например:

•***Высота*** – перпендикуляр, опущенный из вершины треугольника на прямую, содержащую противоположную сторону.

•***Медиана*** – соединяет вершину треугольника с серединой противоположной стороны.

•***Серединная прямая (биссектрисы)*** – делит угол пополам и направлена к противоположной стороне.

Целью данной научной работы является исследование замечательных точек и прямых треугольника, анализ их свойств и взаимосвязей, а также их применение в автоматизации.

Центроид

Центроид треугольника, также известный как точка пересечения медиан, – это особая точка, которая обладает множеством интересных свойств и играет важную роль в геометрии.

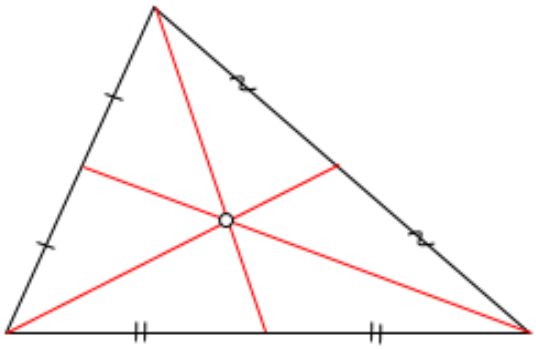


Рис.1. Центроид.

Применение в области инженерии и автоматизации:

•**Проектирование роботов-манипуляторов:** Расположение центроида захватываемой детали важно для правильного захвата и манипулирования. Это позволяет избежать перекосов и потери устойчивости.

•**Расчет нагрузок:** Определение центроида несущих конструкций (балок, колонн, ферм) позволяет рассчитать распределение нагрузок и обеспечить прочность и устойчивость сооружений.

•**САПР (системы автоматизированного проектирования):** В САПР центроид используется для выполнения различных операций, таких как поворот, масштабирование и зеркалирование объектов.

•**Распознавание объектов:** Центроид может быть использован как признак для распознавания образов. Например, положение центроида объекта на изображении может помочь классифицировать его.

•**Оптимизация распределения нагрузки в энергосистемах:** Анализ центроида нагрузки помогает эффективно распределять энергию и предотвращать перегрузки.

Ортоцентр

Ортоцентр - это точка пересечения трёх высот треугольника. Высота треугольника - это перпендикуляр, опущенный из вершины треугольника на противоположную сторону.

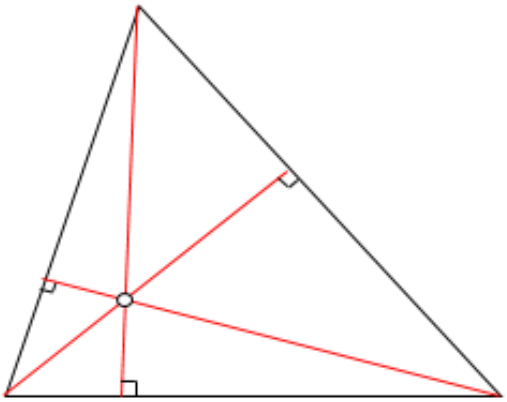


Рис.2. Ортоцентр.

Применение в области инженерии и автоматизации:

•**Геометрическое моделирование**: В инженерных задачах, связанных с проектированием, ортоцентр может использоваться для определения центра масс или других ключевых точек в геометрических фигурах. Это особенно важно при проектировании конструкций, где требуется учитывать равновесие и устойчивость.

•**Анализ структур**: при анализе прочности и устойчивости конструкций инженеры могут использовать свойства ортоцентра для определения критических точек в треугольных элементах, таких как фермы или каркасные конструкции.

•**Робототехника**: В области автоматизации и робототехники ортоцентр может быть использован для расчета траекторий движения роботов, особенно в задачах манипуляции с объектами, где важно учитывать центр масс.

•**Симуляции и моделирование**: В инженерных симуляциях использование ортоцентра может помочь в создании более точных моделей поведения материалов и конструкций под нагрузкой.

Литература

1. С.Б. Гашков. Центры тяжести и геометрия / С.Б. Гашков. – 2015. – 62 с. – Дата доступа:28.03.25
2. Замечательные точки треугольника [Электонный ресурс]. – Режим доступаhttps://zftsh.online/articles/5598. – Дата доступа:04.04.25
3. Ортоцентр треугольника: полезные факты [Электонный ресурс]. – Режим доступа:
https://ege-ok.ru/2016/01/09/ortocentr-treugolnika-poleznye-fakty. – Дата доступа:12.04.25
4. Центроид треугольника [Электонный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.ruwiki.ru/wiki/. – Дата доступа:17.04.25

УДК 51-74

РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ КИНЕМАТИКИ ДЕЛЬТА-РОБОТА

Гармаза Д. И., Ходатович А.С, Беловежа В. С.
Научный руководитель – Лебедева Г. И., доцент, к.т.н.

Положение любого робота задаётся некоторым числом угловых или линейных позиций исполнительных механизмов – сервоприводов, которых в зависимости от конструкции может быть от 3-х до 6-ти. Человек же для удобства управления задаёт иную систему координат СК рабочего органа, а также задаёт уравнение перехода из системы координат робота в систему координат манипулятора и обратно. Следовательно, существует задача преобразования СК – ***задача кинематики***. Различают *прямую* (преобразование СК робота в СК манипулятора) и *обратную* (преобразование СК манипулятора в СК робота) задачу кинематики.

Для начала, разберёмся, что такое дельта-робот. ***Дельта робот*** представляет собой основание, на котором под 120° закреплены 3 рычага с моторами. При помощи штанг положение рычагов передаётся на платформу.

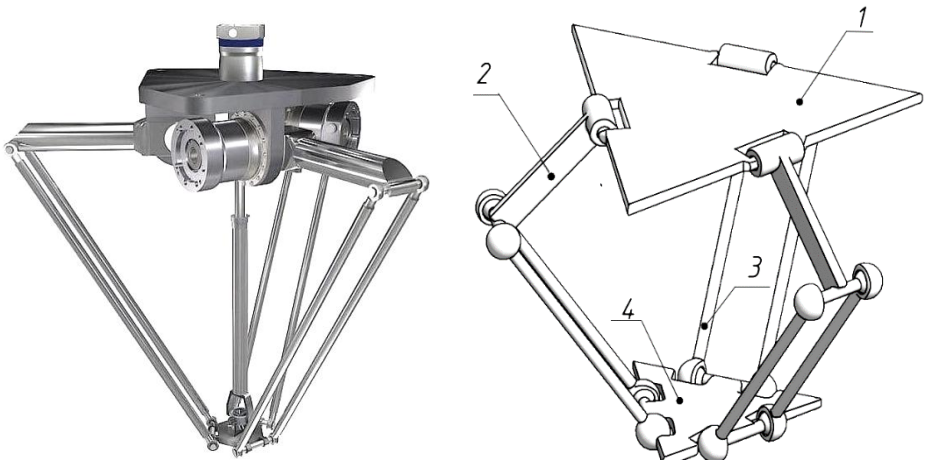


Рис.6. Внешний вид и структурная схема дельта-робота.
Обозначения: 1 – основание, 2 – рычаг, 3 – штанга, 4 – платформа

Перед началом решения определим количество степеней подвижности данного робота. Учтём, что пары штанг создают избыточную подвижность, хотя служат исключительно для поддержания параллельности основания и платформы. Для этого исключим одну из штанг в каждом звене манипулятора. Также учтём, что штанга может проворачиваться вокруг своей оси, что не вызывает движения других звеньев. Тогда класс сферического шарнира следует определить как 4. Для определения степени подвижности воспользуемся формулой Малышева **Ошибка! Источник ссылки не найден.**.

$$W = 6n - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 - 2p_2 - 1p_1 = 6 \cdot 7 - 5 \cdot 3 - 4 \cdot 6 = 3 \quad (1.1)$$

Поскольку робот имеет степень подвижности $W = 3$, то требуется задать 3 обобщённые координаты. Обозначим их как $\theta_1, \theta_2, \theta_3$. Также обозначим следующие точки: O – центр основания, начало координат; Q – точка крепления рычага к основанию; L – точка соединения рычага со штангой; M – точка соединения штанги и платформы. LN – расстояние между точкой L и осью, проходящей через точку M и лежащей в плоскости платформы

Решим обратную задачу кинематики – выразим $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ как функции от координат точки V. Примем длины OQ, QL, LM, MV постоянными и известными. Рассмотрим вид спереди, а именно первое звено манипулятора.

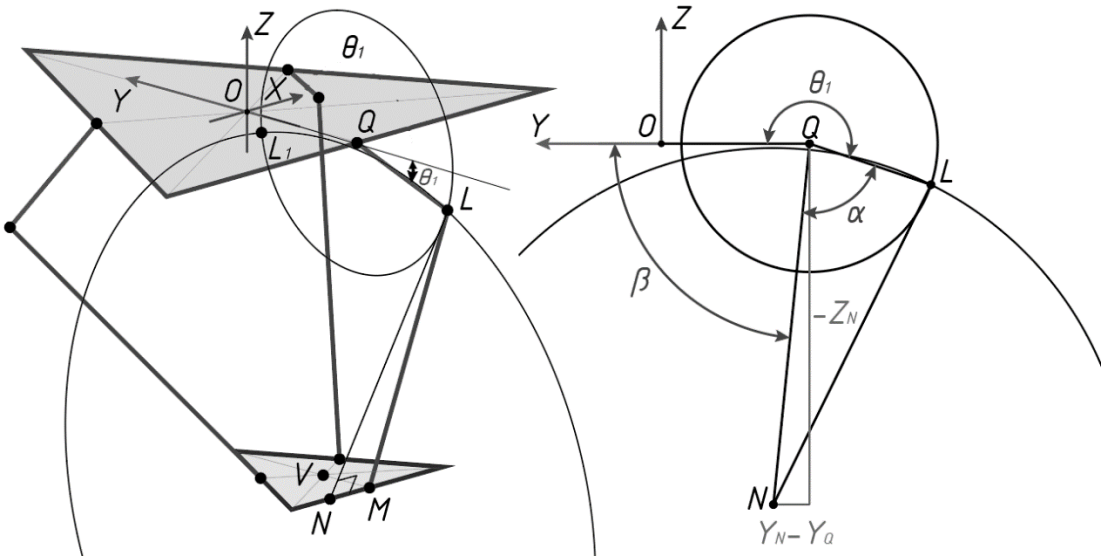


Рис.7 – Геометрические построения для решения задачи обратной кинематики.

Определим NL по теореме Пифагора (0.1) из треугольника LMN:

$$NL^2 = LM^2 - V_x^2 \Rightarrow NL = \sqrt{LM^2 - V_x^2} \qquad (0.1)$$

Определим NQ по теореме Пифагора (0.2) из треугольника QNS:

$$NQ^2 = NS^2 + V_z^2 = \left(M_y - Q_y\right)^2 + V_z^2 \qquad (0.2)$$

Из треугольника QLN по теореме косинусов (0.3) найдём угол α:

$$\alpha = arccos\left(\frac{QL^2+NQ^2-NL^2}{2 \cdot QL \cdot NQ}\right) \qquad (0.3)$$

Из треугольника QNS по теореме косинусов (0.4) найдём угол β:

$$\beta = arccos\left(\frac{M_Y-Q_y}{NQ}\right) \qquad (0.4)$$

Искомый угол θ_1 найдём, отняв от развёрнутого угла углы α и β (0.5):

$$\theta_1 = 180 - arccos\left(\frac{QL^2+NQ^2-NL^2}{2 \cdot QL \cdot NQ}\right) - arccos\left(\frac{M_Y-Q_y}{NQ}\right) \qquad (0.5)$$

Найдём θ_2, θ_3 , повернув систему координат XYZ на 120° и 240° вокруг оси Z. Для расчёта θ_2 в формулы (0.1)-(0.5) вместо V_x, подставляется $V_x{}'$, для θ_3 – $V_x{}''$ соответственно. Поворот системы координат показан на уравнении (0.6):

$$V_x' = V_x \cdot cos\,1\,20° - V_y \cdot sin\,1\,20°$$
$$V_y' = V_x \cdot sin\,1\,20° + V_y \cdot cos\,1\,20°$$
$$V_x'' = V_x \cdot cos\,2\,40° - V_y \cdot sin\,2\,40°$$
$$V_y'' = V_x \cdot sin\,2\,40° + V_y \cdot cos\,2\,40°$$
$$V_z = V_z' = V_z'' \qquad (0.6)$$

Таким образом осуществляется переход от системы координат робота к СК манипулятора. Полученное решение обратной задачи кинематики (или аналогичное ему) используется в подавляющем большинстве промышленных контроллеров роботов с кинематикой типа дельта.

Литература

1. *К. Фу, Р. Гонсалес, К. Ли*. Робототехника. М.: Мир, 1989.
2. *Садилов М. Д., Тимофеев Г. А.* Моделирование движения дельта-робота по заданной траектории с целью определения силовых факторов, действующих на его приводы и шарниры //Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2021. – №. 11 (740). – С. 22-30.
3. *Додорин И. С., Черник А. В., Смирнов А. Н*. Механизмы параллельной структуры в технологическом и специальном оборудовании //Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2011. – Т. 1. – №. 7. – С. 90-91.

УДК 621.865.5

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Ермолина П. И.
Научный руководитель – Лебедева Г. И., к. т. н., доцент

Математическая модель – приближенное описание какого-либо явления внешнего мира, представленного в виде системы, выраженной математическими символами. Процесс построения таких моделей и работу с ними называют *математическим моделированием*.

Математическое моделирование традиционно решает два класса задач: прямые и обратные.

К *прямой* задачу можно отнести, когда известны структура модели и все ее параметры. В таком случае основная цель – провести исследование модели для получения информации о самом объекте.

Обратная задача требует выбора конкретной, наиболее подходящей модели из множества возможных. Известна структура модели, но

необходимо определить неизвестные параметры, чего можно достичь, например, проведением экспериментов или постановкой новых задач.

Поскольку автоматизированный электропривод – сложная система, одним из наиболее эффективных методов исследования его работы является представление каждого элемента в виде блока с функцией в математической форме. Таким образом, объект исследования заменяется математической моделью, которая затем изучается.

Создание такой модели позволяет более наглядно представить всю систему, взаимодействие ее составляющих, их роли, а также определить алгоритм функционирования контроллеров. Этот алгоритм определяет, как следует изменять управляющее воздействие в зависимости от изменения, задающего для того, чтобы была достигнута цель управления.

Математическое моделирование – мощный инструмент для исследования, позволяющий анализировать работу электропривода, его поведение в различных режимах без проведения экспериментов, что позволяет экономить время и ресурсы.

Моделирование электропривода может включать следующие этапы:

1. **Постановка цели**производится после анализа статических и динамических характеристик привода, оптимизации его параметров управления, исследования переходных процессов (пуск, реверс, торможение), оценки его энергоэффективности.

2. **Создание математической модели**, которая включает в себя уравнения, описывающие электрическую часть (двигатель, преобразователь), механическую часть (привод, нагрузка) и систему управления.

3. **Выбор оптимального решения** среди аналитических или численных методов.

4. **Компьютерное моделирование** с помощью систем компьютерной математики, например, Maple, Mathematica, Mathcad, MATLAB, VisSim, Scilab. Они позволяют создавать формальные и блочные модели процессов и устройств и легко менять параметры моделей в ходе моделирования.

5. **Проверка правильности модели**, после сравнения модели с экспериментальными данными проводится ее корректировка, если это необходимо.

Таким образом, математическое моделирование является эффективным и удобным методом исследования электропривода. Оно сравнительно быстро и безопасно позволяет провести необходимые испытания, наглядно представить и скорректировать работу оборудования без необходимости задействования реальных систем. Также удобно в разработке и прогнозировании режимов работы и точных настроек электропривода, требуемых в данных условиях. Кроме этого, весомым преимуществом

такого метода является возможность моделирования экстремальных или аварийных режимов работы без угрозы для человека или оборудования.

Литература

1. Mathematicalmodel [Электронный ресурс] – Режим доступа: Mathematicalmodel - Wikipedia (en.wikipedia.org), свободный.
2. Безручко Б. П., Смирнов Д. А. Математическое моделирование и хаотические временные ряды. – Саратов: ГосУНЦ «Колледж», 2005.
3. Чиликин М. Г., Сандлер А. С. "Общий курс электропривода" – М.: Энергоиздат, 1981
4. Ключев В.И. Теория электропривода – М.: Энергоатомиздат, 2001.

УДК 621.865.5

ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ РОБОТА ГЕКСОХОДА ГХ-06 «ГОША»

Руселевич Д.Д., Трушко Я.Г.
Научный руководитель –Лебедева Г. И., к.т.н., доцент

На текущем этапе развития человечества всё большую популярность набирают различные робототехнические устройства. Для внедрения на производства, робот должен быть манёвренным и иметь высокую проходимость. Именно этими качествами и обладает паукообразный робот-гексоход ГХ-06 «ГОША», разрабатываемый нашей командой в данный момент. Для более оптимальной работы устройства было решено использовать шесть конечностей вместо восьми, что делает робота более легким, не теряя при этом функционала. 3Д модель ГХ-06 «ГОША» представлена на рисунке 1.

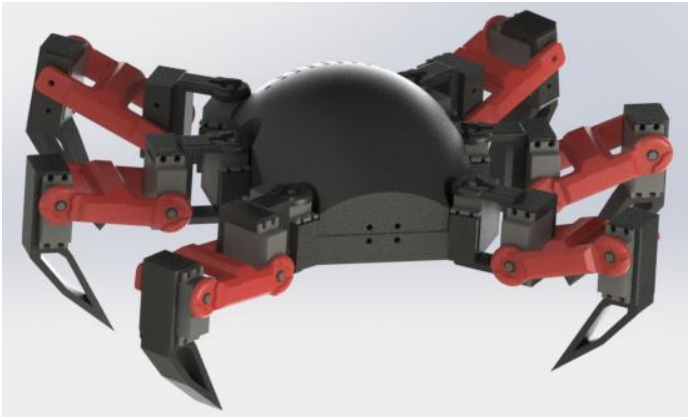


Рис.8. ГХ-06 "ГОША".

Для передвижения гексохода необходимо перемещать конечности в определённые точки. Для решения данной задачи используется обратная задача кинематики – задача определения параметров движения механической системы (например, положения, скорости, ускорения звеньев) на основе заданных положений конечных точек или траектории движения.

Выполним расчёт закона движения конечной точки конечности робота. Для оптимальной работы все конечности перемещаются синхронно, используя один периодический закон, но с применением фазы смещения.

Введем понятия X-шаг, Y-шаг и высота шага Z-H. Данные параметры характеризуют длину шага вдоль осей X и Y, а также высоту поднятия конечности в период шага. За один шаг будут передвигаться одновременно три конечности. Они движутся по эллипсоидной траектории не касаясь земли, а другие три конечности отталкиваются от земли, далее они меняются.

График зависимости высоты конечности z от времени изображён на рисунке 2.

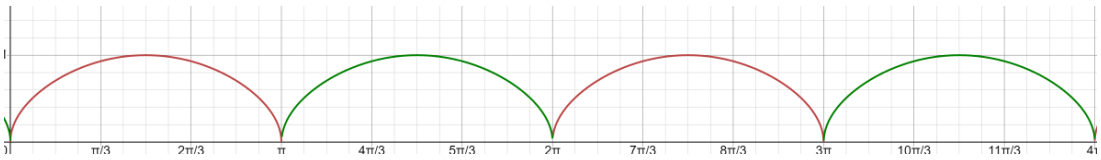


Рис.2. График зависимости высоты конечности z от времени.

Где: красный цвет – первая тройка лап; зеленый цвет – вторая тройка.

Уравнение зависимости высоты поднятия конечности Z от времени в общем виде (1.1).

Z_h - Указанная ранее Z-H высота шага; t – Промежуток времени с начала ходьбы; T – Период времени одного шага; φ – Фаза смещения (для первой тройки лап φ = 0, для второй тройки лап φ = π).

Во время перемещения первой тройки конечностей по эллипсоидной траектории, вторая тройка перемещается по линейной траектории. Перемещение конечности вдоль координат X и Y осуществляется по синусоидальному закону со смещением в зависимости от того, к какой тройке конечностей относится подвижный элемент. График изображён на рисунке 3.

Рис.3. График зависимости координат X и Y от времени.

Координаты X и Y концевой точки определятся по законам (1.2, 1.3), законы представлены в приложении А.

Полный цикл ходьбы включает в себя один шаг первой или второй тройки лап, если же количество шагов, которые необходимо совершить, больше одного, то алгоритм ходьбы повторяет цикл, добавляя фазу смещения в исходные формулы (1.1, 1.2, 1.3), формулы представлены в приложении А.

Решим обратную задачу кинематики для нахождения угла поворотов всех суставов робота. На рисунке 4 изображена наглядная геометрическая модель положения конечности в трёхмерном пространстве.

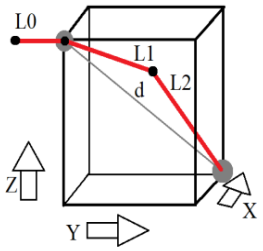


Рис.4. Геометрическая модель положения конечности в трёхмерном пространстве.

Вычисляем диагональ прямоугольного параллелепипеда, где X – длина, Y – ширина, Z – высота. Для того чтобы, использовав длину плеч L0, L1, L2 найти необходимые углы для поворота сервоприводов используем формулу (2.1), формула представлена в приложении А.

На рисунке 5 изображен опорный просомный привод в двух плоскостях.

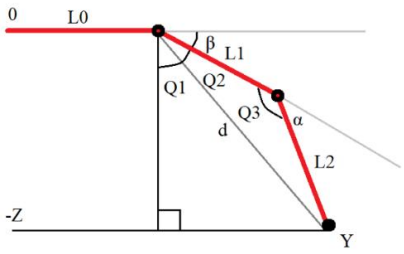


Рис.5. Опорный просомный привод в двух плоскостях.

Далее идёт расчёт углов треугольников при помощи тригонометрии. (2.2, 2.3, 2.4), необходимые формулы представлены в приложении А.

Далее идёт перевод углов треугольников в углы для поворота сервоприводов с учётом особенностей их расположения в пространстве (4.5, 4.6, 4.7), формулы представлены в приложении А.

Перемещение гексохода осуществляется последовательными периодическими движениями всех конечностей, благодаря этому возможно перемещение перешагиванием по одной, двумя, тремя или четырьмя конечностями за раз. Данное технологическое решение позволяет перемещаться в любом направлении без надобности разворота. Это позволяет использовать данное робототехническое устройство для улучшения логистики на складе или различных строительных объектах.

Литература

1. Craig, J. J. (2005). Introduction to Robotics: Mechanics and Control. Pearson Prentice Hall.
2. Кузьмин, В. Н. (2009). Робототехника. Теория и практика. БХВ-Петербург.
3. Джонсон, Р. А., & Крейг, Дж. Д. (2019). Кинематика и динамика манипуляторов. Лабораторный практикум. БХВ-Петербург.
4. Craig, J. J. (2005). Introduction to Robotics: Mechanics and Control. Pearson Prentice Hall.
5. Siciliano, B., & Khatib, O. (2008). Springer Handbook of Robotics.
6. LaValle, S. M. (2006). Planning Algorithms. Cambridge University Press.

УДК 519.6

МЕТОД ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТИ В АНАЛИЗЕ РАБОТЫ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Москалёва К.Д., Андриевич В.Н.
Научный руководитель –Лебедева Г. И., к.т.н., доцент

Современные роботизированные системы находят применение во множестве сфер деятельности человека. Сложность окружающей среды, динамичность задач, а также высокая степень требований к безопасности и надёжности заставляют инженеров и разработчиков учитывать множество факторов при их разработке.

Теория вероятности предоставляет мощный математический аппарат для анализа случайных процессов и неопределённостей. В робототехнике она

находит применение в: построении моделей окружающей среды; прогнозировании поведения объектов; принятии решений в условиях риска.

Использование различных методов позволяет строить модели, адаптирующиеся к наблюдаемым данным, и обеспечивает надежную оценку состояния системы в условиях неопределённости.

Цель данной работы – рассмотреть основной вероятностный метод: фильтр Калмана и проанализировать его применение в современных робототехнических комплексах.

Фильтр Калмана представляет собой метод для оценки скрытых состояний динамической системы. В робототехнике данный фильтр применяется для:

- Оценки положения и скорости робота по данным GPS, IMU и др.
- Сглаживания шумов в данных;
- Коррекции текущего состояния на основе новых измерений.

Фильтр Калмана требует, чтобы применяемые модели были дискретными и описывались в пространстве состояний.

Такую модель удобно представлять в виде матричного уравнения:

$$x_k = Fx_{k-1} + Bu_k + w_k, \text{ где}$$

Fx_{k-1}–модель эволюции процесса,

F – матрицапроцесса,

B– это модель управления,

u_k – вектор управляющих воздействий,

w –вектор ошибки модели.

Например, для равноускоренного движения матрица будет выглядеть так:

$$\begin{bmatrix} 1 & \Delta t & \frac{\Delta t^2}{2} \\ 0 & 1 & \Delta t \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Первая строка матрицы –уравнение равноускоренного движения материальной точки.

$$x_t = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

Аналогично, вторая строка матрицы описывает изменение скорости. Третья строка описывает изменение ускорения.

Не всегда возможно напрямую измерить интересующие нас характеристики, поэтому модель наблюдения иллюстрирует связь между переменными состояния и наблюдаемыми показателями.

$$x_t = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

z – вектор измеренияили наблюдения,

Hx_k – модель, связывающая вектор состояния *x* с соответствующими ему показаниями датчиков,

v – вектор ошибок измерения,

R – ковариационная матрица.

Пусть на роботизированной системе установлен только GPS приёмник. В этом случае матрица H будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}$$

Строки матрицы соответствуют переменным в векторе состояния, столбцы – элементам вектора измерений.

Для реализации фильтра в качестве модели процесса возьмем модель равноускоренного движения, основанной на 3 переменных состояниях: положение, скорость и ускорение:

$$F = \begin{bmatrix}1 & \Delta t & \frac{\Delta t^2}{2}\\ 0 & 1 & \Delta t\\ 0 & 0 & 1\end{bmatrix}$$

В данной примере существует единственный датчик, который напрямую измеряет положение, поэтому модель наблюдения получается очень простой:

$$H = [1 \quad 0 \quad 0]$$

Предполагаем, что роботизированная система находится в точке 0 и имеет нулевые скорость и ускорение в начальный момент времени:

$$x = [0 \quad 0 \quad 0]$$

Однако, нельзя сказать точно, что это истина. Поэтому устанавливается матрица ковариации для начального состояния с большими значениями на главной диагонали

$$P = \begin{bmatrix}10 & 0 & 0\\ 0 & 10 & 0\\ 0 & 0 & 10\end{bmatrix}$$

На основе полученных результатов строим график.

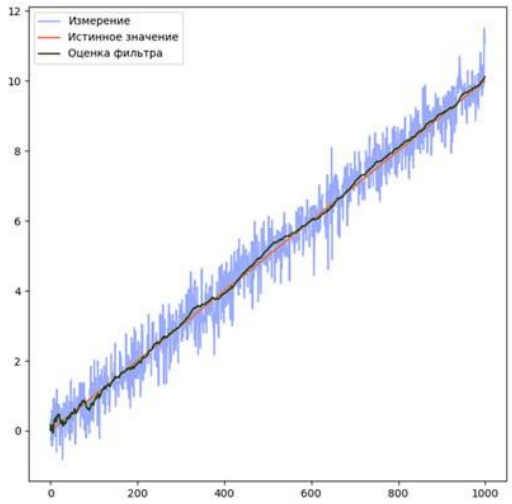


Рис.9. График фильтра Калмана.

Рассмотренный метод теории вероятности позволяет эффективно учитывать ошибки и неопределённости в робототехнических системах. Фильтрация данных, вероятностные графы и моделирование сценариев – всё это делает поведение робота более устойчивым к внешним и внутренним воздействиям. Развитие этих методов напрямую влияет на безопасность, надёжность и адаптивность интеллектуальных машин будущего.

Литература

1. Злотин Б. Л., Фельдштейн Г. А. «Теория вероятностей и её применение в робототехнике»;
2. Сран С., Бургард В., Фокс Д. «Вероятностная роботехника»;
3. Калман Р. Э. «Новый подход к задачам линейной фильтрации и прогнозирования»;
4. Румянцев И. С. «Теория вероятностей и математическая статистика для инженеров»;
5. Боровков А. А. «Вероятностные процессы в системах управления»;
6. Рассел С., Норвиг П. «Искусственный интеллект: современный

УДК 624.21

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В НЕЙРОННЫХ СЕТЯХ И МАШИННОМ ОБУЧЕНИИ

Карпук М.А., Дульский П.М.
Научный руководитель – Лебедева Г. И., к.т.н., доцент

Современные нейронные сети являются одним из наиболее перспективных направлений в области искусственного интеллекта и машинного обучения. Они демонстрируют выдающиеся результаты в решении широкого спектра задач, включая обработку изображений, анализ текстов, прогнозирование временных рядов и многое другое. Однако для достижения высокой производительности и понимания их поведения требуется глубокий теоретический фундамент. Математический анализ играет ключевую роль в исследовании архитектур нейронных сетей и моделей машинного обучения, оптимизационных алгоритмов и их сходимости. Методы математического анализа позволяют не только объяснить механизмы работы нейронных сетей, но и способствуют разработке новых подходов к их обучению, улучшению устойчивости моделей и повышению их интерпретируемости.

В данной работе рассматриваются основные аспекты применения математического анализа в машинном обучении, в частности в линейной регрессии, которая лежит в основе нейронных сетей. Целью исследования является развитие более глубокого понимания теоретических основ, лежащих в основе машинного обучения и нейронных сетей, и практическое применение этих знаний для решения актуальных задач.

Прежде чем углубляться в применение математического анализа в нейронных сетях, необходимо определить, что собой представляет модель машинного обучения. Модель машинного обучения или нейронная сеть – это алгоритмическая система, которая принимает на вход исходные данные (признаки) и генерирует на выходе результат (предсказание), основанное на обучении на исходных данных.

Одним из типичных примеров применения подобных моделей является задача кредитного скоринга – оценка заемщиков, обращающихся за кредитом в банк. В данной задаче исходными данными являются ключевые характеристики заемщика, такие как размер его зарплаты, наличие задолженностей по прошлым кредитам, возраст, семейное положение и другие параметры. Модель анализирует эти признаки и генерирует результат в виде процентной ставки, под которую банк может предложить кредит. Такой подход позволяет банку автоматизировать процесс оценки заемщиков и минимизировать риски, основываясь на точных расчетах, выполненных машинным алгоритмом.

Линейная регрессия, являющаяся одной из первых моделей машинного обучения, основана на предположении, что задачу можно представить в виде линейного уравнения, где количество неизвестных X_n соответствует числу признаков, а целевая переменная Y – выходному значению. Уравнение модели можно записать следующим образом: $k_1*x_1+k_2*x_2+\ldots+k_n*x_n+b=y$, где k_1, k_2,…,k_n– это веса модели, а b – свободный член. Для получения решения достаточно иметь n примеров задачи, где известны значения признаков и целевой переменной. Решение может быть найдено с использованием матричного уравнения вида: $W_k \cdot X_x=W_y$, где W_k– вектор весов, X_x – матрица признаков, а W_y – вектор целевых значений.

Однако данный метод обладает рядом существенных недостатков. В частности, он сильно подвержен влиянию отдельных примеров в выборке. Такие примеры могут оказаться нерепрезентативными и существенно исказить направление вектора весов модели. В результате, несмотря на теоретическую возможность использования матричных уравнений, на практике этот подход редко применяется для обучения линейной регрессии.

Вторая идея решения задачи линейной регрессии связана с минимизацией количества неверных предсказаний модели. Для достижения этой цели была разработана функция потерь, которая позволяет количественно оценить ошибку предсказания и использовать эту оценку для последующей оптимизации модели.

В случае логистической регрессии, применяемой для задач классификации, функция потерь принимает следующий вид: $Loss(y,p)=-\sum i1 \ell(yi*\log(pi)+(1-yi)*\log(1-pi))$ где: y– истинное значение для i-го наблюдения (0 или 1), p– вероятность, предсказанная моделью для i-го класса, l– общее количество наблюдений в выборке.Эта функция потерь измеряет степень уверенности модели в предсказаниях: чем ближе предсказанная вероятность p к истинному значению y тем меньше значение функции потерь. Логарифмические компоненты здесь играют ключевую роль, поскольку они усиливают штраф за неверные или неуверенные предсказания.Использование логарифма обеспечивает интерпретируемость: он отражает степень уверенности модели в предсказаниях. Таким образом, функция потерь помогает направлять процесс обучения модели, минимизируя расхождение между предсказанными значениями и истинными метками.

Метод градиентного спуска широко используется для решения задач минимизации в машинном обучении. Его суть заключается в следующем: на начальном этапе выбираются случайные начальные значения весов модели. Затем эти веса корректируются на основе производной функции потерь, вычисленной для данных тренировочного набора. Последовательно перебирая данные, на каждом этапе веса изменяются таким образом, чтобы приблизиться к минимуму функции потерь. Итеративный процесс

продолжается до достижения точки минимального значения функции потерь, что соответствует оптимальным весам модели (см. рис. 1).

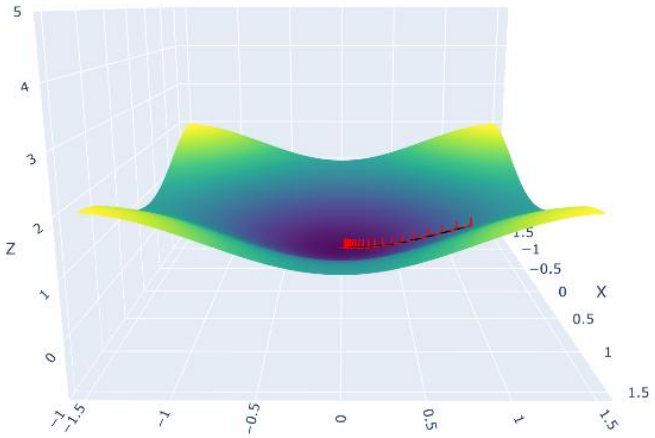


Рис.1. Пример градиентного спуска.

На рисунке 1 представлен график функции потерь, на котором красными отметками отображено изменение ошибки на тренировочных данных. Как видно из графика, в ходе итеративного процесса изменения весов модели удалось достичь точки минимума функции потерь.

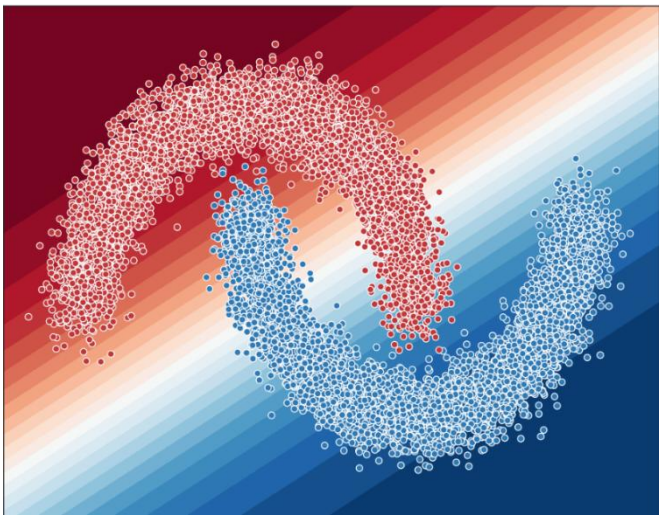


Рис.2. Линейная регрессия для dataset of Moons.

На рисунке 2 представлено применение модели линейной регрессии к стандартному синтетически сгенерированному набору данных Moons. Цветовая палитра яркости оттенков отображает меру вероятности принадлежности к одному из классов. Белая линия обозначает разделяющую поверхность, определённую линейной регрессией.

В данной работе рассмотрено применение математического анализа в модели машинного обучения линейной регрессии. Были исследованы

ключевые аспекты алгоритма, включая минимизацию функции потерь методом градиентного спуска, а также построение разделяющих поверхностей и вероятностных интерпретаций. Результаты продемонстрировали эффективность линейной регрессии в анализе синтетически сгенерированных данных, таких как набор Moons. Использование математических методов позволяет глубже понять природу процессов, происходящих в модели, и повышает качество решений, принимаемых на основе анализа данных.

Литература

1. Курс “Deep Learnong” [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://stepik.org/course/230362/info– Дата доступа: 01.04.2025.

УДК 519.6

ПОСТРОЕНИЕ ДОРОЖНОГО ГРАФА ДЛЯ МАРШРУТИЗАЦИИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА В ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЕ КОРИДОРОВ

Ирванцова В.С., Лазута В.С.
Научный руководитель –Лебедева Г. И., к.т.н., доцент

Граф – это математическая структура, которая используется для моделирования связей между различными объектами. Граф состоит из вершин и рёбер, которые их соединяют. Роботы, которые требуют предварительного программирования маршрута, обычно относятся к следующим категориям:промышленные роботы, автономные мобильные роботы (AMR), роботы для доставки, роботы-уборщики, садовые роботы, исследовательские роботы.

Программирование робота может служить множеству целей, в зависимости от его назначения и области применения. Вот несколько основных направлений: автоматизация процессов, исследования и разработки, обслуживание и помощь, образование и обучение, развлечение, безопасность и охрана, сельское хозяйство, строительство.

Каждое из этих направлений требует специфического подхода к программированию и проектированию роботов, в зависимости от их функций и условий эксплуатации.

Например:

Построение дорожного графа для маршрутизации робота-пылесоса – это важный этап в разработке его навигационной системы. Ниже описаны основные шаги этого процесса.

Первым шагом в построении дорожного графа является сканирование окружающей среды, в которой будет работать робот. Робот перемещается

по помещению и собирает данные о препятствиях, стенах, мебели и других объектах. В процессе сканирования робот фиксирует расстояния до объектов, их размеры и положение. На основе собранных данных создается карта помещения. Это может быть двумерная карта или трехмерная модель.

После создания карты необходимо определить узлы графа, которые будут представлять ключевые точки в пространстве. Узлы могут представлять: перекрестки,целевые точки, объекты:

Далее надо создать рёбра графа. Рёбра представляют собой возможные пути передвижения робота между узлами. Для каждого узла необходимо определить доступные пути к другим узлам. Это может включать прямые линии между узлами или более сложные маршруты с учетом препятствий. Проанализировав все подходящие элементы, получили дорожный граф для маршрутизации робота:

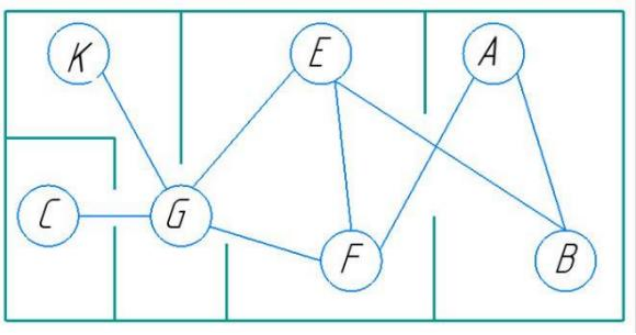


Рис.10. Дорожный граф для маршрутизации робота.

На следующем этапе важно учесть динамические и статические препятствия. Наш робот должен иметь возможность обновлять граф в реальном времени. Это может включать удаление рёбер, если путь становится заблокированным, или добавление новых узлов.

Так же есть поставленные задачи маршрутизации. Для решения задачи маршрутизации можно использовать различные алгоритмы, такие как A*, Dijkstra или другие методы поиска пути. Эти алгоритмы анализируют граф и выбирают наиболее эффективный маршрут на основе заранее определенных критериев.Алгоритм учитывает стоимость рёбер и выбирает последовательность узлов, которая обеспечивает наилучший маршрут к цели.

После того как маршрут был спланирован, робот приступает к его выполнению.Робот использует свои сенсоры для навигации по запланированному маршруту. Он должен постоянно отслеживать свое положение и корректировать движение в случае возникновения препятствий или изменений в окружении. Важно обеспечить обратную связь между роботом и системой управления для корректировки маршрута в реальном времени при необходимости. После этого мы получаем код:

```
class Node:
 def __init__(self, name):
 self.name = name self.neighbors = {} # Словарь: {соседний узел: вес ребра}
def add_neighbor(self, neighbor, weight): self.neighbors[neighbor] = weight
class Graph:
def __init__(self): self.nodes = {} # Словарь: {имя узла: объект Node} def add_node(self, name):
if name not in self.nodes: self.nodes[name] = Node(name) def add_edge(self, node1_name, node2_name, weight):
self.add_node(node1_name)
self.add_node(node2_name) node1 = self.nodes[node1_name]
node2 = self.nodes[node2_name]
node1.add_neighbor(node2, weight)
node2.add_neighbor(node1, weight)
def get_node(self, node_name): return self.nodes.get(node_name)
def __str__(self):
graph_str = ""
for node_name, node in self.nodes.items():
neighbors_str = ", ".join([f"{neighbor.name} ({weight})" for neighbor, weight in node.neighbors.items()]) graph_str += f"Node {node_name}: Neighbors: {neighbors_str}\n" return graph_str
graph = Graph() # Добавляем ребра, указывая примерные веса (расстояния). Важно: эти веса произвольные и должны быть настроены!
graph.add_edge("A", "B", 2)
graph.add_edge("A", "E", 3)
graph.add_edge("B", "F", 4)
graph.add_edge("E", "F", 2)
graph.add_edge("E", "G", 3)
graph.add_edge("F", "G", 1)
graph.add_edge("C", "G", 2)
graph.add_edge("K", "G", 3)
print(graph)
start_node = graph.get_node("A")
 if start_node:
print(f"\nNeighbors of node A:")
for neighbor, weight in
start_node.neighbors.items():
print(f"- {neighbor.name} (Weight: {weight})")
else: print("Node A not found in the graph.")
```

После того как робот завершает уборку в целевой области, он может либо вернуться в исходную точку, либо перейти к следующему заданию. Робот

может передать информацию о выполненной работе для дальнейшего анализа и оптимизации будущих маршрутов.

Построение дорожного графа для маршрутизации робота-пылесоса – это сложный процесс, который требует интеграции различных технологий и алгоритмов. Каждый этап важен для обеспечения эффективной навигации и выполнения задач по уборке.

УДК 004.925.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВОЙСТВ ПСЕВДОТРЕХМЕРНЫХ ПРОСТРАНСТВ

Диковицкий И.А.
Научный руководитель –Лебедева Г. И., к.т.н., доцент

Псевдотрехмерность, или 2,5D, представляет собой уникальный подход к компьютерной графике, позволяющий создавать иллюзию трехмерного пространства с помощью двумерных технологий. Возникнув в эпоху ограниченных вычислительных ресурсов, эта техника стала ключевым инструментом для разработчиков игр, стремящихся к визуальной глубине без необходимости сложных полигональных расчетов.

Первые эксперименты с псевдотрехмерностью появились еще в 1970-х годах, но настоящий расцвет технологии пришелся на 1980-1990-е годы. Такие игры, как Doom, Wolfenstein 3D и Duke Nukem 3D, продемонстрировали, насколько убедительной может быть имитация 3D даже при использовании спрайтов, рейкастинга и других оптимизированных методов. Эти решения не только расширили творческие возможности разработчиков, но и заложили основы для современных игровых движков.

Сегодня псевдотрехмерность переживает второе рождение, но уже как осознанный художественный выбор. Инди-разработчики и крупные студии используют ее для создания стилизованных проектов, отсылающих к классике жанра. Исследование этой технологии позволяет не только проследить эволюцию графического дизайна, но и понять, как инженерные ограничения могут становиться источником инноваций.

Одним из первых методов псевдотрехмерности стала изометрическая проекция, которая использовалась в платформерах конца 1980-х годов. Игровые уровни отображались под углом, создавая иллюзию глубины, хотя персонажи могли перемещаться только вдоль осей.

Более сложным методом является рейкастинг, который применялся в играх от первого лица, таких как Wolfenstein 3D и Doom. Суть метода заключается в том, что из позиции игрока испускаются лучи, определяющие

расстояние до стен. Чтобы луч мог быстро и безошибочно определить углы поверхности, карта в Wolfenstein 3D поделена на сетку, состоящую из ячеек 8×8×8. Процесс рейкастинга запускался, когда луч сталкивался с гранью ближайшей ячейки [1]. Чем больше отбрасывается лучей, тем более четким получается изображение. Высота стен на экране обратно пропорциональна этому расстоянию, что создает эффект перспективы. Формула для определения высоты H объекта на экране (в пикселях): $H = \frac{k \cdot h}{d}$, где k – коэффициент масштаба, h – реальная высота объекта, а d – расстояние от наблюдателя до объекта.

Отбрасывание лучей продемонстрировано на рисунках 1, 2.

Формула для определения расстояния d от наблюдателя до стены в рейкастинге (в пикселях): $d = \frac{\Delta x \cdot cos\theta - \Delta y \cdot sin\theta}{\sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}}$, где Δx, Δy – разница координат между игроком и стеной, а θ – угол направления луча.

Двоичное разделение пространства – это метод разбиения виртуального пространства с помощью рекурсии, в результате которого получается 3D-среды, состоящей из множества плоскостей. Объекты, созданные с помощью такой техники, содержат структуру данных, которая называется BSP-деревом [1].

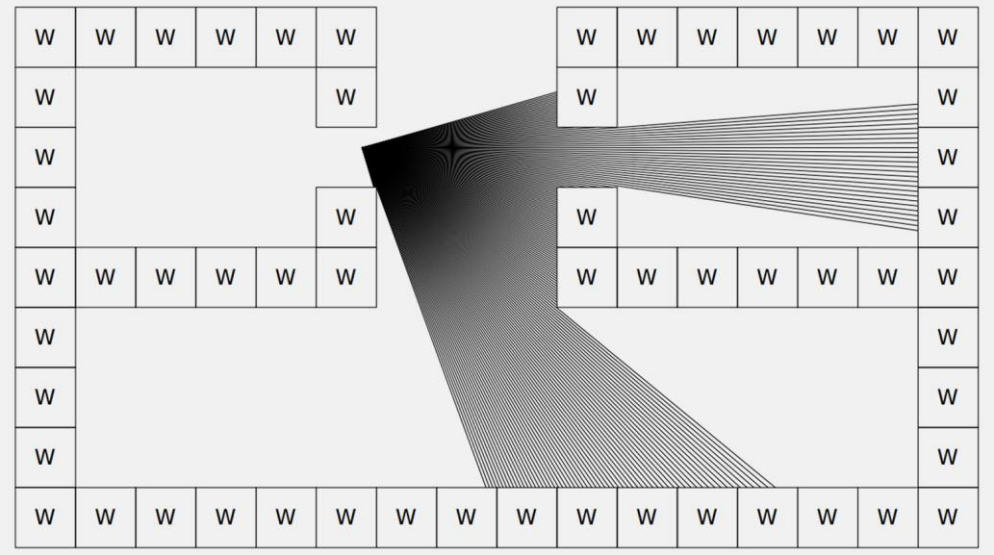


Рис.1. Отбрасывание 320 лучей в рамках разрешения 320×200.

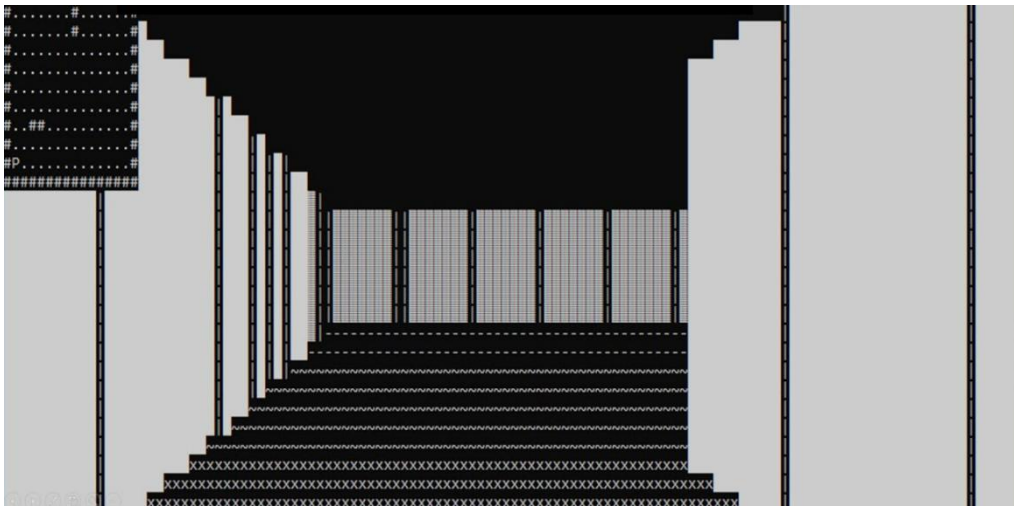


Рис.2. Отбрасывание малого количества лучей.

В Doom для оптимизации рендеринга использовалось BSP-дерево. Этот метод разделял игровое пространство на секторы, например, на комнаты, что позволяло быстро определять видимые объекты и сокращать нагрузку на процессор. BSP-деревья также использовались в Quake, но уже для полноценной 3D-графики. Для определения положения точки (игрока) применялась формула $a = n_x \cdot x + n_y \cdot y + d$, где (n_x, n_y) - нормаль плоскости, (x, y) – координаты сектора, d – смещение по плоскости. Если $a>0$, то точка перед плоскостью, то есть игрок перед стеной, если $a<0$, точка за плоскостью, если $a=0$, то точка находится на плоскости, то есть игрок стоит прямо перед стеной, что позволяет имитировать столкновение.

Движок Build Engine, разработанный Кеном Сильверманом, предлагал более гибкие возможности, такие как секторы с изменяемой высоты и порталы. Это позволило создавать многоэтажные уровни и разрушаемое окружение в играх Duke Nukem 3D и Blood.

С развитием технологий псевдотрехмерность уступила место полноценной 3D-графике. Однако ее методы легли в основу современных игровых движков. Например, рейкастинг до сих пор используется для расчета освещения и столкновений. В современной индустрии псевдотрехмерность стала частью стилизации. Игры, такие как Ion Fury и Planet of Lana, сознательно используют эти технологии, чтобы вызвать ностальгию у игроков или создать уникальный визуальный стиль.

Псевдотрехмерность сыграла ключевую роль в истории компьютерных игр, позволив разработчикам преодолеть технические ограничения своего времени. Несмотря на переход к полноценной 3D-графике, ее методы остаются актуальными как для инди-разработчиков, так и для создания стилизованных проектов. Будущее псевдотрехмерности лежит в области творческого применения, где она продолжает вдохновлять новые поколения геймдизайнеров.

В ходе научной работы мною были проведены исследования свойств псевдотрехмерных пространств и их применения в компьютерной графике с особым акцентом на методы, использованные в классических играх 1980-1990-х годов. Я проанализировал ключевые техники, а также рассмотрел их математическое описание и влияние на производительность, что очень важно для компьютеров того времени.

Литература:

1. Что такое псевдотрехмерность – и как ее создавали в Doom, Duke Nukem 3D и других играх [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://skillbox.ru/media/gamedev/chto-takoe-psevdotryekhmernost-i-kak-eye-sozdavali-v-doom-duke-nukem-3d-i-drugikh-igrakh/?ysclid=maegy1wrpp394778154

2. Псевдотрехмерность [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://neolurk.org/wiki/Псевдотрёхмерность

3. Трехмерная графика для геймера. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://vrgames.by/content/trehmernaya-grafika-dlya-gejmera

УДК 624.21

ФУНКЦИИ ОПТИМИЗАЦИИ НЕЙРОННЫХ СИСТЕМ

Савицкая М.М., Розыкова О.Г.
Научный руководитель – Лебедева Г. И., к.т.н., доцент

В контексте глубокого обучения проблема оптимизации занимает центральное место, определяя как эффективность процесса обучения, так и способность модели к обобщению. Ключевая задача оптимизации формулируется как минимизация целевой функции, количественно оценивающей расхождение между предсказаниями модели и эталонными значениями. Следует отметить, что выбор алгоритма оптимизации представляет собой нетривиальную задачу, поскольку не существует универсального решения, оптимального для всех случаев.

В рамках данного исследования проводится систематический анализ трех фундаментальных методов оптимизации: стохастического градиентного спуска (SGD) и его адаптивных вариантов Adam и RMSprop. Экспериментальная оценка эффективности методов выполнена на классических задачах компьютерного зрения с использованием датасетов MNIST и CIFAR-10, что позволяет объективно сравнивать скорость сходимости и итоговую точность алгоритмов.

Процесс оптимизации базируется на функциях потерь и методах градиентного спуска.

Функции потерь количественно оценивают ошибку модели. Минимизация функции потерь является центральной задачей обучения нейронных сетей. Для регрессионных задач часто используется среднеквадратичная ошибка (MSE), вычисляющая среднее значение квадратов разностей между предсказанными и истинными значениями. Формула MSE:

MSE= $\frac{1}{n}\Sigma_{i=1}^{n}(y_i-\hat{y}_i)^2$, где n – число наблюдений, y – истинное значение, $\hat{y}_i$– предсказанное значение. MSE чувствительна к выбросам. В задачах классификации часто применяется кросс-энтропия, которая измеряет расхождение между предсказанным и истинным распределениями вероятностей классов. Для бинарной классификации используется бинарная кросс-энтропия, а для многоклассовой – категориальная. Существуют также специализированные функции потерь, такие как Huber Loss (устойчива к выбросам) и Triplet Loss (для задач метрического обучения). Выбор функции потерь зависит от типа задачи и особенностей данных.

Градиентный спуск представляет собой итеративный алгоритм минимизации функции потерь, основанный на обновлении параметров модели в направлении, противоположном градиенту функции потерь.

Стохастический градиентный спуск (SGD) обновляет параметры после обработки каждого отдельного примера или мини-батча. Это позволяет эффективно работать с большими объемами данных, но добавляет шум в процесс сходимости. Основные сложности применения SGD включают затухание градиентов в глубоких сетях и сильную зависимость от выбора скорости обучения (learningrate).

Адаптивные методы, такие как Adam и RMSprop, решают эти проблемы, автоматически подстраивая скорость обучения для каждого параметра на основе истории градиентов. Adam объединяет подходы Momentum и RMSprop для ускоренной сходимости, тогда как RMSprop нормализует скорость обучения с использованием скользящего среднего квадрата градиентов, что обеспечивает стабильность обучения. Адаптивные методы часто демонстрируют более быструю сходимость и меньшую чувствительность к начальному значению learningrate. Однако, тщательно настроенный SGD способен находить более «плоские» минимумы, что способствует лучшей обобщающей способности модели.

Для оценки эффективности оптимизаторов проведено тестирование на наборах данных MNIST (70 000 черно-белых изображений цифр размером 28x28) и CIFAR-10 (60 000 цветных изображений размером 32x32, распределённых по 10 классам). На MNIST использовалась простая сверточная нейронная сеть (CNN), тогда как на CIFAR-10 применялась ResNet. Для каждого метода оптимизации были подобраны гиперпараметры, а метриками эффективности стали точность на

валидационной выборке и скорость сходимости. Результаты сравнения производительности оптимизаторов представлены в таблице 1.

Таблица 1: Сравнение производительности оптимизаторов

Оптимизатор	Набор данных	Достигнутая точность (%)	Скорость сходимости (эпох до 90% точности)
SGD	MNIST	98.5	25
Adam	MNIST	99.2	10
RMSprop	MNIST	99.0	12
SGD	CIFAR-10	82.0	80
Adam	CIFAR-10	90.5	30
RMSprop	CIFAR-10	89.5	35

Примечание: Данные таблицы являются обобщенными.

Результаты демонстрируют, что Adam обеспечивает наиболее быструю сходимость по сравнению с SGD и RMSprop. Однако производительность всех методов значительно зависит от тщательной настройки гиперпараметров, особенно в случае применения SGD.

Выбор оптимизатора определяется задачей и доступными ресурсами. Adam является универсальным выбором для быстрого прототипирования и сложных моделей благодаря ускоренной сходимости. SGD предпочтителен при наличии ресурсов для тщательной настройки параметров, обеспечивая более высокую обобщающую способность за счёт поиска "плоских" минимумов. RMSprop подходит для задач с нестационарными целевыми функциями и широко применяется в рекуррентных нейронных сетях (RNN). Хотя адаптивные методы быстрее достигают начальной сходимости, настроенный SGD способен обеспечить лучшую производительность в долгосрочной перспективе, благодаря более глубокому исследованию пространства параметров.

Дальнейшее развитие методов оптимизации, вероятно, будет включать нейроэволюцию (оптимизацию архитектур) и разработку специализированных алгоритмов для конкретных моделей, таких как

трансформеры. Также ожидается появление гибридных подходов, сочетающих преимущества существующих методов.

Литература

1. https://habr.com/ru/articles/318970/
2. https://forum.huawei.com/enterprise/ru/что-такое-функция-потерь/thread/787237-100149
3. https://www.ultralytics.com/ru/glossary/adam-optimizer

УДК 621.311

АНАЛИЗ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ НА КОРОНУ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

А.К. Мартынов
Научные руководители – А.Н. Рудый, доцент, Г.Н.Лебедева, доцент

В передаче и распределении электроэнергии высокое напряжение играет ключевую роль в снижении омических потерь и повышении эффективности. Однако, эксплуатация высоковольтных линий электропередачи (ЛЭП) сопряжена с рядом специфических явлений, одним из которых является коронный разряд, или "корона".

Корона представляет собой форму электрического пробоя, возникающую вокруг проводников, находящихся под высоким напряжением, когда напряженность электрического поля на их поверхности превышает диэлектрическую прочность окружающего воздуха. Это приводит к ионизации воздуха, сопровождающейся характерным потрескивающим звуком, свечением и образованием озона.

Коронный разряд вызывает нежелательные потери мощности, что снижает общую эффективность передачи. Эти потери зависят от геометрии ЛЭП, уровня напряжения и метеорологических условий.

Следует отметить, что изучение коронного разряда и оценка связанных с ним потерь мощности активно велись на протяжении десятилетий. Так, еще в Советском Союзе были разработаны эмпирические методы и составлены таблицы удельных потерь мощности на корону для различных типов проводов и условий эксплуатации. Эти разработки послужили важной основой для проектирования высоковольтных линий электропередачи того времени. В представленной таблице приведены потери для четырёх основных видов погодных условий: изморози, дождя, сухого снега и хорошей погоды.

Номинальное напряжение, кВ	Удельные потери мощности на корону в ВЛ, кВт/км при погоде			
	хорошая	сухой снег	дождь	изморозь
750	4.2	16.6	60.0	122.5
500	2.3	8.8	29.0	76.0
330	0.9	3.9	13.0	28.8
220	0.3	1.1	3.0	12.0
110	0.03	0.12	0.35	1.2

Так как значения в таблице имеют разные наивысшие разряды, то удобно воспользоваться логарифмическим графиком, который покажет степенную зависимость потерь от погодных условий (Рис.1).

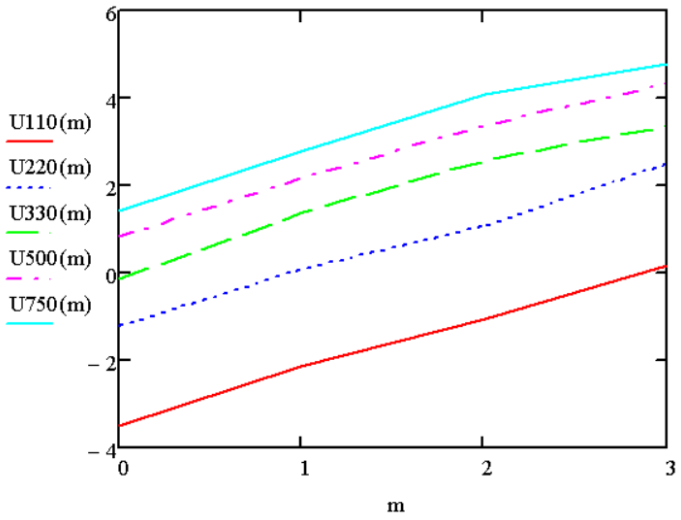


Рис.1. Логарифмический график удельных потерь мощности на корону, где 0–хорошая погода, 1–сухой снег, 2–дождь, 3–изморозь.

По графику можно сказать, что скорость роста потерь с напряжением (в относительном выражении) примерно одинакова независимо от погодных условий. Среднее значение степенin составляет около 2,02, при напряжениях выше критического это указывает на то, что потери растут пропорционально квадрату напряжения. Главное влияние погоды заключается в значительном увеличении коэффициента пропорциональности k, который масштабирует потери. Наибольшее увеличение потерь наблюдается при изморози и дожде, что связано с образованием неоднородностей на поверхности проводника. Так наибольшее значение он принимает в изморозь $k \approx 2.0 \times 10^{-4}$, что практически в 23 раза больше, чем в хорошую погоду, где $k \approx 8.7 \times 10^{-6}$. Изморозь от дождя и сухой снег от хорошей погоды отличаются примерно одинаково в 2р.

Отсюда можно подобрать модель $P \approx k \times U^n$, которая хорошо описывает данные в выбранном диапазоне.

Эта зависимость действительна для напряжений выше критического напряжения начала короны. Критическое напряжение – это пороговое значение, ниже которого напряженность электрического поля у поверхности проводника недостаточна для устойчивой ионизации воздуха, и потери на корону практически отсутствуют. На него влияют диаметр и состояние поверхности проводника, погодные условия. Его рассчитывают по формуле

$$V = m_0 G_0 \delta r \cdot \ln \frac{D}{r}$$

Где m_0 – коэффициент неровности поверхности проводника (принимаем m_0=0,85), G_0 – электрическая прочность воздуха (принимаем G_0=21,2 кВ/см), δ- коэффициент плотности воздуха, зависящий от давления (b) и температурыδ=1, r - радиус проводника, D - расстояние между проводниками (примем равное 2м).

Критическое напряжение обычно возрастает с увеличением радиуса проводника (Рис.2). Это означает, что чем толще провод, тем более высокое напряжение необходимо, чтобы возникла корона. Поскольку при увеличении кривизны поверхности напряжённость поля рядом распределяется более равномерно, но увеличение диаметра также приводит к увеличению веса и стоимости проводов.

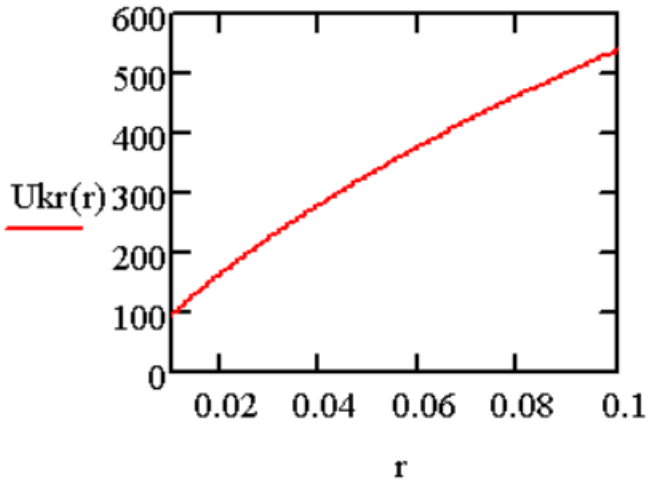


Рис.2. График зависимости критического напряжения от радиуса проводника.

Если отношение фазного напряжения к критическому напряжению пробоя меньше значения 1.8, то для определения потерь активной мощности на коронный разряд используется формула Петерсона:

$$P_{КП} = \frac{21 \cdot f \cdot U^2 \cdot F \cdot 10^{-6}}{\left(\log_{10} \frac{D}{r}\right)^2}$$

Когда напряжение линии ниже критического напряжения начала короны, электрическое поле у поверхности проводника недостаточно сильно для устойчивой ионизации воздуха. Потери на корону в этом режиме практически отсутствуют (за исключением очень незначительных потерь, связанных с микронеровностями). Как только напряжение линии достигает или превышает критическое напряжение, начинается ионизация воздуха, и возникают потери на корону. На построенной поверхности эта взаимосвязь хорошо прослеживается мы видим значительное увеличение потерь после пересечения линии критического напряжения для различных радиусов(Рис.3).

Явление короны является неотъемлемой частью работы высоковольтных линий электропередачи. Оно представляет собой частичный электрический разряд в воздухе, возникающий при превышении определенной напряженности электрического поля. Хотя корона может иметь некоторые положительные эффекты, в целом она приводит к негативным последствиям таким как потери мощности, коррозии и помехам. Интенсивность короны зависит от напряжения, состояния проводников, атмосферных условий и загрязнений. Для минимизации негативных эффектов используют расщепленных проводников, увеличение радиуса проводников, оптимизация расстояний между ними и установка коронирующих колец. Таким образом, управление короной – важная задача в электроэнергетике, позволяющая снизить потери и повысить надежность работы линий электропередачи.

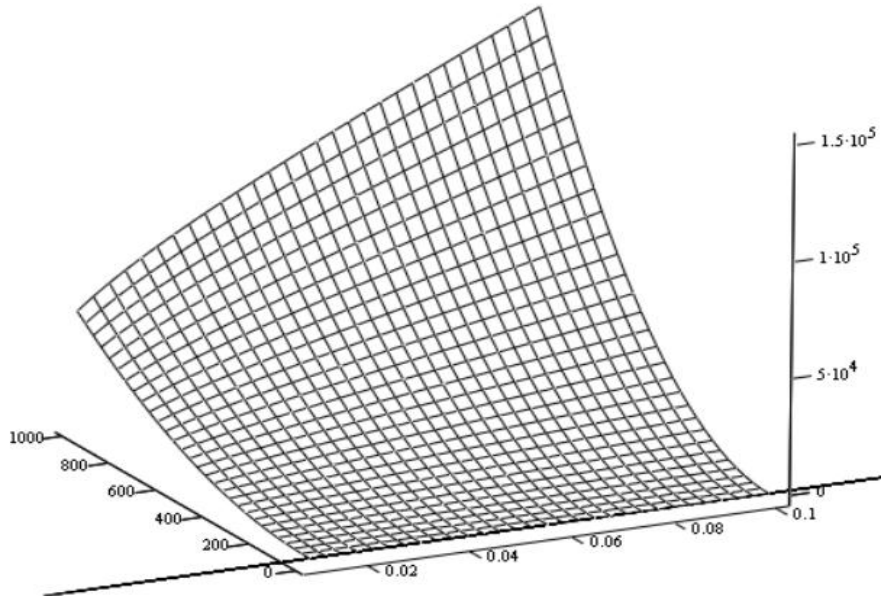


Рис.3. Пространственный график зависимости потерь мощности(Вт) от напряжения в линиях(кВ) и радиуса проводника(м).

Литература

1. Секацкий Д.А., Попкова Н.А. Расчет и анализ удельных потерь активной мощности на коронирование в воздушных линиях электропередачи с учетом климатических данных./Секацкий Д.А., Попкова Н.А. – Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2024;67(1):16-32.

УДК 519.6

МАТЕМАТИКА АЗАРТНЫХ ИГР: КАК КАЗИНО СОХРАНЯЮТ СВОЁ ПРЕИМУЩЕСТВО

Алексей Ш.А., Иван Л.А.
Научный руководитель –Лебедева Г. И., к.т.н., доцент

Азартные игры, например, как рулетка, покер и лотереи, созданы на математических законах, которые гарантируют казино стабильную прибыль со временем. В данной работе рассматриваются стратегии, которые позволяют игорным заведениям сохранять своё преимущество над игроками. Решим задачи по теории вероятностей и математическому ожиданию. На примере рулетки мы рассчитаем ожидаемые потери игрока и объясним систему «преимущества казино» (HouseEdge).

Вероятность – это числовая характеристика, которая выражает шанс наступления случайного события. Она определяется как отношение числа благоприятных исходов к общему числу исходов:

$$P(A) = \frac{m}{n}$$

где m– число благоприятных исходов, n – общее число исходов, A – благоприятное событие.

Пример: вероятность выпадения чётного числа при броске стандартного шестигранного кубика равна:

- A – состоит в том, что выпало чётное число.
- Благоприятные исходы (m), что выпало: 2, 4, 6.
- Общее количество исходов 6 (шесть граней).

$$P(A) = \frac{3}{6} = 0{,}5$$

В результате мы видим, что выпадение чётного числа составляет 50%.

Математическим ожиданием (M(X)) случайной величины называется число, равное сумме произведений всех значений случайной величины на вероятность этих значений.

Если случайная величина X принимает значения x_1,x_2, … , x_nсоответственно с вероятностямир$_1$, p_2, … , p_n, то согласно определению:

$$M(X) = \sum_{i=1}^{n} P_i \cdot X_i$$

Пример: рассмотрим простую игру с подбрасыванием монеты, где ставка составляет 10 долларов:

- Выигрыш 12$ при «орле» (вероятность 0,5);
- Проигрыш 10$ при «решке» (вероятность 0,5).

Тогда математическое ожидание будет:

$$M(X) = (0{,}5 \cdot 12) + \big(0{,}5 \cdot (-10)\big) = 6 - 5 = 1$$

В результате мы видим положительное математическое ожидание, что означает преимущество игры для участника. Однако в казино все игры имеют **отрицательное M(X)**для игрока.

Рулетка – одна из самых известных азартных игр, которая широко распространена в казино по всему миру. В классической рулетке используется колесо с 37 секторами: числами от 1 до 36, которые поровну делятся на красные и черные, а также один зеленый сектор – зеро. Игроки делают ставки на определенные числа, цвета или диапазоны, после чего дилер запускает шарик по вращающемуся колесу, и выигрыш определяется выпавшим сектором.

Популярная ставка делается на цвет (красный или черный) с выплатой 1:1. Это означает, что при ставке в 1 доллар и выигрыше игрок получает обратно свой доллар плюс еще один доллар прибыли. Однако наличие зеленого нулевого сектора снижает шансы игрока на выигрыш.

Для ставки 1$ на красное:

A – состроит в том, что выпало красное;

B – состоит в том, что выпало черное или зелёное.

- Вероятность выигрыша:

$$P(A) = \frac{18}{37} \approx 0{,}4865$$

- Вероятность проигрыша:

$$P(B) = \frac{19}{37} \approx 0{,}5135$$

Математическое ожидание:

$$M(X) = (0{,}4865 \cdot 1) + \big(0{,}5135 \cdot (-1)\big) = -0{,}027$$

В результате расчёта мы видим отрицательное значение M(X), которое составляет приблизительно -2,7 цента на каждый поставленный доллар, которое отражает преимущество казино и обеспечивает стабильную прибыль с течением времени.

Представим, что игрок делает 100 последовательных ставок по 1 доллару на красное:

Условия эксперимента:

- Общая сумма депозита: 100$.

Ожидаемое число выигрышей:

$$N_{выигрышей} = 100 \cdot \frac{18}{37} \approx 48{,}65$$

Финансовый результат:

- Выигрыши: Выигрыши: 48,65$ (при ставке 1:1 игрок получает назад свою ставку +1$ прибыли за каждый выигрыш);
- Проигрыши: $100\$ - 48{,}65\$ = 51{,}35\$$.

Чистая прибыль игрока:

$$48{,}65\$ - 51{,}35\$ = -2{,}7\$$$

Второй метод через математическое ожидание:

Ожидаемый убыток за 100 ставок:

$$M(X) = 100 \cdot (-0{,}027) = -2{,}7$$

В результате анализа становится очевидным, что казино обеспечивает свою прибыль за счет отрицательного математического ожидания для игрока, заложенного в правилах игры. В рулетке преимущество заведения составляет 2,7%, и это связано с наличием сектора «0», который нарушает симметрию вероятностей между ставками на красное и черное. Даже при кажущихся равными ставках игрок теряет в среднем 2,7 доллара на каждые 100 ставок.

Таким образом, математический механизм гарантирует, что несмотря на то, что игроки могут время от времени выигрывать, казино постоянно получает стабильный доход в долгосрочной перспективе. Для игроков азартные игры – это, в среднем, убыточное занятие, захватывающая азартная игра, в которой шансы тщательно рассчитываются в пользу заведения.

Литература

1. Прихач Н.К. [и др.]. Теория вероятностей и математическая статистика / Н.К. Прихач – Минск: БНТУ, 2020. – Ч.2. – 72 с.
2. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман – ФГУП Издательство «Высшая школа», 2004: Gmurman-V.E.-Rukovodstvo-k-resheniyu-zadach.pdf.
3. Интернет ресурс «RakeTheRekeNews» – европейская рулетка против американской: https://www.raketherake.com/ru/news/2020/10

УДК 530.145:517.98:519.2

О НЕКОТОРЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ ТЕОРИИ НЕПРЕРЫВНЫХ ДРОБЕЙ

Лашко Н.К., Якуценя А.С.
Научный руководитель – Роговцов Н.Н. д.ф.м.н., профессор

Первые представления о конечных непрерывных (цепных) дробях были использованы в конце 16 века итальянским математиком Бомбелли. Под такими дробями в математике понимаются конструкции такого вида:

$$a_0 + \cfrac{a_1}{b_1 + \cfrac{a_2}{b_2 + \cfrac{a_3}{b_3 + \cdots \cfrac{a_n}{b_n}}}} = \left[a_0; \frac{a_1}{b_1}; \frac{a_2}{b_2}; \ldots; \frac{a_n}{b_n}\right] \quad (1)$$

Под элементами множества a_0, a_1,…, a_n , b_1, b_2,…, b_nв (1) можно, в частности, подразумевать числа, функции и т.д.. Любая конечная дробь (1) может быть приведена к виду обычной дроби типа $\frac{P_n}{Q_n}$посредством выполнения обычных арифметических операций. Однако, непрерывная дробь (1) формально имеет более сложную структуру по сравнению с конечными суммами и произведениями. Впервые бесконечные непрерывные дроби были рассмотрены лордом Броункером, который был первым президентом Королевского общества. Основы теории непрерывных дробей были созданы еще усилиями Эйлера, Лагранжа, Лежандра, Гаусса, Галуа, Лапласа, Римана, Чебышева, Фробениуса, Паде, Пуанкаре и рядом других выдающихся ученых в 18-19 веках. Подробные сведения, относящиеся к теории непрерывных дробей и ее разнообразным применениям в алгоритмической математике и естествознании, были изложены, в частности, в монографиях [1,2].

По определению обыкновенную дробь вида $\frac{P_k}{Q_k}$= [a_0,$\frac{b_1}{a_1}$,…,$\frac{b_k}{a_k}$], где k=$\overline{1,n}$, называют подходящей дробью для конечной непрерывной дроби (1). Величина $\frac{b_s}{a_s}$, где s=1,2,3,…, называются звеньями непрерывной дроби. Еще Эйлером было установлено, что величиныP_kи Q_kмогут быть найдены посредством использования рекуррентных соотношений:

$$P_k = a_k P_{k-1} + b_k P_{k-2},\ Q_k = a_k Q_{k-1} + b_k Q_{k-2} \quad (2)$$

где $P_{-1} = 1,\ Q_{-1} = 0,\ P_0 = a_0, Q_0 = 1 (k = -1,0,1,2,\ldots)$. При этом дроби $\frac{P_k}{Q_k}$ называются подходящими дробями непрерывной дроби (1).

По определению бесконечная непрерывная дробь [a_0,$\frac{b_1}{a_1}$,$\frac{b_2}{a_2}$,…] называется сходящейся, если существует $\lim\limits_{n\to+\infty} \frac{p_n}{Q_n} = \propto$.Величина $\propto$ при этом называется значением бесконечной непрерывной дроби. В теории непрерывных дробей используется целый рядкритериев сходимости. В

частности имеет место следующее утверждение: если все числа a_k,b_k (k=0,1,2,…) в бесконечной непрерывной дроби положительны и выполнены неравенства $b_k \leq a_k$, $a_k \geq const > 0$ (k=0,1,2,3,…), то бесконечная непрерывная дробь $[a_0,\frac{b_1}{a_1},\frac{b_2}{a_2},\ldots]$ сходится.

Непрерывные (цепные) дроби обладают целым рядом замечательных свойств, которые эффективно используются в вычислительной математике и ее приложениях. В частности, при выполнении исходных допущений при выполнении которых истинно высказанное выше утверждение, четные подходящие дроби $\frac{P_{2k}}{Q_{2k}}$, когда k=0,1,2,…, образуют монотонно возрастающую последовательность, ограниченную сверху, а нечетные подходящие дроби $\frac{P_{2k+1}}{Q_{2k+1}}$ (k=0,1,2,…) образуют монотонно убывающую последовательность, ограниченную снизу. В силу сходимости бесконечной непрерывной дроби $[a_0,\frac{b_1}{a_1},\frac{b_2}{a_2},\ldots]$ должно выполняться равенство $\lim\limits_{k\to+\infty} \frac{P_{2k}}{Q_{2k}} =$ $= \lim\limits_{k\to+\infty} \frac{P_{2k+1}}{Q_{2k+1}}$. Следовательно значение $\propto$ этой бесконечной дроби должно для любых k=0,1,2,… удовлетворять неравенствам $\frac{P_{2k}}{Q_{2k}} < \propto < \frac{P_{2k+1}}{Q_{2k+1}}$. В силу этого неравенства можно априори оценивать погрешности, которые возникают при приближенных вычислениях числа $\propto$ (они появляются при выборе конечных значений k).

В теории непрерывных дробей широко используются, например такие фундаментальные понятия к конструкции, как инвариантность и итерация. При этом само определение непрерывных дробей, по существу, зиждется на представлении о нелинейной итерации, в основу которой положено невырожденное дробно-линейное преобразование [1]. Проиллюстрируем сказанное выше на одном поучительном примере. Рассмотрим такую бесконечную непрерывную дробь:

$$B=[0,\frac{b_1}{a_1},\frac{b_2}{a_2},\frac{b_1}{a_1},\frac{b_2}{a_2},\ldots] \qquad (3)$$

В этой дроби все звенья с нечетными номерами равны $\frac{b_1}{a_1}$,а все звенья с четными номерами равны $\frac{b_2}{a_2}$. Допустим, что имеют место следующие соотношения: $0<b_1\leq a_1$, $0<b_2\leq a_2$. При выполнении этих условий согласно утверждению, высказанному ранее, бесконечная непрерывная дробь (3) сходится к некоторому конечному числу $\propto = B$. В силу существования единственного предела B для подходящих дробей для непрерывной дроби (3) и инвариантности (по отношению к выбору остатков) вида (формы) и значений любых остатков дроби (3), начинающиеся со звена $\frac{b_1}{a_1}$ и стоящих на «нечетных местах» после точки с запятой в квадратных скобках в (3), должно, в частности, выполняться равенство:

$a_1B^2+(a_1a_2+b_2-b_1)B-a_2b_1=0.$ (4)

Так как в (3) входят только положительные числа, то в качестве значения бесконечной непрерывной дроби (3) следует брать положительный корень квадратного уравнения (4). Следовательно значение дроби (3) равно

$B=(2a_1)^{-1}[-(a_1a_2+b_2-b_1)+\sqrt{(a_1a_2+b_2-b_1)^2+4a_1a_2b_1}].$ (5)

Поскольку приближенное значение бесконечной непрерывной дроби (3) можно вычислить с высокой точностью с помощью обратной рекурсии и дать при этом априорную оценку точности этого значения, то формулу (5) можно эффективно использовать для получения значений квадратного корня в (5) для любых значений чисел a_1,a_2,b_1,b_2(но они должны удовлетворять неравенствам $0<b_1\leq a_1$, $0<b_2\leq a_2$. Наиболее простую формулу для вычисления корней можно получить из (5) когда $b_1=b_2=b$, $a_1=a_2=a(b\in(0,a])$.Для такой ситуации из (5) следует, что

$$\sqrt{a^2+4b}=2B+a$$

Теория непрерывных дробей эффективно используется, в частности, для решения следующих проблем:1) Получение общих представлений трансцендентных функций, специальных функций;2) Установление устойчивости или неустойчивости решений задач, рассматриваемых в теории управления;3) Аналитические продолжения функций;4) Суммирование «расходящихся (асимптотических)» рядов;5) Построение эффективных аппроксимаций;6) Проблема моментов;7) Анализ трехчленных рекуррентных соотношений к разности уравнений;8) Решение бесконечных СЛАУ.

Используя сказанное выше вычислим, например:$\sqrt{208}$,$\sqrt{579}$,$\sqrt{1045{,}578}$:

1)$\sqrt{208}$ ≈14.42220353 $\Delta=0.00000157$,$\delta=1.09\times10^{-7}\%$.

2)$\sqrt{579}$≈ 24.06241883$\Delta=1.0\times10^{-7}$,$\delta=4.16\times10^{-7}\%$.

3) $\sqrt{1045{,}578}$≈32.33592082$\Delta=0.00007942$,$\delta=0.0002456\%$.

Литература

1. Джоунс У., Трон В. Непрерывные дроби. Аналитическая теория и приложения / У.Джоунс.-М.:Мир.,1985.

2. Скоробогатько В.Я. Теория ветвящихся цепных дробей и ее применение в вычислительной математике / В.Я. Скоробогатько.-М.:Наука,1983.

УДК 519.6

ОЦЕНИВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО КРИТЕРИЯ ОТНОШЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ДЛЯ ДИСКРЕТНОГО СЛУЧАЯ НА ОСНОВЕ БИНОМИАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Ивашкевич И. И.
Научный руководитель – Скуратова Д. А., ассистент

Последовательный тест строится по следующему принципу. После каждого отдельного испытания производится оценка накопленной информации и выносится одно из трёх решений:

1) Принять гипотезу H_0;
2) Принять альтернативную гипотезу H_1;
3) Провести дополнительное наблюдение.

При этом число испытаний n является случайной величиной, поскольку решение о прекращении эксперимента зависит от уже собранных данных.

Для формализации процедуры введено разбиение множества возможных выборок размера m на три подмножества:

1) R^0 – выборки, при которых тест немедленно принимает гипотезу H_0;
2) R^1 – выборки, при которых тест отвергает H_0 и принимает H_1;
3) R – выборки, требующие продолжения эксперимента.

Также вводится понятие «эффективной выборки»: если в последовательности наблюдений (x_1, …, x_m) уже можно на основании первых m' (m' < m) наблюдений принять окончательное решение, вся последовательность считается неэффективной.

Рассмотрим модель, где плотность распределения случайной величины x задаётся функцией f(x, θ). Пусть имеются две простые гипотезы:

H_0: $\theta = \theta_0$ и H_1: $\theta = \theta_1$ (при условии $\theta_0 \neq \theta_1$).

Для проверки гипотез используется статистика отношения правдоподобия. Пусть x_1, x_2, … – последовательность независимых наблюдений. Тогда

$$p_{0m} = f(x_1, \theta_0) \dots f(x_m, \theta_0) \quad \text{и} \quad p_{1m} = f(x_1, \theta_1) \dots f(x_m, \theta_1) \qquad (1)$$

Определяем:

$$\lambda_m = \log \frac{p_{1m}}{p_{0m}} = \log \frac{f(x_1,\theta_1)}{f(x_1,\theta_0)} + \cdots + \log \frac{f(x_m,\theta_1)}{f(x_m,\theta_0)} \qquad (2)$$

При заданных порогах $\log(C_-)$ и $\log(C_+)$, выбранных для обеспечения ошибок α и β, принимается следующее правило:

1) Если $\lambda_m \leq \log(C_-)$ – тест останавливается и принимается H_0;
2) Если $\lambda_m \geq \log(C_+)$ – тест останавливается и принимается H_1;
3) Если $\log(C_-) < \lambda_m < \log(C_+)$ – проводится дополнительное наблюдение.

Пороговые значения, как правило, рассчитываются так, чтобы обеспечить заданные вероятности ошибок первого и второго рода.

Рассмотрим случайную величину x, принимающую значения 0 и 1, с вероятностями P{x = 1} = p и P{x = 0} = 1 – p соответственно. Тогда:

$$f(1,p) = p \text{ и } f(0,p) = 1 - p \quad (3)$$

Проверяются гипотезы:

$$H_0: p = p_0 \text{ и } H_1: p = p_1 \quad (4)$$

Отношение правдоподобия для одного наблюдения выражается как:

$$log\frac{f(x_i,\theta_1)}{f(x_i,\theta_0)} = \begin{cases} log\frac{p_1}{p_0}, & \text{если } x_i = 1 \\ \log\frac{1-p_1}{1-p_0}, & \text{если } x_i = 0 \end{cases} \quad (5)$$

На m-том шаге суммарная статистика:

$$\lambda_m = m'\log\left(\frac{p_1}{p_0}\right) + (m - m')log\frac{(1-p_1)}{(1-p_0)} \quad (6)$$

Где m' – число единичных исходов среди m наблюдений.

Решающее правило аналогично: сравниваем Λ_m с порогами $\log(C_-)$ и $\log(C_+)$, что определяет момент остановки теста.

Для анализа свойства теста было выбрано 15 пар значений p_0 и p_1. Для каждого набора параметров проводилось 10 000 тестов. Рассчитывались следующие характеристики:

1) $\langle\alpha\rangle$ – среднее число ошибок I рода (при истинной гипотезе H_0);
2) $\langle\beta\rangle$ – среднее число ошибок II рода (при истинной гипотезе H_1);
3) n_0 – среднее количество наблюдений при истинности H_0;
4) n_1 – среднее количество наблюдений при истинности H_1.

Результаты показали, что:

1) При уменьшении разности между p_0 и p_1 (то есть при более “трудном” различении гипотез) увеличивается число итераций.
2) При уменьшении допустимых ошибок α и β наблюдается увеличение среднего числа наблюдений из-за сужения интервала принятия решения.
3)

Таблица 1.1

Θ_0	Θ_1
0.817	0.741
0.647	0.163
0.670	0.128
0.605	0.354
0.284	0.601
0.969	0.164
0.752	0.359
0.125	0.098
0.523	0.784
0.499	0.894
0.555	0.009

0.500	0.600
0.346	0.401
0.974	0.900
0.033	0.901

Вывод:

В данной работе исследован последовательный критерий отношения вероятностей для проверки статистических гипотез. Проведён анализ его математических основ и влияния параметров на характеристики теста. Численные эксперименты подтвердили, что уменьшение разницы между гипотезами увеличивает среднее число наблюдений, а снижение ошибок первого и второго рода усложняет принятие решения. Результаты демонстрируют эффективность метода при минимизации числа испытаний без потери достоверности.

Литература

1. Вальд А. Последовательный статистический анализ. – М. : Наука, 1964. – 380 с.
2. Кемени Дж., Снелл Дж. Конечные цепи Маркова. – М. : Наука, 1976. – 276 с.
3. Харин А. Ю. Мониторинг потоков стохастических данных с использованием последовательных статистических тестов на примере эпидемиологического процесса COVID-19 в Республике Беларусь / А. Ю. Харин, М. Д. Капустин, Н. А. Прохорчик, М. А. Ковалёва, Н. О. Мержва // Актуальные проблемы стохастического анализа: материалы научной конференции, Ташкент, 20–21 февраля 2021 г. / Нац. Университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека. – Ташкент, 2021. – С. 170–173
4. Харин А. Ю. Об одном подходе к анализу последовательного критерия отношения правдоподобия для различения простых гипотез // Вестн. Белорус. гос. ун-та. – Сер. 1: физ., мат., инф. – 2002. - № 1. – С. 92–96.
5. Харин А. Ю. Робастность байесовских и последовательных статистических решающих правил. – Минск : БГУ, 2013. – 207 с.
6. Ширяев А. Н. Статистический последовательный анализ. – М. : Наука, 1976. – 272 с.
7. Handbook on sequential analysis / eds.: B. Ghosh, P. K. Sen. – New York : Marcel Dekker, 1991. – 820 p.
8. Lai T. Sequential analysis: some classical problems and new challenges // Statistica Sinica. – Vol. 11. – P. 303–408.
9. Wetherill G. B. Sequential methods in statistics. – New York : Wiley. – 218 p
10. Прогаммная реализация: https://github.com/snowi1k/mat_scientific

УДК519.217

РЕАЛИЗАЦИЯ ПАМЯТИ В ЦЕПЯХ МАРКОВА С ДИСКРЕТНЫМ ВРЕМЕНЕМ

Петров Л.А.
Научный руководитель – Скуратова Д.А., ассистент

Изначально определение Марковских цепей не предполагает влияние предыдущих состояний на будущие. Это является главным свойством данной последовательности. Однако есть способ реализации памяти в Марковских цепях, при котором не выходим за рамки определения Марковской цепи и фактически не нарушаем Марковское свойство, так как реализуем память посредством расширения цепи.

Математическая модель цепи Маркова с дискретным временем:

$$\{X \rightleftarrows_n\}_{n\geq 0} | \mathbb{P}(X_{n+1} = i_{n+1} | X_n = i_n, X_{n-1} = i_{n-1}, \dots, X_0 = i_0) = \mathbb{P}(X_{n+1} = i_{n+1} | X_n = i_n). \quad (1)$$

где $X \rightleftarrows_n$, $n \in \mathbb{N}$, — последовательность дискретных случайных величин, $\mathbb{P}$ — вероятность перехода из состояния в состояние, $i_j, j = \overline{0, n+m}$, $m, n \in \mathbb{N}$ – последовательные различные состояния цепи.

Для удобства будем использовать визуализацию Марковских цепей при помощи взвешенных ориентированных графов, однако не будем учитывать вес ребер, которые нас не интересуют. Также допустим, что мы рассматриваем лишь фрагмент некоторой цепи.

Рассмотрим создание механизма памяти в одно состояние.

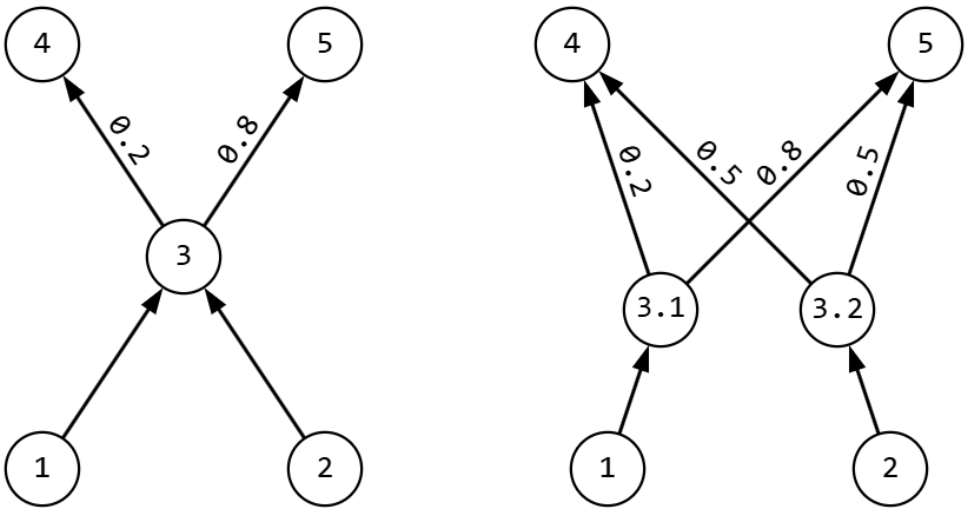


Рис. 1. Реализация памяти в одно состояние.

Пусть нам необходимо, чтобы в состоянии 3 левого графа (рис. 1) учитывалось, какое состояние было до него (1 или 2), тогда нам необходимо создать свою копию состояния 3 со всеми возможными после него состояниями для состояний 1 и 2 (3.1 для состояния 1 и 3.2 для состояния 2 на графе справа). В качестве примера, пусть, если состоянию 3 предшествовало состояние 1, то вероятности дальнейших состояний остаются прежними, в ином случае – изменяются на 0.5 и 0.5.

Для упрощения реализации памяти в 2 и более состояний необходимо «сжать» фрагмент рассматриваемой цепи. Рассмотрим это на реализации памяти в 2 состояния.

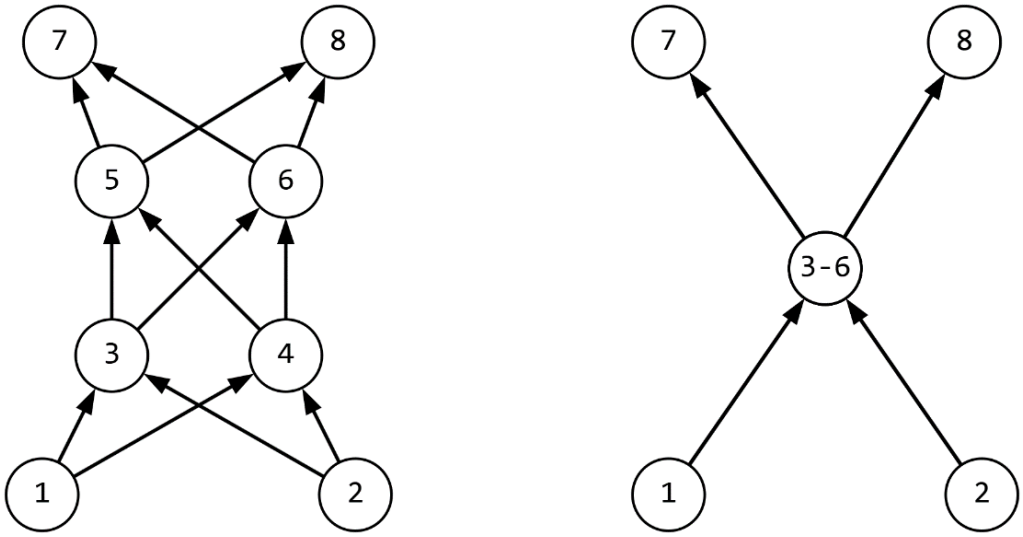


Рис. 2. «Сжатие» цепи.

Далее повторим алгоритм реализации памяти в одно состояние.

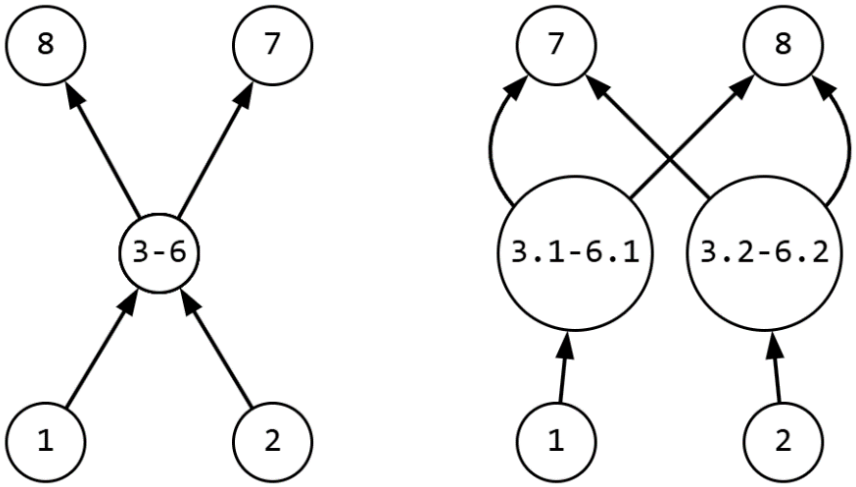


Рис. 3. Реализация памяти у «сжатой» цепи

После «сжатия» и копирования фрагмента цепи можно произвести обратную операцию и получить готовую Марковскую цепь с памятью в 2 состояния.

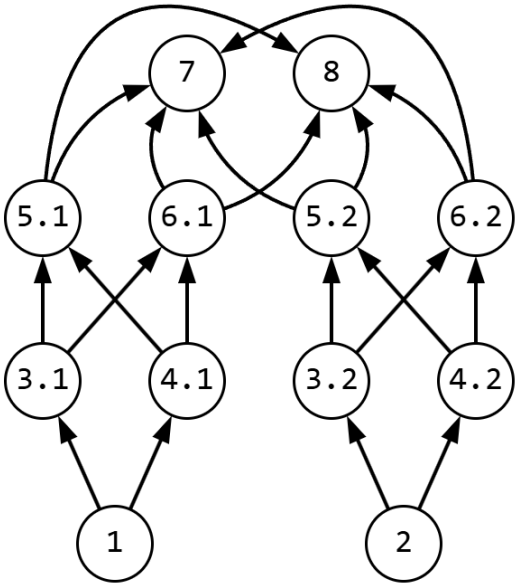


Рис. 4. Конечный вид реализации памяти в 2 состояния.

Вышеописанный алгоритм можно описать в виде следующей математической модели:

$$\begin{gathered}\exists X_i, i \in \overline{0,l}, l \in \mathbb{N} \\ \exists X_j^m, m = \overline{0,q}, q \in \mathbb{N}, j \in \overline{0,l}, l \in \mathbb{N} \\ \forall X_j \exists \{X_k^m, X_{k+1}^m, \dots\}, k \in \overline{j+1, i-1}: \\ \exists \{\mathbb{P}n(X_{j+n}^m, X_{k+n}^m) \neq 0, \mathbb{P}n(X_{i-j-1}^m, X_i) \neq 0\}, n = \overline{0, i-j-2}: \\ \{\mathbb{P}(X_{i-1}^m, X_i) = \mathbb{P}(X_{i-1}^{m+1}, X_i), \mathbb{P}\ (X_{i-1}^m, X_i) \neq \mathbb{P}(X_{i-1}^{m+1}, X_i)\}\end{gathered} \quad (2)$$

где $X_i, i \in \overline{0,l}, l \in \mathbb{N}$ — состояние, в которое мы хотим передать информацию о предыдущих состояниях, $X_j^m, m = \overline{0,q}, q \in \mathbb{N}, j \in \overline{0,l}, l \in \mathbb{N}$ — состояния, память о которых мы хотим передать, $\{X_k^m, X_{k+1}^m, \dots\}, k \in \overline{j+1, i-1}, m \in \overline{0,q}, q \in \mathbb{N}$ — состояния междуXjиX_i, содержащиеся в том участке пути, который необходимо копировать для каждого из m Xj состояний, $\{\mathbb{P}n(X_{j+n}^m, X_{k+n}^m) \neq 0, \ \mathbb{P}n(X_{i-j-1}^m, X_i) \neq 0\}, n = \overline{0, i-j-2}$ — условие ненулевой вероятности попадания в состояние X_i, попадания в одно из m Xj состояний, $\{\mathbb{P}(X_{i-1}^m, X_i) = \mathbb{P}(X_{i-1}^{m+1}, X_i), \mathbb{P}\ (X_{i-1}^m, X_i) \neq \mathbb{P}(X_{i-1}^{m+1}, X_i)\}$ — задание новых вероятностей попадания из последнего состояния копируемого участка цепи в состояние X_i.

Литература

1. Романовский И. В. Дискретный анализ: учеб.-метод. пособие – Изд. 4-е, – СПб, 2009, С. 281-290.
2. Хабр – Краткое введение в цепи Маркова [Электронный ресурс] https://habr.com/ru/articles/455762/
3. ИТМО – Марковские цепи [Электронный ресурс] https://rb.gy/0afgds

УДК 511.333

ТЕОРИЯ ЧИСЕЛ. НОВЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТЫХ ЧИСЕЛ

Степанов М.А., Лисовский В. Д.
Научный руководитель – Скуратова Д. А., ассистент

Простые числа отличаются от всех остальных. Их, казалось бы, случайное распределение среди всех чисел делает их незаменимыми в современной жизни.

Простые числа не поддаются закономерностям, но при этом являются математически фундаментальными. Их важность выходит далеко за рамки теоретической математики. Можно сказать, что простые числа являются нашими героями цифровой безопасности, молчаливо защищающими онлайн-банкинг, зашифрованные сообщения и конфиденциальные данные. Та же непредсказуемость, которая очаровывала таких математиков, как Евклид и Риман, теперь защищает нас [1].

Цель работы: рассмотреть новый метод анализа распределения простых чисел.

Гипотеза о распределении нулей натурального ряда состоит в предположении справедливости следующей формулы:

$$\gamma(x) = \frac{a}{x} \cdot \sin(\frac{a}{x}\pi) \qquad (1)$$

где a – заданное число, множители которого мы ищем, $a \in N, a \geq 1$, x – числа, проверяемые на то, являются ли они целыми делителями числа a, $x \in [1, 2, ..., a]$, γ(x) – некоторое число, которое, если оно натуральное, свидетельствует о том, что x – множитель числа a.

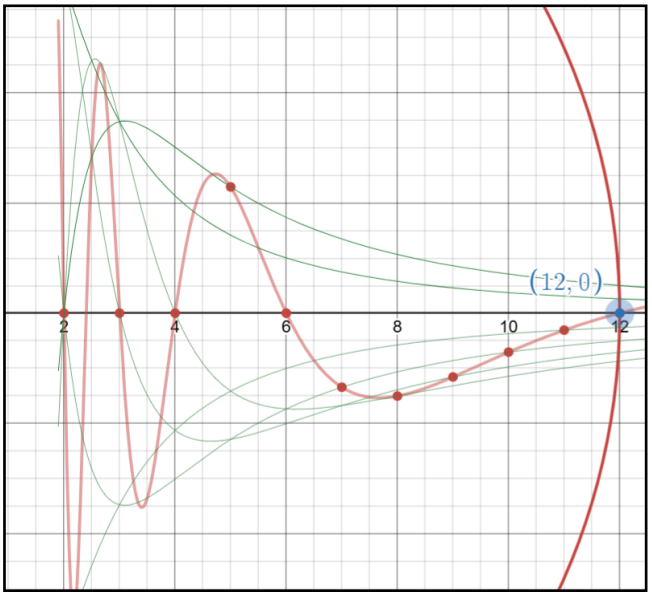


Рис.1. Пример графика функции для числа 12.

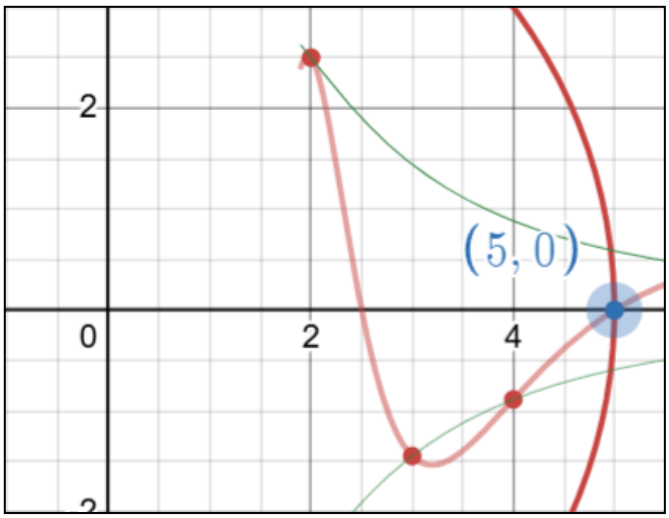


Рис.2. Пример графика функции для простого числа 5.

Свойства данной функции заключаются в следующем:

1. Число x является множителем числа a, если результат уравнения $\gamma(x) \in N$;
2. $\gamma(a) = 1$;
3. Каждое пересечение синусоиды с осью OX, является показателем кратности числа a;
4. На промежутках $(0, \frac{a}{x_1}), (\frac{a}{x_1}, \frac{a}{x_2}), ..., (\frac{a}{x_n}, a)$, где $x_1, x_2, ..., x_n$ – множители числа, у функции нет нулей, a – некоторое число, для которого мы ищем множители.

Гипотеза о предсказании появления простых чисел заключается в следующем: при рассмотрении функций для различных чисел можно заметить, что точки, соответствующие значениям, не являющимся множителями числа, образуют некоторые траектории [2].

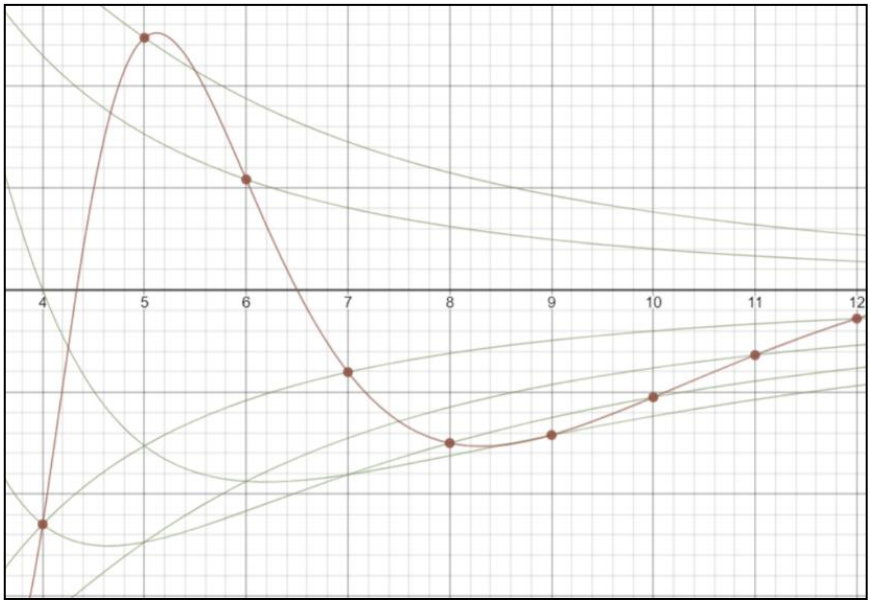


Рис.3. Траектории обозначены зеленым цветом.

Введем два обозначения: положительная траектория O^+ – траектория, лежащая выше оси *OX*, отрицательная траектория O^- – траектория, лежащая ниже оси *OX*, нулевая траектория – ось *OX*, на которой находятся множители числа.

Положительная траектория появляется в случае, если $a \ mod \ 5 = 0$. Отрицательная траектория появляется в случае, если $a \ mod \ 3 = 0$. Для числа общее количество таких траекторий (включая ось нулей) определяется формулой [3]:

$$O^{\pm} = \left\lfloor \frac{a}{5} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{a}{3} \right\rfloor + 1 \tag{2}$$

где a – некоторое число, для которого мы ищем количество траекторий по делителям

Каждая из таких траекторий задается формулой:

$$\psi(x) = \frac{a}{x} \cdot \ \sin(\pm \frac{d_n}{x} \pi) \tag{3}$$

где $d_n = \left\lfloor \frac{a}{o^{\pm}} \right\rfloor, d_n \in \mathrm{N}$ – некоторое число, находящееся по указанной формуле, *a* – число, для которого мы ищем множители, $o^{\pm}$ – суммарное количество траекторий.

По ходу увеличения числа *a* числа переходят на следующие траектории. Тогда, исходя из построения траекторий, можно предсказать появление следующего простого числа, так как для него ни одно число не займет нулевую траекторию.

Практическое применение данных гипотез заключается в возможности использования их для дешифровки данных в различных сферах, а также для более глубокого изучения природы простых чисел.

Таким образом, в ходе выполнения работы была выполнена поставленная цель и обнаружены перспективы для дальнейших исследований, например, доказательство данных гипотез и упрощение процесса нахождения нового простого числа, так как с увеличением чисел он становится все более сложным.

Литература

1. Иэн Стюарт. Величайшие математические задачи. / Пер. с англ. Н. Лисовой. – М.: Альпина нон-фикшн, 2015. – 460 с.
2. Джон Дербишир. Простая одержимость: Бернхард Риман и величайшая нерешённая проблема в математике. / Пер. с англ. А. М. Семихатова. – М.: Астрель : CORPUS, 2010. – 464 с.
3. Воронин С. М., Карацуба А. А. Дзета-функция Римана. – М.: Физматлит, 1994.

УДК004.89

ПРОВЕРКА СТОЙКОСТИ КЛЮЧЕЙ RSA ПРИ ПОМОЩИ НЕЙРОСЕТЕЙ

Забелло М. В., Кучинский Е. Д.
Научный руководитель – Скуратова Д. А., ассистент

Алгоритмы шифрования выступают в качестве инструментов для обеспечения безопасности данных. Они обеспечивают конфиденциальность и защиту персональной информации. Алгоритмы асимметричного шифрования, например RSA, основаны на принципах криптографии с

открытым математическим ключом. Их использование помогает снизить риск кибер-мошенничества.

На надёжность самого алгоритма влияет сложность крипто ключей. Они играют важную роль в обеспечении безопасности. Даже незначительные отклонения в правильности их генерации могут привести к уязвимостям.

Цель этого научного исследования: измерение возможностей нейросетей при проверке криптонадежности ключей шифрования.

Для начала стоит вспомнить сам алгоритм шифрования RSA[1]. Пользователь генерирует два ключа: открытый (числа n и e) и закрытый (число d). Зашифрованное сообщение можно дешифровать только с помощью закрытого ключа.

Рассмотрим пример работы алгоритма[2]:

1. Шифрование:

1.1. Взять *открытый ключ (**n**, **e**)* Алисы.

1.2. Взять *открытое сообщение **m***.

1.3. Зашифровать сообщение с использованием открытого ключа Алисы:

$$c = E(m) = m^e \bmod n \quad (1)$$

2. Дешифрование:

2.1. Принять зашифрованное сообщение ***c***.

2.2. Взять свой закрытый ключ (***d***, ***n***).

2.3. Применить закрытый ключ для дешифрования сообщения:

$$m = D(c) = c^d \bmod n \quad (2)$$

На сложность криптоключей напрямую влияет количество бит в простых числах ***p*** и ***q***, из которых создаются ключи. Согласно требованиям NIST[3] до 2030 года рекомендуется использовать размер ключа 2048 бит. Простые числа должны являться действительно случайными и не иметь закономерностей. Их размер должен быть примерно одинаковым, но не слишком близким во избежание атаки Ферма[4]. Следует учесть корректность открытой экспоненты ***e***. Советуется избегать малых значений (***e*** = 3 и т.п.), т.к. они уязвимы к атакам (рекомендуется брать ***e*** = 65537).

Для проверки надёжности ключей используются следующие алгоритмы:

1. Проверка длины ключа (отсеивание слишком коротких ключей, уязвимых к факторизации).
2. Тесты простоты (вероятностный тест Миллера-Рабина[2]) для ***p*** и ***q***.
3. Проверка разности между ***p*** и ***q*** ($| p - q | \geq 2\sqrt[4]{n}$) – защита от атаки Ферма[4]**.**
4. Проверка энтропии (случайности) ключа. Тест на повторяющиеся ключи или частот битов.

В этой научной работе предлагается способ проверки надёжности RSA с применением нейросетей. Для создания модели будет использоваться язык программирования Python и библиотека TensorFlow[5]. В качестве архитектуры нейросети будет использоваться полносвязная сеть (DNN) с

признаками: длина криптоключа, статистика битов, энтропия генерации и разница между $\boldsymbol{p}$ и $\boldsymbol{q}$. Модель должна дать оценку о надежности криптоключа y ∈ (0;1):

$$y = \sigma(W_L \cdot h_{L-1}(X) + b_L), \tag{3}$$

где **y** – значение входного сигнала модели, зависящее от выхода функции активации $\boldsymbol{\sigma}$ (сигмоида или ReLU), которая включает в себя матрицу весов на слое $\boldsymbol{L}$, умноженную на активацию весов предыдущего слоя $\boldsymbol{h}$ с добавлением вектора смещений $\boldsymbol{b}$.

Модель включает в себя 3 слоя: полносвязный (8 нейронов, функция активации ReLU[6]), регуляризационный, полносвязный (1 нейрон, логистическая функция активации[7]).

Для обучения модели использовался математический оптимизатор ADAM[8]:

$$m_t = \beta_1 m_{t-1} + (1 - \beta_1) g_t, \tag{4}$$

где $\boldsymbol{m_t}$ текущая оценка первого момента (скользящее среднее градиентов) на шаге $\boldsymbol{t}$. $\boldsymbol{\beta_1}$ выступает в качестве гиперпараметра, контролирующий экспоненциальное затухание для первого момента. $\boldsymbol{m_1}$ – оценка первого момента на предыдущем шаге обучения. $\boldsymbol{g_t}$ – градиент целевой функции по параметрам на шаге $\boldsymbol{t}$.

$$\vartheta_t = \beta_2 \vartheta_{t-1} + (1 - \beta_2) g_t^2, \tag{5}$$

где $\boldsymbol{\vartheta_t}$ показывает текущую оценку второго момента на шаге $\boldsymbol{t}$, которая определяется произведением гиперпараметра на оценку второго момента на предыдущем шаге с добавлением поэлементного квадрата градиента.

$$m_t = \frac{m_t}{1 - \beta_1^t} \tag{6}$$

$$\vartheta_t = \frac{\vartheta_t}{1 - \beta_2^t} \tag{7}$$

В формулах (6) и (7) описывается расчет коррекции смещения. Они нужны для коррекции начального смещения оценок моментов $\boldsymbol{m_t}$ и $\boldsymbol{\vartheta_t}$ в начале обучения, когда $\boldsymbol{t}$ мало.

$$\theta_{t+1} = \theta_t - \frac{\eta}{\sqrt{\vartheta_t + e}} m_t \tag{8}$$

В этой формуле производится расчет обновленных параметров на шаге $\boldsymbol{t+1}$ со скоростью обучения $\boldsymbol{\eta}$. $\boldsymbol{e}$ выступает в качестве малой константы для избегания деления на 0.

В качестве бренча для обучения будет использоваться 4 типа криптоключей: с рекомендуемым размером [4], с маленькой разницей

между $\boldsymbol{p}$ и $\boldsymbol{q}$ [5], с размером 1024 бит и менее, с низкой энтропией генерации. Сгенерировано 10000 криптоключей в соотношении 100:33:33:33.

Результаты обучения модели показывают устойчивое улучшение показателей. На начальных этапах (1-10 эпохи) виден быстрый рост доли верных предсказаний (с 51.4% до 75.5%), однако низкая точность (9.5–14.1%) при максимальной полноте (100%) указывает на избыточную осторожность модели в условиях неравномерного распределения классов. Резкий скачок качества на 12-й эпохе (точность выросла в 3.3 раза) связан с преодолением локального оптимума в настройке весов. К 13-й эпохе модель достигает 100% точности и полноты на контрольных данных, показывая отсутствие переобучения за счёт сбалансированной работы алгоритма коррекции ошибок. Монотонное снижение ошибки (с 0.75 до 0.25) демонстрирует стабильность процесса обучения.

После сбора статистики оценок на 1000 криптоключах, получены следующие данные: общая точность ~97%, F_1-меру ~97.9%. Для большей точности нужно использовать сложную структуру и расширенную базу данных.

В таблице 1.1 показано сравнение традиционного и нейросетевого подходов в проверке уязвимостей криптоключей RSA.

Таблица 1.1 – Сравнение методов проверки надёжности ключей.

Метод	**Точность**	**Гибкость**	**Скорость работы**	**Обнаружение новых уязвимостей**
Традиционные алгоритмы	~99%	Низкая	Очень быстрая	Нет
Нейросетевой подход	~88-92%	Высокая	Быстрая (после обучения)	Да

Вывод:

Проведенное исследование показывает, что нейросетевой подход в проверке надежности криптоключей имеет место быть. Главным преимуществом нейросетей является их способность выявлять скрытые дефекты и аномалии в структуре ключей, что особенно актуально в наше время, когда сфера криптографии развивается невероятно быстрыми темпами.

Литература

1. Введение в алгоритмы [Электронный ресурс] https://bjpcjp.github.io/pdfs/math/book-ITA.pdf (Дата обращения: 13.04.2025).

2. Е. И. Деза, Л. В. Котова «Теоретико-числовые основы защиты информации» – М.: Ленанд, 2022 – 376 с. (Основы защиты информации. № 14.)
3. NIST SP 800-57 [Электронный ресурс] http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.800-57pt1r4.pdf
4. Теоретико-числовые алгоритмы в криптографии [Электронный ресурс]https://dl.booksee.org/genesis/119000/50aefacdca6f5c41010af19ffbf3777b/_as/[Vasilenko_O._N.]_Teoretiko-chislovuee_algoritmue_(BookSee.org).pdf
5. Документация TensorFlow [Электронный ресурс] https://www.tensorflow.org/api_docs/python/tf
6. Краткое введение в линейный выпрямитель ReLU [Электронный ресурс] https://machinelearningmastery.com/rectified-linear-activation-function-for-deep-learning-neural-networks/
7. Логистическая функция (сигмоида) [Электронный ресурс] SigmoidFunction. https://mbernste.github.io/files/notes/SigmoidFunction.pdfpdf
8. ADAM – метод стохастической оптимизации [Электронный ресурс] https://wtf-deeplearning.github.io/optimization-regularization/1412.6980.pdf

УДК 519.67(075.8)

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ НА ПЛОСКОСТИ С АНИМАЦИЕЙ В MATHCAD 15

Гудкова С.А., Жучкова С.В.
Научный руководитель –Юринок В.И., к.т.н., доцент

В данной работе рассматривается решение задач линейного программирования (ЗЛП) на плоскости при помощи MathCad 15.К задачам линейного программирования относятся задачи оптимального планирования, связанные с отысканием оптимума заданной целевой линейной функции при наличии ограничений в виде линейных уравнений или линейных неравенств.Сущность линейного программирования состоит в нахождении точек наибольшего или наименьшего значения некоторой функции при определенном наборе ограничений, налагаемых на аргументы и образующих систему ограничений, которая имеет, как правило, бесконечное множество решений[1].

Рассмотрим решение задачи линейного программирования (ЗЛП) графическим методом, заданную математической моделью, на конкретном примере требуется найти максимум значения функции $F(x_1, x_2) = 2x_1 - x_2$при ограничениях:

$$F(x_1, x_2) = 2x_1 - x_2 \rightarrow max,$$

$$\begin{cases} x_1 \le 3, x_1 \ge -1 \\ -2x_1 - 3x_2 \le 6 \\ -x_1 + 2x_2 \le 6 \end{cases}$$

Поставим перед собой следующие задачи: изобразим решение ЗЛП на графике, высветим узловые точки пересечения графиков, сделаем анимацию вектора целевой функции и заштрихуем ОДР.

Шаг 1: Преобразуем ограничения, заданные в условии ЗЛП, в уравнения, при помощи функции «solve», которая решает уравнение, введенное перед ключевым словом, которое представлено на рис. 1.

$x1 \le 3$

$x1 \ge -1$

$-2x1 - 3x2 \le 6$

$-x1 + 2x2 \le 6$

$r1(x1, x2) := -2x1 - 3x$ $f1(x1) := r1(x1, x2) = 6 \text{ solve}, x2 \rightarrow -\frac{2 \cdot x1}{3} - 2$

$r2(x1, x2) := -x1 + 2x2$ $f2(x1) := r2(x1, x2) = 6 \text{ solve}, x2 \rightarrow \frac{x1}{2} + 3$

Рис.1. Запись уравнений прямых.

Шаг 2: Зададим значение переменной «frame» и подставим её в уравнение целевой функции, чтобы в дальнейшем, при помощи анимации, увидеть её перемещение и точку, в которой функция достигнет максимума, запись будет иметь следующий вид: C:=FRAME; f_max(x1):= 2x1–C.

Шаг 3: Найдем узловые точки графиков, запись кода представлена на рис. 2.

Given $f1(x1) = f2(x1)$ $x12 := \text{Find}(x1) \rightarrow -\frac{30}{7}$

$$A := \begin{pmatrix} -1 \\ -1.3333 \end{pmatrix} \quad B := \begin{pmatrix} -1 \\ 2.5 \end{pmatrix} \quad C := \begin{pmatrix} 3 \\ 4.5 \end{pmatrix} \quad D := \begin{pmatrix} 3 \\ -4 \end{pmatrix}$$

Рис.2. Нахождение узловых точек графика.

Шаг 4: После нахождения вершин ОДР, заштрихуем область, где выполняются все неравенства, запись кода представлена на рис. 3[2].

$$left := -1 \quad right := 3 \quad d := 33 \quad \Delta := \frac{right - left}{d}$$

$$f_1(x1) := -\frac{2 \cdot x1}{3} - 2 \qquad f_2(x1) := \frac{x1}{2} + 3$$

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} := \left| \begin{array}{l} x_0 \leftarrow left \\ y_0 \leftarrow f_1(left) \\ \text{for } i \in 1, 3 .. d \cdot 2 + 1 \\ \quad \left| \begin{array}{l} x_i \leftarrow x_{i-1} \\ x_{i+1} \leftarrow x_i + \Delta \end{array} \right. \\ \text{for } i \in 1, 5 .. d \cdot 2 + 1 \\ \quad \left| \begin{array}{l} y_i \leftarrow f_2(x_i) \\ y_{i+1} \leftarrow f_2(x_{i+1}) \end{array} \right. \\ \text{for } i \in 3, 7 .. d \cdot 2 + 1 \\ \quad \left| \begin{array}{l} y_i \leftarrow f_1(x_i) \\ y_{i+1} \leftarrow f_1(x_{i+1}) \end{array} \right. \\ \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \end{array} \right.$$

Рис.3. Фрагмент программы для определения ОДР.

Шаг 5: Оцениваем полученный результат на графике, анимация движения вектора целевой функции представлена на рис. 4.

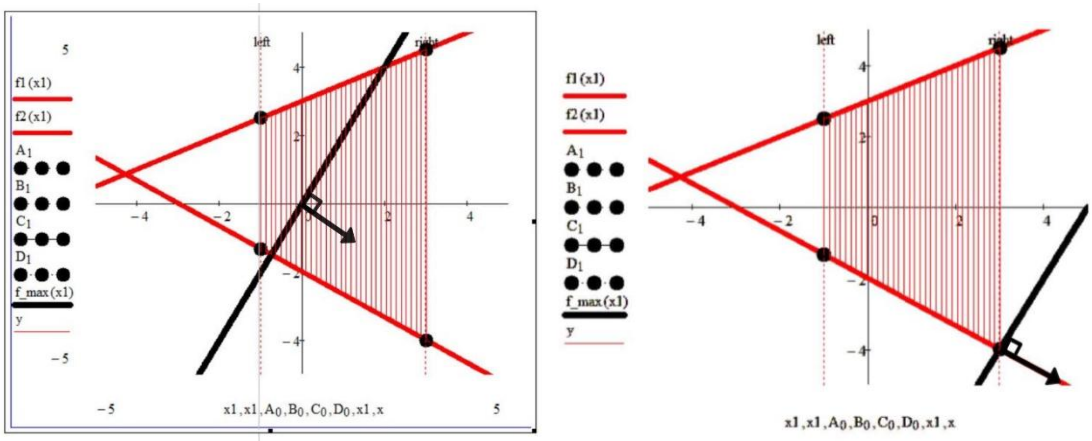


Рис.4. Направление движения вектора целевой функции.

На рисунке 4 можно заметить, что максимум целевой функции достигнет в точке (3;-4), а значит целевая функцияF=2*3-(-4) примет значение 10.

Таким образом, удалось решить задачу ЛП и графически визуализировать решениепри помощи программы MathCad15. Практическая ценность исследования заключается в возможности применения этого математического пакета для решения задач линейного программирования оптимизации, где необходимо найти минимум или максимум целевой функции при заданных линейных ограничениях. Можно заметить, что анимация применяется и при решении задач параметрического линейного программирования, где целевая функция имеет видF($x_1 x_2$,t)=(2-t)x_1-(1-2t)x_2, при этом t принадлежит некоторому промежутку, напримерt ∈ [0; 4].

Литература

1. Автоматизация решение задач линейного программирования: Пособие для студентов дневной формы обучения экономических специальностей / Авторы-составители: В.В. Бондарева, О.И. Еськова – Гомель: УО «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации», 2003. – 68 с. (дата обращения 20.04.2025)

2. Как заштриховать область под графиком в MathCAD[Электронный ресурс]. Электронные данные. – Режим доступа: http://blog.kislenko.net/show.php?id=1439(дата обращения 20.04.2025)

УДК 519.237.7:004.85

ПРИМЕНЕНИЕ МАТРИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ПРЕДОБРАБОТКЕ ДАННЫХ: МЕТОД ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ

Лобань И. Д.
Научный руководитель – Юринок В. И., к.т.н., доцент

В науке о данных (Datascience)очень важным этапом является предобработка данных. Она нужна для того, чтобы увидеть распределение признаков, узнать их главные характеристики, такие как среднее или медиана, визуализировать данные,перед тем какиспользовать их для обучения модели.

Здесь возникает проблема: зачастую объекты имеют десятки, а то и сотни признаков, человек просто не сможет представить такое многомерное пространство. Также некоторые признаки могут быть частично или полностью зависимы от других, как например вес человека от его роста или площадь квадрата от его стороны.Тогда на помощь приходит очень мощный инструмент – метод главных компонент (PrincipalComponentAnalysis, PCA).

Суть метода заключается в том, что он переводит исходную матрицу в базис с новыми осями координат (которые называются главными

компонентами), причем дисперсия для этих осей расположена в порядке убывания, т. е. на первую главную компоненту приходится наибольшая дисперсия, на вторую – наибольшая дисперсия из оставшейся и т. д.

Благодаря PCA,мы можем взять первые kосей и спроецировать на них наши данные, потеряв при этом совсем незначительный процент информации. То есть мы уменьшим размерность, избавившись при этом от сильно коррелированных признаков.

С математической точки зрения, метод находит собственные вектора и собственные числа ковариационной матрицы, причем чем больше собственное число, тем больше информации приходится на соответствующий ему собственный вектор.

Рассмотрим применение метода на конкретном примере:

Пусть дана вещественная матрица$A_{(200\times3)} = (X \quad Y \quad Z)$, где X, Y, Z–векторы-столбцы, причем $x_i \in [-5; 5], y_i \in [-5; 5], z_i = 0.5x_i + 0.2y_i + \varepsilon_i, \varepsilon_i \in [-1; 1], i = \overline{1, 200}$, то есть, мы имеем матрицу из 200 точек, которые лежат около плоскости $0.5x + 0.2y - z = 0$, с некоторой погрешностью ε.

В основном вместо построения ковариационной матрицы и нахождения её собственных векторов применяется сингулярное разложение (SingularValueDecomposition, SVD) исходной матрицы:$A_{m\times n} = USV^T$, где $U_{m\times m}$–матрица левых сингулярных векторов, $S_{m\times n}$–диагональная матрица сингулярных чисел, $V_{n\times n}$ – матрица правых сингулярных векторов, причем матрицы Uи V–ортогональны.При этом, матрица правых сингулярных векторов как раз и будет содержать в себе собственные вектора ковариационной матрицы.

Так как $C = A^T A$, то, подставив её в SVD, получим:

$$A^T A = (USV^T)^T USV^T = VSU^T USV^T$$

Исходя из ортогональности матрицы U, $U^T U = E$, где E–единичная матрица. Получим $C = VS^2V^T$, что является спектральным разложением матрицыC.

Рассмотрим реализацию нашего примера на Python.

Для начала сгенерируем матрицу Аи центрируем её. Центрирование – это стандартный шаг перед PCA:

```
n = 200

x = np.random.uniform(low=-5, high=5, size=n)
y = np.random.uniform(low=-5, high=5, size=n)
eps = np.random.uniform(low=-1, high=1, size=n)

z = 0.5*x + 0.2*y + eps

A = np.column_stack((x, y, z))
A = A - np.mean(A, axis=0)
```

Затем отобразим распределение точек в трёхмерном пространстве(Рис.1)

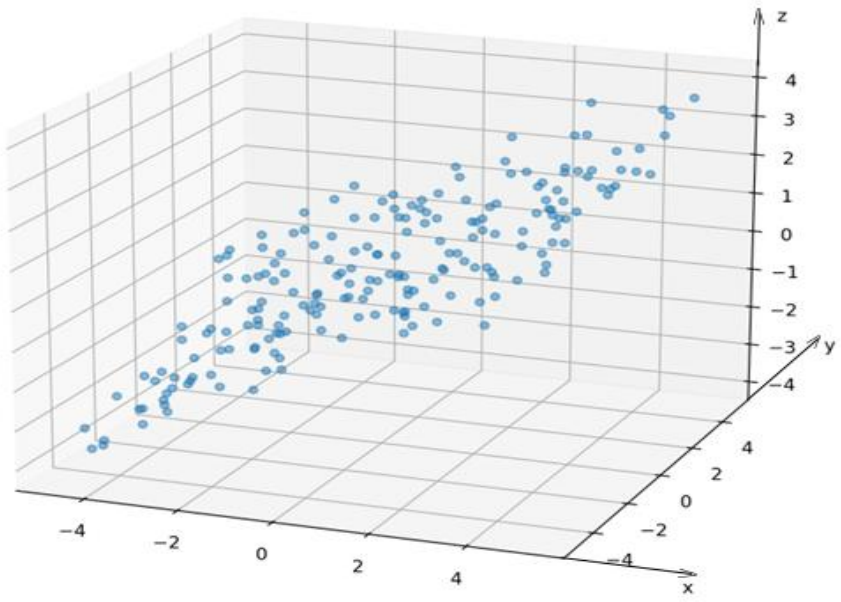


Рис.1. Исходная матрица в 3D.

Мы видим, что наши данные лежат около некоторой плоскости, и т. к. координата z выражается через x и y,следовательно, не несёт дополнительной информации. Теперь применим сингулярное разложение и возьмем только первые 2 главные компоненты, тем самым спроецировав точки на плоскость:

```
U, S, Vt = np.linalg.svd(A)
V = Vt.T
A_proj = A @ V[:, :2]
```

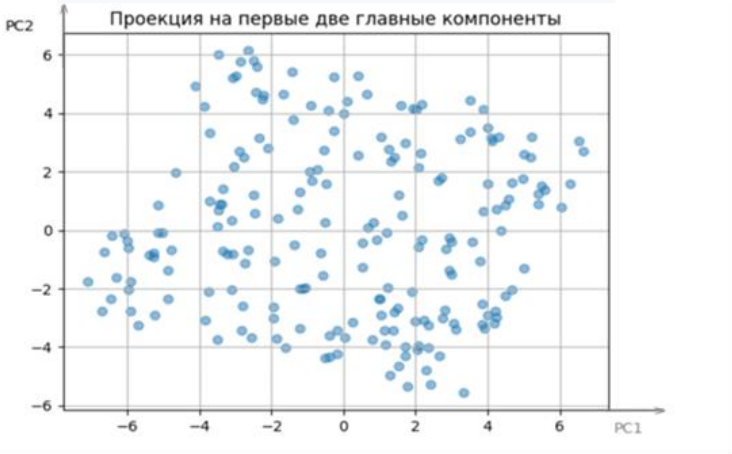


Рис.2. Проекция на первые две главные компоненты.

Из Рис.2 видно, что мы уменьшили размерность наших данных, при этом отобразив их с сохранением максимальной информации об их взаимном расположении.

Рис.3. Процент информации, приходящийся на каждую компоненту.

Получается, что на первые 2 компоненты приходится более 98% информации (Рис.3).

Таким образом, метод главных компонентпоказал себя как эффективный инструмент снижения размерности данных при минимальной потере информации. Среди его основных преимуществ – устранение избыточности признаков, упрощение анализа и визуализации, а также ускорение работы алгоритмов машинного обучения.

К недостаткам можно отнести его чувствительность к масштабированию, линейность и затруднённую интерпретацию новых признаков.

Несмотря на это, PCA остаётся одним из ключевых методов предобработки данных и активно применяется как в исследовательских, так и в прикладных задачах анализа данных.

Литература

1.Метод главных компонент [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://practicum.yandex.ru/blog/metod-glavnyh-komponent/. – Дата доступа: 10.04.2025.

УДК519.212.2

РЕШЕНИЕ ОБОБЩЕННОЙ МОДЕЛИ ПАРАДОКСА МОНТИ ХОЛЛА

Попов М. П., Борщёв А. И., Прелов Е. С.
Научные руководители – Юринок В. И., к.т.н., доцент, Савчик А. В., ст. преподаватель.

Парадокс Монти Холла –это одна из самых известных задач в теории вероятностей, которая на первый взгляд кажется противоречащей здравому смыслу.Этазадачаявляетсягипотетическим описанием игры, основанной на американском телешоу "Let'sMake a Deal", и была названа в честь его ведущего, Монти Холла [1].

Представим, что мы участвуем в телевизионной игре, где перед нами три закрытые двери. За одной из них прячется роскошный автомобиль, а за двумя другими – козы. Мы выбираем дверь номер 1. Ведущий, который знает, где находится автомобиль, открывает одну из оставшихся дверей, например, дверь номер 3, и показывает, что за ней прячется коза. Затем ведущий предлагает изменить свой выбор и выбрать дверь номер 2, вместо первоначальной двери номер 1.

Парадокс заключается в том, что смена выбора увеличивает вероятность выигрыша, хотя интуитивно кажется, что шансы остаются равными (1/3 на выигрыш в обоих случаях). На самом деле вероятность выигрыша при смене выбора увеличивается до 2/3, тогда как при отказе сменить первоначальный выбор вероятность остается равной 1/3 [2].

Рассмотрим математическую постановку задачи:

Введём следующие события: A_i– за дверью i находится приз (i=1,2,…,N);B_j–ведущий открывает дверьj, за которой точно нет приза (j=1,2,…,N);C_k– участник изначально выбирает дверь k (k=1,2,…,N).ЗдесьN– общее количество дверей;M– количество дверей с призами ($M \leq N$).

Требуется: найти вероятностьP выигрыша (Win) при двух стратегиях:

–P(Win, Stay): оставить (Stay) первоначальный выбор;

–P(Win, Switch): сменить выбор (Switch) на одну из другихдверей.

Если призы равномерно распределены случайным образом, то вероятность того, что за дверью i находится призравна отношению количества призовM к общему количеству дверей N и определяется по формуле: $P(A_i) = \frac{M}{N}, \quad \forall i = 1,2,\dots,N$,а вероятность выбора участником двери k равна$P(C_k) = \frac{1}{N}, \quad \forall k = 1,2,\dots,N$.

Это означает, что каждая дверь имеет одинаковую вероятность быть выбранной, если участник выбирает дверь случайным образом.

Пусть ведущий открывает дверь B_j, за которой нет приза ($j \neq i$ и $j \neq k$). Вероятность выбора двери B_j зависит отвыбранной участником двери (C_k) и текущего расположения призов (A_i).

Возможны следующие случаи:

1. Если ведущий имеет единственный выбор (только одна дверь без приза, не выбранная участником), тогда вероятностьтого, что ведущий откроет дверь j при условии, что приз за дверью i и игрок выбрал дверь k равна$P(B_j\ /A_iC_k) = 1\ =\ 100\%$,если $j \neq i$ и $j \neq k$.

2. Если у ведущего есть m возможных дверей для открытия (все пустые, кроме k), тогда вероятность открытия конкретной двери j равна $\frac{1}{m}$, т. е. $P(B_j\ /A_iC_k) = \frac{1}{m}$, где $m = N - M - 1$.

Вероятность того, что приз находится за дверью i, при условии, что ведущий открыл дверь B_j и игрок выбрал дверь C_k, пересчитывается с использованием формулы Байеса:

$$P(A_i\ /B_jC_k) = \frac{P(B_j\ /A_iC_k) \cdot P(A_i)}{\sum_{i=1}^{N} P(B_j\ /A_iC_k) \cdot P(A_i)}$$

В этой формуле в знаменателе вероятность того, что дверь B_j открыта при условии, что признаходитсяза A_i, умноженная на априорную вероятность$P(A_i)$.

Таким образом рассмотрим следующие варианты поведения игрока:

1.Если участник остается при своём выборе (C_k), тогда

$$P(\text{Win, Stay}) = P(A_k\ /\ B_jC_k)$$

2. Если участник меняет выбор на любую другую закрытую дверь ($i \neq k$, $i \neq j$), тогда

$$P(\text{Win, Switch}) = \sum_{i \neq k, i \neq j} P(A_i\ /\ B_jC_k)$$

Рассмотрим частные случаи парадокса:

1.Пусть число дверейN=3,а число дверей с призамиM=1 (классическая задача Монти Холла) [3]

Начальныевероятности определяются так:

$$P(A_1) = P(A_2) = P(A_3) = \frac{1}{3}.$$

После того как ведущий открыл дверьB_3, пересчитаем вероятности:

Для двери A_1 (начально выбранной):

$$P(A_1\ /B_3C_1) = \frac{P(B_3\ /A_1C_1) \cdot P(A_1)}{\sum_{i=1}^{3} P(B_3\ /A_iC_1) \cdot P(A_i)} = \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3}}{\frac{1}{6} + \frac{1}{3} + 0} = \frac{1}{3}$$

Для двериA_2 (оставшаяся закрытая дверь):

$$P(A_2\ /B_3C_1) = \frac{P(B_3\ /A_2C_1)\cdot P(A_2)}{\sum_{i=1}^{3} P(B_3\ /A_iC_1)\cdot P(A_i)} = \frac{1\cdot\frac{1}{3}}{\frac{1}{6}+\frac{1}{3}+0} = \frac{2}{3}$$

Конечные вероятности:

Вероятность выигрыша, если оставить изначальный выбор (Stay):

$$P(\text{Win, Stay}) = P(A_1\ /\ B_3C_1) = \frac{1}{3}$$

Вероятность выигрыша,если сменить изначальный выбор (Switch):

$$P(\text{Win, Switch}) = P(A_2\ /\ B_3C_1) = \frac{2}{3}$$

2. Пусть число дверей N>3, а количество дверей с призами M=1

Если количество дверей N увеличивается, изначальные вероятности становятся равными$P(A_i) = \frac{1}{N}$.

После того как ведущий открывает k пустых дверей, вероятность перераспределяется между оставшимися закрытыми дверями:

Вероятность для изначально выбранной двери (C_k):

$$P(A_k\ /\ \text{открыты } k \text{ пустых дверей}) = \frac{1}{N}$$

Вероятность для каждой из оставшихся закрытых дверей ($i \neq k$): $P(A_i\ /\ \text{открыты } k \text{ пустых дверей}) = \frac{1-\frac{1}{N}}{N-k-1}$

Рассмотрим случай нескольких призов (*M*>1):

Тогда изначальная вероятность:$P(A_i) = \frac{M}{N}$

После открытия без выигрышных пустых k дверей, вероятность того, что за выбранной дверью C_k находится хотя бы одинприз, при условии, что игрок оставляет свой первоначальный выбор (Stay):

$$P(\text{Win, Stay}) = \frac{M}{N}$$

Вероятность того, что за любой другой закрытой дверью $i \neq k$ находится хотя бы один приз:

$$P(\text{Win, Switch}) = \frac{M\cdot(N-1)}{N\cdot(N-k-1)}$$

Таким образом в классической задаче Монти Холла**(***N*=3,*M*=1) вероятность выигрыша при оставлении первоначального выбора составляет 1/3, а при смене выбора – 2/3. При увеличении количества дверей (*N*> 3) и одного приза (M = 1) вероятность выигрыша при смене выбора также остается выше, чем без смены первоначального выбора. В случае

нескольких призов (M > 1) вероятность выигрыша при оставлении первоначального выбора равна $\frac{M}{N}$, а при смене выбора – $\frac{M \cdot (N-1)}{N \cdot (N-k-1)}$.

Все три случая подтверждают, что игроку все равно выгоднее менять изначальный выбор, даже если количество дверей с призами возрастает.

Для реализации математической модели разработана программа на языке программирования C#.

Программа работает в двух режимах симуляции: ручном, при котором представлена игра из условия со стандартными значениями(рис.1), и автоматическом, в котором можно задать количество дверей, призов и дверей, которые будут открыты ведущим (рис. 2). Это сделано для того, чтобы продемонстрировать, как изменяется вероятность при изменении различных значений дверей и призов.

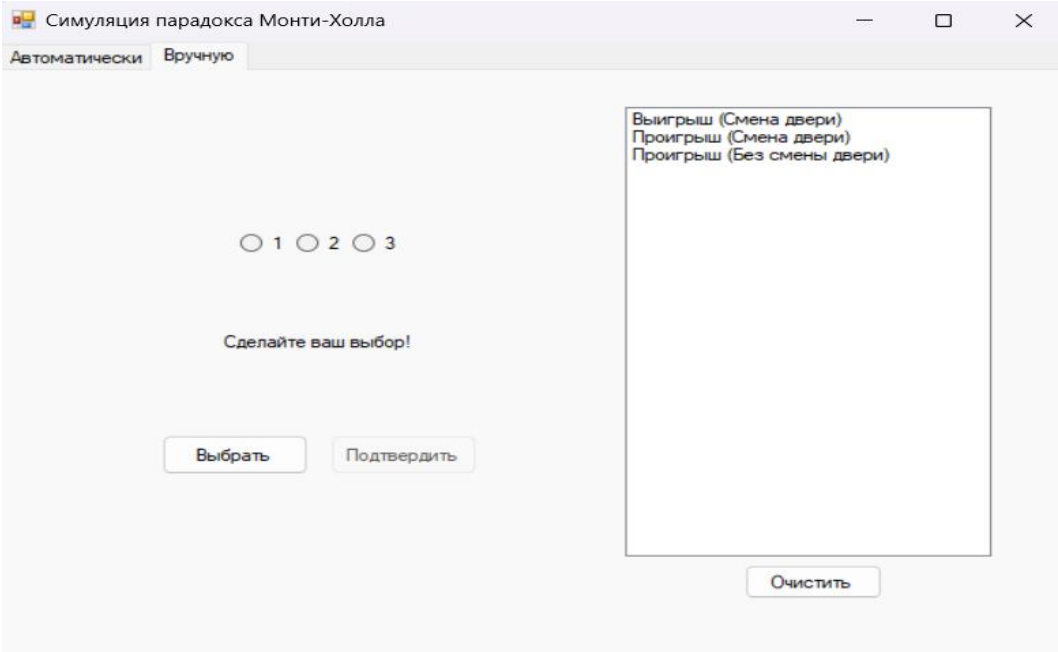


Рис.1. Ручная симуляция парадокса Монти-Холла.

В режиме ручной симуляции пользователь может сделать выбор двери, нажав на кнопку с соответствующим номером и подтвердив выбор клавишей “Выбрать”, далее программа сообщает пользователю номер двери, выбранной ведущим и предлагает изменить, либо сохранить свой выбор. Для этого пользователь должен выбрать номер двери и нажать клавишу “Подтвердить”, после чего текстовое поле программы выведет результат симуляции (выигрыш либо проигрыш) и его условие (смена двери либо отсутствие смены).

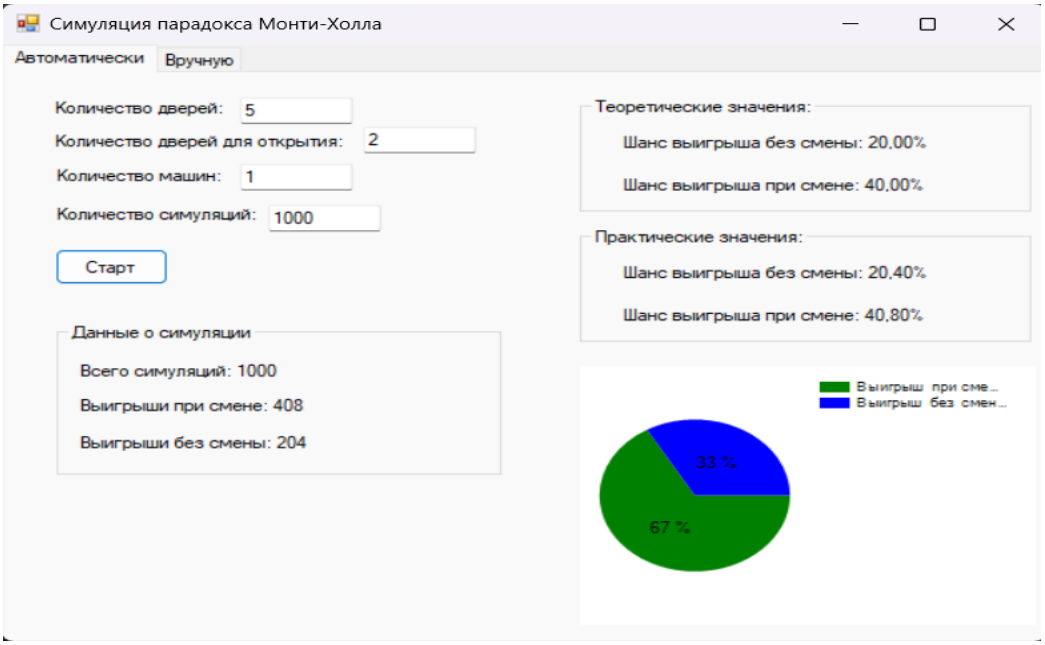


Рис.2. Автоматическая симуляция парадокса Монти-Холла.

В режиме автоматической симуляции парадокса пользователю необходимо ввести такие условия симуляции, как общее количество дверей, количество дверей, которые будут открыты ведущим, количество призов, и общее число симуляций. Программа рассчитает шанс выигрыша (в процентах) для данных условий при смене (отсутствии смены) двери. Она также отобразит количество выигрышей, произошедших в симуляции при смене (отсутствии смены) двери в виде круговой диаграммы.

В результате проведенного исследования была решена классическая задача Монти Холла, учитывающая наличие n дверей,из которых ведущий открывает k дверей, а m из них скрывают приз. Приведенная математическая модель позволила определить вероятности выигрыша для двух стратегий участника: сохранения первоначального выбора и смены двери. Таким образом, результаты подтверждают гипотезу о том, что стратегия смены выбора более выгодна для участника. Эти выводы могут быть полезны не только для решения аналогичных задач, но и для понимания принципов теории вероятностей и принятия решений в условиях неопределенности.

Литература

1. Комарова К. М. Парадоксы в теории вероятностей //В мире научных открытий. – 2014. – С. 132-134.

2. Уилан Ч. Голая статистика //М.: МИФ. – 2016.

3. Егорычев И. Э. Интуиция и вероятность //Вестник Вятского государственного университета. – 2012. – Т. 4. – №. 4. – С. 11-13.

УДК 336.71

ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРЕВОДОВ В БАНКОВСКОЙ СИСТЕМЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГРАФОВ

Никитин Д.А., Самринов Р.В.
Научный руководитель – Юринок В. И., к.т.н., доцент

В данной работе рассмотрена задача с применением теории графов к переводам денежных средств в банковской сфере. Актуальностьпроблемы переводов средств между картами и банкамисостоит в том, что иногда нам необходимо перевести деньги с одной карты на другую, однако при наличии нескольких вариантов может возникнуть дилемма, каким именно способом осуществить перевод. Нами была представлена попытка решения такой задачи, постановка которой находится ниже, а также описан алгоритм для её реализации.

Пусть дан ориентированный граф, которыйпредставляет собой возможную модель банковской системы (Рис. 1). Тогда его вершины с индексами 0Y будут обозначать банки, а вершины с индексами XYZ–карты, где X– номер карты, Y–номер банка, Z–размер льготы в процентах, $Z \in [0;9]$. В таком случае ребра будут обозначать связь между вершинами, где наличие ребра $X_1Y_1Z_1 \rightarrow X_2Y_2Z_2$позволяет перевести деньги из вершины $X_1Y_1Z_1$в вершину $X_2Y_2Z_2$.

Вместо привычного веса рёбер,где мы складываем веса всех рёбер, через которые проходим, чтобы найти вес пути, будем использовать процентный вес, где чтобы найти вес пути из Ав B, мы ищем P, где P – множитель вида $(100\% - v_1 + z_1)\ (100\% - v_2 + z_2)\ (100\% - v_3 + z_3)$ …(здесь v_i– вес ребра в %, которое включается в состав пути, а z_i – размер льготы между картами в %).Тогда мы можем найти суммуV в рублях, которую необходимо отправить из вершины A, для того чтобы в вершину B пришло Wрублей следующим образом:$V * P = W$, исходя из этого найдём $V = W / P$.

Таким образом, чтобы минимизировать затраты на перевод с одной карты на другую нам необходимо найти такой путь, при котором множитель Рбудет наибольшим, так как тогда Vбудет наименьшим.

Для поиска минимальнойсуммызатрат будем использовать модифицированный алгоритм Дейкстры.Основное изменение состоит в том, что при применении обычного алгоритма Дейкстры мы смотрим на суммы имеющегося пути с последующими рёбрами, однако в данном случае мы будем сравнивать произведения. Таким образом, если в некоторой вершине наш множитель Римеет вид $(100\% - v_1 + z_1)\ (100\% - v_2 + z_2)\ (100\% - v_3 + z_3)$, аразность веса рёбер и льготы, смежных с ней $v_{41} - z_{41}$и$v_{42} - z_{42}$, то мы будем выбирать, вес какой из них меньше.

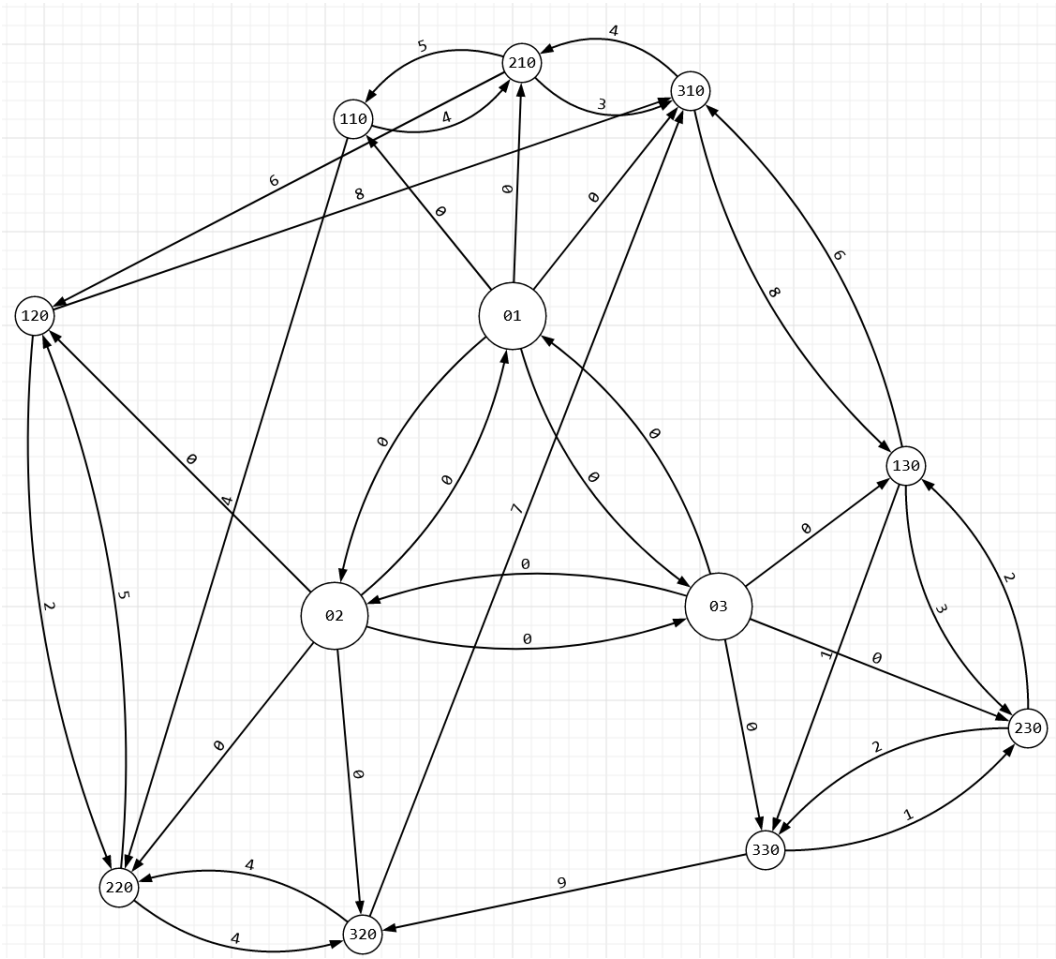


Рис.1. Представление возможной банковской системы в виде графа.

С помощью запрограммированного нами указанного выше алгоритма мы смогли найти решения поставленной задачи. Например, рассмотрим модельный пример 1:

```
Введите начальную вершину (в формате "номер карты, принадлежность к банку и размер льготы"): 220
Введите конечную вершину (в формате "номер карты, принадлежность к банку и размер льготы"): 130
Введите желаемую сумму на выходе (в рублях): 52
Оптимальный маршрут: 220 -> 320 -> 310 -> 130
Сумма, которую необходимо отправить (в рублях): 63.31
```

Заметим, что существуют и другие пути, однако не факт, что они будут минимальными.

Пример 2:

```
Введите начальную вершину (в формате "номер карты, принадлежность к банку и размер льготы"): 120
Введите конечную вершину (в формате "номер карты, принадлежность к банку и размер льготы"): 130
Введите желаемую сумму на выходе (в рублях): 100
Оптимальный маршрут: 120 -> 310 -> 130
Сумма, которую необходимо отправить (в рублях): 118.15
```

Ниже представлен фрагмент алгоритма, написанного на языке программированияPython:

```python
def dijkstra(graph, start_node):  1 usage
    distances = {node: 0.0 for node in graph}
    distances[start_node] = 1.0
    previous = {node: None for node in graph}
    pq = [(-1.0, start_node)]

    while pq:
        neg_distance, current_node = heapq.heappop(pq)
        current_distance = -neg_distance

        if current_distance < distances[current_node]:
            continue

        for edge in graph[current_node]:
            neighbor = edge['to']
            edge_weight_multiplier = 1.0 - edge['weight']
            new_distance = current_distance * edge_weight_multiplier

            if new_distance > distances[neighbor]:
                distances[neighbor] = new_distance
                previous[neighbor] = current_node
                heapq.heappush( *args: pq, (-new_distance, neighbor))

    return distances, previous
```

Таким образом, рассмотрением и решением данной задачи мы постарались улучшить понимание приблизительного принципа работы банковских систем, а также рассмотрели применение теории графов и алгоритма Дейкстры, в частности, в новых сферах нечасто применяемым способом.

УДК 519.237.5

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПРИБЛИЖЕНИЙ ФУНКЦИИ РЕГРЕССИИ НА ПРИМЕРЕ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

Шкантов И.Н.
Научный руководитель – Юринок В. И., к.т.н., доцент

Анализ успеваемости студентов является важной задачей в сфере образования, так как позволяет выявить взаимосвязи между начальным уровнем подготовки учащихся и их дальнейшими академическими результатами. Одним из инструментов такого анализа является регрессионное моделирование, которое помогает установить зависимость между результатами вступительных испытаний (например, централизованного тестирования по математике) и оценками, полученными в процессе обучения в университете.

В данной работе проводится оценка точности различных видов приближений функции регрессии (линейной, квадратичной,

логарифмической, экспоненциальной и степенной) на примере успеваемости студентов. Цель исследования – определить, какая из моделей наилучшим образом описывает зависимость между баллами за ЦТ по математике и экзаменационными оценками за первый семестр, основываясь на критерии минимальной средней ошибки аппроксимации.

Для достижения поставленной цели был проведён анализ реальных учебных данных, отражающих математическую подготовку студентов и их академическую успеваемость. Исходные данные включают в себя:

- баллы абитуриентов за ЦТ по математике (входная переменная X);
- оценки этих же студентов за экзамен по математике в первом семестре (зависимая переменная Y).

На основе этих данных в среде MathCad построены следующие регрессионные модели:

1) Линейная регрессия:$f(x) = a + bx$;
2) Квадратичная регрессия: $f(x) = a + bx + cx^2$;
3) Логарифмическая регрессия: $f(x) = a\ln x + b$;
4) Экспоненциальная регрессия: $f(x) = ae^{bx} + c$;
5) Степенная регрессия: $f(x) = ax^b + c$.

Для каждой модели вычисляется средняя ошибка аппроксимации$\bar{k}$ по формуле:

$$\bar{k} = \frac{1}{n}\sum \frac{|y - \hat{y}|}{\hat{y}} \cdot 100\%$$

где y – фактическое значение, $\hat{y}$– теоретическое значение, n– количество наблюдений.

Основная задача работы – сравнить точность аппроксимации данных различными регрессионными моделями с помощью средней ошибки аппроксимации и определить, какая из них имеет наименьшее значение, т. е. адекватнее описывает зависимость между успеваемостью на вступительных испытаниях и результатами сессии.

Значения баллов абитуриентов за ЦТ по математике (входная переменная X) и значения оценок этих же студентов за экзамен по математике в первом семестре (зависимая переменная Y) представлены на рисунке 1.

Баллы студентов за ЦТ по математике: $X^T =$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	74	96	82	96	55	83	83	98	100	...

Отметки студентов за экзамен по математике: $Y^T =$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	9	9	9	9	7	9	9	9	10	...

Рис.11. Входные данные.

Результирующие графики с вычисленным значением средней ошибки аппроксимации в MathCad представлены на рисунках 2 – 6.

$\begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} := \text{line}(X, Y)$

Функция:

$a = 4.808 \quad b = 0.048$

$f1(x) := a + b \cdot x$

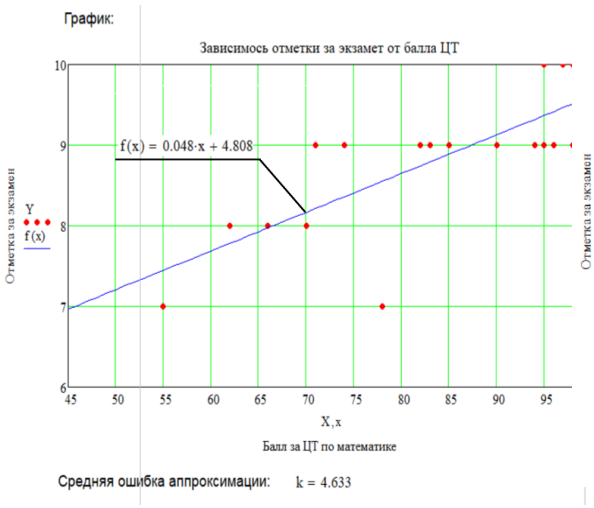


Рис.16. Линейная регрессия

$s := \text{regress}(X, Y, 2)$

$\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} s_3 \\ s_4 \\ s_5 \end{pmatrix}$

Функция:

$a = 3.492 \quad b = 0.082 \quad c = -2.086 \times 10^{-4}$

$f(x) := a + b \cdot x + c \cdot x^2$

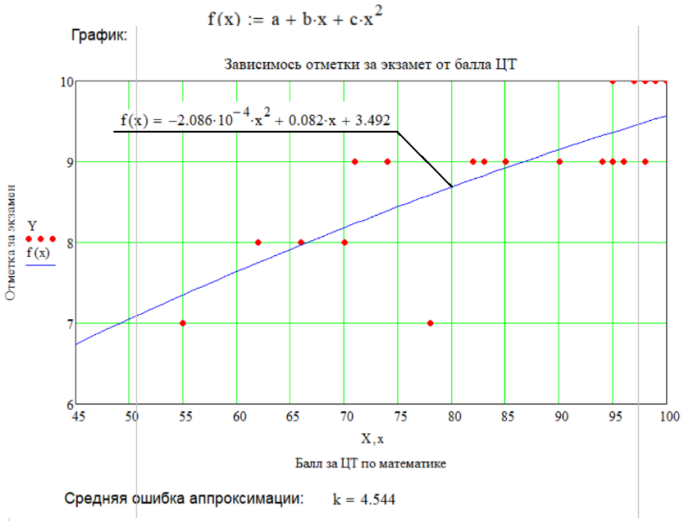


Рис.16. Квадратичная регрессия.

$\begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} := \text{lnfit}(X, Y)$

Функция:

$a = 3.795 \quad b = -7.922$

$f(x) := a \cdot \ln(x) + b$

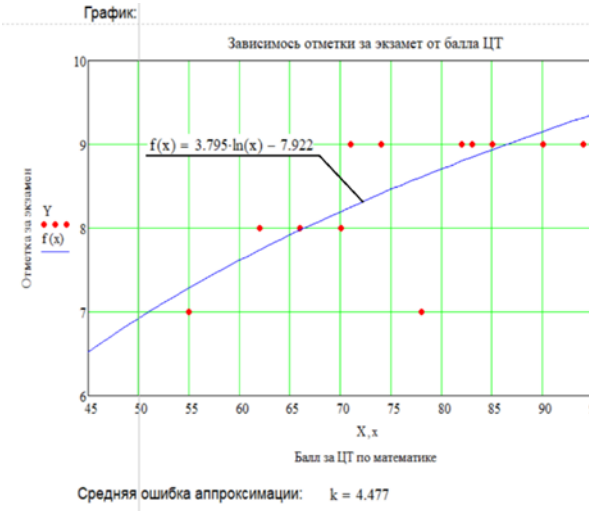


Рис.4. Логарифмическая регрессия.

$\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} := \text{expfit}(X, Y)$

Функция:

$a = 3.842 \times 10^{4} \quad b = 1.249 \times 10^{-6} \quad c = -3.842 \times 10^{4}$

$f(x) := a \cdot e^{b \cdot x} + c$

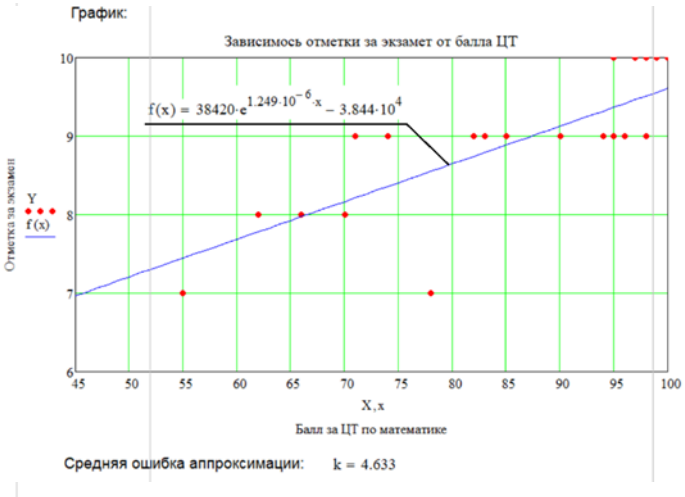


Рис.5. Экспоненциальная регрессия.

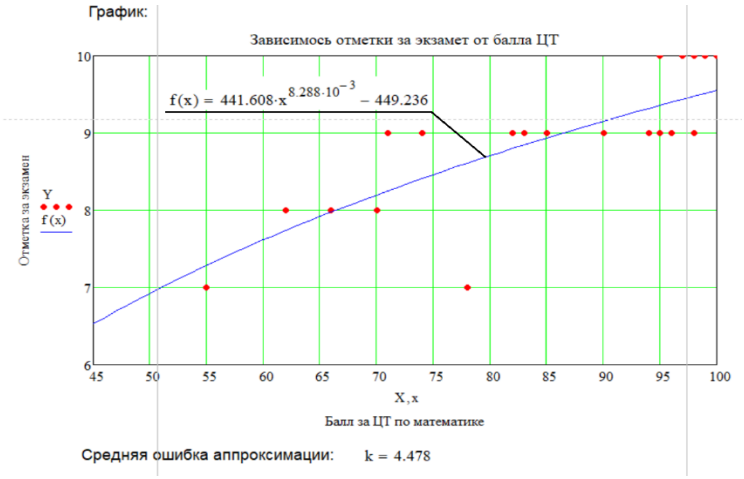


Рис.6. Степенная регрессия.

На рисунке 7 представлена диаграмма, отображающая найденные значения средних ошибок аппроксимации для каждой модели. Из данной диаграммы видно, что наименьшие значения ошибки, а следовательно, и наибольшая адекватность построенных моделей, наблюдается у степенной и логарифмической регрессий.

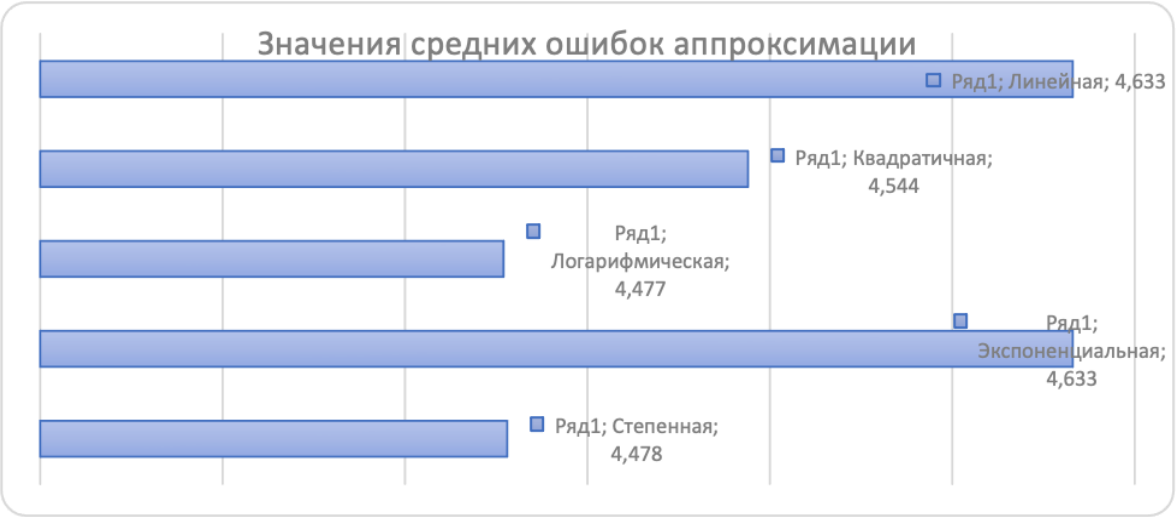


Рис.7. Сравнительная диаграмма средних ошибок аппроксимации различных моделей.

В результате проведённого анализа была выполнена сравнительная оценка различных типов регрессионных моделей для установления зависимости между баллами абитуриентов за централизованное тестирование по математике и оценками, полученными за экзамен в первом семестре обучения.

На основании расчётов средней ошибки аппроксимации установлено, что наименьшие значения ошибки наблюдаются у логарифмической и

степенной моделей, что свидетельствует об их наибольшей точности при описании рассматриваемой зависимости. Это позволяет сделать вывод о целесообразности использования именно этих типов регрессии при прогнозировании академических результатов студентов на основе данных централизованного тестирования.

Полученные результаты могут быть полезны в практике образовательных учреждений для оценки потенциальной успеваемости студентов и принятия решений по индивидуализации образовательных траекторий.

УДК 621.311

ЭМОЦИОНАЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ В ПРИНЯТИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ: ОТ ИНТУАЦИИ К АНАЛИЗУ

Юрченко И.А.
Научный руководитель – Воронович Г.К., к.т.н., доцент; Готина Л.Н., ст. преподаватель

Введение.

Марковский случайный процесс занимает особое место в теории случайных процессов. Он описывает физические системы, в которых под воздействием случайных факторов происходит переход между состояниями. Эти состояния могут быть конечными или счетными, а переходы могут происходить как в дискретные моменты времени, так и непрерывно. Таким образом, мы можем выделить два типа марковских процессов: дискретные и непрерывные.

Связь статистических данных и психоэмоционального состояния.

Вопрос о научном обосновании связи между статистическими данными и психоэмоциональным состоянием человека требует глубокого изучения. Понимание динамических случайных процессов в контексте психоэмоционального состояния личности может значительно улучшить принятие управленческих решений в таких сферах, как финансы, инвестиции и управление производственными процессами.

Случайные величины и функции.

При изучении различных явлений мы часто сталкиваемся со случайными величинами, которые изменяются во времени. Эти величины называются случайными функциями. Раздел математики, который занимается исследованием случайных явлений и их динамики, называется теорией случайных функций (или случайных процессов). Методы этой теории находят применение в автоматическом управлении, анализе финансовой деятельности, обработке сигналов радиотехнических устройств и других областях.

Для случайного процесса вводятся простейшие характеристики и аналитические характеристики случайных величин. В отличие от числовых характеристик, которые представляют собой определенные числа, характеристики случайных процессов чаще всего являются функциями.

Психология принятия решений.

В своей книге "Думай медленно... решай быстро" Даниэль Канеман исследует различные аспекты человеческого мышления и принятия решений, включая примеры из области математики. Рассмотрим несколько ключевых моментов:

Эффект якоря: Канеман демонстрирует, как начальная информация может служить "якорем" и влиять на последующие оценки. Например, если людям сначала показывают число 10, а затем просят оценить количество миллионеров в стране, их ответы будут выше по сравнению с теми, кто увидел число 1000. Это подчеркивает, как даже незначительные математические данные могут искажать наше восприятие.

Ошибки в оценке вероятностей: в книге обсуждаются распространенные ошибки при оценке вероятностей. Люди часто основывают свои суждения на интуитивных ощущениях, а не на статистических фактах. Например, когда задается вопрос о вероятности дождя при условии 70% шансов,

многие могут неправильно интерпретировать вероятность того, что дождя не будет.

Сложные задачи: Канеман также приводит примеры сложных математических задач и показывает, как люди склонны полагаться на интуитивные подходы вместо систематического анализа. При решении задач о вероятностях или статистике многие могут делать ошибки из-за недостатка внимательности.

Эффект фрейминга: в книге также рассматривается эффект фрейминга — влияние формулировки проблемы на принятие решения. Например, если представить вероятность выигрыша в лотерее в положительном свете ("90% людей не выиграют"), это может изменить восприятие риска по сравнению с формулировкой "10% людей выиграют".

Долгосрочные и краткосрочные решения.

Канеман подчеркивает важность различия между краткосрочными инстинктивными решениями и долгосрочными стратегическими подходами. Фраза «думай медленно, решай быстро» из книги Даниэля Канемана подчеркивает важность того, чтобы сначала обдумывать сложные задачи тщательно и внимательно, прежде чем принимать быстрые решения. В математике это особенно полезно по следующим причинам:

1. Анализ задачи: прежде чем начать решать задачу, важно понять ее условия и требования. Это включает в себя выделение ключевых данных и определение методов или теорем.

2. Планирование: после анализа задачи полезно составить план решения. Четкий план позволяет избежать ошибок и упрощает процесс.
3. Проверка: думать медленно также означает проверять свои шаги по мере решения задачи для выявления возможных ошибок на ранних этапах.
4. Использование логики: важно применять логическое мышление для лучшего понимания взаимосвязей элементов задачи.
5. Практика: чем больше практики, тем быстрее можно решать задачи; однако даже опытные математики иногда останавливаются для обдумывания сложных проблем.

Заключение.

Изучение марковских процессов в сочетании с пониманием психоэмоционального состояния человека открывает новые горизонты для эффективного управления в различных сферах деятельности. Книга Даниэля Канемана является важным вкладом в понимание того, как человеческое мышление влияет на принятие решений. Это имеет значительное значение для практического применения теории случайных процессов.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 004.658

УРОВНИ ИЗОЛЯЦИИ ТРАНЗАКЦИЙ В SQL

Зеленухо А. Д., Тимощенко Н. В.
Научный руководитель – Воронич Л.В., ст. преподаватель

Уровни изоляций транзакций отражают степень защиты от неожиданных результатов работы с SQL при параллельном выполнении транзакций. Транзакции предотвращают наличие следующих явлений:

- Грязное чтение – когда одна транзакция считывает данные, которые еще не зафиксированы другой транзакцией. Если последняя отменяет изменения, прочитанные данные оказываются недействительными.
- Невоспроизводимое чтение – возникает при повторном чтении тех же данных в рамках одной транзакции, если между чтениями другая транзакция изменила или удалила эти данные.
- Фантомные записи – ситуация, при котором в повторном запросе появляются новые строки, добавленные другой транзакцией и удовлетворяющие тем же условиям поиска.

Как определено в SQL-92 определяют четыре уровня изоляций транзакций: read uncommitted, read committed, repeatable read, serializable[1].

Read Uncommitted - это наименее строгий и, соответственно, самый небезопасный уровень изоляции транзакций, при котором отсутствует защита от чтения данных, находящихся в промежуточном (незафиксированном) состоянии. В рамках этого уровня транзакция имеет доступ к результатам изменений, произведённых другими транзакциями, которые ещё не завершены и могут быть впоследствии отменены (откачены).

На практике это может привести к ряду серьёзных логических и информационных искажений. Например, одна транзакция выполняет запрос SELECT и получает набор данных, включающий строки, вставленные другой транзакцией, которая ещё не была зафиксирована. Если эта вторая транзакция будет отменена, то полученные первой транзакцией данные фактически никогда не существовали в согласованном состоянии базы. Это создаёт риск предоставления пользователю недостоверной или устаревшей информации, что особенно критично в системах с высокими требованиями к консистентности данных. На данном уровне возникают все аномалии: грязное чтение, невоспроизводимое чтение, фантомные записи.

Ввиду низкой надёжности, уровень Read Uncommitted крайне редко применяется на практике. Более того, большинство современных систем управления базами данных (СУБД) либо не поддерживают его вовсе, либо ограничивают его использование только в специально заданных сценариях, где допускается высокая степень параллелизма в ущерб согласованности данных.

Read Committed - это один из наиболее распространённых уровней изоляции транзакций, обеспечивающий более высокий уровень консистентности по сравнению с Read Uncommitted. Его основная характеристика заключается в том, что каждая транзакция имеет доступ исключительно к данным, зафиксированным (committed) другими транзакциями. Иными словами, никакие изменения, произведённые незавершёнными транзакциями, не могут быть прочитаны до момента их подтверждения.

Благодаря этому подходу исключается возможность грязного чтения (dirty read), поскольку никакие промежуточные данные, которые могут быть откатаны, не попадают в выборку. Однако Read Committed всё ещё допускает возникновение других аномалий параллельного доступа, а именно: невоспроизводимое чтение, фантомные записи.

Важной особенностью уровня Read Committed является его поведение при длительных транзакциях. Если одна транзакция работает в течение длительного времени, параллельно может быть выполнена быстрая транзакция, которая вставит новые данные и зафиксирует их. В результате, если первая транзакция выполнит одинаковый SELECT-запрос до и после этого момента, она получит разные результаты несмотря на то, что сама ничего не изменяла. Это поведение характерно для отсутствия гарантии повторяемости чтения (repeatable read).

Read Committed представляет собой компромисс между производительностью и целостностью данных. Благодаря этому он был принят как уровень изоляции по умолчанию во многих популярных системах управления базами данных, включая Microsoft SQL Server и Oracle Database.

Repeatable Read - это уровень изоляции транзакций, при котором обеспечивается неизменяемость (иммутабельность) прочитанных данных в пределах одной транзакции. Другими словами, как только транзакция выполняет чтение определённой строки, никакая другая параллельная транзакция не может изменить или удалить эту строку до завершения первой. Это исключает две ключевые аномалии: грязное чтение, невоспроизводимое чтение.

Однако Repeatable Read не обеспечивает защиты от фантомного чтения. Это означает, что при повторном выполнении запроса с одинаковыми условиями фильтрации может быть возвращён другой набор строк, если

параллельная транзакция добавила новые записи, удовлетворяющие этим условиям. Данный уровень достигается разными способами в разных СУБД. В реляционных достигается путем наложения блокировки на уровне строк. В многоверсионных системах применяется механизм MVCC, при котором транзакция работает со снимком (snapshot) базы данных.

Serializable - это самый строгий и надёжный уровень изоляции транзакций, обеспечивающий полную сериальную консистентность. На этом уровне система управления базами данных (СУБД) гарантирует, что результат выполнения параллельных транзакций будет идентичен такому, как если бы все транзакции исполнялись последовательно — одна за другой, без какого-либо перекрытия по времени. Это исключает все возможные аномалии.

Несмотря на высочайшую степень изоляции, Serializable может существенно снижать производительность системы из-за увеличенного количества блокировок и возможности конфликтов при проверке сериализуемости. Это делает данный уровень не всегда практичным для высоконагруженных систем, где предпочтение отдается более лёгким уровням (Read Committed или Repeatable Read), обеспечивающим приемлемую консистентность при высокой скорости обработки транзакций.

Шкала уровней изолированности транзакций содержит ряд значений, проранжированных от наинизшего до наивысшего; более высокий уровень изолированности соответствует лучшей согласованности данных, но его использование может снижать количество физически параллельно выполняемых транзакций. И наоборот, более низкий уровень изолированности позволяет выполнять больше параллельных транзакций, но снижает точность данных. Таким образом, выбирая используемый уровень изолированности транзакций, разработчик информационной системы в определённой мере делает выбор между скоростью работы и обеспечением гарантированной согласованности получаемых из системы данных [2].

Литература

1. Lear Microsoft [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://learn.microsoft.com/ru-ru/sql/odbc/reference/develop-app/transaction-isolation-levels?view=sql-server-ver16. – Дата доступа: 24.04.2025.
2. Wikipedia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Уровень_изолированности_транзакций. – Дата доступа: 24.04.2025.

УДК 004.658.2+004.853

БЕЗОПАСНОСТЬ БАЗ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА: ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ АТАК

Каркота А.С., Сташинская М.С.
Научный руководитель – Воронич Л.В., ст. преподаватель

В современном цифровом мире базы данных стали критически важным компонентом практически всех информационных систем. Они хранят конфиденциальную информацию, начиная от персональных данных пользователей и заканчивая коммерческой тайной предприятий. Однако по мере роста объема хранимых данных и усложнения архитектур баз данных, традиционные методы защиты становятся все менее эффективными против новых видов кибератак. Именно здесь на помощь приходят технологии искусственного интеллекта и машинного обучения, предлагающие принципиально новые подходы к обеспечению безопасности.

Одним из наиболее перспективных направлений применения ИИ в защите баз данных является обнаружение аномалий. В отличие от традиционных сигнатурных методов, которые ищут известные шаблоны атак, машинное обучение позволяет выявлять подозрительную активность, анализируя отклонения от нормального поведения системы. Как показали исследования Chandola и соавторов [1], такой подход особенно эффективен против новых, ранее неизвестных угроз. Например, рекуррентные нейронные сети успешно применяются для анализа временных последовательностей запросов к базе данных, позволяя обнаруживать сложные многоэтапные атаки, которые остаются незамеченными для традиционных систем защиты [2].

Особого внимания заслуживает применение методов глубокого обучения для обнаружения SQL-инъекций. Автоэнкодеры, обученные на нормальных запросах, могут с высокой точностью выявлять аномальные паттерны, характерные для попыток внедрения вредоносного кода [1]. При этом, как отмечают Hu и коллеги [3], современные модели машинного обучения достигают точности обнаружения SQL-инъекций на уровне 98%, что значительно превосходит традиционные методы.

Однако обнаружение атак - это только часть решения. Современные системы безопасности на основе ИИ способны не только выявлять угрозы, но и активно им противодействовать. Ярким примером может служить система адаптивной аутентификации, используемая Google (Google Security Blog) [4]. Анализируя множество параметров, включая частоту запросов, географическое расположение и характер активности пользователя,

алгоритмы машинного обучения могут динамически изменять требования к аутентификации, усложняя ее при обнаружении подозрительной активности.

Еще одним важным аспектом является прогнозирование потенциальных атак. Долгосрочная память в LSTM-сетях позволяет анализировать временные закономерности и предсказывать возможные DDoS-атаки на основе исторических [2]. Это дает администраторам баз данных ценное время для принятия превентивных мер.

Несмотря на впечатляющие успехи, применение ИИ в безопасности баз данных сталкивается с рядом вызовов. Одной из основных проблем является необходимость больших объемов, размеченных данных для обучения моделей (Kim et al). Кроме того, как отмечают исследователи, существует тонкий баланс между чувствительностью системы и количеством ложных срабатываний - слишком агрессивная настройка может привести к блокировке легитимных запросов [5]. Перспективы развития этого направления выглядят чрезвычайно многообещающе. С появлением более эффективных алгоритмов и увеличением вычислительных мощностей, системы защиты баз данных на основе ИИ становятся все более точными и доступными. Особый интерес представляет разработка легковесных моделей, способных работать в реальном времени даже на больших объемах данных без существенных задержек.

Таким образом, искусственный интеллект и машинное обучение открывают новые горизонты в обеспечении безопасности баз данных. От обнаружения сложных аномалий до прогнозирования и предотвращения атак - эти технологии предлагают комплексный подход к защите критически важной информации. Однако для полного раскрытия их потенциала необходимо продолжение исследований, направленных на решение существующих проблем и ограничений.

Литература

1. Chandola, V., Banerjee, A., & Kumar, V. (2009). Anomaly detection: A survey. *ACM Computing Surveys, 41*(3), 1-58.
2. Yuan, X., et al. (2019). LSTM-based DDoS detection. *Computers & Security, 83*, 1-15.
3. Hu, W., et al. (2018). Detecting SQLi with SVM. *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing*.
4. Google Security Blog (2020). Adaptive authentication with AI. *Google Security*.
5. Facebook Security (2021). AI-driven user behavior analysis. *Facebook Research Blog*.

УДК 519.714.71

БРОКЕРЫ СООБЩЕНИЙ: ЗАДАЧИ, ПРОБЛЕМЫ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Пригодич Р.В., Гришко Д.И.
Научный руководитель – Воронич Л.В., ст. преподаватель

Брокер сообщений – это программный посредник, обеспечивающий асинхронное взаимодействие между компонентами распределенной системы. Основная идея заключается в том, что элементы системы (микросервисы) обмениваются сообщениями через брокер, который берет на себя задачи маршрутизации, хранения и доставки сообщений. Это позволяет снизить нагрузку на сервисы, так как им не приходится самостоятельно обрабатывать пересылку данных.

Ключевыми сущностями в архитектуре брокера являются:

- Producer [1] (издатель) – компонент, создающий и отправляющий сообщения.
- Consumer [1] (подписчик) – компонент, получающий и обрабатывающий сообщения.
- Очередь [1,2] – промежуточное хранилище сообщений, обеспечивающее их временное сохранение до обработки.

Брокеры сообщений поддерживают 2 основные модели обмена данными:

- Прямой обмен (point-to-point) [2]. Сообщение отправляется от продюсера к конкретному потребителю через очередь. Каждое сообщение обрабатывается только 1 раз.
- Публикация/подписка (publish/subscribe) [3]. Продюсер публикует сообщение на определенную тему, а все подписчики этой темы получают его копию. Это позволяет реализовать распределение задач между несколькими потребителями.

Брокеры сообщений решают ряд важных задач в распределенных системах:

- Асинхронность. Продюсер может отправлять сообщения, даже если потребитель временно недоступен. Сообщения сохраняются в очереди и обрабатываются позже.
- Повышение производительности. Асинхронная обработка позволяет оптимизировать загрузку системы, распределяя задачи между компонентами.
- Надежность доставки. Брокеры обеспечивают механизмы подтверждения доставки и повторной отправки в случае сбоев.

Несмотря на преимущества, использование брокеров связано с рядом проблем:

- Усложнение архитектуры. Введение брокера добавляет новый компонент, что увеличивает сложность системы и зависимость от его надежности.
- Проблемы согласованности данных. Из-за асинхронности некоторые компоненты могут работать с устаревшими данными.
- Сложность диагностики ошибок. Асинхронный и распределенный характер системы затрудняет отладку.
- Крутая кривая обучения. Освоение брокеров требует времени и глубокого понимания их принципов.

На сегодняшний день самыми популярными брокерами сообщений являются RabbitMQ[3] и Apache Kafka [1,3].

RabbitMQ – это брокер, ориентированный на гибкость маршрутизации сообщений. Его ключевая особенность заключается в поддержке сложных сценариев доставки, где сообщения могут проходить через несколько узлов обмена (exchanges) перед попаданием в очередь. Система подтверждает доставку сообщений как со стороны продюсера, так и со стороны потребителя, что обеспечивает надежность. Если сообщение не доставлено, оно остается в очереди до успешной обработки.

Для демонстрации возможностей RabbitMQ в распределенных системах разработан проект, включающий микросервисы авторизации, каталогов, оплаты и уведомлений, RabbitMQ выступает в роли брокера сообщений, обеспечивая асинхронное взаимодействие между сервисами. Конфигурация брокера настроена таким образом, чтобы с одного пользовательского запроса последовательно выполнялись операции каждого микросервиса: авторизация проверяет пользователя, каталог предоставляет данные о товаре, оплата обрабатывает транзакцию, а уведомления отправляют подтверждение оплаты. Это позволяет создать надежную и гибкую систему, где сервисы работают независимо, а RabbitMQ управляет маршрутизацией сообщений через очереди, гарантируя доставку.

Диаграмма архитектуры системы показывает, как микросервисы взаимодействуют через RabbitMQ, используя модель прямого обмена (point-to-point) для передачи сообщений от одного сервиса к следующему, она представлена на рисунке 1.

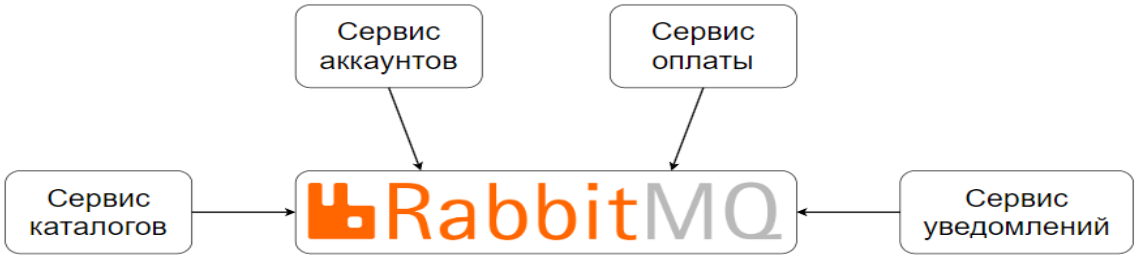


Рис.1. Архитектура распределенной системы.

Диаграмма обработки запроса представлена на рисунке 2 и демонстрирует последовательность запросов, проходящих через все сервисы: от инициации запроса в сервисе авторизации до завершения в сервисе уведомлений.

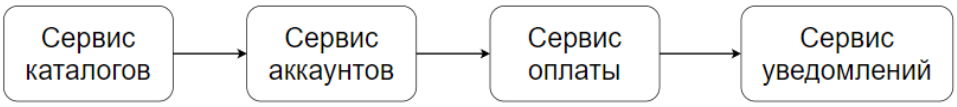


Рис.2. Схема работы запросов в распределенной системе.

Эти диаграммы подчеркивают гибкость RabbitMQ в маршрутизации и надежность доставки сообщений, что делает его подходящим для систем, требующих сложной логики обработки запросов.

Apache Kafka – брокер, оптимизированный для высоконагруженных систем и обработки больших объемов данных. Сообщения хранятся в распределенном логе, где порядок их поступления строго сохраняется. Kafka позволяет потребителям запрашивать сообщения из лога по необходимости, а также группировать их по темам. Это делает Kafka идеальным выбором для систем, требующих анализа данных в реальном времени или исторического контекста.

В рамках демонстрации возможностей Apache Kafka реализован проект, включающий парсер случайных данных с использованием библиотеки NumPy. Данные передаются через Kafka в топики, откуда поступают в микросервисы анализа данных, использующие Pandas для обработки. Проект моделирует высоконагруженную систему, где Kafka обеспечивает надежную доставку и упорядоченное хранение сообщений в распределенном логе. Количество микросервисов анализа данных масштабируемо: их может быть от одного до n, что позволяет гибко распределять нагрузку в зависимости от объема данных. Архитектура проекта представлена на рисунке 3.

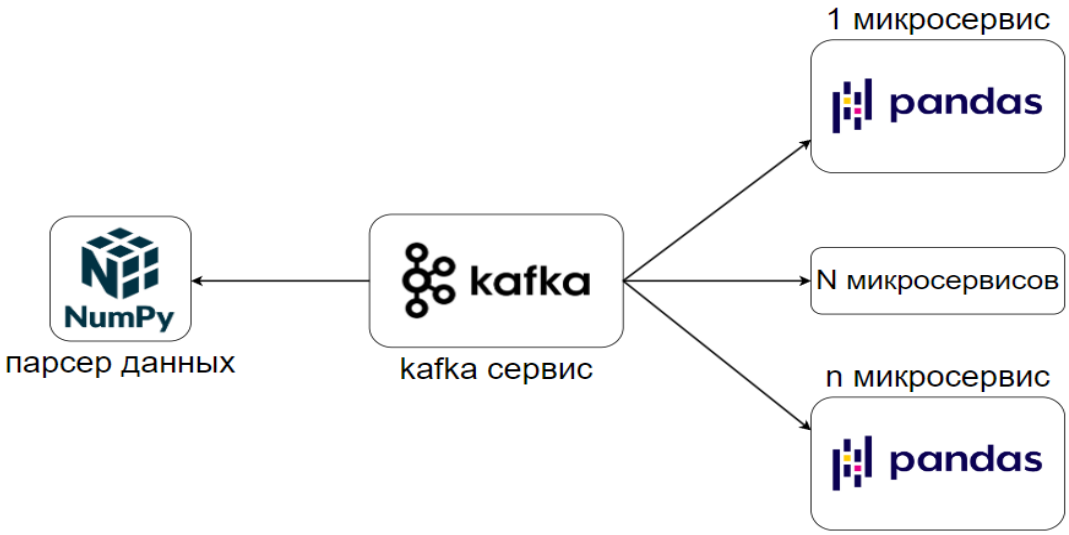


Рис.3. Архитектура распределенной системы с Kafka.

Диаграмма подчеркивает преимущества Kafka в обработке больших объемов данных и поддержке модели публикации/подписки. Проект демонстрирует способность Kafka справляться с высокими нагрузками и масштабируемостью, что делает его подходящим для систем анализа данных в реальном времени.

RabbitMQ и Kafka решают разные задачи:

- RabbitMQ подходит для систем, требующих сложной маршрутизации и гибкости доставки. Однако порядок сообщений не гарантируется.
- Kafka ориентирована на высоконагруженные системы, где важны масштабируемость, порядок сообщений и возможность анализа данных за определенный период.

Брокеры сообщений – мощный инструмент для построения распределенных систем, обеспечивающий асинхронность, надежность и масштабируемость. Однако их использование требует тщательного проектирования, так как они усложняют архитектуру и могут вызвать проблемы с согласованностью данных. RabbitMQ и Kafka демонстрируют разные подходы к решению задач: RabbitMQ подходит для гибкой маршрутизации, а Kafka – для высоконагруженных систем с большими объёмами данных.

Литература

1. Nishant Garg «Apache Kafka». – СПб.: Издательство «Packt Publishing», 2013.
2. Gavin M. Roy «RabbitMQ in Depth». – СПб.: Издательство «Manning Publications Co.», 2018.
3. Emil Koutanov «Effective Kafka». – СПб.: Издательство «Leanpub», 2021.

УДК 519.714.71

ПРОБЛЕМА ВНУТРЕННЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ DOCKER

Пригодич Р.В., Гришко Д.И.
Научный руководитель – Воронич Л.В., ст. преподаватель

Docker [1] – это платформа для контейнеризации приложений, которая позволяет изолировать процессы и ресурсы на уровне операционной системы. В отличие от виртуальных машин, контейнеры используют ядро хост-системы, обеспечивая легковесную и быструю изоляцию через namespace (разделение пространств процессов, сетей, пользователей и т.д.) и cgroups (ограничение потребления ресурсов ЦП, памяти). Основные компоненты Docker включают:

- Docker Daemon [1] – процесс, управляющий контейнерами.
- Docker Client [1] – интерфейс для взаимодействия с демоном (CLI, API).
- Образы – шаблоны для создания контейнеров (например, `nginx:latest`).
- Контейнеры – запущенные экземпляры образов.
- Реестры – хранилища образов (Docker Hub [1], частные registry).

Однако изоляция контейнеров не абсолютна. Уязвимости в конфигурации API, сети или управления ресурсами могут привести к серьезным последствиям, особенно в крупных инфраструктурах. Одна из таких серьёзных проблем это вирусное ПО Kinsing [2].

Проблема Kinsing:

При деплое проекта на удалённый сервер (с Docker-контейнерами) наблюдалось странное поведение: система работала стабильно 2-3 часа, после чего падала с ошибкой Out of Memory (OOM)[2]. После диагностики выяснилось, что в фоне запущен процесс kinsing – майнер, который постепенно истощал ресурсы CPU и памяти.

Расследование показало, что заражение произошло через открытый порт 2375 (API Docker), который был доступен без аутентификации.

Атакующий:

1. Запустил вредоносный контейнер через API.
2. Скачал скрипты с сервера http://142.44.191.122/..., которые установили kinsing.
3. Майнер начал использовать 90–100% CPU, а также сканировал внутреннюю сеть в поисках других уязвимых контейнеров.

Угроза в дата-центрах и масштабные последствия

Этот случай иллюстрирует, как Kinsing может захватывать крупные инфраструктуры:

- Множество контейнеров в единой сети: если один контейнер заражён, он может сканировать соседние IP и распространять вирус через общую сеть (например, через уязвимости в bridge-сетях).

- Открытые API-порты: В дата-центрах часто допускается публичный доступ к API Docker для управления, что упрощает атаку.

- Несегментированные ресурсы: Один майнер может истощить ресурсы всего хоста, повлияв на десятки контейнеров.

Пример сценария в масштабе:

1. Злоумышленник находит сервер с открытым портом 2375.

2. Запускает контейнер, который скачивает Kinsing и устанавливает его на хост.

3. Майнер начинает использовать ресурсы и сканировать сеть на наличие других Docker-серверов.

4. Через цепочку уязвимых хостов атака охватывает весь дата-центр.

Решение: Архитектура с двумя серверами для усиления безопасности**

Для минимизации рисков в крупных инфраструктурах рекомендуется разделить роли:

1. Сервер-фаервол (Firewall Server):
   - Установлен перед Docker-сервером, фильтрует весь трафик.
   - Блокирует:
     - Порты 2375-2376 (если не требуется внешний API).
     - Подозрительные IP и домены (списки Kinsing: `142.44.191.122`, `rus-wintrillions-com.ru` и др.).
     - Несанкционированный трафик между контейнерами.
   - Использует сетевые политики (Calico, Cilium) для ограничения коммуникации.

2. Сервер-контейнер (Docker Server):
   - Получает данные только после фильтрации на Firewall Server.
   - Контейнеры запускаются с ограничениями:
     docker run --cap-drop=ALL --cpu-shares 102 --memory 100m ...
   - Реализована изоляция сетей: каждый контейнер работает в отдельной подсети или с `hostNetwork: false`.

Преимущества:

- Централизованная защита от внешних атак.
- Снижение нагрузки на Docker-сервер за счёт фильтрации.
- Возможность мониторинга трафика и обнаружения аномалий на уровне фаервола.

Дополнительные рекомендации

1. Очистка заражённых систем:
   - Удаление подозрительных контейнеров и образов:
     docker rm $(docker ps -a | grep 'kinsing' | awk '{print $1}')
     docker rmi $(docker images | grep 'kdevtmpfsi' | awk '{print $3}')
   - Проверка cron-задач (`crontab -l`) и systemd-юнитов:

systemctl list-units | grep kinsing

2. Активное противостояние Kinsing:

- Искусственное ограничение ресурсов для майнера через cgroups:
  docker run --cpus="0.1" --memory="50m" kinsing_image
- Использование антивирусов (ClamAV, YARA) для поиска файлов с известными MD5-хешами:
  «0d3b26a8c65cf25356399cc5936a7210, d9011709dd3da2649ed30bf2be52b99e и др.»

Случай с OOM-ошибкой на сервере демонстрирует, что даже одна уязвимость в Docker может привести к масштабным последствиям. В дата-центрах с тысячами контейнеров риски усиливаются из-за общей сети и неправильной изоляции. Решение с архитектурой «фаервол + Docker-сервер» обеспечивает фильтрацию трафика и изоляцию нагрузки, снижая вероятность атак. Дополнительные меры – ограничение привилегий, регулярные обновления и использование оркестраторов – позволяют создать надёжную защиту даже в сложных средах.

Литература

1. Гадзурас Эммануил «Docker compose для разработчика: Упростите разработку и оркестрацию многоконтейнерных приложений». – СПб.: Издательство «ДМК Пресс», 2023.
2. Aqua Security [Электронный ресурс] / Aqua Security Software, Inc.; – Электрон. дан. – Израиль: Aqua Security Software, Inc., 2020. – Режим доступа: https://www.aquasec.com/blog/threat-alert-kinsing-malware-container-vulnerability/, свободный. – Загл. с экрана: Threat Alert: Kinsing Malware Attacks Targeting Container Environments. – Яз. англ.

УДК 004.658

СРАВНЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ JDBC, JPA И SPRING DATA ПРИ РАБОТЕ С РАЗЛИЧНЫМИ СУБД

Солдатов Н. В.
Научный руководитель – Воронич Л.В., ст. преподаватель

В современном программировании взаимодействие приложения с базой данных — один из ключевых факторов, определяющих пропускную способность и масштабируемость информационных систем. На платформе Java для этой цели сложился трёхступенчатый набор технологий:

низкоуровневый JDBC, объектно-реляционная спецификация JPA и надстроенный над ней модуль Spring Data JPA. Чем выше уровень абстракции, тем меньше ручного кода требуется разработчику, однако тем ощутимее накладные расходы на формирование и исполнение запросов. Чтобы количественно оценить размер этой «платы за удобство», было проведено экспериментальное сравнение производительности трёх подходов при работе с наиболее популярными свободными СУБД — PostgreSQL 15, MySQL 8.2 и SQLite 3.45. Целью исследования являлся бенчмаркинг вставки, чтения, обновления и удаления по 10 000 записей в каждой связке «технология доступа — СУБД».

JDBC предоставляет прямое соединение приложения с драйвером базы данных: программист сам формирует SQL-выражения, управляет соединениями и транзакциями и вручную маппирует результаты. Такой путь обеспечивает максимальную скорость, но требует значительных усилий на сопровождение кода. JPA поднимает уровень абстракции: разработчик описывает сущности аннотациями, а провайдер ORM (в эксперименте — Hibernate 6) генерирует SQL, ведёт кэш первого уровня и отслеживает жизненный цикл объектов. Производительность при этом снижается приблизительно на пятую часть, но уменьшается и объём шаблонного кода. Spring Data JPA добавляет ещё один слой: достаточно объявить интерфейс-репозиторий, и фреймворк создаёт полную реализацию CRUD; дополнительный прокси-вызов практически не увеличивает задержку по сравнению с «чистым» JPA.

Сами СУБД обладают разной внутренней природой. PostgreSQL представляет собой полнофункциональную объектно-реляционную систему с развитым набором типов данных и строгими гарантиями согласованности; MySQL традиционно оптимизирован под быстрое чтение-запись строковых данных; SQLite — встраиваемая файловая база, избавленная от сетевого стека, однако блокирующая файл при массовых операциях записи. Эти особенности влияют на абсолютные показатели времени, но относительное соотношение между уровнями абстракции остаётся стабильным.

Методика испытаний включала создание идентичной таблицы users(id BIGINT, name VARCHAR, email VARCHAR) в каждой базе, выполнение одной транзакции вставки, одной выборки, одного обновления и одного удаления десяти тысяч записей. Для JDBC использовался пул соединений HikariCP и пакетные операции addBatch/executeBatch; для JPA и Spring Data JPA был настроен размер батча 50 (hibernate.jdbc.batch_size=50). Замеры производились через System.nanoTime() с тройным повтором; приводятся усреднённые величины.

Архитектурные различия трёх подходов наглядно отражены на рисунке 1.

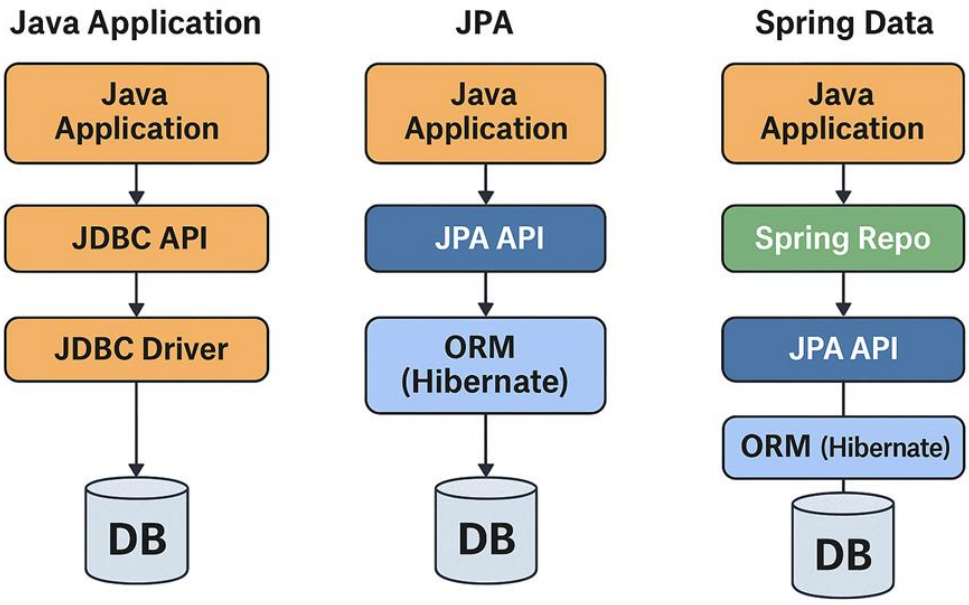


Рис1. Архитектурные различия трёх подходов JDBC, JPA, Spring Data.

В стеке JDBC запрос проходит путь «Java Application → JDBC API → JDBC-драйвер → База данных». В случае JPA добавляется слой ORM: «Java Application → JPA API → ORM (например, Hibernate) → JDBC-драйвер → База данных». В Spring Data JPA сверху появляется ещё один уровень: «Java Application → Spring Repository → JPA API → ORM → JDBC-драйвер → База данных». Из рисунка видно, что каждый дополнительный слой расширяет функциональность, но удлиняет траекторию запроса.

Таблица 1 – Качественное сравнение подходов

Критерий	**JDBC**	**JPA (Hibernate)**	**Spring Data JPA**
Уровень абстракции	Низкий	Средний	Высокий
Объём шаблонного кода	Высокий	Низкий	Очень низкий
Контроль над запросами	Полный	Частичный	Ограниченный
Переносимость	Низкая	Высокая	Высокая
Кэширование	Нет	Да	Да
Относительная скорость	100%	75–85%	70–80%

Таблица 2 – Время выполнения 10 000 операций (мс)

СУБД / Операция	JDBC	JPA	Spring Data JPA
PostgreSQL15			
Insert	2000	2400	2500
Select	1500	1800	1900
Update	1800	2160	2250
Delete	1700	2040	2125
MySQL 8.2			
Insert	1800	2160	2250
Select	1400	1680	1750
Update	1700	2040	2125
Delete	1600	1920	2000
SQLite 3.45			
Insert	5000	6000	6250
Select	4000	4800	5000
Update	4800	5760	6000
Delete	4200	5040	5250

Анализируя полученные данные, можно отметить, что при вставке десяти тысяч строк JDBC уложился в 2 секунды на PostgreSQL, в 1.8 секунды на MySQL и в 5 секунд на SQLite. JPA потребовала соответственно 2.4, 2.16 и 6 секунд; Spring Data JPA — 2.5, 2.25 и 6.25 секунды. При чтении, обновлении и удалении наблюдался тот же порядок: JDBC стабильно впереди, JPA отстаёт на 15-25%, Spring Data JPA — ещё 2-6% от JPA. Внутри каждой СУБД относительный разрыв практически не меняется: добавочный уровень абстракции «стоит» приблизительно одну пятую времени запроса независимо от того, обслуживает ли его сетевой Postgres, процесс-ориентированный MySQL или локальный файл SQLite.

Полученные результаты подтверждают интуитивный баланс. Чем ниже слой, тем выше скорость, но тем дороже сопровождение кода; чем выше слой, тем продуктивнее разработка и тем проще миграция между СУБД, однако тем длиннее траектория запроса и выше накладные расходы. Практически оправдана гибридная стратегия: основная бизнес-логика реализуется на Spring Data JPA или JPA, тогда как в «горячих» точках применяются native-SQL или отдельные DAO на «чистом» JDBC. Такой подход сочетает высокую скорость разработки с возможностью достижения максимальной производительности именно там, где она критически важна.

Литература

1. Oracle. JDBC Overview [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.oracle.com/javase/tutorial/jdbc/overview/index.html. – Дата доступа: 25.04.2025.
2. Baeldung. Guide to JPA with Hibernate [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.baeldung.com/jpa-hibernate. – Дата доступа: 25.04.2025.
3. Spring.io. Spring Data JPA Reference [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.spring.io/spring-data/jpa/docs/current/reference/html/. – Дата доступа: 25.04.2025.
4. DZone. JDBC vs JPA vs Hibernate vs Spring Data JPA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://dzone.com/articles/jdbc-vs-jpa-vs-hibernate-vs-spring-data-jpa. – Дата доступа: 25.04.2025.
5. Vlad Mihalcea. High-Performance Java Persistence [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vladmihalcea.com/tutorials/hibernate/. – Дата доступа: 25.04.2025.

УДК 004.658 +004.853

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

Сташинская М.С., Каркота А.С.
Научный руководитель – Воронич Л.В., ст. преподаватель

Современный мир генерирует колоссальные объемы данных, начиная от научных исследований и заканчивая бизнес-аналитикой. Однако сами по себе данные остаются бесполезными, если отсутствуют эффективные механизмы их интерпретации. В этом контексте визуализация данных приобретает ключевое значение, преобразуя сложные массивы информации в интуитивно понятные графики, диаграммы и интерактивные дашборды. С появлением и стремительным развитием технологий искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) открылись новые перспективы для автоматизации и совершенствования процессов визуализации данных. Современные ИИ-решения не только значительно ускоряют обработку информации, но и обладают уникальной способностью выявлять скрытые закономерности, улучшать интерпретацию и даже автоматически генерировать интерактивные аналитические отчеты.

Искусственный интеллект кардинально изменил подходы к визуализации данных. В отличие от традиционных инструментов, требующих ручного выбора типа диаграммы и кропотливой настройки параметров, современные ИИ-системы предлагают комплексную автоматизацию этого процесса. Они

интеллектуально определяют наиболее подходящий тип визуализации – будь то график, тепловая карта или диаграмма рассеяния, – оптимизируют представление данных, избегая перегруженности графиков, и даже генерируют содержательные описания к визуализациям с помощью продвинутых языковых моделей, таких как GPT-4. Более того, ИИ выводит интерпретацию данных на качественно новый уровень, позволяя не просто отображать информацию, но и обнаруживать глубинные взаимосвязи. С помощью методов кластеризации и классификации системы на основе ИИ эффективно выявляют аномалии в финансовых данных, а применение LSTM-сетей обеспечивает точное прогнозирование временных рядов. Особого внимания заслуживают возможности естественно-языковой генерации, когда NLP-модели типа ChatGPT предоставляют понятные текстовые пояснения к сложным графикам и диаграммам.

Современные методы автоматической визуализации, основанные на машинном обучении, демонстрируют впечатляющие результаты. Генеративные модели, включая GAN и Diffusion Models, открыли новые горизонты в создании реалистичных визуализаций. В медицинской сфере они используются для синтеза высокодетализированных MRI-сканов, а в географических исследованиях – для построения точных 3D-карт плотности населения. Нейросетевые подходы, в частности сверточные нейросети (CNN) и трансформеры, совершили прорыв в автоматическом выборе оптимальных визуализаций. Такие разработки, как VizML от MIT, анализируют метаданные и предсказывают наиболее подходящий тип диаграммы, а инструмент AutoViz для Python позволяет автоматически строить информативные графики непосредственно из DataFrame. Отдельного внимания заслуживает применение языковых моделей (LLM) для создания интерактивных дашбордов. Эти передовые системы не только генерируют текстовые пояснения к визуализациям, но и способны отвечать на пользовательские вопросы, касающиеся представленных данных.

Практическое применение ИИ в визуализации больших данных уже сегодня демонстрирует впечатляющие результаты в различных отраслях. В медицине интеллектуальные системы анализируют рентгеновские снимки, точно выделяя патологии и визуализируя их в трехмерном пространстве, а в геномике с помощью тепловых карт сравнивают сложные ДНК-последовательности. Финансовый сектор активно использует ИИ для обнаружения мошеннических операций путем построения аномальных кластеров на графиках транзакций и прогнозирования рыночных трендов через анализ свечных графиков. В климатических исследованиях искусственный интеллект обрабатывает огромные массивы спутниковых данных, создавая интерактивные модели глобального потепления.

Искусственный интеллект действительно революционизирует сферу визуализации данных, делая ее значительно быстрее, точнее и доступнее

для широкого круга пользователей. В ближайшем будущем мы станем свидетелями еще более глубокой интеграции ИИ-технологий в аналитические платформы, что позволит даже неподготовленным пользователям легко работать со сложными массивами данных. Это открывает новые перспективы для научных исследований, бизнес-аналитики и принятия управленческих решений.

Литература

1. Иванов, А.А. Машинное обучение для визуализации данных / А.А. Иванов. – М.: ДМК Пресс, 2022. – С. 112-145.
2. НИУ ВШЭ. Аналитика больших данных / НИУ ВШЭ. – 2023. – [Электронный ресурс]. – URL: https://www.hse.ru/data/2023/ (дата обращения: 29.04.2025).
3. Журнал «Искусственный интеллект». Автоматизация дашбордов / Искусственный интеллект. – 2024. – № 4.
4. Сбер. Презентация на AI Journey 2023 / Сбер. – 2023.

УДК 004.658

ШАРДИНГ В REDIS КЛАСТЕРАХ

Тимощенко Н. В., Зеленухо А. Д.
Научный руководитель – Воронич Л.В., ст. преподаватель

Redis – высокопроизводительная in-memory база данных. Однако при работе с большими объемами информации или высокой нагрузкой возникает необходимость в горизонтальном масштабировании. Именно здесь на помощь приходят Redis кластеры и механизм шардинга, позволяющие распределять данные между узлами, обеспечивая отказоустойчивость и высокую доступность.

Redis кластер – это набор узлов, работающих вместе для распределения данных. Каждый узел может выступать в роли мастера, обрабатывающего запросы, или реплики, дублирующей данные мастера. Кластер использует децентрализованную архитектуру: узлы обмениваются информацией через gossip-протокол, периодически отправляя друг другу сообщения о своем состоянии. Это позволяет системе автоматически обнаруживать новые узлы, реагировать на сбои и перенаправлять клиентов к нужным данным [1].

Основой шардинга в Redis являются хэш-слоты. Пространство ключей делится на 16384 слота, каждый из которых назначается определенному мастер-узлу. При записи или чтении ключа Redis вычисляет его принадлежность к слоту с помощью хэш-функции CRC16. Например, ключ

`user:123` попадает в слот, определяемый остатком от деления хэша на 16384. Это гарантирует равномерное распределение данных между узлами [2]

Создание Redis кластера начинается с настройки экземпляров Redis в режиме кластера. Каждый узел запускается с параметром `cluster-enabled yes`, после чего с помощью утилиты `redis-cli` узлы объединяются в единую систему. Например, команда `redis-cli --cluster create` позволяет задать список узлов и количество реплик на каждый мастер. После этого кластер автоматически распределяет хэш-слоты между мастерами, обеспечивая начальную балансировку.

Одной из ключевых операций в жизненном цикле кластера является решардинг – процесс перераспределения слотов при добавлении или удалении узлов. Например, при добавлении нового мастера часть слотов перемещается с существующих узлов на новый, что позволяет равномерно распределить нагрузку. Этот процесс выполняется с помощью команды `redis-cli --cluster reshard`, которая запускает миграцию данных в фоновом режиме без остановки кластера. Redis последовательно переносит ключи из старых слотов в новые, гарантируя целостность данных.

Важную роль в работе кластера играет автоматическое восстановление. Если мастер-узел выходит из строя, его реплика инициирует выборы нового мастера, используя алгоритм, похожий на Raft. Это обеспечивает непрерывность работы: клиенты могут временно получать ошибки, но после восстановления кластер возвращается в стабильное состояние.

Для достижения максимальной эффективности Redis кластера необходимо учитывать несколько аспектов. Во-первых, критически важно балансировать нагрузку между узлами. Неравномерное распределение слотов может привести к перегрузке отдельных узлов, что снизит общую производительность. Инструменты вроде `redis-cli --cluster rebalance` помогают автоматизировать этот процесс, перенося слоты между узлами на основе текущей нагрузки [3].

Во-вторых, стоит избегать «горячих» ключей – данных, которые запрашиваются особенно часто. Если такой ключ попадает в один слот, соответствующий узел может стать «бутылочным горлышком». Решением может стать использование хэш-тегов, которые позволяют группировать связанные ключи в одном слоте, или разделение ключа на несколько частей. Например, ключи `{product123}.name` и `{product123}.price` будут находиться в одном слоте, что упростит транзакции.

Еще одним важным аспектом является настройка клиентов. Умные клиенты, такие как Redis-py, кэшируют карту слотов и обращаются напрямую к нужным узлам, минимизируя задержки. Однако при изменении топологии кластера клиенты должны корректно обрабатывать ошибки

перенаправления (MOVED, ASK), обновляя свою внутреннюю карту слотов.

Мониторинг – неотъемлемая часть эксплуатации кластера. Инструменты вроде RedisInsight или связка Prometheus с Grafana позволяют отслеживать метрики в реальном времени: использование памяти, загрузку CPU, количество подключений и задержки. Например, резкий рост задержек может указывать на сетевые проблемы или перегрузку узла.

Одна из частых проблем – неравномерное распределение данных. Например, если слоты назначены вручную без учета нагрузки, некоторые узлы могут обрабатывать больше запросов, чем другие. Для решения этой проблемы рекомендуется использовать автоматические инструменты балансировки и регулярно проверять распределение слотов через команду `CLUSTER SLOTS`.

Еще одна типичная ошибка – игнорирование реплик. Реплики не только обеспечивают отказоустойчивость, но и позволяют распределять нагрузку на чтение. Однако если реплика не настроена или отстает от мастера, это может привести к потере данных при сбое. Параметр `min-replicas-to-write` позволяет гарантировать, что запись будет разрешена только при наличии активных реплик.

Сетевые задержки также могут влиять на производительность, особенно в географически распределенных кластерах. Размещение узлов ближе к пользователям и использование реплик для чтения в разных регионах помогает снизить задержки. Например, клиенты из Европы могут читать данные из локальной реплики, а не обращаться к мастер-узлу в США.

Выбор между открытой (OSS) и коммерческой (Enterprise) версиями Redis зависит от масштаба проекта. Redis OSS подходит для небольших кластеров, где ручное управление решардингом и репликацией не становится проблемой. Однако в крупных системах с десятками узлов и высокими требованиями к доступности Redis Enterprise оказывается предпочтительнее.

Redis Enterprise предлагает автоматическое масштабирование: при добавлении узлов кластер самостоятельно перераспределяет слоты, минимизируя участие администратора. Кроме того, он поддерживает кросс-регионовую репликацию и multi-tenant архитектуру, позволяя изолировать разные приложения в рамках одного кластера. Для корпоративных решений с SLA 99.999% и необходимостью обработки миллионов запросов в секунду Redis Enterprise становится незаменимым инструментом.

Литература

1. Redis | Database clustering | Docs [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://redis.io/docs/latest/operate/rs/databases/durability-ha/clustering/. – Дата доступа: 24.04.2025.
2. Redis | Scale with Redis Cluster | Docs [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://redis.io/docs/latest/operate/oss_and_stack/management/scaling/. – Дата доступа: 24.04.2025.
3. Redis | CLUSTER SHARDS | Docs [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://redis.io/docs/latest/commands/cluster-shards/. – Дата доступа: 24.04.2025.

УДК 621.391.25

СОЗДАНИЕ НЕЗАВИСИМЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ В СРЕДЕ MATLAB

Бабашка М.И., Выросток Г.В.
Научный руководитель – Напрасников В.В., к.т.н., доцент

Цель работы – разработать сценарий создания независимых приложений в среде MATLAB.

При первом открытии MATLAB откроется меню и нужно будет создать новый файл (или файлы), в котором будет заложена основная логика будущего приложения, это можно сделать, если нажать на следующую кнопку на рисунке 1.

Дальше в созданном файле нужно создать скрипт, а после сохранить его. После надо перейдите на вкладку APPS на верхней панели (рисунок 2).

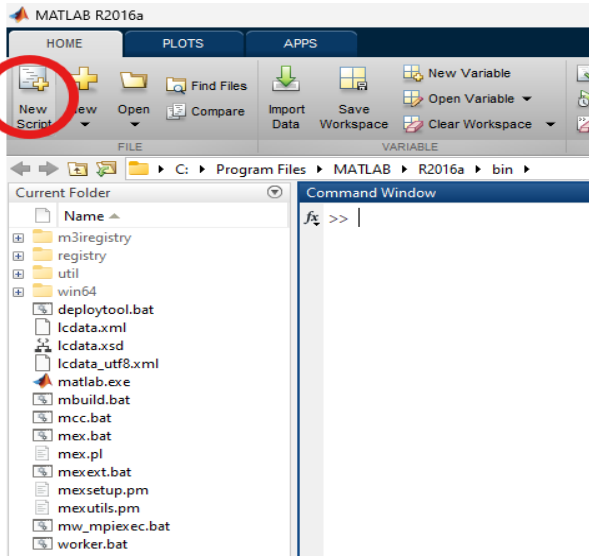


Рис.1. Создание нового файла.

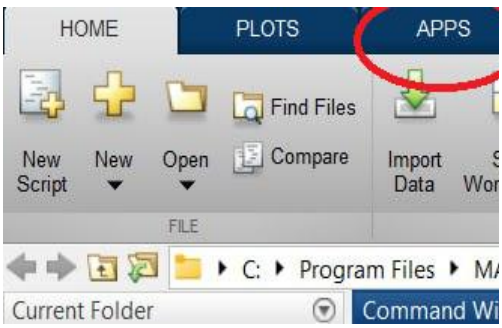


Рис.2. Вкладка APPS.

В открывшемся меню необходимо выбрать Application Compiler.

У вас откроется новое окно. Нажмите на плюс, как на рисунке 3, и у вас откроется ваш каталог проекта, в котором выберите созданный скрипт (у него должно быть расширение .m). Введите название приложения. Автора, почту и описание можно вводить, но это необязательно. Когда вы нажали на плюс и выбрали скрипт MATLAB автоматически подтягивает все функции, использующиеся в проекте. Файлы, из которых считывается информация не добавляются, их нужно будет добавить вручную.

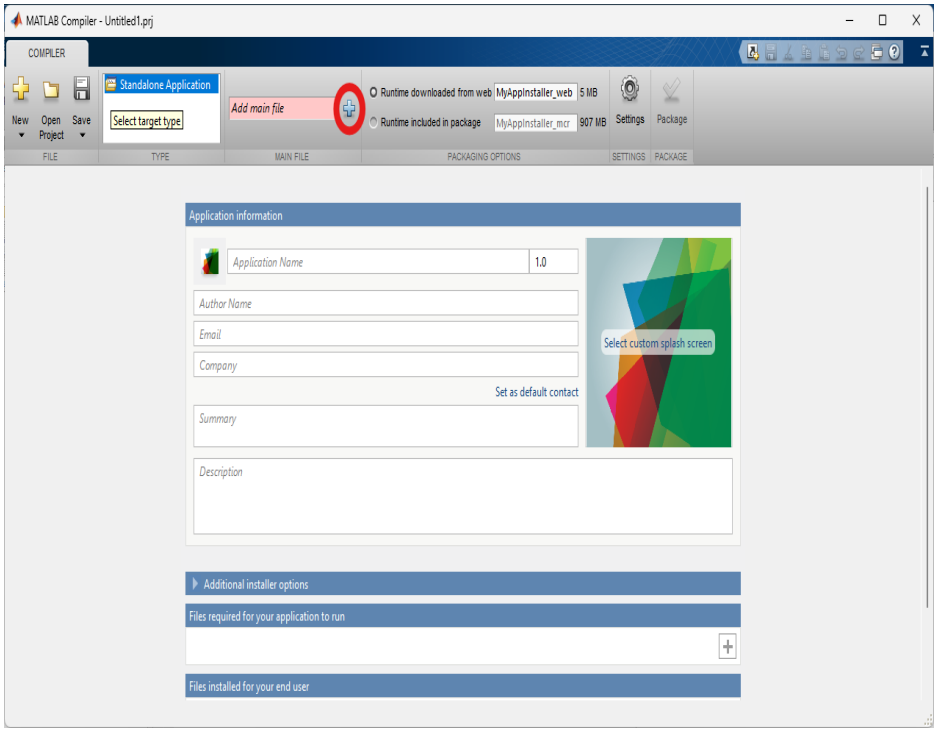


Рис.3. Окно для создания exe-файла.

Когда вы подключили все файлы, выберите один из способов установки Matlab Runtime Compiler (далее MRC) на компьютер конечного пользователя (рисунок 4).

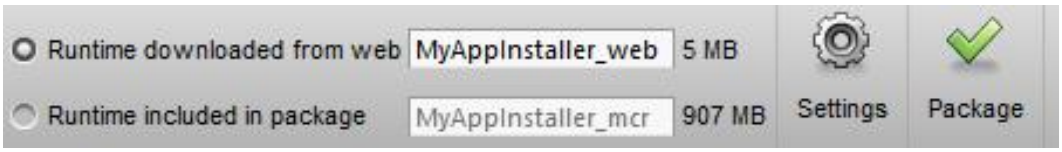


Рис.4. Два способа выбора установщика MRC (MATLAB Runtime).

При выборе первого пункта MRC будет скачан из интернета, когда пользователь решит открыть приложение.

При выборе второго пункта установщик MRC (MATLAB Runtime) следует предварительно скачать с сайта

https://www.mathworks.com/products/compiler/matlab-runtime.html

ВЕРСИЯ ДОЛЖНА соответствовать используемой версии MATLAB!

В дальнейшем на компьютере, на котором не установлен MATLAB, и где будет использоваться скомпилированный файл, предварительно следует установить MRC (MATLAB Runtime), и только после этого запускать скомпилированный файл.

Мы будем использовать второй вариант.

При нажатии на кнопку Package вам предложат выбрать директорию установки установщика приложения.

После завершения установки у вас появятся 3 папки, показано рисунке 5.

В первой папке содержится сам установщик приложения. Во второй папке находятся все файлы приложения, которые были добавлены как видимые для пользователя, также там содержится exe файл и можно запустить приложения. Третья – для тестирования (не нужна).

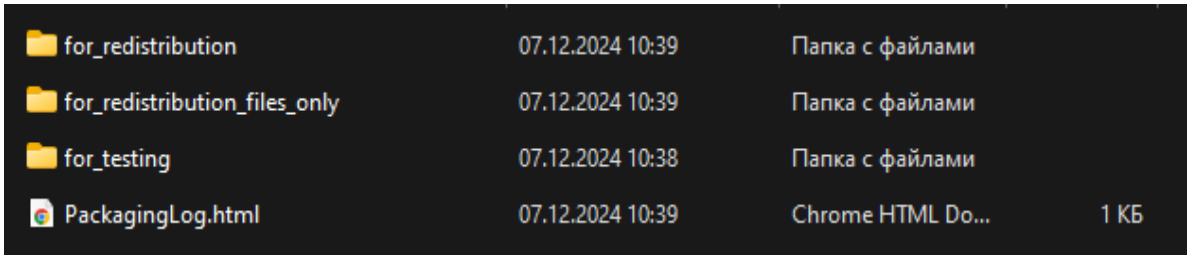


Рис.5. Папки, в выбранной директории.

Теперь, если вы хотите, чтобы ваше приложение было запущено на другом компьютере, просто пересылайте содержимое в первой папке и просите вашего получателя установить программу.

Преимущество рассмотренного подхода перед непосредственным использованием MATLAB заключается в том, что на компьютере конечного пользователя теперь нет необходимости разворачивать MATLAB полностью, в можно использовать лишь скомпилированный файл.

УДК 621.391.25

АНАЛИЗ ЧАСТОТ И ФОРМ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ В MATHCAD

Богушевич В.А., Русакович К.А.
Научный руководитель – Напрасников В.В., к.т.н., доцент

Цель работы – создать программу расчета частот и форм собственных колебаний системы в MATHCAD и протестировать ее на известном примере.

Уравнение динамического равновесия в конечно-элементной формулировке выглядит следующим образом:

$$M\ddot{\vec{U}} + C\dot{\vec{U}} + K\vec{U} = \vec{P}(t) \quad (1)$$

$$\vec{U}(t_0) = \vec{U}_0 \quad (2)$$

$$\dot{\vec{U}}(t_0) = \vec{U}_0$$

- начальные условия.

Если при этом затухание в системе отсутствует ($C = 0$), то эти колебания продолжаются бесконечно долго. Конечно, в действительности такая ситуация невозможна, однако теоретическое ее рассмотрение позволяет выявить некоторые особенные характеристики конструкции, несущие в себе скрытую информацию об этой конструкции, использование которой позволяет значительно упростить решение многих задач.

$$M\ddot{\vec{U}} + K\vec{U} = \vec{P}(t) \quad (3)$$

Будем искать решение системы в виде:

$$\vec{U} = \hat{\vec{U}} \cdot sin\,\omega\, t$$

где $\hat{\vec{U}}$- неизменный во времени вектор.

$\ddot{\vec{U}} = \hat{\vec{U}} \cdot (-\omega^2 \cdot sin\,\omega\, t)$ - подставим в (3):

$$(K - \omega^2 M) \cdot \hat{\vec{U}} \cdot sin\,\omega\, t = 0$$

Анализ собственных форм колебаний

После того, как из частотного уравнения

$$det(K - \omega^2 M) = 0$$

Определены соответствующие частоты

$$\vec{\omega} = \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \dots \\ \omega_N \end{pmatrix}$$

Уравнения

$$(K - \omega^2 M) \cdot \hat{\vec{U}} = \vec{0}$$

могут быть записаны в виде

$$\tilde{E}^{(n)} \cdot \hat{\vec{U}}_n = \vec{0}, \text{ где} \qquad (4)$$
$$\tilde{E}^{(n)} = K - {\omega_n}^2 M$$

Выберем, например, первую компоненту $\hat{\vec{U}}_n$ равной 1.

$$\hat{\vec{U}}_n = \begin{pmatrix} 1 \\ \hat{U}_{2n} \\ \dots \\ \hat{U}_{Nn} \end{pmatrix}$$

N – общее количество степеней свободы;

n – номер собственной частоты, для которой будем определять собственный вектор.

Тогда система (4) перепишется в следующем виде:

$$\begin{pmatrix} e_{11}^{(n)} & e_{12}^{(n)} & e_{13}^{(n)} & \dots & e_{1N}^{(n)} \\ e_{21}^{(n)} & e_{22}^{(n)} & e_{23}^{(n)} & \dots & e_{2N}^{(n)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ e_{N1}^{(n)} & e_{N2}^{(n)} & e_{N3}^{(n)} & \dots & e_{NN}^{(n)} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ \hat{U}_{2n} \\ \dots \\ \hat{U}_{Nn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{pmatrix} \qquad (5)$$

Амплитуды перемещений получаются из (5), вместе с единичной первой компонентой образуют собственный вектор, собственный вектор, соответствующий n-той собственной частоте.

Для удобства собственные векторы представляются в безразмерной форме. Для этого выбирается обычно максимальная из компонент вектора и на нее делятся все компоненты собственного вектора.

$\bar{\varphi}_n = \begin{pmatrix} \varphi_{1n} \\ \varphi_{2n} \\ \dots \\ \varphi_{Nn} \end{pmatrix} = \frac{1}{u_j} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ \widehat{U}_{2n} \\ \widehat{U}_{3n} \\ \dots \\ \widehat{U}_{Nn} \end{pmatrix}$ - вектор формы колебаний по n-ому тону колебаний,

где $u_j = max|1, \widehat{U}_{2n}, \dots, \widehat{U}_{Nn}|$.

Этот вектор $\bar{\varphi}_n$ называется вектором формы колебаний по n-ому тону колебаний.

Математическая модель, представленная на рисунке 1, создана в среде MathCad.

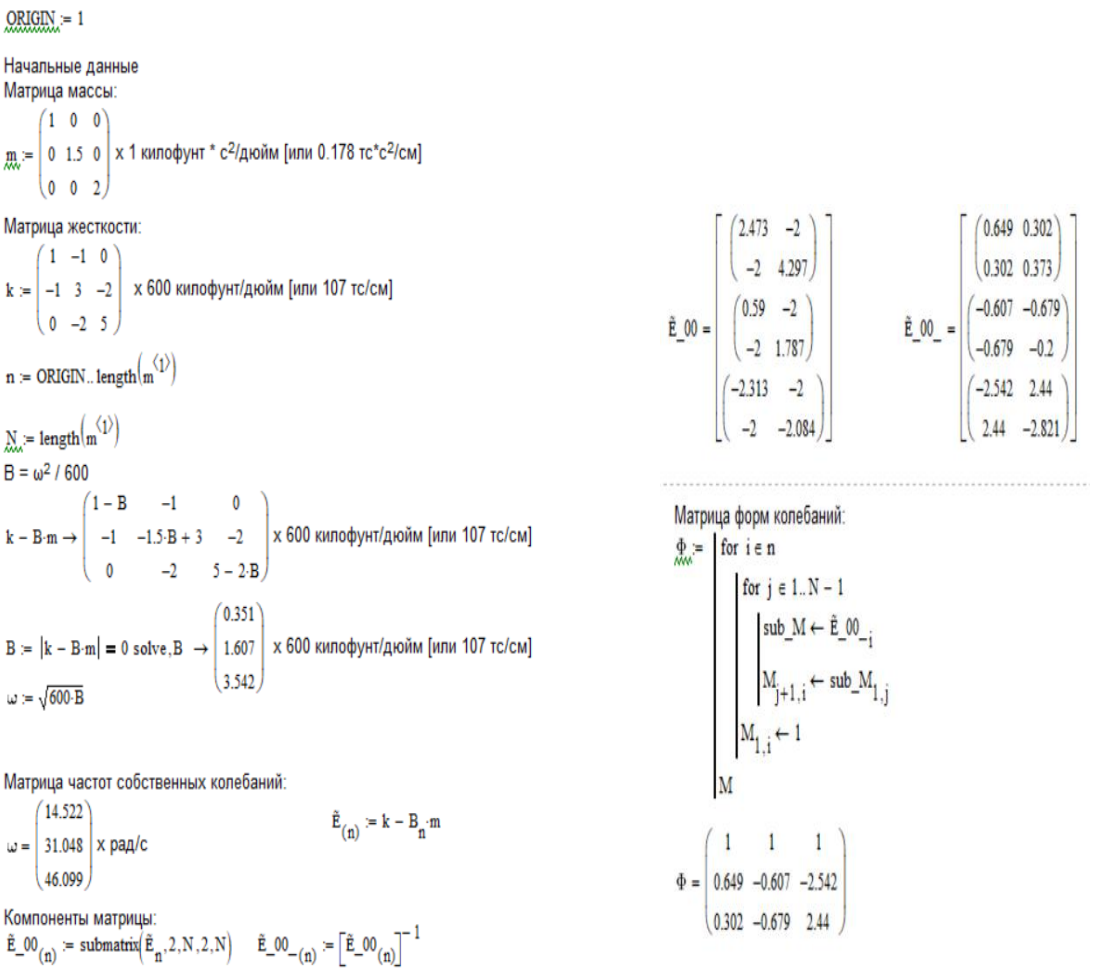


Рис.1. Реализация в MATHCAD.

Данный анализ может быть использован для понимания того, как система будет вести себя под воздействием внешних нагрузок. Он является актуальным при проектировании зданий, мостов и других конструкций, чтобы обеспечить их безопасность и долговечность.

УДК 621

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ХАБОЛТА ДЛЯ ПРЯМОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ

Борщёв А.И.,
Научный руководитель – Напрасников В.В., к.т.н., доцент

Целью данной работы реализация программная реализация метода Хаболта для прямого интегрирования уравнений равновесия в динамических задачах. В качестве среды для программной реализации методов выбран Mathcad 15.

Уравнение равновесия системы конечных элементов, находящейся в состоянии движения, имеет вид:

$$F_I(t) + F_D(t) + F_E(t) = R(t),$$

где $F_I(t)$ — вектор сил инерции, $F_I(t) = M\ddot{U}$; $F_D(t)$ вектор сил демпфирования, $F_D(t) = C\dot{U}$; $F_E(t)$ — вектор сил упругости, $F_E(t) = KU$, M, C и K соответственно матрицы масс, демпфирования и жесткости; R— вектор внешней узловой нагрузки, U, $\dot{U}$ и $\ddot{U}$ – векторы узловых перемещений, скоростей и ускорений ансамбля конечных элементов, все векторы зависят от времени.

Таким образом, в динамических задачах рассматривается статическое равновесие системы в момент времени t с учетом инерционных сил, зависящих от ускорения, и сил демпфирования, зависящих от скоростей движения. На практике такие задачи решаются с помощью методов прямого интегрирования.

Прямое численное интегрирование основано на двух идеях.

Во-первых, удовлетворение условий равновесия требуется не в любой момент времени t, а только на отдельных коротких отрезках времени Δt. Это означает, что равновесие с учетом сил инерции и демпфировании рассматривается в дискретных точках временного интервала.

Во-вторых, учитывается изменение перемещений, скоростей и ускорений внутри каждого временного интервала Δt.

Пошаговое интегрирование метолом Хаболта:

А. Начальные вычисления:

1. Формируются матрицы жесткости K, масс M, демпфирования C
2. Задаются начальные значения $U_0, \dot{U}_o$ и $\ddot{U}_0$
3. Выбирается временной шаг Δt и вычисляются постоянные интегрирования:

$a_0 = \frac{2}{\Delta t^2};\ a_1 = \frac{11}{6\Delta t};\ a_2 = \frac{25}{\Delta t^2};\ a_3 = \frac{3}{\Delta t};\ a_4 = -2a_0;$

$a_5 = \frac{-a_3}{2};\ a_6 = \frac{a_0}{2};\ a_7 = \frac{a_3}{9}$

4. Вычисляются $\dot{U}_{\Delta t}$ и $U_{2\Delta t}$ с помощью специальной начальной процедуры
5. Вычисляется эффективная матрица жесткости

$$\widehat{K} = K + a_0 M + a_1 C$$

6. Матрица $\widehat{K}$ приводится к треугольному виду

Б. Для каждого шага

1. Вычисляется вектор эффективной нагрузки в момент

$$\hat{R}_{t+\Delta t} = R_{t+\Delta t} + M(a_2 U_t + a_4 U_{t-\Delta t} + a_6 U_{t-2\Delta t}) + C(a_3 U_t + a_5 U_{t-\Delta t} + a_7 U_{t-2\Delta t})$$

2. Определяются переменные в момент времени

$$LDL^T U_{t+\Delta t} = \hat{R}_{t+\Delta t}$$

3. Если требуется, вычисляются скорости и ускорения для момента

$$\ddot{U}_{t+\Delta t} = a_0 U_{t+\Delta t} - a_2 U_t - a_4 U_{t-\Delta t} - a_6 U_{t-2\Delta t}$$
$$\dot{U}_{t+\Delta t} = a_1 U_{t+\Delta t} - a_3 U_t - a_5 U_{t-\Delta t} - a_7 U_{t-2\Delta t}$$

Программная реализация численного метода:

```
Habolt(K,M,C,dt,R_tdt,U_t,U_tdt,U_t2dt) :=
  a0 ← 2/dt^2, a1 ← 11/(6dt), a2 ← 5/dt^2, a3 ← 3/dt, a4 ← -2a0, a5 ← -a3/2, a6 ← a0/2, a7 ← a3/9
  K_hat ← K + a0·M + a1·C   Вычисление эффективной матрицы жесткости
  T ← ("t"  "U1"  "U2")
  T ← stack[T,(dt  U_t2dt_0  U_t2dt_1)]
  T ← stack[T,(2·dt  U_tdt_0  U_tdt_1)]
  T ← stack[T,(3·dt  U_t_0  U_t_1)]
  for i ∈ 4..N
    R_eff ← R_tdt + M·(a2·U_t + a4·U_tdt + a6·U_t2dt) + C·(a3·U_t + a5·U_tdt + a7·U_t2dt)   Вычесление вектора эффективной нагрузки
    U_new ← lsolve(K_hat,R_eff)   Вычисление Ut+ Δt
    U_t2dt ← U_tdt   Вычисление Ut-2 Δt
    U_tdt ← U_t   Вычисление Ut- Δt
    U_t ← U_new   Вчисление Ut
    T ← stack[T,(i·dt  U_new_0  U_new_1)]   Формирование таблицы
  T
```

Рис. 1. Код функции реализующий расчет методом Хаболта.

Контрольный пример:

$$K := \begin{pmatrix} 6 & -2 \\ -2 & 4 \end{pmatrix}\quad M := \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}\quad R_tdt := \begin{pmatrix} 0 \\ 10 \end{pmatrix}\quad U_2dt := \begin{pmatrix} 0.0 \\ 0.392 \end{pmatrix}\quad U_dt := \begin{pmatrix} 0.0307 \\ 1.45 \end{pmatrix}\quad U_t := \begin{pmatrix} 0.16 \\ 2.80 \end{pmatrix}$$

$$C := 0\quad dt := 0.2\varepsilon$$

$$T := Habolt(K, M, C, dt, R_tdt, U_t, U_dt, U_2dt)$$

T =

	0	1	2
0	"t"	"U1"	"U2"
1	0.28	0	0.392
2	0.56	0.031	1.45
3	0.84	0.16	2.8
4	1.12	0.446	4.083
5	1.4	0.901	5.009
6	1.68	1.479	5.416
7	1.96	2.081	5.289
8	2.24	2.578	4.745
9	2.52	2.843	3.983
10	2.8	2.792	3.218
11	3.08	2.402	2.621
12	3.36	1.728	2.279

Рис.2. Контрольный пример вычисления методом Хаболта.

Следует отметить, что пошаговая процедура, основанная на методе Хаболта, может быть применена в статических задачах, когда не учитываются инерционный эффект и демпфирование. Другими словами, если C=0 и M=0, процедура Хаболта дает решение квазистатической задачи для нагрузки, зависящей от времени.

Литература

1. Бате К., Вилсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов /Пер. с англ. А.С. Алексеева и др.; Под ред. А.Ф. Смирнова. — М.: Стройиздат, 1982.

УДК 621.391.25

ПОСТРОЕНИЕ ДИАЛОГОВОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ГРАФАХ

Гапоненко О.В., Ручиц А.В.
Научный руководитель - Напрасников В.В., к.т.н., доцент

Графы являются мощным инструментом для анализа и моделирования различных систем, включающих элементы и связи между ними. Применение теории графов охватывает широкий спектр задач: от визуализации сетей до оптимизации потоков и маршрутов.

В данной работе создается ориентированный на пользователя интерфейс для решения основных задачи теории графов, таких как построение графов, нахождение кратчайших путей, максимального потока, минимального остовного дерева и других характеристик. Каждая задача представлена с описанием подхода к её решению, а также с графическим представлением результатов.

Основой для всех задач служит матрица смежности, которая определяет структуру графа. Решение выполняется с использованием вычислительных методов и инструментов, предназначенных для обработки графов.

Для работы с графами разработан удобный графический интерфейс, позволяющий пользователю задавать параметры графа, строить его визуализацию, а также выполнять вычисления, связанные с оптимизацией потоков, маршрутов и других характеристик. Интерфейс предоставляет возможность интерактивного ввода данных, а также выбор конкретной задачи для решения.

Пример интерфейса для выбора задачи представлен на Рис. 1. Пример интерфейса для ввода данных для задачи представлен на Рис. 2.

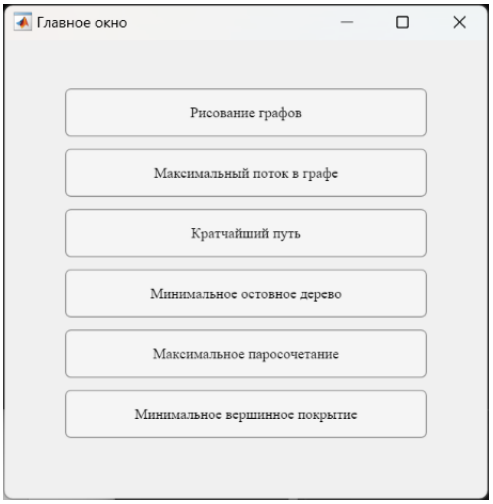


Рис.4 Интерфейс выбора задачи.

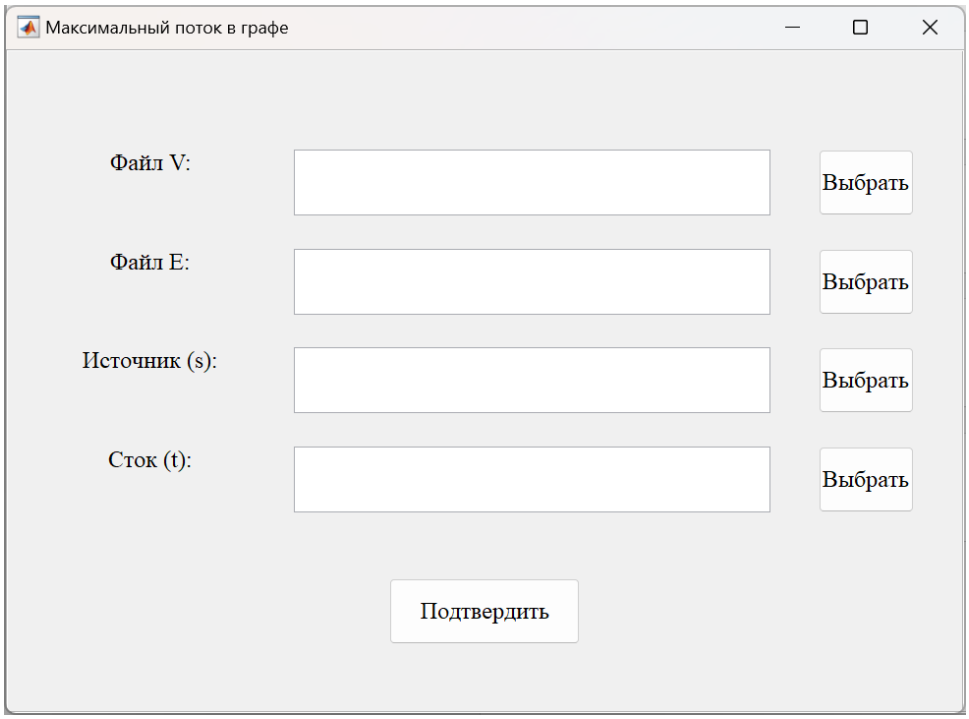


Рис.5 Интерфейс для ввода данных.

Основные задачи работы:

1. Построение и визуализация графа.
2. Поиск максимального потока в сети.
3. Нахождение кратчайших путей между вершинами.
4. Построение минимального остовного дерева.
5. Поиск максимального паросочетания.Определение минимального вершинного покрытия.

Построение минимального остовного дерева

Задача минимального остовного дерева заключается в нахождении подграфа, который соединяет все вершины графа с минимальной суммарной длиной рёбер. Такое дерево позволяет определить минимальную структуру связей, необходимую для объединения всех объектов.

Алгоритм включает выбор рёбер с минимальным весом, при этом избегая образования циклов. Результатом работы является остовное дерево, которое минимизирует стоимость соединений между вершинами. Пример результата на Рис. 3.

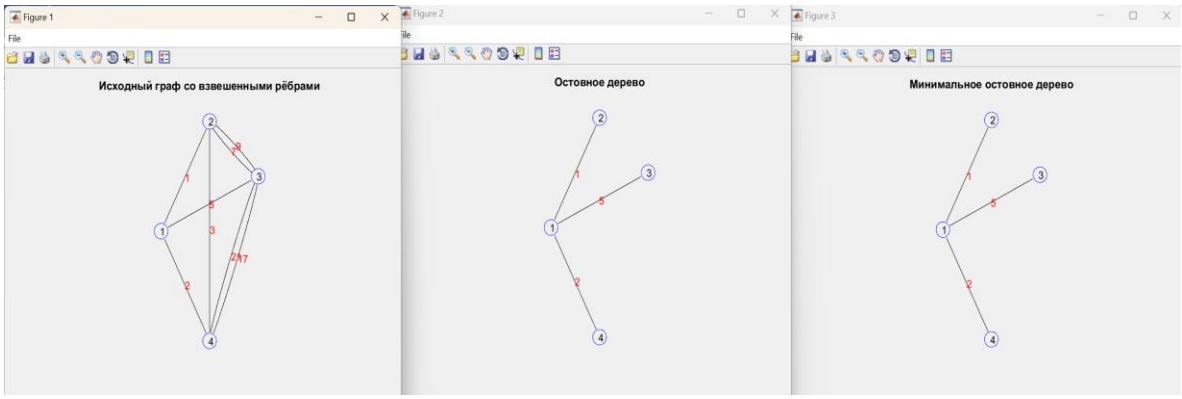


Рис.6 Пример результат для нахождения минимального остовного дерева.

Поиск максимального паросочетания

Задача максимального паросочетания предполагает выбор множества рёбер графа таким образом, чтобы:

1. Каждое ребро включало разные вершины (не было инцидентных рёбер).
2. Общее количество рёбер или их вес было максимальным.

Решение задачи применимо для задач оптимального распределения ресурсов или формирования рабочих групп. Итогом работы является список рёбер, входящих в максимальное паросочетание, а также их визуализация.

Определение минимального вершинного покрытия

Минимальное вершинное покрытие – это подмножество вершин графа, которое инцидентно всем рёбрам. Цель задачи – минимизировать количество выбранных вершин, сохраняя покрытие всех рёбер графа.

Данная задача находит применение в оптимизации управления сетями или минимизации затрат на контроль связей. Результатом является список вершин, входящих в минимальное покрытие, и их визуализация на графе.

Литература

1. Напрасников, В.В. Компьютерное моделирование прикладных задач / В.В. Напрасников, И. Л. Ковалева. - Мн.: БНТУ, 2022 - 208с.

2. Соболь, И.М. Численные методы Монте-Карло / И. М. Соболь. - М.:Наука, 1973 - 313с.

3. Tkinter — Python interface to Tcl/Tk [Электронный ресурс]. -Режим доступа: https://docs.python.org/3/library/tkinter.html. - Дата доступа: 20.12.2023.

4. Matplotlib 3.8.2 documentation [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://matplotlib.org/stable/index.html. - Дата доступа: 20.12.2023.

УДК 621.391.25

МЕТОД КВАДРАТНЫХ КОРНЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ СЛАУ В СРЕДЕ MATHCAD

Корнейчик М.С. Куцко В.В. Нелипович Е.Г.
Научный руководитель – Напрасников В.В., к.т.н., доцент

Цель работы – изучить метод квадратных корней для решения СЛАУ, разработать алгоритм, применить его на практике и проанализировать результаты.

Пусть дана линейная система:

$$Ax = b, \tag{1}$$

где A=[a_{ij}] — симметрическая матрица, т. е. A' =[a_{ij}]=A. Тогда матрицу A можно представить в виде произведения транспонированных между собой треугольных матриц

$$A = T'T, \tag{2}$$

где

$$T = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & \dots & t_{1n} \\ 0 & t_{22} & \dots & t_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & t_{nn} \end{bmatrix} \quad \text{и} \quad T' = \begin{bmatrix} t_{11} & 0 & \dots & 0 \\ t_{12} & t_{22} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_{1n} & t_{2n} & \dots & t_{nn} \end{bmatrix}.$$

Производя перемножение матриц T и T', для определения элементов t_{ij} матрицы T получим следующие уравнения:

$$\left.\begin{aligned} t_{1i}t_{1j} + t_{2i}t_{2j} + \dots + t_{ii}t_{ij} = a_{ij} \qquad (i < j), \\ t_{1i}^2 + t_{2i}^2 + \dots + t_{ii}^2 = a_{ii}. \end{aligned}\right\}$$

Отсюда последовательно находим:

$$\left.\begin{aligned} t_{11} &= \sqrt{a_{11}}, \quad t_{1j} = \frac{a_{1j}}{t_{11}} \qquad (j > 1), \\ t_{ii} &= \sqrt{a_{ii} - \sum_{k=1}^{i-1} t_{ki}^2} \qquad (1 < i \leqslant n), \\ t_{ij} &= \frac{a_{ij} - \sum_{k=1}^{i-1} t_{ki}t_{kj}}{t_{ii}} \qquad (i < j), \\ t_{ij} &= 0 \quad \text{при} \qquad i > j. \end{aligned}\right\} \tag{3}$$

Система (1) имеет определенное единственное решение, если $t_{ij} \neq 0$ (i = 1, 2, ..., n), так как тогда

$$\det A = \det T' \cdot \det T = (\det T)^2 = (t_{11} t_{22} \ \ldots \ t_{nn})^2 \neq 0.$$

Коэффициенты матрицы 7 будут действительны, если $t_{ij}^2 > 0$. В дальнейшем мы, вообще говоря, не будем предполагать это последнее условие выполненным.

При наличии соотношения (2) уравнение (1) эквивалентно двум уравнениям:

$$T'y = b \quad \text{и} \quad Tx = y,$$

или в раскрытом виде

$$\left.\begin{aligned} t_{11}y_1 &= b_1, \\ t_{12}y_1 + t_{22}y_2 &= b_2, \\ &\ldots\ldots\ldots \\ t_{1n}y_1 + t_{2n}y_2 + \ldots + t_{nn}y_n &= b_n \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

и

$$\left.\begin{aligned} t_{11}x_1 + t_{12}x_2 + \ldots + t_{1n}x_n &= y_1, \\ t_{22}x_2 + \ldots + t_{2n}x_n &= y_2, \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots \\ t_{nn}x_n &= y_n. \end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

Отсюда последовательно находим:

$$\left.\begin{aligned} y_1 &= \frac{b_1}{t_{11}}, \\ y_i &= \frac{b_i - \sum_{k=1}^{i-1} t_{ki}y_k}{t_{ii}} \qquad (i > 1) \end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

и

$$\left.\begin{aligned} x_n &= \frac{y_n}{t_{nn}}, \\ x_i &= \frac{y_i - \sum_{k=i+1}^{n} t_{ik}x_k}{t_{ii}} \qquad (i < n). \end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

Изложенный способ решения линейной системы носит название метода квадратных корней. Так как матрица A - симметрическая, а матрица T-верхняя треугольная, то в вычислительной схеме можно n/2 * (n + 1) записывать только верхних коэффициентов a_{ij} и t_{ij} (i>=j). При вычислениях

применяется обычный контроль с помощью сумм, причем при составлении суммы учитываются все коэффициенты соответствующей строки.

Заметим, что, если для некоторой s-й строки имеем t_{ss} ^ 2 <0, соответствующие элементы t_{sj} будут мнимыми. Метод формально применим и в этом случае.

При практическом применении метода квадратных корней прямым ходом с помощью формул (3) и (6) последовательно вычисляются коэффициенты t_{ij} и y_i (i = 1, 2, ..., n), а затем обратным ходом с помощью формулы (7) находятся неизвестные x_i (i = n, n - 1, ..., 1).

На основе этой теории мы написали программу в среде Mathcad (рисунок 1)

Main function

$SR(M, b) :=$

$n \leftarrow cols(M)$

$W_{n,n} \leftarrow 0$ — Initialization of a matrix W of size n x n with zeros

$W_{1,1} \leftarrow \sqrt{M_{1,1}}$ — Assigning an initial value to the first element

for $j \in 2..n$

$W_{1,j} \leftarrow \frac{M_{1,j}}{W_{1,1}}$ — Each element of the first row of the matrix W is calculated by dividing the corresponding element of the matrix M by the first element of the matrix W

for $i \in 2..n$

$W_{i,i} \leftarrow \sqrt{M_{i,i} - \sum_{k=1}^{i-1} (W_{k,i})^2}$ — Calculating the diagonal elements of W

for $j \in i..n$ — Calculating non-zero elements of W

$W_{i,j} \leftarrow \frac{M_{i,j} - \sum_{k=1}^{i-1} (W_{k,i} \cdot W_{k,j})}{W_{i,i}}$ if $i \neq j$

Initializing the initial value for the y vector

$y_n \leftarrow 0$

$y_1 \leftarrow \frac{b_1}{W_{1,1}}$

for $i \in 2..n$

$y_i \leftarrow \frac{b_i - \sum_{k=1}^{i-1} (W_{k,i} \cdot y_k)}{W_{i,i}}$ — Initializing the initial value for vector x

$x_n \leftarrow 0$

$x_n \leftarrow \frac{y_n}{W_{n,n}}$ — The reverse cycle for calculating the elements of the vector x

for $i \in (n-1)..1$

$x_i \leftarrow \frac{y_i - \sum_{k=i+1}^{n} (W_{i,k} \cdot x_k)}{W_{i,i}}$

x

Рис.1. Главная функция.

Программа работает корректно, что подтверждает пример (рисунок 2).

$$C := \begin{pmatrix} 1 & 2 & 4 \\ 2 & 13 & 23 \\ 4 & 23 & 77 \end{pmatrix} \qquad D := \begin{pmatrix} 10 \\ 50 \\ 150 \end{pmatrix} \quad +$$

$$SR(C,D) = \begin{pmatrix} 2.2222222222 \\ 0.5555555556 \\ 1.6666666667 \end{pmatrix} \qquad F := lsolve(C,D) = \begin{pmatrix} 2.2222222222 \\ 0.5555555556 \\ 1.6666666667 \end{pmatrix}$$

$$C \cdot F = \begin{pmatrix} 10 \\ 50 \\ 150 \end{pmatrix}$$

Test2 DEMIDOVIC_MARON_Osnovi_vic_matematiki

$$K := \begin{pmatrix} 1 & 3 & -2 & 0 & -2 \\ 3 & 4 & -5 & 1 & -3 \\ -2 & -5 & 3 & -2 & 2 \\ 0 & 1 & -2 & 5 & 3 \\ -2 & -3 & 2 & 3 & 4 \end{pmatrix} \quad L := \begin{pmatrix} 0.5 \\ 5.4 \\ 5.0 \\ 7.5 \\ 3.3 \end{pmatrix} \quad K^{-1} \rightarrow \begin{pmatrix} -\frac{52}{25} & \frac{1}{25} & -\frac{19}{25} & \frac{3}{25} & -\frac{18}{25} \\ \frac{1}{25} & -\frac{13}{25} & \frac{3}{25} & \frac{11}{25} & -\frac{16}{25} \\ -\frac{19}{25} & -\frac{3}{25} & -\frac{18}{25} & -\frac{9}{25} & \frac{4}{25} \\ \frac{3}{25} & \frac{11}{25} & -\frac{9}{25} & -\frac{17}{25} & \frac{27}{25} \\ -\frac{18}{25} & -\frac{16}{25} & \frac{4}{25} & \frac{27}{25} & -\frac{37}{25} \end{pmatrix} \quad K^{-1} \cdot L \rightarrow \begin{pmatrix} -6.1 \\ -2.2 \\ -6.8 \\ -0.9 \\ 0.2 \end{pmatrix}$$

DEMIDOVIC_MARON_Osnovi_vic_matematiki

$$REZ := SR(K,L) \quad REZ = \begin{pmatrix} -6.1 \\ -2.2 \\ -6.8 \\ -0.9 \\ 0.2 \end{pmatrix} \qquad F := lsolve(K,L) \quad F = \begin{pmatrix} -6.1 \\ -2.2 \\ -6.8 \\ -0.9 \\ 0.2 \end{pmatrix}$$

Рис.2. Пример работы программы.

УДК 621.391.25

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ APPDESIGNER В MATLAB ПРИ СОЗДАНИИ EXE-ФАЙЛОВ

Пимошенко Д. А., Доленко А. А.
Научный руководитель - Напрасников В.В., к.т.н., доцент

Создание исполняемых файлов (EXE) является важным аспектом разработки программного обеспечения, который позволяет предоставлять пользователям готовые к использованию приложения без необходимости установки среды разработки. MATLAB предлагает инструмент AppDesigner, предназначенный для разработки пользовательских интерфейсов и интеграции их в проекты. Использование AppDesigner и интегрированных средств компиляции MATLAB позволяет эффективно создавать EXE-файлы.

Основной целью является создание EXE-файлов для конкретных программных приложений, реализующих заданный функционал.

AppDesigner предоставляет разработчику инструменты для создания интерфейсов с помощью визуального конструктора и позволяет интегрировать пользовательский интерфейс с функциональными модулями MATLAB. Компиляция EXE-файлов осуществляется с использованием MATLAB Compiler, который преобразует код MATLAB в бинарный файл.

Разработка приложения

1. Создание интерфейса.

Пользовательский интерфейс разрабатывается в AppDesigner, где можно добавлять интерактивные элементы, такие как кнопки, поля ввода, выпадающие списки и графические оси.

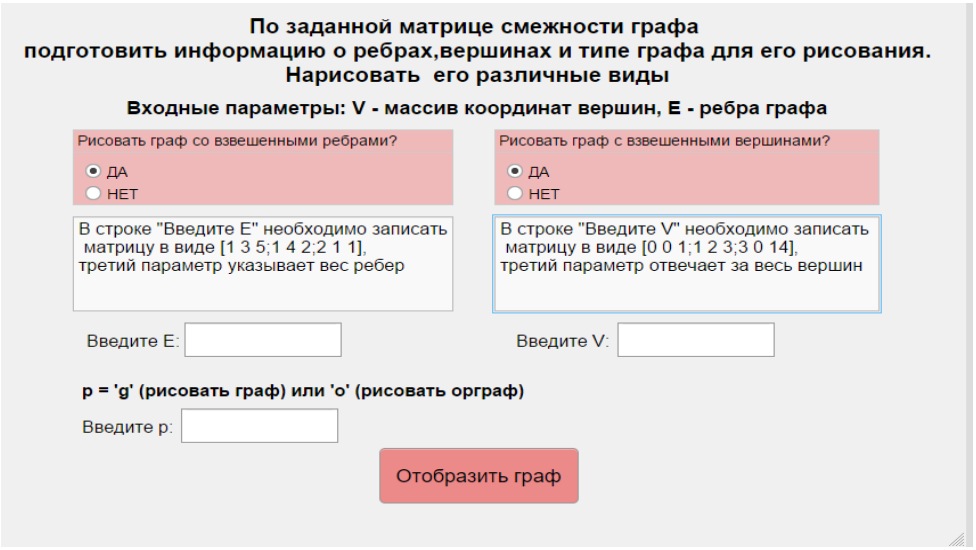


Рис.1. Интерфейс программы.

2. Программирование функциональности

Каждому элементу интерфейса назначается соответствующая логика через редактирование кода в связанной с приложением структуре.

3. Настройка параметров компиляции

После завершения разработки приложение компилируется в EXE-файл с использованием MATLAB Compiler. На этом этапе задаются:

- платформа (Windows, MacOS, Linux),
- требования к библиотекам,
- дополнительные ресурсы (изображения, файлы данных).

4. Тестирование

Скомпилированный EXE-файл тестируется для проверки функциональности приложения вне среды MATLAB.

Преимущества использования AppDesigner

- простота разработки интерфейсов,
- интеграция с мощными вычислительными возможностями MATLAB,
- возможность создания кроссплатформенных приложений.

В результате работы созданы приложения, реализующие интерфейс для обработки данных и визуализации. Использование AppDesigner в сочетании с MATLAB Compiler позволило получить EXE-файлы, готовые к эксплуатации. Подход демонстрирует эффективность применения MATLAB для задач разработки пользовательских приложений.

Литература

1. Смирнов А.А. Программирование в MATLAB: теоретические основы и практическое применение / А.А. Смирнов. – Минск: БНТУ, 2022. – 256 с.
2. MATLAB Compiler User’s Guide [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.mathworks.com/products/compiler.html. – Дата доступа: 20.12.2024.
3. AppDesigner in MATLAB [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.mathworks.com/help/matlab/creating_guis/app-designer.html. – Дата доступа: 20.12.2024.

УДК 621

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ θ – МЕТОДА ВИЛСОНА ДЛЯ ПРЯМОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ

Попов М. П., Сапежко Д.А., Широкопытов А.В.
Научный руководитель – Напрасников В.В., к.т.н., доцент

Целью данной работы является программная реализация θ – метода Вилсона для прямого интегрирования уравнений равновесия в динамических. В качестве среды для программной реализации методов выбран Mathcad 15.

Уравнение равновесия системы конечных элементов, находящейся в состоянии движения, имеет вид:

$$F_I(t) + F_D(t) + F_E(t) = R(t),$$

где $F_I(t)$ — вектор сил инерции, $F_I(t) = M\ddot{U}$; $F_D(t)$ вектор сил демпфирования, $F_D(t) = C\dot{U}$; $F_E(t)$ — вектор сил упругости, $F_E(t) = KU$, M, C и K соответственно матрицы масс, демпфирования и жесткости; R— вектор внешней узловой нагрузки, U, $\dot{U}$ и $\ddot{U}$ – векторы узловых перемещений, скоростей и ускорений ансамбля конечных элементов, все векторы зависят от времени.

Таким образом, в динамических задачах рассматривается статическое равновесие системы в момент времени t с учетом инерционных сил, зависящих от ускорения, и сил демпфирования, зависящих от скоростей движения. На практике такие задачи решаются с помощью методов прямого интегрирования.

Прямое численное интегрирование основано на двух идеях.

Во-первых, удовлетворение условий равновесия требуется не в любой момент времени t, а только на отдельных коротких отрезках времени Δt. Это означает, что равновесие с учетом сил инерции и демпфировании рассматривается в дискретных точках временного интервала.

Во-вторых, учитывается изменение перемещений, скоростей и ускорений внутри каждого временного интервала Δt.

θ – Метод Вилсона:s

Метод Вилсона представляет собой развитие метода линейного ускорения, в котором предполагается линейное изменение ускорения в интервале времени от t до $t + \theta\Delta t$. В θ-методе предполагается линейное изменение ускорения от момента t до момента $t + \theta\Delta t$, где $\theta \geq 1.0$.

- При $\theta = 1$ метод сводится к обычному методу линейного ускорения.
- Обычно $\theta > 1$, чтобы обеспечить безусловную устойчивость (например, $\theta = 1.37$).

Пошаговое интегрирование методом Вилсона:

А. Начальные вычисления:

1. Формируются матрицы жесткости K, масс M, демпфирования C
2. Задаются начальные значения U_0(перемещения), $\dot{U}_o$(скорости) и $\ddot{U}_0$(ускорения)
3. Выбирается временной шаг Δt, параметр $\theta > 1$ (обычно θ=1.4) и вычисляются постоянные интегрирования:

$$a_0 = \frac{6}{(\theta\Delta t)^2}, a_1 = \frac{-3}{\theta\Delta t}, a_2 = 2a_1, a_3 = \frac{\theta\Delta t}{2}, a_4 = \frac{a_0}{\theta},$$
$$a_5 = \frac{-a_2}{\theta}, a_6 = 1 - \frac{3}{\theta}, a_7 = \frac{\Delta t}{2}, a_8 = \frac{\Delta t^2}{6}.$$

4. Вычисляется эффективная матрица жесткости:

$$\widehat{K} = K + a_0 M + a_1 C$$

5. Матрица $\widehat{K}$ приводится к треугольному виду:

$$\widehat{K} = LDL^T$$

Б. Для каждого шага

1. Определение вектора эффективной нагрузки:

$$\hat{R}_{t+\theta\Delta t} = R_t + \theta(R_{t+\Delta t} - R_t) + M\left(a_0 U_t + a_2 \dot{U}_t + 2\ddot{U}_t\right) + C\left(a_1 U_t + 2\dot{U}_t + a_3 \ddot{U}_t\right)$$

2. Определяются переменные в момент времени $t + \theta\Delta t$:

Программная реализация метода θ – Вилсона:

```
Vilson(k,M,ce,Δt,R_tdt,R_t,U_t,U1,U2) :=
    a0 ← 6/(O·Δt)^2 , a1 ← 3/(O·Δt) , a2 ← 2·a1 , a3 ← O·Δt/2 , a4 ← a0/O , a5 ← -a2/O , a6 ← (1 - 3/O) , a7 ← Δt/2 , a8 ← Δt^2/6
    K_hat ← k + a0·M + a1·ce        Эффективная матрица жесткости
    T ← ("t"  "U1"  "U2")
    T ← stack(T, (Δt  U_t0  U_t1))
    for i ∈ 1..N
        R_eff ← R_tdt + R_t + M·(a0·U_t + a2·U1 + 2·U2) + ce·(a1·U_t + 2·U1 + a3·U2)        Вектор эффективной нагрузки
        U_new ← lsolve(K_hat,R_eff)        Находим перемещение
        tempU2 ← U2
        tempU1 ← U1
        tempU_t ← U_t
        U2 ← a4·(U_new - tempU_t) + a5·tempU1 + a6·tempU2        Вычисление перемещения
        U1 ← tempU1 + a7·(U2 + tempU2)        Вычисление скороти
        U_t ← tempU_t + Δt·tempU1 + a8·(U2 + 2·tempU2)        Вычисление ускорения
        T ← stack(T, (Δt·(i + 1)  U_new0  U_new1))        Формирование таблицы
    T
```

Рис.1. Код функции реализующий расчет методом θ – Вилсона.

Контрольный пример:

$ce := 0$ Матрица демпфирования

$k := \begin{pmatrix} 6 & -2 \\ -2 & 4 \end{pmatrix}$ Матрица жесткости

$M := \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$ Матрица масс

$U_t := \begin{pmatrix} 0.00605 \\ 0.366 \end{pmatrix}$ $U1 := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ $U2 := \begin{pmatrix} 0.31 \\ 15.5 \end{pmatrix}$

$R_tdt := \begin{pmatrix} 0 \\ 10 \end{pmatrix}$ $O := 1.4$ $R_t := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$

$N := 11$ количество итераций

$\Delta t := 0.28$ Временной шаг

$T := Vilson(k, M, ce, dt, R_tdt, U_t, U_dt, U_2dt)$

$T =$

	0	1	2
0	"t"	"U1"	"U2"
1	0.28	$6.05 \cdot 10^{-3}$	0.366
2	0.56	0.051	1.287
3	0.84	0.19	2.573
4	1.12	0.477	3.889
5	1.4	0.933	4.891
6	1.68	1.524	5.363
7	1.96	2.151	5.257
8	2.24	2.673	4.687
9	2.52	2.945	3.879
10	2.8	2.858	3.089
11	3.08	2.385	2.516
12	3.36	1.592	2.253

Рис.2. Контрольный пример вычисления методом θ – Вилсона.

Литература

1. Бате К., Вилсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов /Пер. с англ. А.С. Алексеева и др.; Под ред. А.Ф. Смирнова. — М.: Стройиздат, 1982.

УДК 621

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ЦЕНТРАЛЬНЫХ РАЗНОСТЕЙ ДЛЯ ПРЯМОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ

Прелов Е. С.
Научный руководитель – Напрасников В.В., к.т.н., доцент

Целью данной работы является программная реализация метода центральных разностей для прямого интегрирования уравнений равновесия в динамических. В качестве среды для программной реализации методов выбран Mathcad 15.

Уравнение равновесия системы конечных элементов, находящейся в состоянии движения, имеет вид:

$$F_I(t) + F_D(t) + F_E(t) = R(t),$$

где $F_I(t)$ — вектор сил инерции, $F_I(t) = M\ddot{U}$; $F_D(t)$ вектор сил демпфирования, $F_D(t) = C\dot{U}$; $F_E(t)$ — вектор сил упругости, $F_E(t) = KU$, M, C и K соответственно матрицы масс, демпфирования и жесткости; R— вектор внешней узловой нагрузки, U, $\dot{U}$ и $\ddot{U}$ – векторы узловых перемещений, скоростей и ускорений ансамбля конечных элементов, все векторы зависят от времени.

Таким образом, в динамических задачах рассматривается статическое равновесие системы в момент времени t с учетом инерционных сил, зависящих от ускорения, и сил демпфирования, зависящих от скоростей движения. На практике такие задачи решаются с помощью методов прямого интегрирования.

Прямое численное интегрирование основано на двух идеях.

Во-первых, удовлетворение условий равновесия требуется не в любой момент времени t, а только на отдельных коротких отрезках времени Δt. Это означает, что равновесие с учетом сил инерции и демпфировании рассматривается в дискретных точках временного интервала.

Во-вторых, учитывается изменение перемещений, скоростей и ускорений внутри каждого временного интервала Δt.

Из рассмотрения как системы обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами следует, что аппроксимировать скорости и ускорения можно любыми конечно-разностными выражениями в перемещениях. Одной из эффективных процедур при решении подобных задач является метод центральных разностей, в котором принимается:

$$\ddot{U}_t = \frac{1}{\Delta t^2}(U_{t-\Delta t} - 2U_t + U_{t+\Delta t}).$$

Ошибка вычислений по данной формуле имеет порядок Δt^2, и для вычисления скоростей с ошибками того же порядка можно использовать выражение:

$$\dot{U}_t = \frac{1}{2\Delta t}(U_{t+\Delta t} - U_{t-\Delta t}).$$

Перемещения для момента времени $t + \Delta t$ вычисляются по формуле:

$$M\ddot{U}_t + C\dot{U}_t + KU_t = R_t.$$

Объединив формулы, получаем уравнение:

$$\left(\frac{1}{\Delta t^2}M + \frac{1}{2\Delta t}C\right)U_{t+\Delta t} == R_t - \left(K - \frac{2}{\Delta t^2}M\right)U_t - \left(\frac{1}{\Delta t^2}M - \frac{1}{2\Delta t}C\right)U_{t-\Delta t}$$

Из которого можно определить $Ut + \Delta t$.

Вычисление перемещений $Ut + \Delta t$ основано на выполнении условий равновесия для момента времени $t + \Delta t$. По этой причине подобные методы называют методами явного интегрирования. Интегрирование в этом случае не требует разложения матриц жесткости на множители для шаговых решений.

Второй особенностью метода центральных разностей является вычисление $Ut + \Delta t$ через Ut и $Ut - \Delta t$. Поэтому для вычисления перемещений в начальный момент требуется использовать специальную начальную процедуру (рисунок 1,2).

Программная реализация метода центральных разностей:

```
Central_Difference(k,M,ce,ΔT,R_t,U_t,Ut_dt,U_dot) :=
    a0 ← 1/(ΔT^2), a1 ← 1/(2·ΔT), a2 ← 2·a0, a3 ← 1/a2
    M_hat ← a0·M + a1·ce        Формирование эффективной матрицы масс
    U_ddot ← lsolve[(R_t − M·U_dot),k]        Вычисление ускорения
    T ← ("Δt"  "U1"  "U2")
    for i ∈ 0..N
        R_eff ← R_t − (k − a2·M)·U_t − a0·M·Ut_dt        Вычисление эффективной нагрузки
        U_new ← lsolve(M_hat,R_eff)
        Ut_dt ← U_t
        U_t ← U_new
        T ← stack[T,(i·ΔT  U_new_0  U_new_1)]        Построение таблицы
    T
```

Рис. 1. Код функции реализующий расчет методом центральных разностей.

Контрольный пример:

$$k := \begin{pmatrix} 6 & -2 \\ -2 & 4 \end{pmatrix}$$ Матрица жесткости

$$M := \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$ Матрица масс

$ce := 0$ Матрица демпфирования

$$U_t := \begin{pmatrix} 0.0307 \\ 1.45 \end{pmatrix} \quad Ut_dt := \begin{pmatrix} 0 \\ 0.392 \end{pmatrix} \quad R_t := \begin{pmatrix} 0 \\ 10 \end{pmatrix} \quad U_dot := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$\Delta T := 0.28$ Временной шаг $N := 12$ Количество итераций

$T := Central_Difference\ (k, M, ce, dt, R_tdt, U_t, U_dt, U_2dt)$

$T =$

	0	1	2
0	"Δt"	"U1"	"U2"
1	0	0.168	2.842
2	0.28	0.488	4.153
3	0.56	1.02	5.022
4	0.84	1.705	5.261
5	1.12	2.401	4.9
6	1.4	2.917	4.164
7	1.68	3.074	3.363
8	1.96	2.771	2.774
9	2.24	2.033	2.533
10	2.52	1.017	2.601
11	2.8	-0.036	2.796
12	3.08	-0.86	2.893
13	3.36	-1.256	2.732

Рис.2. Контрольный пример вычисления методом центральных разностей.

Литература

1. Бате К., Вилсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов /Пер. с англ. А.С. Алексеева и др.; Под ред. А.Ф. Смирнова. — М.: Стройиздат, 1982.

УДК 621

АВТОНОМНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ НА ОСНОВЕ MATLAB ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ГРАФАХ

Канаш А.Н., Стук М.А.
Научный руководитель – Напрасников В.В., к.т.н., доцент

Цель работы – разработка и реализация автономных приложений на основе MATLAB для отображения графов.

Для компиляции были взяты и дополнены скрипты, которые строят графы. При запуске любого скрипта появляется окно, которое предлагает пользователю выбрать файл, из которого будет браться информация, необходимая для построения графов. После нажатия кнопки «Построить», появляется окно, на котором отображен граф. При необходимости отображается окно с текстовой информацией. Пример работы одного из скрипта показан на рисунке 1.

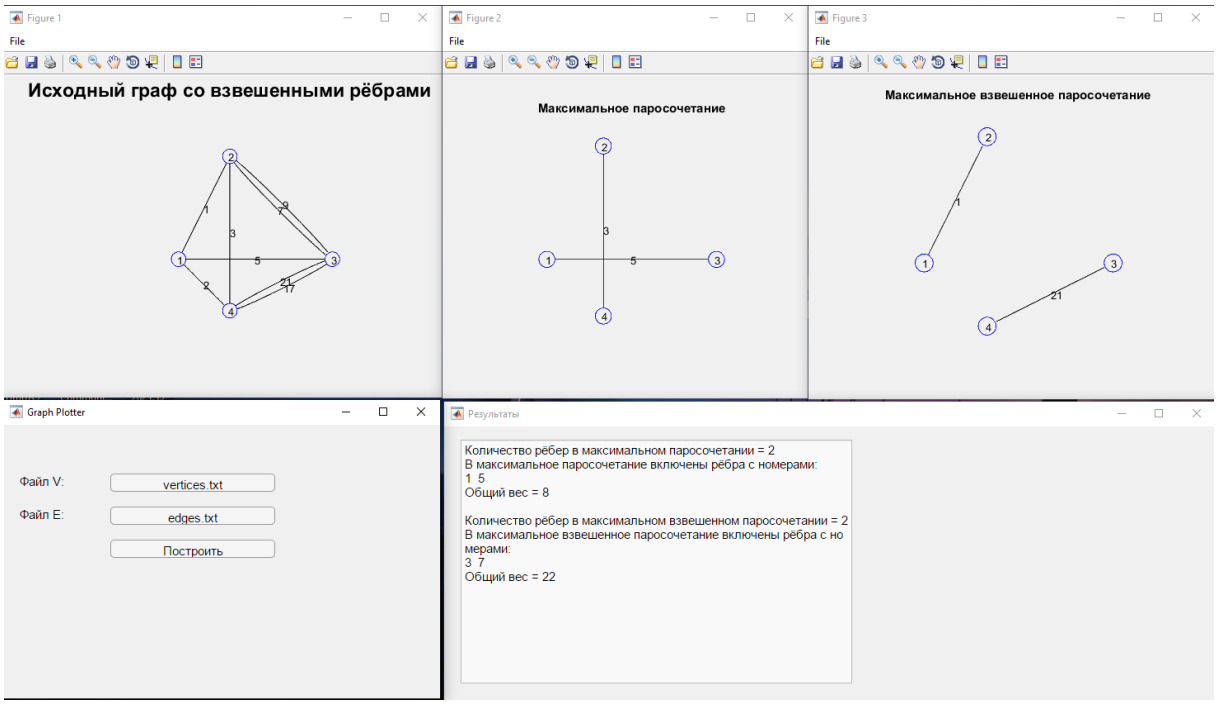


Рис.1. Пример работы программы.

Для того чтобы скомпилировать автономное приложение в MATLAB сначала нужно открыть скрипт с программой. Программа должна быть представлена функцией. При компиляции приложений используется MATLAB Compiler, который позволяет преобразовать скрипты и функции MATLAB в исполняемые файлы, доступные для работы. Для работы с ним

нужно нажать кнопку «Application Compiler» на вкладке «Apps» (Рисунок 2).

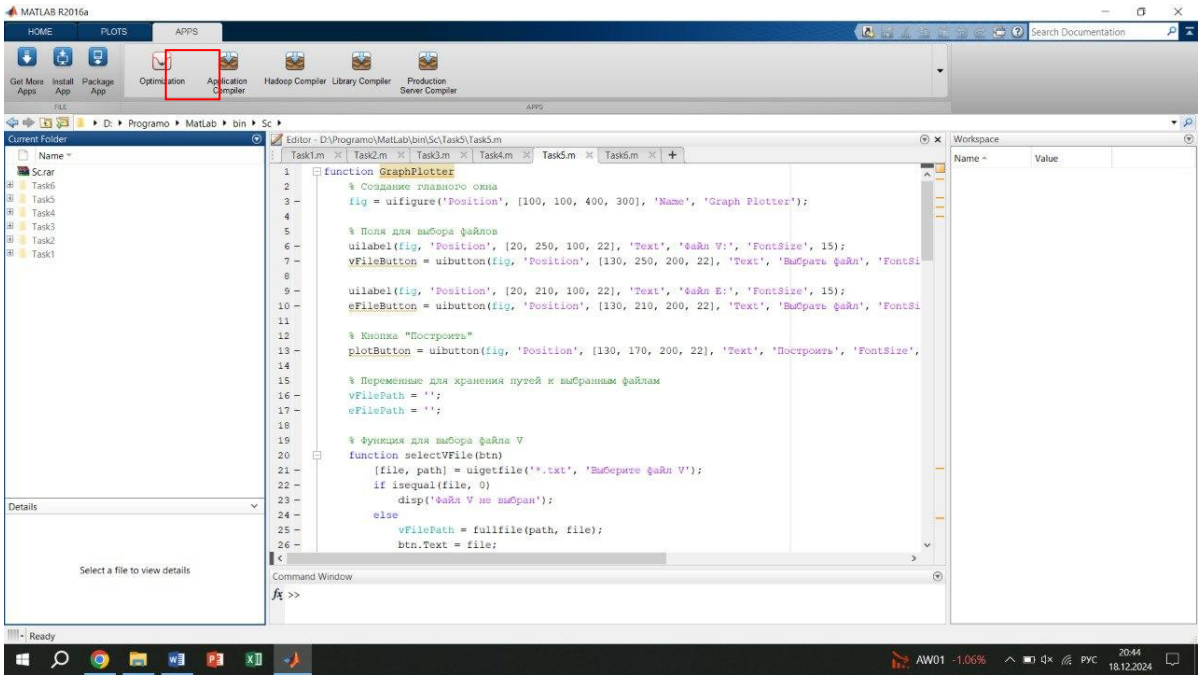


Рис.2. Кнопка «Application Compiler».

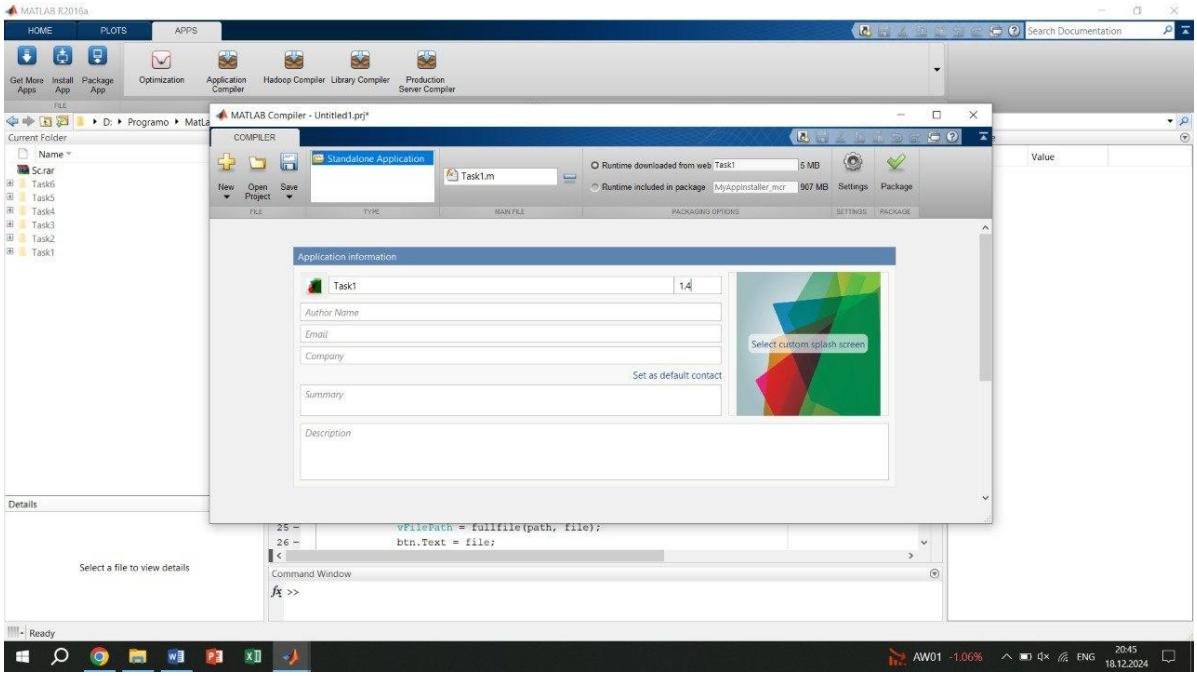


Рис.3. Окно MATLAB Compiler.

Для работы приложения нужен MATLAB Runtime. MATLAB Runtime является автономным набором разделяемых библиотек, кода MATLAB и других файлов, который включает выполнение файлов MATLAB на

компьютерах без установленной версии MATLAB. Его можно добавить в исполняемый файл. В нашем случае установщик MATLAB Runtime будет находиться в папке с готовыми исполняемыми файлами для уменьшения размера архива, поэтому нужно просто нажать кнопку «Package», выбрать директорию в которой появятся файлы, после чего начнется компиляция (Рисунок 4).

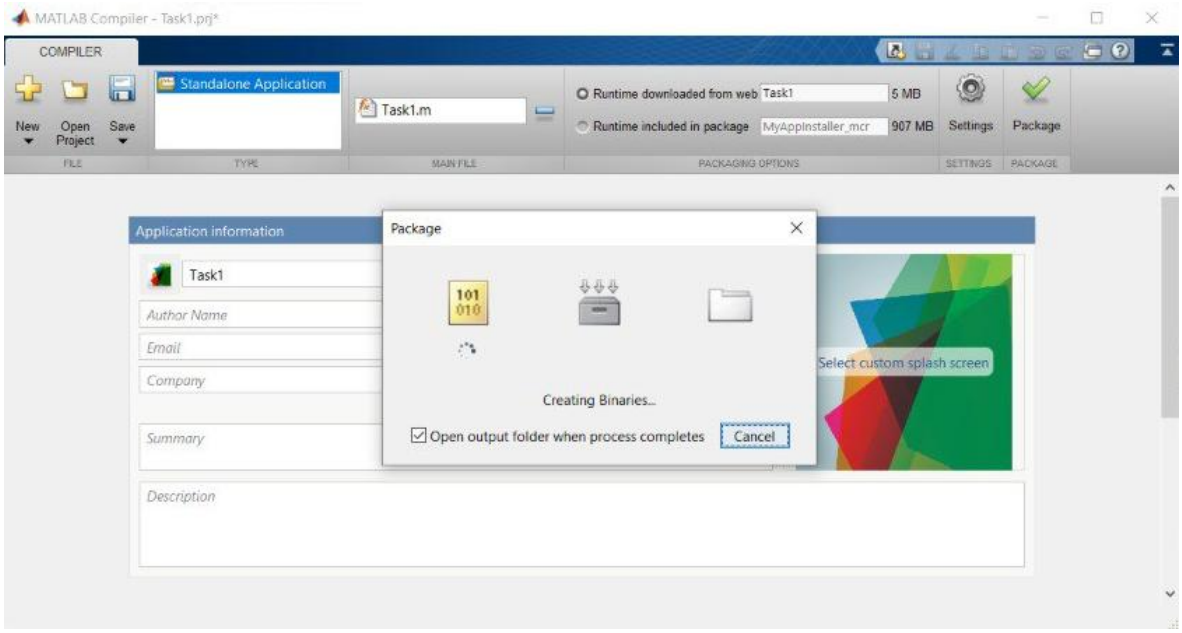


Рис.4. Процесс компиляции.

После компиляции в указанной директории появились исполняемые файлы, файл с программой с расширением m и файл проекта с расширением prj.

Для запуска исполняемого файла на другом компьютере без установленного на нем MATLAB сначала нужно установить MATLAB Runtime, запустив файл MCRInstaller.exe. Если на компьютере установлен MATLAB, то установка MATLAB Runtime не требуется. Для корректной работы нужно чтобы путь к исполняемым файлам не содержал в себе русских символов.

УДК 621

СРАВНЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИИ БАЛКИ В СРЕДЕ DESIGNMODELER И SPACECLAIM

Лозичный А.С.
Научный руководитель – Напрасников В.В., к.т.н., доцент

Цель работы – сравнение возможностей оптимизации конструкций в средах DesignModeler и SpaceClaim на примере балки, оценка их удобства, гибкости и эффективности при решении инженерных задач.

Для проведения исследования были выполнены следующие этапы:

Создание параметрической модели балки:

- В среде DesignModeler модель создавалась с использованием параметрического подхода, где задавались ключевые параметры (ширина, высота сечения), что позволило автоматизировать процесс оптимизации.
- В SpaceClaim применялось прямое моделирование, обеспечивающее быстрое внесение изменений в геометрию.
-

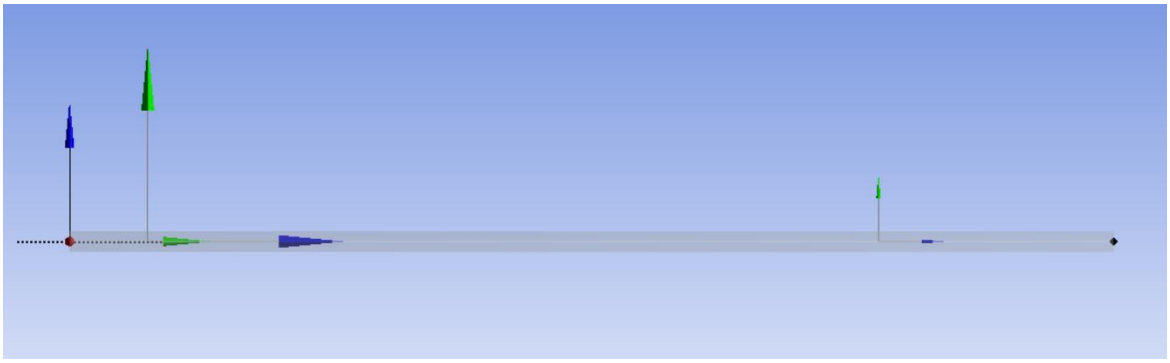


Рис.1. Вид балки в среде DesignModeler.

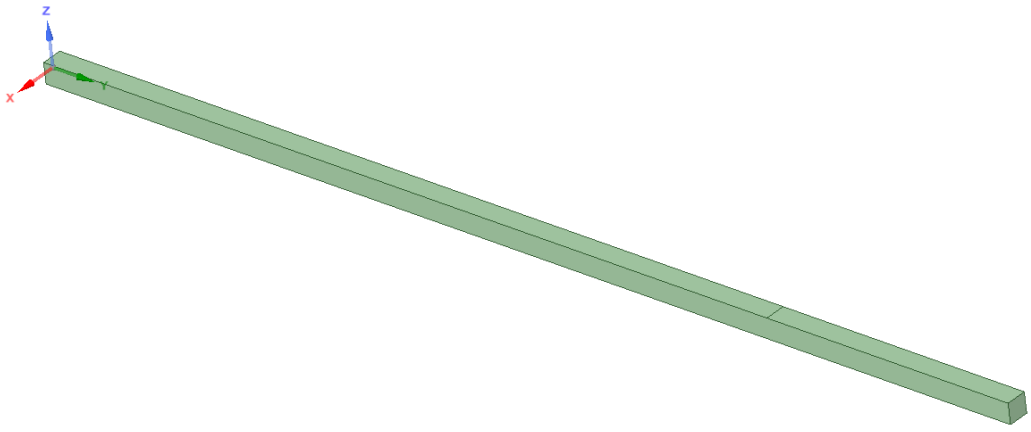


Рис.2. Вид балки в среде SpaceClaim.

Проведение статического анализа:

Для обеих сред был выполнен расчёт напряжённо-деформированного состояния балки под действием нагрузки. Использовался модуль Static Structural, позволяющий определить распределение напряжений и деформаций.

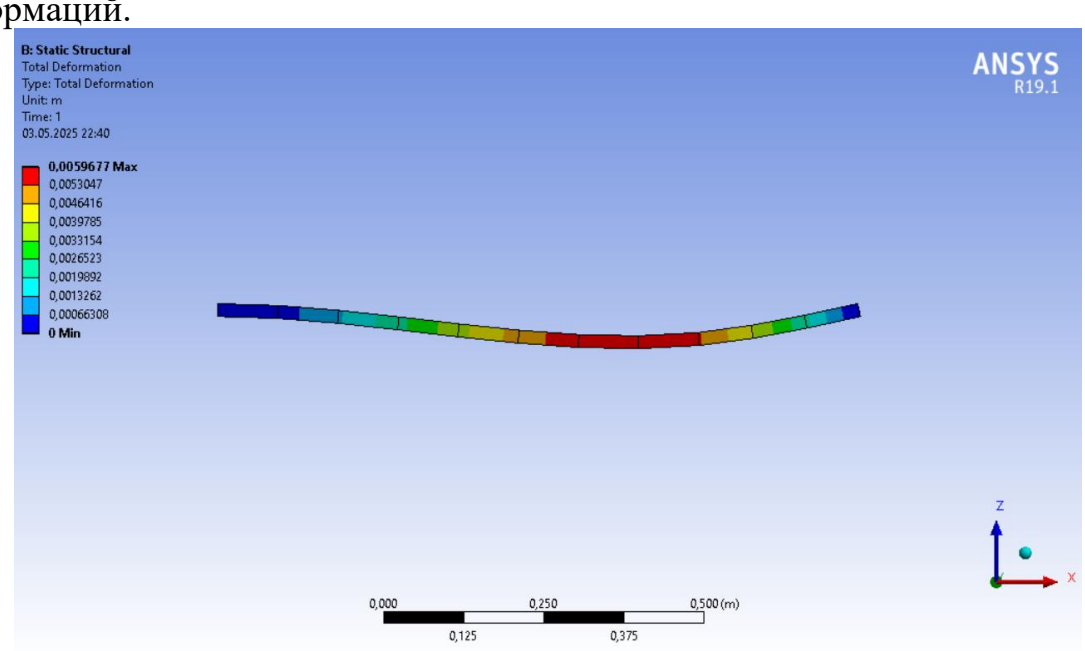


Рис.3. Визуализацтя деформации балки из DesignModeler.

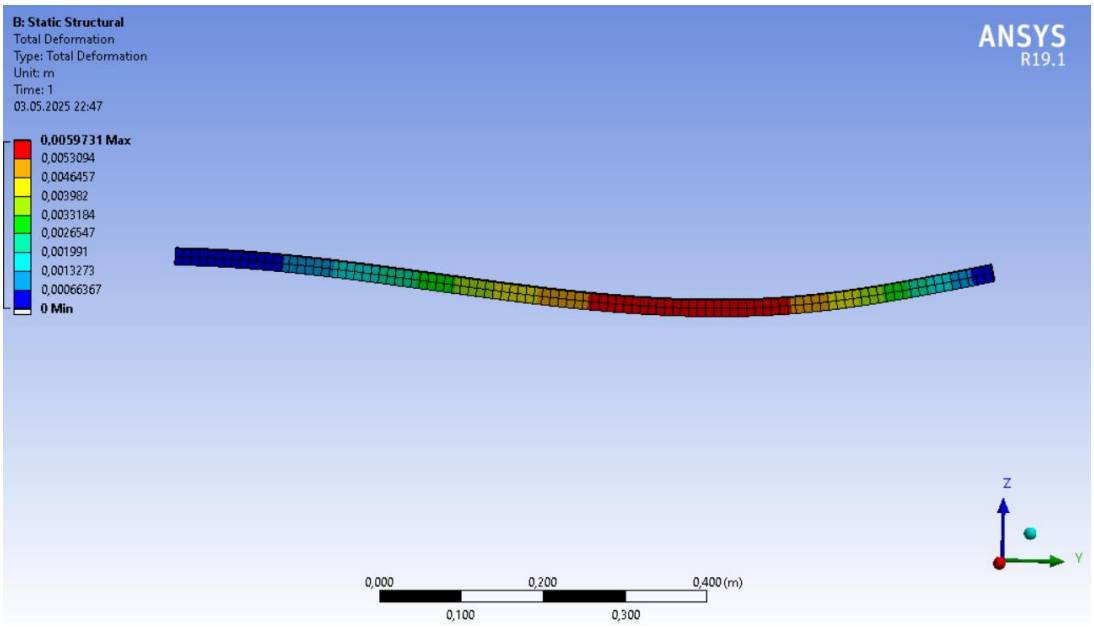


Рис.4. Визуализацтя деформации балки из SpaceClaim.

Оптимизация конструкции:

В DesignModeler и SpaceClaim были проведены оптимизационные расчёты с целью минимизации массы балки при сохранении её прочности.

Для этого использовались методы параметрической оптимизации, включая построение поверхности отклика и анализ результатов. Исходные параметры и результат решения представлены в Таблице 1.

Таблица 1

Параметры	**Исходное решение**	**Оптимальное решение**	
		DesignModeler	**SpaceClaim**
Ширина (мм)	20	30,49	31,26
Высота (мм)	20	10,03	10,35
Максимальное напряжение (Мпа)	2,3451	1,8203	1,6127
Объем детали ($мм^3$)	4E+5	305800	323540

DesignModeler продемонстрировал более высокую эффективность в минимизации объёма конструкции, в то время как SpaceClaim обеспечил меньшие напряжения в конструкции.

Выбор между средами зависит от конкретных задач: DesignModeler подходит для параметрической оптимизации, а SpaceClaim — для быстрого концептуального проектирования. Результаты работы подтверждают, что обе среды обладают уникальными преимуществами, и их применение следует определять исходя из требований проекта.

Литература

1. Напрасников В. В., Компьютерное конечно-элементное моделирование : пособие для студентов специальности 1-40 05 01 «Информационные системы и технологии (по направлениям)» направления специальности 1-40 05 01-01 «Информационные системы и технологии (в проектировании и производстве)» : в 2 ч. – Минск : БНТУ, 2021. – Ч. 2. – 79 с. - ISBN 978-985-583-659-0 (Ч. 2).

2. Напрасников В. В., Напрасникова Ю. В. Оптимизация в ANSYS. Методические указания. – Минск: БНТУ,2012 .- 40с.

3. Бруяка В.А., Фокин В.Г., Солдугова Е.А., Глазунова Н.А., Адеянов И.Е. Инженерный анализ в Ansys Worbench . Учебно-методическое пособие – Самара: Самар.гос.техн.ун-т, 2010 – 271с.

УДК 621.391.25

ТРЕХМЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ ПРУЖИННО-МАЯТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ В MATLAB С БИБЛИОТЕКОЙ SIMSCASE

Шайковский И.Г. Осипов Д.И.
Научный руководитель – Напрасников В.В., к.т.н., доцент

Цель работы – разработка и реализация трехмерной визуализации движения пружинно-маятниковой системы в среде MATLAB с использованием библиотеки SimScape для наглядного изучения динамических процессов и анализа поведения системы при различных параметрах.

Трехмерная модель, представленная на рисунке 1, создается в MATLAB Simulink при помощи блоков из библиотеки SimScase.

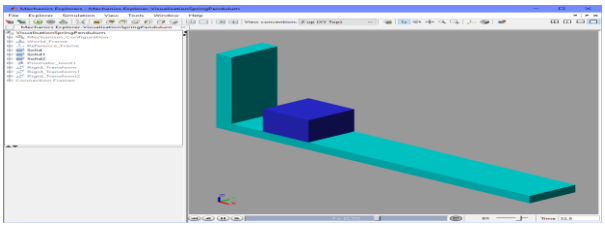


Рис.1. Трехмерная модель пружинно-маятниковой системы.

Например, создание массы маятника осуществляется путем соединения и настройки блоков как показано на рисунке 2.

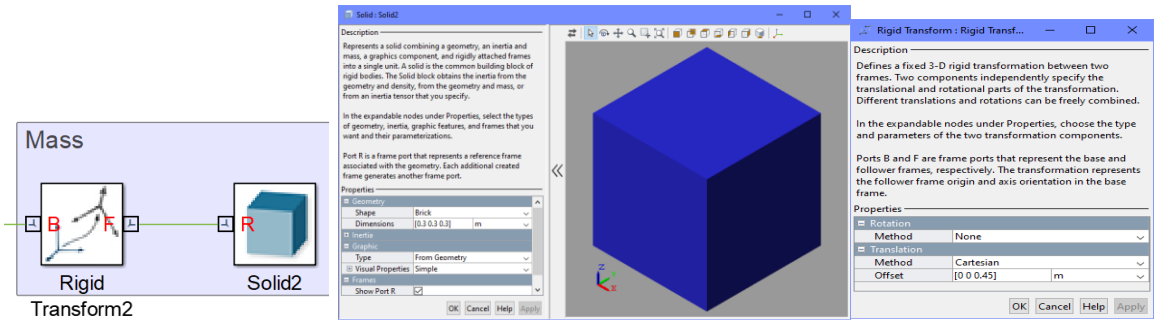


Рис.2. Пример соединения блоков для создания массы маятника (слева), пример настройки блока Solid для массы (в центре), пример настройки блока Rigid Transform для массы (справа).

Расчет выполнялся для параметров (массы тела, жесткости пружины и демфирования), которые необходимо задать в командном окне MATLAB. Для примера были взяты значения как показано на рисунке 3.

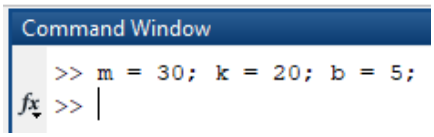


Рис.3. Пример задания параметров для симуляции.

Так же расчет можно проводить для различных сил, действующих на маятник. Для этого необходимо изменить источник, который задает график изменения силы, показан на рисунке 4. Его можно изменить на любой другой источник, (показаны на рисунке 4 справа.)

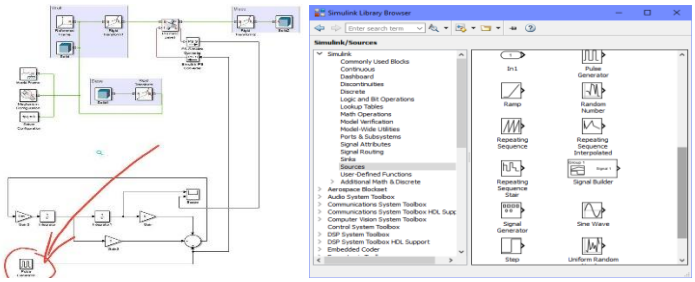


Рис.4. Блок, задающий силу, действующую на массу маятника (слева), пример источников, которыми можно задать силу (справа).

Данная параметрическая модель в дальнейшем может быть использована для проведения экспериментов над пружинно-маятниковой системой с различными параметрами массы, жесткости пружины, демфирования и силы, а также создания трехмерной визуализации, для большего понимания проводящих эксперименты.

Литература

1. Чепцов, В.Ю. MATLAB и Simulink для инженеров: Введение в компьютерное моделирование систем / В.Ю. Чепцов. — М.: ДМК Пресс, 2021. — 352 с.
2. Ким, Н.Н. Основы работы с Simulink и Simscape / Н.Н. Ким. — СПб.: Питер, 2019. — 288 с.
3. MATLAB Documentation: Simscape [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.mathworks.com/help/physmod/simscape/index.html. — Дата доступа: 20.12.2023.
4. Доскин, Е.В. Моделирование механических систем с использованием MATLAB / Е.В. Доскин. — М.: Наука, 2020. — 416 с.
5. Simscape Multibody Documentation [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.mathworks.com/help/physmod/sm/index.html. — Дата доступа: 20.12.2023.

УДК 621.391.25

РЕАЛИЗАЦИЯ В MATHCAD ОДНОГО СПОСОБА УЧЁТА ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ В КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ

Шкантов И.Н., Медведев В.В.
Научный руководитель – Напрасников В.В., к.т.н., доцент

Цель работы – исследование и сравнение трех методов учета граничных условий в численных методах решения задач механики и физики с использованием программного комплекса Mathcad.

Исходные данные, представлены на рисунке 1, где K – матрица коэффициентов исходной системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), P – вектор правой части, $U_i = C_i$ – граничные условия, необходимо найти вектор U с учётом данных граничных условий.

$$K = \begin{pmatrix} K_{11} & K_{12} & \dots & K_{1n} \\ K_{21} & K_{22} & \dots & K_{2n} \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ K_{n1} & K_{n2} & \dots & K_{nn} \end{pmatrix};\ P = \begin{pmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \dots \\ P_n \end{pmatrix};\ U_k = C_k, \dots, U_i = C_i;$$

$$\begin{pmatrix} K_{11} & K_{12} & \dots & K_{1n} \\ K_{21} & K_{22} & \dots & K_{2n} \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ K_{n1} & K_{n2} & \dots & K_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \dots \\ U_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \dots \\ P_n \end{pmatrix}$$

Рис.1. Исходные данные.

В дальнейших примерах будем рассматривать случай, при n = 5 и заданных граничных условиях: $U_2 = C_2$, $U_4 = C_4$.

Заметим, что программы написаны для общего случая. Рассмотрим первый способа учёта граничных условий:

В данном способе необходимо преобразовать исходную СЛАУ к виду, представленному на рисунке 2.

$$\begin{pmatrix} K_{11} & 0 & K_{13} & 0 & K_{15} \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ K_{31} & 0 & K_{33} & 0 & K_{35} \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ K_{51} & 0 & K_{53} & 0 & K_{55} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \\ U_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} P_1 - K_{12}C_2 - K_{14}C_4 \\ C_2 \\ P_3 - K_{32}C_2 - K_{34}C_4 \\ C_4 \\ P_5 - K_{52}C_2 - K_{54}C_4 \end{pmatrix}$$

Рис.2. Преобразование исходной СЛАУ.

Система, преобразованная к такому виду, очевидно, при решении даст $U_2 = C_2$, $U_4 = C_4$, а остальные неизвестные определяются через них.

Как видно, этот способ легко программируется. Исходная матрица преобразуется следующим образом, сначала строки и столбцы, номера которых совпадают с номерами заданных неизвестных, обнуляются, а затем на соответствующих местах диагонали ставятся единицы. Вектор правой части системы изменяется по понятному закону.

Преимущество этого способа заключается в относительной простоте программирования и в том, что размер матрицы левой части не изменяется.

Реализация данного способа в среде Mathcad представлена на рисунке 3.

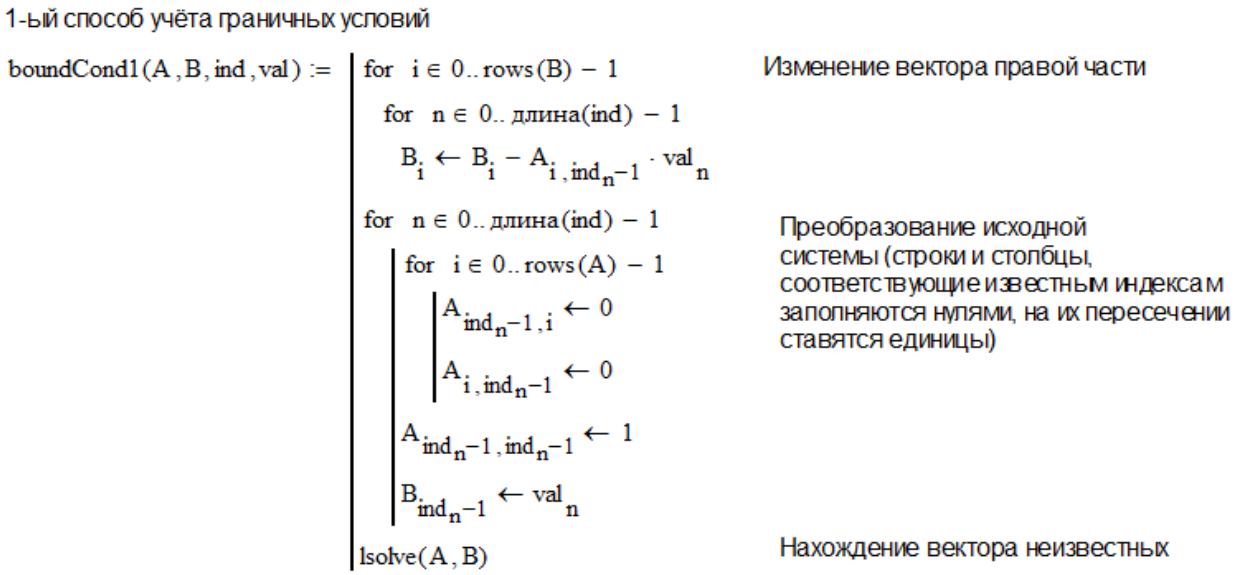


Рис.3. Реализация первого способа учёта граничных условий в среде Mathcad.

На рисунке 4 представлен пример использования данного способа.

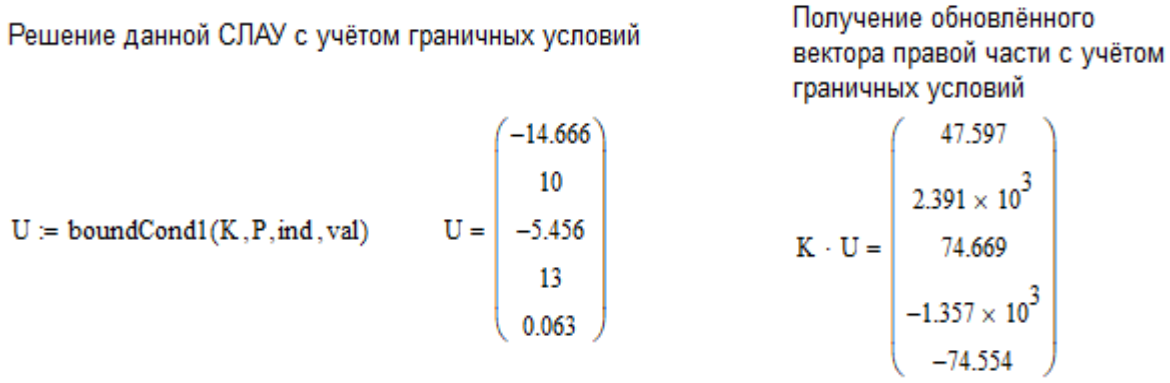


Рис.4. Пример использования реализованного способа.

В ходе работы в среде Mathcad были реализованы три способа учёта граничных условий. Было установлено, что первый метод прост в программировании и не меняет размер исходящей матрицы, второй метод позволяет определить реакции, а третий метод легко программируется и оставляет неизменным размер матрицы левой части. Все три метода доказали свою эффективность и могут быть рекомендованы для различных инженерных и научных задач.

УДК 004.9

КОРРЕКЦИЯ ПОЛОЖЕНИЯ РАБОЧЕГО ИНСТРУМЕНТА 3D-ПРИНТЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ARDUINO НА ОСНОВЕ ДАННЫХ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Азаревич В.А.
Научный руководитель – Ковалева И. Л., к.т.н., доцент

После решения задачи преобразования пиксельных координат положения рабочего инструмента, полученных с веб-камеры, расположенной над рабочей поверхностью 3D-принтера, в реальные пространственные координаты возникает задача точной коррекции его положения, описанных в [1,2].

Для решения этой задачи основное программное обеспечение сравнивает координаты, полученные из видеопотока, с эталонными координатами из управляющего G-кода. При обнаружении расхождения рассчитывается смещение между текущими координатами, определёнными системой компьютерного зрения, и целевыми координатами из G-кода. Эти данные с заданной частотой 15 Гц передаются на Arduino, где на их основе выполняется коррекция положения инструмента.

Частота передачи координат выбирается с учётом нескольких факторов: скорости перемещения рабочего инструмента, частоты кадров видеопотока, времени обработки данных и производительности микроконтроллера. При использовании стандартной веб-камеры с частотой 30 кадров в секунду целесообразно передавать данные с частотой 10–20 Гц. Это обеспечивает достаточную отзывчивость системы при сохранении стабильной работы последовательного интерфейса. Также важно учитывать время, необходимое для обработки координат и выполнения коррекции, чтобы избежать накопления задержек.

Для передачи данных на микроконтроллер используется последовательный интерфейс (UART) через COM-порт. На стороне Arduino разработан скетч (рисунок 1) на языке C++, использующий стандартные методы чтения из последовательного порта. Пример строки, поступающей на Arduino: " $123.45,67.89 *49\n". Эта строка парсится с помощью функций String.indexOf() и String.substring(), после чего извлечённые значения преобразуются в float и сравниваются с текущими координатами. Также для предотвращения потери данных при передаче используются контрольные суммы, которые позволяют проверять целостность сообщения. Если контрольная сумма не совпадает, данные считаются поврежденными, и происходит повторная передача. Такой подход позволяет эффективно выявлять ошибки, вызванные шумами на линии связи, неполной передачей или искажением символов в процессе передачи.

```
  long deltaXSteps = deltaX * stepsPerMM;
  long deltaYSteps = deltaY * stepsPerMM;

  bool dirX = deltaXSteps >= 0;
  bool dirY = deltaYSteps >= 0;

  digitalWrite(DIR_PIN_X, dirX ? HIGH : LOW);
  digitalWrite(DIR_PIN_Y, dirY ? HIGH : LOW);

  long absDeltaX = abs(deltaXSteps);
  long absDeltaY = abs(deltaYSteps);

  long x = 0, y = 0;
  long err = (absDeltaX > absDeltaY ? absDeltaX : -absDeltaY) / 2;
  long e2;

  unsigned long lastStepTime = micros();
  const unsigned long stepDelay = 800;

  while (x < absDeltaX || y < absDeltaY) {
    unsigned long now = micros();
    if (now - lastStepTime >= stepDelay) {
      e2 = err;

      if (e2 > -absDeltaX) {
        err -= absDeltaY;
        if (x < absDeltaX) {
          digitalWrite(STEP_PIN_X, HIGH);
          delayMicroseconds(2);
          digitalWrite(STEP_PIN_X, LOW);
          x++;
        }
      }

      if (e2 < absDeltaY) {
        err += absDeltaX;
        if (y < absDeltaY) {
          digitalWrite(STEP_PIN_Y, HIGH);
          delayMicroseconds(2);
          digitalWrite(STEP_PIN_Y, LOW);
          y++;
        }
      }

      lastStepTime = now;
```

Рис.1. Реализация классического алгоритма Брезенхэма.

Для управления шаговыми двигателями в данной системе реализован классический алгоритм Брезенхэма [3], адаптированный для синхронного перемещения по двум осям. Этот алгоритм, широко используемый в компьютерной графике для отрисовки прямых линий, обеспечивает дискретное и равномерное распределение шагов между осями X и Y. В контексте шаговых двигателей его применение позволяет двигателям

перемещаться по прямолинейной траектории с минимальными отклонениями от идеальной линии между текущей и целевой точкой. Алгоритм вычисляет ошибку смещения при каждом шаге и компенсирует её, чередуя импульсы по соответствующим осям. Это обеспечивает согласованную подачу импульсов на пины STEP, позволяя двигателям двигаться с постоянной скоростью и направлением, несмотря на различие в количестве шагов по каждой из осей. Использование микросекундного таймера (micros()) позволяет точно контролировать интервал между шагами, исключая блокирующие задержки и сохраняя отзывчивость всей системы. Такой подход особенно эффективен при построении компактных систем коррекции позиционирования, где важны точность и предсказуемость перемещений.

В результате проведённой работы реализована система коррекции положения рабочего инструмента 3D-принтера на основе анализа видеопотока. Основное программное обеспечение вычисляет смещение между фактическими координатами, полученными с помощью компьютерного зрения, и эталонными координатами из управляющего G-кода. Вычисленное смещение передаётся на микроконтроллер Arduino, где с использованием алгоритма Брезенхэма выполняется коррекция положения. Разработанная архитектура обеспечивает высокую точность позиционирования, устойчивость к ошибкам передачи и возможность динамической коррекции в режиме реального времени.

Литература

1. Азаревич В.А., Ковалева И.Л. Выбор метода калибровки камеры для определения координат LED-излучателя : материалы XXVIII Республиканской научной конференции студентов и аспирантов (Гомель, 17–19 марта 2025 г.) / редкол.: С.П. Жогаль [и др.] ; Министерство образования РБ, Гомельский государственный университет имени. Ф. Скорины. - Гомель, 2025.

2. Мисякова, В. А. Обучение нейронной сети для обнаружения диода в видеопотоке / В. А. Мисякова ; науч. рук. И. Л. Ковалева // Актуальные вопросы и направления в инженерии : материалы 80-ой студенческой научно-технической конференции БНТУ, апрель – май 2024 года / редкол.: А. М. Авсиевич, Ю. В. Полозков, С. В. Александровский [и др.] ; сост. В. А. Мартинович. – Минск : БНТУ, 2024. – С. 343-347.

3. Самодумкин С.А. Практикум по компьютерной графике : учеб.-метод. пособие. В 3 ч. Ч. 1 / С. А. Самодумкин, М. Д. Степанова, Д. Г. Колб; под ред. проф. В. В. Голенкова. – Минск : БГУИР, 2007. – 44 с. : ил.

УДК 004.9

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ ДИПФЕЙКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ FACEFUSION 3

Барковец Р. С.
Научный руководитель – Ковалева И. Л., к.т.н., доцент

Современные технологии искусственного интеллекта открывают новые горизонты в цифровой обработке медиаконтента, и одним из самых популярных и активно развивающихся направлений в этой области является генерация дипфейков – автоматизированных замен лиц в изображениях и видеозаписях. В образовательной сфере такие технологии могут использоваться для создания интерактивных учебных материалов, визуализации исторических событий и даже моделирования различных сценариев в рамках психологических или коммуникативных тренингов.

Для генерации дипфейков можно использовать различные решения. Open-source платформа FaceFusion обладает рядом преимуществ по сравнению с DeepFaceLab, FaceSwap и Reface. По качеству замены лиц FaceFusion уступает лишь DeepFaceLab, который считается «золотым стандартом» в области генерации дипфейков, но при этом он требует значительно больше вычислительных ресурсов и сложен в настройке. FaceFusion, напротив, предлагает хороший баланс между качеством и производительностью, а также отличается гибкостью настроек благодаря открытому исходному коду.

В основе FaceFusion лежат модели, архитектура которых относится к генеративно-состязательным нейроссетям (GAN) или свёрточным нейросетям (CNN). Ключевым компонентом системы является InsightFace — ещё один open-source инструмент для распознавания и замены лиц [1,2].

На официальном git-hub репозитории есть ссылка на документацию, где сказано, как происходит установка [1]. Из заметных плюсов можно отметить тот факт, что предусмотрены дополнительные надстройки, позволяющие использовать процессор, cuda ядра на видеокартах NVIDIA и TensorRT ядра, которые можно применять на видеокартах с припиской RTX. После загрузки можно запускать программу с помощью GUI в браузере или CLI при помощи команд.

Если нет необходимости работать в браузере «руками», то это всегда можно сделать из командной строки, обращаясь из неё к python-скрипту, который и запускает программу. Чтобы сделать демонстрационное дипфейк-видео приемлемого качества, можно ввести команду, пример которой приведен на рисунке 1.

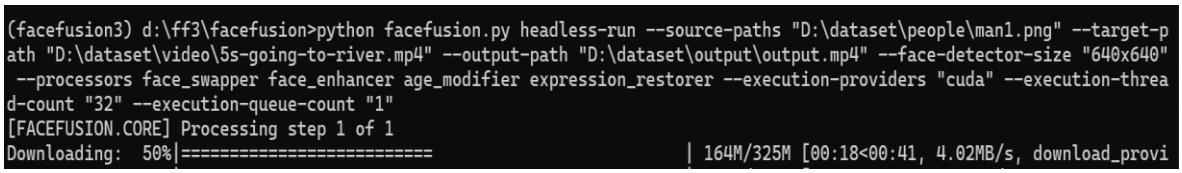


Рис.1. Пример команды для обращения к FaceFusion.

С помощью этой команды можно создавать дипфейки с разрешением исходного видео (по умолчанию), используя все доступные cuda ядра видеокарты для максимальной скорости обработки. Также используются основные процессоры, которые достаточно быстро генерируют видео. Превью для итогового результата отображается в правой верхней части экрана. Это позволяет в реальном времени оценить результаты и подогнать настройки, если результат получится неудовлетворительным.

Процесс обработки изображений в FaceFusion начинается с детекции лиц. Для поиска лиц по умолчанию используется модель YOLOv8. С ее помощью выполняется не только поиск лица на изображении, но и выделение ключевых точек ждя точного определения положения и ориентации лица. Затем энкодер преобразует лицо в векторное представление — выполняется эмбеддинг, который кодирует уникальные черты лица в числовой форме. Следующий этап — замена лица с помощью GAN-модели, например, inswapper_128_fp_16. Этот алгоритм генерирует новое лицо, сохраняя при этом мимику, освещение и другие характеристики исходного изображения. Завершающий этап — блендинг, при котором заменённое лицо естественным образом интегрируется в исходное изображение или видео, сглаживаются границы и корректируются цветовые переходы. Помимо этих трёх этапов в воркфлоу обработки могут включаться модели, которые отвечают за «улучшение» лица, «улучшения» кадра, более точный перенос мимики и возраста. Схема работы представлена на рисунке 2.

Технология дипфейков открывает широкие возможности для студентов и преподавателей. В учебном процессе её можно использовать для создания интерактивных материалов, например, «оживления» исторических личностей в лекциях по истории или литературе. Это позволяет сделать обучение более наглядным и вовлекающим.

Студенты, изучающие компьютерное зрение и машинное обучение, могут применять FaceFusion для генерации тренировочных данных или экспериментов с нейросетевыми моделями. В медиаобразовании технология полезна для освоения навыков видеомонтажа и работы с искусственным интеллектом.

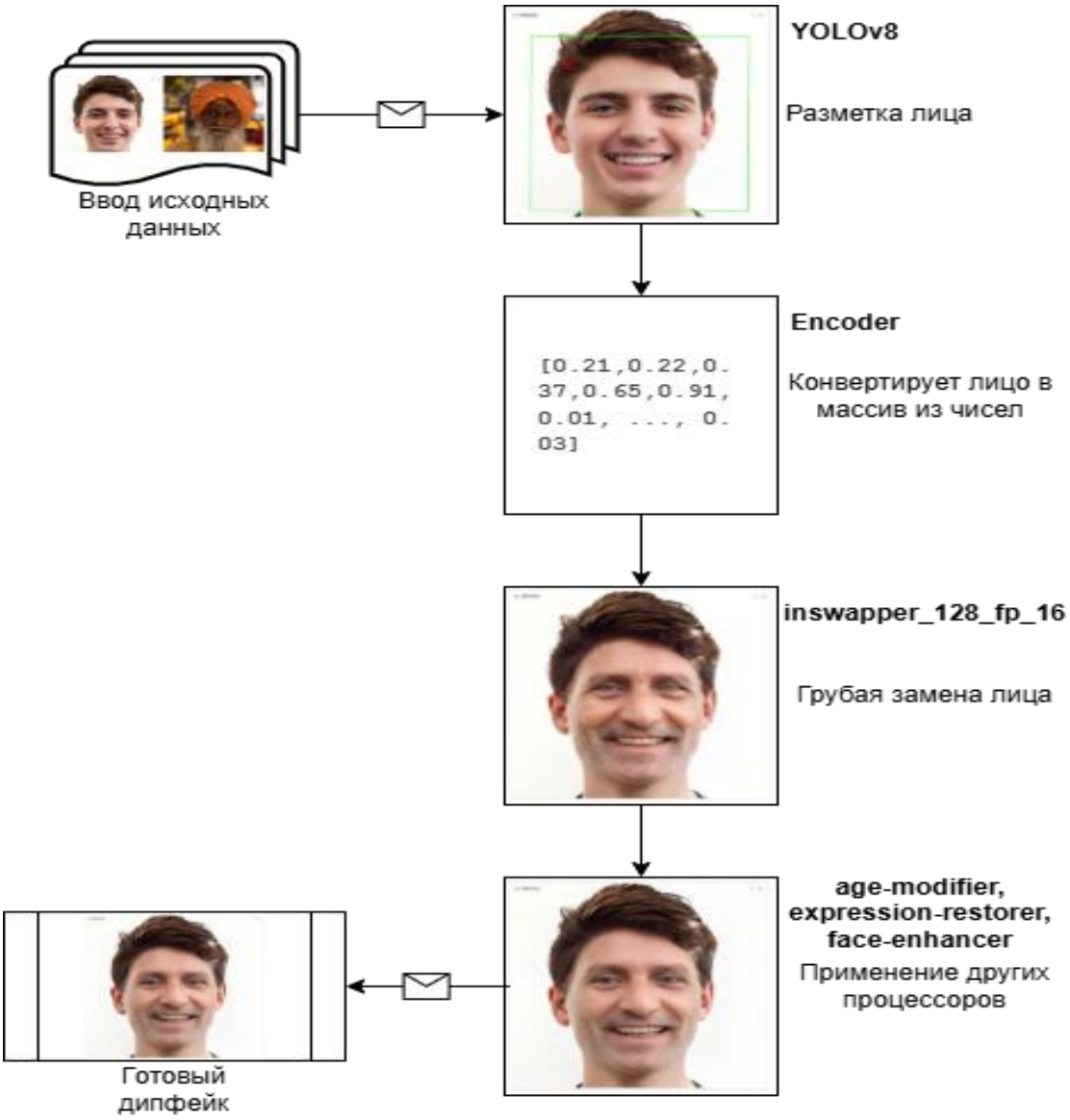


Рис.2. Воркфлоу работы FaceFusion.

Преподаватели могут использовать дипфейки для моделирования различных ситуаций, например, в рамках курсов по психологии, где студенты анализируют эмоции и невербальные сигналы. Также технология может быть полезна при создании учебных видеороликов, где вместо реального преподавателя используется цифровой аватар.

Литература

1 Репозиторий Facefusion. [электронный ресурс] URL: https://github.com/facefusion/facefusion (Дата обращения: 08.05.2025).
2 Документация Facefusion. [электронный ресурс] URL: https://docs.facefusion.io (Дата обращения: 08.05.2025).

УДК 004.9

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ “ВИРТУАЛЬНЫЙ СОБЕСЕДНИК”

Бартось П.Д.
Научный руководитель – Ковалева И. Л., к.т.н., доцент

Современные технологии искусственного интеллекта предоставляют возможности автоматизации образовательных и консультационных услуг, значительно улучшая качество и удобство взаимодействия между пользователями и интеллектуальными системами. Особое внимание уделяется разработке мобильных приложений, интегрированных с передовыми нейросетевыми алгоритмами, такими как Character.AI. Эта платформа позволяет создавать виртуальных собеседников, способных реалистично имитировать живое общение и адаптироваться к разнообразным сценариям и потребностям пользователей.

Разработанное мобильное приложение представляет собой интеллектуальную платформу, реализованную на основе технологии React Native. Данное решение обеспечивает кроссплатформенность, удобство взаимодействия с интерфейсом и эффективную работу на различных мобильных устройствах. Серверная часть приложения реализована с использованием платформы Node.js, что гарантирует стабильность, высокую производительность и масштабируемость системы. Дополнительными важными инструментами разработки стали TypeScript, Redux, TypeORM и Redis, позволяющие повысить надежность и обеспечить быструю обработку данных и запросов. В приложении особое внимание уделено вопросам безопасности и защиты пользовательских данных, что реализовано через механизмы аутентификации и авторизации на основе токенов JWT. Character.AI, интегрированный в мобильное приложение, обладает глубокими возможностями персонализации виртуальных собеседников. Пользователи могут детально настраивать стиль речи, поведение, уровень формальности, манеру общения и даже эмоциональные реакции персонажей, что позволяет создавать действительно уникальный и индивидуализированный опыт взаимодействия. Такой уровень настройки делает возможным моделирование как повседневного дружеского общения, так и более специализированных сценариев — от консультаций до образовательных диалогов. Важной особенностью платформы является возможность дополнения виртуальных персонажей визуальными аватарами, которые могут быть как статичными, так и анимированными. Это существенно усиливает визуальное восприятие, делает виртуального собеседника более живым, узнаваемым и вызывает большую эмоциональную вовлечённость у пользователя. За счёт визуального

контекста создаётся эффект присутствия и усиливается иллюзия реального общения.

Гибкость платформы обеспечивается возможностью интеграции через API, что открывает широкие перспективы для разработчиков. Это позволяет легко адаптировать приложение под различные сценарии — от развлечений и саморазвития до терапии и поддержки клиентов. Поддержка API облегчает внедрение в уже существующие мобильные и веб-приложения, обеспечивая быстрое масштабирование и минимальные издержки на интеграцию. Таким образом, Character.AI выступает как мощный и универсальный инструмент для построения персонализированных диалоговых интерфейсов нового поколения [1].

Алгоритмы работы платформы Character.AI базируются на современных трансформерных нейросетевых моделях типа GPT и LaMDA, которые обеспечивают глубокий и точный семантический анализ и качественную генерацию естественного текста [2]. Работа нейросети начинается с этапа обработки входящих данных, где используются передовые NLP-алгоритмы, включая tokenization (разбиение текста на токены) и embeddings (представление текста в виде многомерных векторов, сохраняющих семантический смысл). Далее следует этап генерации ответа, при котором учитываются контекст текущего диалога и эмоциональное состояние пользователя, благодаря чему виртуальный собеседник способен точно и естественно реагировать на реплики пользователя. Важным элементом системы является управление контекстной памятью, позволяющее виртуальному персонажу запоминать предыдущие сообщения и выстраивать логичный и последовательный диалог.

Использование виртуальных собеседников на основе Character.AI открывает широкие возможности в различных сферах деятельности. Приложение успешно используется для оказания психологической поддержки, образовательных консультаций, профессиональной помощи, а также в развлекательных сценариях и повседневном общении. Среди главных преимуществ виртуальных собеседников выделяется их быстродействие, позволяющее мгновенно получать ответы на любые вопросы, персонализация, обеспечивающая максимальную адаптацию к индивидуальным запросам пользователей, а также высокая степень эмоциональной вовлеченности, создающая эффект реального присутствия и живого общения. Автоматизация рутинных задач благодаря виртуальным помощникам позволяет значительно снизить затраты времени и повысить эффективность работы в различных профессиональных и личных ситуациях.

Важным аспектом является высокая гибкость и универсальность применения виртуальных собеседников, построенных на платформе Character.AI. Пользователи получают возможность настраивать

виртуального собеседника, адаптируя его поведение, тон общения и даже эмоциональную окраску сообщений. Благодаря этому виртуальный собеседник воспринимается максимально реалистично, что особенно ценно в психологических консультациях, где необходима высокая степень эмпатии и поддержки [3]. В таких сценариях приложение выступает не просто техническим инструментом, но и важным социальным фактором, помогающим справляться с одиночеством, стрессом, тревожностью и другими эмоциональными состояниями, когда человеку необходим разговор с внимательным и чутким собеседником.

Character.AI также успешно применяется для оказания профессиональных консультаций, например, в юридической, медицинской или финансовой сфере. Виртуальные собеседники, настроенные на конкретные профессиональные сценарии, помогают оперативно решать рабочие задачи, получать точную и проверенную информацию и консультироваться по узким специализированным вопросам. Такой подход позволяет значительно сократить время поиска нужной информации, уменьшить вероятность ошибок и повысить продуктивность труда, особенно в условиях высокого темпа работы.

Внедрение разработанного мобильного приложения с интеграцией платформы Character.AI демонстрирует существенный потенциал и перспективность применения искусственного интеллекта в области мобильных технологий. Предлагаемое решение обеспечивает индивидуальный подход к каждому пользователю, повышает доступность качественных консультационных услуг и делает коммуникацию с интеллектуальными системами простой и интуитивно понятной. Использование современного технологического стека, включающего React Native и Node.js, гарантирует высокую производительность и стабильность работы системы, делая её востребованной и удобной для широкого круга пользователей, заинтересованных в получении быстрой, точной и персонализированной поддержки в самых различных сферах жизнедеятельности.

Литература

1. GitHub - meta-llama/llama [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://github.com/meta-llama/llama, свободный – Загл. с экрана. –Яз. англ. – Дата доступа: 01.03.2024

2. Официальный сайт Rasa [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://rasa.com/, свободный – Загл. с экрана. –Яз. англ. – Дата доступа: 01.03.2024

3. Официальный сайт Character.AI [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://character.ai/, свободный – Загл. с экрана. –Яз. англ. – Дата доступа: 01.03.2024

УДК 004.9

WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СКЛАДСКИМИ ЗАПАСАМИ

Баяманова А.К.
Научный руководитель – Ковалева И. Л., к.т.н., доцент

Эффективное управление складскими запасами является ключевым фактором успеха для многих предприятий. Традиционные методы ведения складского учёта (на бумаге или в таблицах) часто приводят к человеческим ошибкам и задержкам в получении актуальных данных о запасах. В эпоху цифровизации бизнеса актуальной задачей становится переход на автоматизированные системы управления складом (WMS – Warehouse Management System). Такие системы позволяют снизить трудозатраты на учет товаров и минимизировать риск ошибок учета и пересортицы.

Разработанное web-приложение предоставляет базовый набор функций для ведения складского учёта и управления запасами предприятия. Диаграмма вариантов использования, представленная на рисунке 1, иллюстрирует возможности системы, которые доступны пользователю для выполнения конкретных задач.

Для повышения объективности и скорости работы в системе реализованы современные методы классификации запасов. В частности, в качестве методической основы выбраны ABC- и XYZ-анализ, широко используемые в логистике как эффективные инструменты оптимизации управления запасами. На практике наибольший эффект достигается при совместном использовании ABC- и XYZ-методик. В управлении запасами эти инструменты целесообразно применять комплексно, формируя ABC/XYZ-матрицу классификации номенклатуры. В разработанной системе такой подход реализован в виде автоматической сегментации всех товарных позиций на основе обоих критериев – значимости и стабильности спроса. Каждая позиция получает двойную категорию, например AX, BY, CZ и т.д., в соответствии со своей принадлежностью в ABC- и XYZ-группах. Внедрение ABC/XYZ-анализа в информационную систему позволило реализовать автоматизированную классификацию и адаптивные стратегии закупок.

На основе данных о продажах и потреблении система автоматически рассчитывает класс ABC и XYZ для каждого товара – например, с использованием анализа годового потребления (ABC) и коэффициента вариации спроса (XYZ). После классификации система присваивает категории (например, AX, BZ и т.д.) и применяет соответствующую политику пополнения.

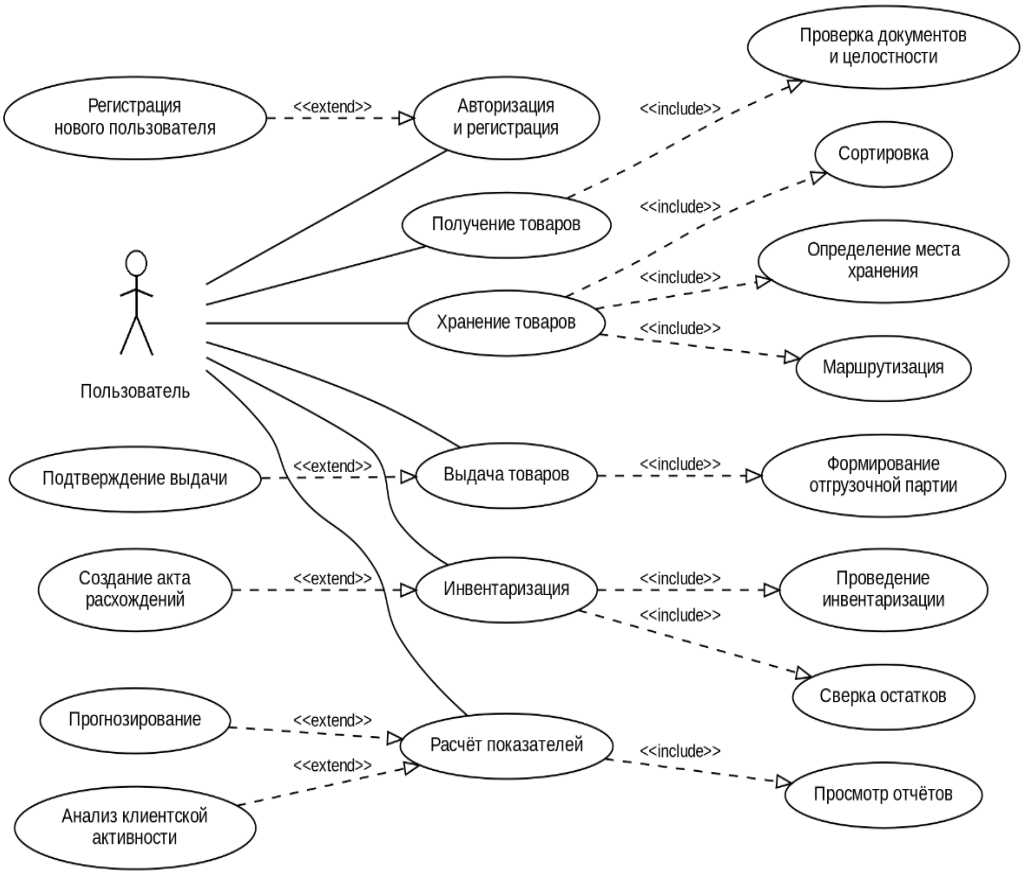


Рис.1. Диаграмма вариантов использования приложения ведения складского учета.

Товары класса A имеют наивысший приоритет: для них обычно задаются высокие цели по уровню обслуживания и применяется непрерывный мониторинг запасов. Так, для AX система установит минимальный страховой запас и автоматическое пополнение по точке заказа, чтобы исключить дефицит. Для AZ будет сохранен повышенный запас и предусмотрены быстрые поставки под всплески спроса. B-категории – умеренный приоритет: система может планировать регулярные (периодические) заказы для BX/BY, а для BZ – держать дополнительный резерв и чаще пересматривать уровень запаса. C-категории – низкий приоритет: CX управляются по принципу экономичного запаса (редкие крупные пополнения), CY пополняются по требованию при росте спроса, а CZ исключаются из автопополнения – заказ выполняется только под конкретную потребность. В результате, в зависимости от группы ABC/XYZ, система либо генерирует автоматические заявки на пополнение (для высокоприоритетных товаров), либо посылает ответственным лицам уведомления о снижении запасов, либо просто учитывает позицию в периодическом отчете для планового заказа.

Настоящий проект направлен на разработку и внедрение веб-приложения для складского учёта на одном из предприятий Кыргызстана. С 2019 по 2024 годы рынок систем по управлению складскими запасами (WMS – Warehouse Management System) в Кыргызской Республике продемонстрировал устойчивую и последовательную динамику роста. В итоге к 2024 году использование WMS-систем стало фактически нормой для крупных складских комплексов: «предприятия продолжат внедрять WMS, без которой уже сложно представить учёт и хранение». Если в начале периода внедрение WMS было прерогативой крупных игроков, то к 2023–2024 гг. наблюдается уверенное проникновение подобных решений в компании среднего и малого бизнеса, которое отражено на рисунке 2.

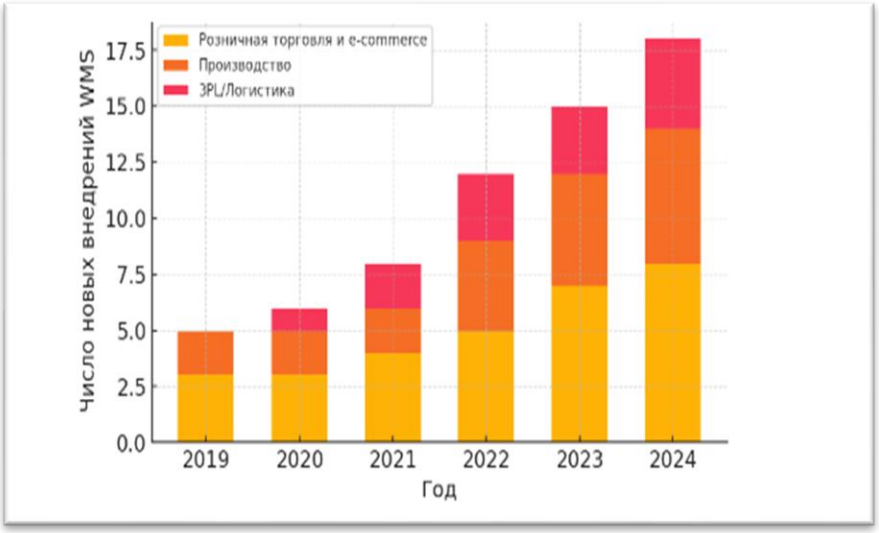


Рис.2. Динамика внедрений WMS в Кыргызстане (2019-2024, оценочно).

Литература

1. React. Официальная документация React [электронный ресурс] URL: https://react.dev/ (Дата обращения: 10.05.2025).
2. МойСклад. Облачный сервис для комплексного управления коммерческой деятельностью и складом [электронный ресурс] URL: https://www.moysklad.ru/ (Дата обращения: 10.05.2025).
3. Высшая школа экономики. Цифровые технологии в логистике и управлении цепями поставок: аналитический обзор / отв. ред. А.А. Иванов. – М.: Изд-во НИУ ВШЭ, 2024. – 120 с. [электронный ресурс] URL: https://publications.hse.ru/books/437257305/ (Дата обращения: 10.05.2025).
4. Шрайбфедер Дж. Эффективное управление запасами / Джон Шрайбфедер; Пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. – 304 с

УДК 004.9

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ЭКСПЕРТИЗЫ ВИДЕОКОНТЕНТА

Высоцкая В.А.
Научный руководитель – Ковалева И. Л., к.т.н., доцент

В современном мире медиаконтент играет ключевую роль в формировании общественного мнения, культурных трендов и личных взглядов. Социальные сети, блоги и видеоплатформы предоставляют уникальные возможности для самовыражения и обмена мнениями.

Однако в контексте криминалистики медиаконтент может стать важным источником информации для правоохранительных органов, исследователей и аналитиков. Социальные сети, видеоплатформы и новостные сайты содержат порой ценные улики, свидетельства преступлений или даже информацию о местонахождении подозреваемых. В этом смысле медиаконтент служит не только средством развлечения или информирования, но и инструментом расследования.

В контексте криминалистики и анализа медиаконтента, особенно видеозаписей, важную роль играют специализированные инструменты, такие как «Эскиз-В» и «VD-Expert». Эти программы предназначены для обработки, анализа видеоматериалов, что позволяет правоохранительным органам более эффективно расследовать преступления и собирать доказательства.

Программное обеспечение «Эскиз-В» и «VD-Expert» предоставляют широкий набор инструментов для анализа видео и изображений. Указанное программное обеспечение (ПО) используется для выявления межкадрового и внутрикадрового монтажа, выявление фактов пережатия видеозаписи, идентификацию устройства видеозаписи [1,2].

Исследование структуры видеофайлов в рамках криминалистической экспертизы охватывает широкий спектр задач, включая:

- документирование характеристик исследуемого видеофайла;
- извлечение криминалистически значимых данных;
- определение происхождения видеоматериала и обстоятельств его создания;
- идентификацию модели устройства записи;
- установление использованного при создании файла программного обеспечения;
- проверку идентичности сравниваемых видеофайлов;
- обнаружение признаков перекодирования и первичную оценку достоверности видеоданных;
- обнаружение признаков монтажа видеофайлов.

Решение перечисленных задач криминалистического исследования видеозаписей требует глубокого анализа технических параметров файлов, включая их форматы и кодеки. Поскольку именно структура контейнера и алгоритмы сжатия данных влияют на возможность извлечения метаданных, идентификации устройства или выявления признаков модификации, критически важным становится выбор программного обеспечения, способного обеспечить их анализ. Возможности исследования форматов и кодеков приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Форматы и кодеки, доступные для исследования в ПО «ЭСКИЗ-В» и «VD-эксперт».

Видеокон-тейнеры	Эскиз-В	VD-Expert	Видеокодеки	Эскиз-В	VD-Expert	Аудиокон-тейнеры/ Кодеки	Эскиз-В	VD-Expert
AVI	Да	Да	H.264/AVC	Да	Да	AAC	Да	Да
MP4 (H.264/H.265)	Да	Да	H.265/HEVC	Да	Да	MP3	Да	Да
MOV (QuickTime)	Да	Да	MPEG-2	Да	Да	AC-3 (Dolby Digital)	Да	Да
MKV	Да	Да	MPEG-4 Part 2 (DivX/Xvid)	Да	Да	PCM (WAV)	Да	Да
MPEG-1/2 (VOB, MPG)	Да	Да	VP8/VP9	Частично	Да	WMA	Да	Да
WMV/ASF	Да	Да	VC-1	Да	Да	Opus	Нет	Да
3GP/3G2	Да	Да	MJPEG	Да	Да	Vorbis (OGG)	Нет	Да
MXF	Нет	Да	ProRes	Нет	Да	FLAC	Нет	Да
AVCHD (MTS/M2TS)	Нет	Да						
WebM	Частично	Да						

Стоит отметить, что «VD-Expert» значительно превосходит в поддержке профессиональных форматов видеозаписи (MXF, AVCHD), кодеков (ProRes, VP9, AV1) и аудиоформатов (Opus, FLAC, Vorbis). Таким образом, для проведения анализа профессиональных или специфических форматов предпочтительнее ПО «VD-Expert».

Анализ структуры файла составляет базовый уровень исследования цифрового видео. В этом аспекте ПО «Эскиз-В» и «VD-Expert» предлагают достаточно широкий спектр возможностей, однако имеются различия. «Эскиз-В» предлагает более базовый функционал для анализа структуры данных: анализ заголовков основных форматов видеофайлов и контейнеров, извлечение базовых метаданных EXIF, отображение структуры файла в виде древовидной схемы основных блоков, выявление повреждений и несоответствий в структуре, раздельное отображение видео и аудиопотоков. «VD-Expert» предоставляет расширенные возможности: глубокий анализ

всех структурных элементов файла, полная декомпозиция контейнера, визуализация структуры файла с помощью различных цветов, возможность сравнения структур файлов, установление признаков редактирования файлов, извлечение всех метаданных, в том числе GPS-данных, анализ не только видео и аудиопотоков, но и иных потоков (субтитры, меню, главы). Также к преимуществам ПО «VD-Expert» относят высокую степень автоматизации и более высокую скорость обработки.

В рамках задач монтажа видеофайлов «Эскиз-В» и «VD-Expert» используют методы [1,3]:

- обнаружение аномалий в видеоряде (выявление признаков повторного сжатия, поиск областей рассогласованности параметров видео и аудио сигналов);
- поиск повторных кадров, поиск указанного кадра в видеоряде;
- проведение особенностей устройств видеозаписи;
- измерение базовых параметров видеосигнала (средний уровень сигнала, гистограммы, скорость изменения сигнала);
- визуализация амплитудного и фазового спектра видеосигнала;
- оценка параметров шумов кадров, отдельных участков или их динамику.

Обе программы реализуют указанные методы, но вместе с тем в «VD-Expert» присутствует дополнительный функционал, направленный на анализ видеоданных: распознавание изображения текстовых меток в кадре, а также анализ электросетевых наводок.

Таким образом, современные программы криминалистического анализа видео «Эскиз-В» и «VD-Expert» играют важную роль в анализе цифровых материалов. Сравнительный анализ показал, что «Эскиз-В» эффективен для базовой проверки, тогда как «VD-Expert» обеспечивает более глубокий анализ профессиональных форматов и сложных случаев монтажа. Вместе с тем эффективное использование этих инструментов требует не только технических навыков, но и понимания контекста расследования, а также критического подхода к интерпретации полученных данных.

Литература

1. АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ВИДЕОФАЙЛОВ В КРИМИНАЛИСТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПО ЭСКИЗ-В (19.09.2019 г.). – URL: https://diviline.ru/products/eskiz_v/publications-video-format-analysis/ (date of access: 02.04.2025).

2. «ЭСКИЗ-В» - программа для видеотехнической экспертизы - ДиВиЛайн. – URL: https://diviline.ru/products/eskiz_v/ (date of access: 19.02.2025).

3. VD-Expert | OT Contact. – URL: https://ot-contact.com/product/vd-expert/ (дата обращения: 19.02.2025).

УДК 004.9

WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ «КОРПОРАТИВНЫЙ ПОЧТОВЫЙ КЛИЕНТ»

Гедревич Е.А.
Научный руководитель – Ковалева И. Л., к.т.н., доцент

Цифровизация коммуникаций в корпоративной среде требует инструментов, обеспечивающих оперативный обмен информацией и структурированное взаимодействие сотрудников. Традиционные почтовые сервисы и отдельные мессенджеры часто создают фрагментацию данных, усложняя управление рабочими процессами. Разработанное веб-приложение объединяет функционал почтового клиента и внутреннего чата, предлагая комплексное решение для синхронизации и архивирования корпоративных коммуникаций.

Приложение построено на многоуровневой архитектуре, где серверная часть реализована с использованием ASP.NET, обеспечивающей высокую производительность и безопасность обработки запросов. Клиентская часть, созданная на React, предоставляет динамический интерфейс адаптивной верстки. Интеграция WebSocket-протокола позволяет реализовать мгновенную передачу сообщений в чате, а REST API обеспечивает взаимодействие с почтовым сервером для отправки, приема и сортировки писем.

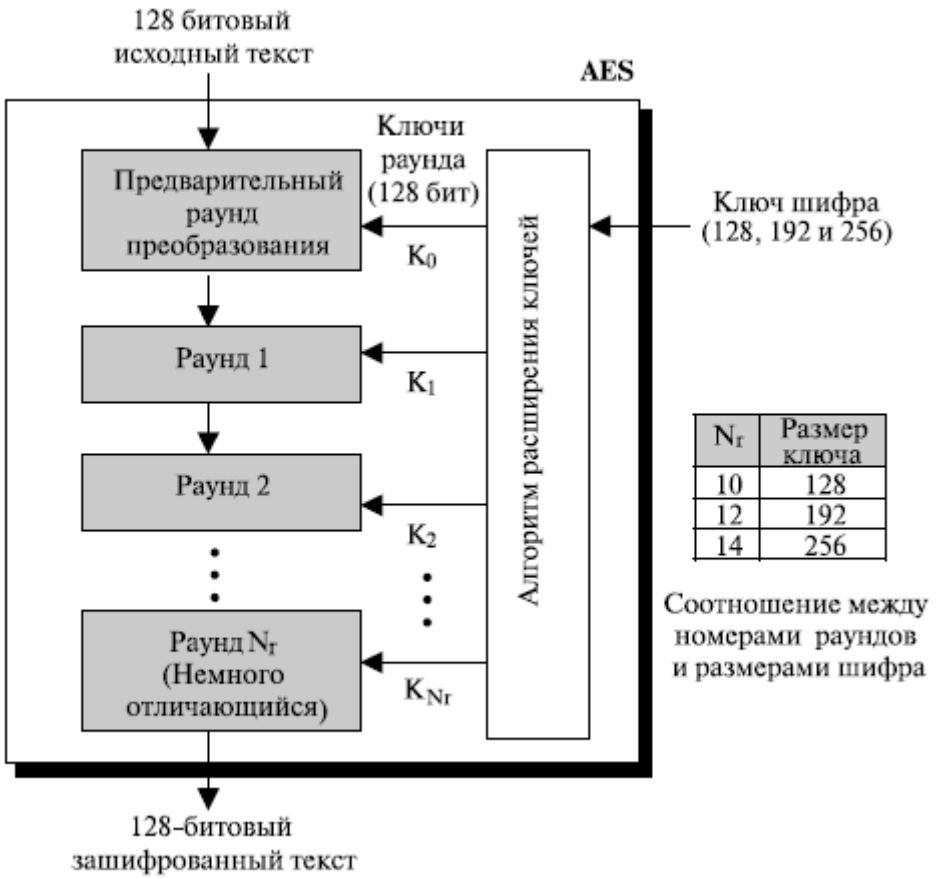
Особое внимание уделено унификации данных: все сообщения и письма сохраняются в единой базе данных PostgreSQL, что позволяет формировать сквозную историю коммуникаций. Для защиты конфиденциальной информации реализованы механизмы шифрования передачи данных (TLS 1.3). Визуальная составляющая интерфейса разработана с учетом принципов usability — ключевые функции доступны в один клик, а система уведомлений минимизирует риск пропуска важных сообщений.

В качестве способа шифрования данных в письмах пользователей используется алгоритм шифрования AES-256. AES-256 — это современный стандарт симметричного шифрования, разработанный для защиты данных с высочайшим уровнем безопасности. Он использует ключ длиной 256 бит, что делает его практически неуязвимым к brute-force атакам даже при использовании современных вычислительных мощностей. Алгоритм основан на замене и перестановке данных (substitution-permutation network), где информация преобразуется через серию нелинейных операций, таких

как замена байтов, сдвиг строк и перемешивание столбцов, что гарантирует сложность обратного восстановления исходного текста без ключа.

AES-256 работает с блоками данных фиксированного размера — 128 бит. Это означает, что даже при использовании 256-битного ключа размер зашифрованного блока остаётся 16 байт, а инициализационный вектор (IV), применяемый в режимах типа CFB, также ограничен 128 битами. Такая структура обеспечивает баланс между скоростью и безопасностью, позволяя эффективно шифровать большие объёмы информации.

Рисунок 1 показывает общую схему: алгоритм шифрования (называемого шифром); алгоритм дешифрования (называемый обратным шифром), для которого применяются те же ключи, но в обратном порядке.



Nr	Размер ключа
10	128
12	192
14	256

Соотношение между номерами раундов и размерами шифра

Рис.1. Общее построение шифрования AES шифра.

Для надежности хранения данных о пользователе также используется хеширование пароля. Хеширование паролей — приоритетный фактор безопасности, который учитывают при разработке приложения или службы, которые принимают пароли пользователей. Без хеширования пароли, которые хранятся, украдут, если хранилище данных скомпрометируют, а затем немедленно применят для компрометации и приложения или службы,

и учётных записей пользователей в других службах, если пользователи других служб не установили уникальные пароли.

Алгоритм, который применяют для хеширования паролей пользователей перед сохранением, серьёзно затрудняет раскрытие исходного пароля злоумышленником, при этом доступ к сравнению хеша с исходным паролем в будущем сохраняется.

Для усиления безопасности используются соли — случайные значения, добавляемые к паролю перед хешированием. Это предотвращает атаки через радужные таблицы и делает каждый хеш уникальным.

Современные алгоритмы, такие как bcrypt, также включают параметр cost factor, регулирующий сложность вычислений. Чем выше значение, тем дольше генерируется хэш, что защищает от перебора даже при росте мощности вычислительных устройств.

В результате выполнения хеширования можно увидеть результат, показанный на рисунке 2.

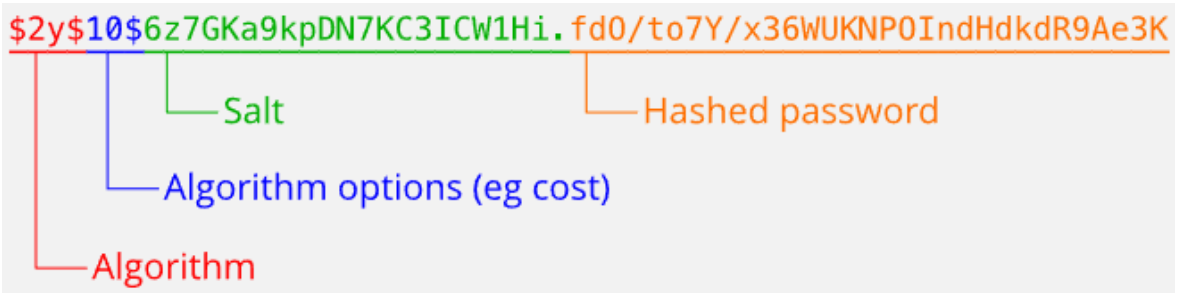


Рис.2. Пример формата значения хеширования.

Разработанное веб-приложение представляет собой комплексное решение для цифровизации корпоративных коммуникаций, устраняя фрагментацию данных за счет интеграции почтового клиента и внутреннего чата в единую систему.

Использование многоуровневой архитектуры на основе ASP.NET и React обеспечивает высокую производительность и адаптивность интерфейса, что соответствует современным требованиям к корпоративным платформам.

Внедрение WebSocket-протокола и REST API гарантирует мгновенную передачу сообщений и эффективное взаимодействие с почтовыми серверами, повышая скорость коммуникаций

Литература

1. ASP.NET Core Documentation [Электронный ресурс] URL: https://docs.microsoft.com/en-us/aspnet/core/ (Дата обращения: 25.04.2025).

2. React Official Website [Электронный ресурс] URL: https://react.dev/ (Дата обращения: 25.04.2025).
3. PostgreSQL Documentation [Электронный ресурс] URL: https://www.postgresql.org/docs/ (Дата обращения: 25.04.2025).

УДК 004.9

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ УЧАЩИХСЯ ИНЖЕНЕРНЫХ КЛАССОВ

Кабыш Я. А.
Научный руководитель – Ковалева И. Л., к.т.н., доцент

В последние годы вопросы объективной и глубокой оценки знаний учащихся инженерных классов приобретают всё большую актуальность. Современные образовательные практики требуют не только проверки уровня усвоения теоретического материала, но и анализа сформированности инженерных компетенций, способности к самостоятельному поиску решений и работе с технической информацией. В этих условиях автоматизация процессов тестирования становится неотъемлемой частью образовательной среды, позволяя преподавателям и администраторам получать развернутую картину успеваемости и динамики развития учащихся.

Широко распространённые онлайн-сервисы, такие как Google Forms, на первый взгляд кажутся удобным инструментом для организации тестирования. Однако при более глубоком анализе выявляются существенные ограничения, особенно критичные для инженерных классов. Во-первых, вопросы безопасности и приватности данных становятся всё более значимыми. Использование сторонних сервисов подразумевает передачу персональных данных учащихся на внешние серверы, зачастую находящиеся за пределами страны. Это не только вызывает сомнения в анонимности и конфиденциальности, но и может противоречить внутренним регламентам образовательных учреждений и требованиям законодательства. Во-вторых, зависимость от инфраструктуры крупных компаний, таких как Google, делает образовательный процесс уязвимым к внешним сбоям, изменениям политики доступа или даже блокировкам. В случае технических проблем или изменений в условиях использования сервисов образовательная организация может оказаться в ситуации, когда доступ к результатам тестирования будет утрачен или ограничен.

Несмотря на универсальность и простоту, сервисы вроде Google Forms, Microsoft Forms и Яндекс.Форм имеют ограниченный функционал, что

затрудняет масштабирование и внедрение сложных сценариев, характерных для инженерных дисциплин. Невозможно реализовать многоэтапные задачи, интеграции с расчётными модулями, загрузку решений или автоматическую проверку сложных ответов. Также ограничены возможности настройки: отсутствует детализированная работа с компетенциями и индивидуальными траекториями. В итоге преподавателям приходится использовать сторонние инструменты или обрабатывать результаты вручную, что снижает эффективность и повышает риск ошибок. Сравнение систем представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение функциональных возможностей Google Forms и созданной системы

Функция	Google Forms	Созданная система
Безопасность	Внешние серверы, мало контроля	Локальное хранение, полный контроль
Независимость от сторонних сервисов	Зависимость от Google	Автономная работа
Разграничение доступа	Создатель теста и проходящий тест	Настроенные роли администратора, учителя и ученика
Масштабируемость	Ограничена возможностями сервиса	Гибкая, легко масштабируемая
Анонимность	Не гарантируется	Полная конфиденциальность

Разработанная система тестирования ориентирована на потребности инженерных классов и учитывает специфику образовательного процесса. В отличие от стандартных решений, она полностью контролируется учебным заведением, что гарантирует сохранность и конфиденциальность данных. Все результаты тестирования хранятся на собственных серверах, доступ к которым регулируется внутренними политиками безопасности.

Система поддерживает расширенную структуру тестов: вопросы могут содержать изображения, формулы, вложения, а также быть связаны с определёнными компетенциями или темами. Это позволяет не только оценивать общий уровень знаний, но и выявлять пробелы в конкретных областях, формировать индивидуальные рекомендации для каждого учащегося.

В разработанной системе особое внимание уделено продуманной организации работы с пользователями и гибкому разграничению прав доступа. Тесты могут создавать как администраторы, так и учителя, причём

все созданные тесты становятся доступны для просмотра и использования всеми пользователями с соответствующими ролями. Это обеспечивает удобство совместной работы, обмена материалами и позволяет быстро внедрять новые тесты в образовательный процесс. Структура разработанной базы данных представлена на рисунке 1.

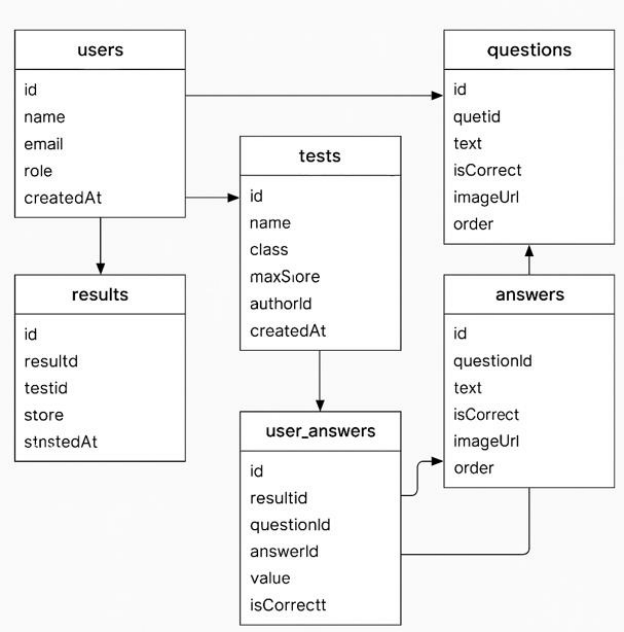


Рис.1. Схема базы данных системы тестирования.

Каждый преподаватель видит результаты только своих учеников, что обеспечивает конфиденциальность и безопасность данных. Это позволяет анализировать успеваемость класса без доступа к чужим результатам, что особенно важно для соблюдения этических норм.

Управление системой осуществляет администратор с расширенными правами: он создаёт и редактирует тесты, управляет пользователями и ролями, следит за корректностью данных. Такой подход обеспечивает централизованное, прозрачное и безопасное администрирование.

Одной из уникальных возможностей системы является автоматический импорт тестов из Google Forms. Преподаватель может указать ссылку на публичную форму, после чего система автоматически извлечёт все вопросы, варианты ответов и изображения. Полученные данные можно отредактировать, добавить критерии оценки, расширить аналитические возможности и сохранить тест в собственной базе. Это позволяет быстро адаптировать уже существующие материалы под нужды инженерных классов, не теряя времени на ручной перенос. Система разработана с использованием современных веб-технологий: TypeScript и фреймворка Next.js для клиентской и серверной логики, Tailwind CSS — для стилизации

интерфейса. В качестве базы данных используется MySQL, а взаимодействие с ней осуществляется через ORM Prisma.

Литература

1. Мур, Т. Дж., Ван, Х.-Х., Рериг, Г. Х. Инженерное мышление в практике STEM-обучения // Инженерное образование. – 2015. – № 17. – С. 47–55.

УДК 004.9

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ КОНТРОЛЯ ВЕРСИЙ СТУДЕНЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ GIT

Ошуковская О.Э.
Научный руководитель – Ковалева И.Л., к.т.н., доцент

Современные образовательные программы, особенно в технических вузах, всё чаще ориентированы на проектную деятельность, предполагающую выполнение студентами курсовых, дипломных и лабораторных проектов в командах. Одним из ключевых аспектов успешной командной работы является отслеживание и координация индивидуального вклада участников, что требует использования систем контроля версий. Такие системы позволяют фиксировать изменения в проекте, обеспечивают совместную работу над задачами и повышают прозрачность процессов разработки.

Наиболее известным и широко применяемым инструментом контроля версий в профессиональной среде является Git [1,2]. Однако его использование в образовательном контексте связано с рядом трудностей. Классический интерфейс Git требует знания командной строки, понимания принципов ветвления, слияния, разрешения конфликтов и других аспектов, что затрудняет его освоение без предварительной подготовки. Кроме того, традиционные инструменты контроля версий в основном ориентированы на работу с текстовыми файлами исходного кода, тогда как студенческие проекты, особенно нашей кафедры, всё чаще охватывают и инженерные задачи, выполняемые в специализированных программных средах, таких как SolidWorks, ANSYS и др.

Для успешной реализации образовательных проектов в сфере моделирования, проектирования и инженерного анализа необходима система контроля версий, способная обрабатывать как программный код, так и бинарные файлы, созданные в CAD/CAE-системах. Разработка такого модуля представляет собой актуальную задачу, направленную на расширение функциональности системы управления проектами в

образовательной среде и адаптацию промышленных инструментов под нужды студентов и преподавателей.

Целью данной работы является создание модуля контроля версий, основанного на концепции Git, с поддержкой как текстовых, так и инженерных файлов, адаптированного для применения в рамках студенческих проектов. Модуль разрабатывается как компонент более широкой системы управления учебной проектной деятельностью, обеспечивая преподавателям прозрачность процессов, а студентам — интуитивно понятную среду для совместной работы.

Для поддержки инженерных проектов, выполняемых в средах SolidWorks и ANSYS, в модуле предполагается реализовать механизм автоматического извлечения метаданных и создания эскизов при сохранении каждой версии. Графическая схема модуля представлена на рисунке 1.

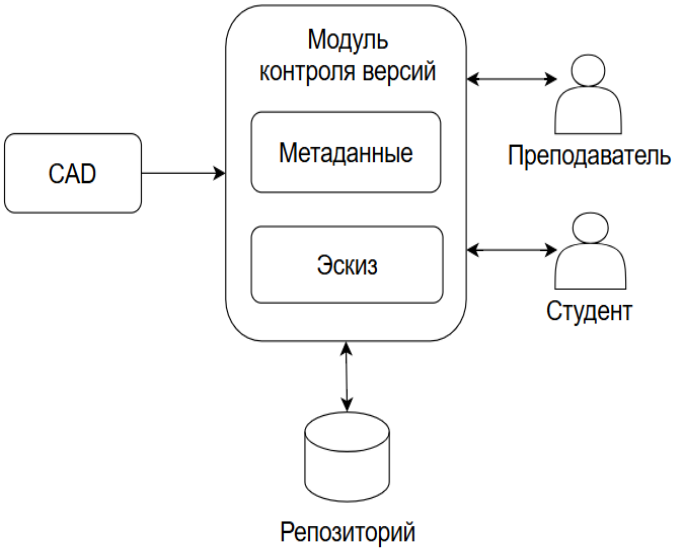


Рис.1. Графическая схема модуля.

Это достигается путём обращения к встроенным API, которое представлено на рисунке 2, например, SolidWorks API позволяет получить параметры детали (ширина, высота, материал) и сохранить превью в виде изображения [3]. Полученные данные записываются в лог версий, а изображения используются для визуального сравнения изменений.

```
// Пример извлечения параметров модели и сохранения превью
ModelDoc2 swModel = (ModelDoc2)swApp.ActiveDoc;

string configName = swModel.ConfigurationManager.ActiveConfiguration.Name;
double width = swModel.Parameter("D1@Sketch1").SystemValue;
double height = swModel.Parameter("D2@Sketch1").SystemValue;

string previewPath = @"C:\Project\Previews\model_" + DateTime.Now.Ticks + ".png";
swModel.SaveAs(previewPath); // Сохраняем эскиз

// Запись метаданных
File.AppendAllText("metadata.log", $"[Version {DateTime.Now}] Config: {configName},
                  "Width: {width}, Height: {height}, Preview: {previewPath}\n");
```

Рис.2. Пример кода на C# с использованием SolidWorks API.

На основе этих данных сформируется журнал изменений, содержащий дату, имя автора, параметры, комментарий и путь к изображению. Структура может быть сохранена в JSON файл, фрагмент которого представлен на рисунке 3.

```
{
  "version": "v1.0",
  "author": "Ошуковская О.",
  "timestamp": "2025-05-08T15:23:00",
  "changes": {
    "D1@Sketch1": "100mm → 120mm",
    "Material": "Steel → Aluminum"
  },
  "comment": "Изменён материал и размеры корпуса",
  "preview": "previews/model_1683549800.png"
}
```

Рис.3. Журнал изменений.

Откат к предыдущей версии возможен путём выбора нужной записи из журнала. Он реализуется простой подменой активного файла на предыдущую сохранённую версию, что можно выполнить из интерфейса. Преподаватель увидит эволюцию модели и вклад каждого участника.

Предложенный модуль обеспечивает контроль версий не только программного кода, но и инженерных моделей, что значительно расширяет его применимость в образовательной среде технического вуза. В отличие от классических систем, модуль позволяет хранить и отслеживать изменения в бинарных файлах с использованием Git LFS, дополняя их визуальными и параметрическими сравнениями версий, полученными через CAD/CAE API

[3]. Это повышает прозрачность проектной работы, упрощает контроль индивидуального вклада студентов и позволяет преподавателю объективно оценивать динамику развития модели [2]. Благодаря визуализации и автоматическому извлечению метаданных, система снижает порог входа и делает работу с инженерными файлами интуитивно понятной даже для студентов без опыта работы с Git [1].

Литература

1. Чикарелли С., Шаффер Дж. Git для профессионального программиста. — Санкт-Петербург : Питер, 2020. — 320 с.
2. Loeliger J., McCullough M. Version Control with Git. — 3rd ed. — Sebastopol : O'Reilly Media, 2022. — 456 p.
3. Гудкова Т.А., Михайлова Л.В. Проектирование в SolidWorks : учеб. пособие. — Москва : Академия, 2021. — 208 с.

УДК 004.9

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ АНАЛИЗА АДАПТАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РАБОТНИКОВ БИБЛИОТЕКИ

Парфенова У. Д.
Научный руководитель – Ковалева И. Л., к.т.н., доцент

Современные библиотеки переживают период трансформации, связанный с цифровизацией информационного пространства и изменением роли библиотечных учреждений в обществе. В таких условиях особое значение приобретает человеческий фактор, а именно способность работников библиотек адаптироваться к новым профессиональным требованиям и меняющимся условиям труда [1]. Адаптационный потенциал сотрудников становится одним из ключевых факторов успешного функционирования библиотек в цифровую эпоху.

Под адаптационным потенциалом понимается интегральная характеристика личности, отражающая способность к психологической, социальной и профессиональной адаптации в изменяющихся условиях [2]. Оценка и мониторинг адаптационного потенциала работников библиотеки требует систематического подхода и применения современных методов анализа данных, что обусловливает необходимость разработки специализированного программного средства. Автоматизация процессов мониторинга адаптационного потенциала позволяет руководству библиотек быстро и точно оценивать уровень адаптированности сотрудников,

выявлять тренды и закономерности, что способствует принятию обоснованных решений по совершенствованию кадровой политики [3].

Для оценки адаптационного потенциала работников библиотеки предлагается подход, который включает в себя девять последовательных этапов, представленных на рисунке 1. Данный подход реализуется в разрабатываемом программном средстве и обеспечивает комплексную оценку адаптационного потенциала на основе многомерного статистического анализа.

На первом этапе выполняется постановка цели и задач оценивания, где определяются конкретные цели исследования уровня адаптационного потенциала работников. На втором этапе осуществляется сбор первичных данных о работниках библиотеки с помощью анкетирования, психологического тестирования, экспертных оценок руководителей и данных о результативности работы. Третий этап включает предобработку данных – очистку от выбросов и аномалий, обработку пропущенных значений, кодирование категориальных переменных.

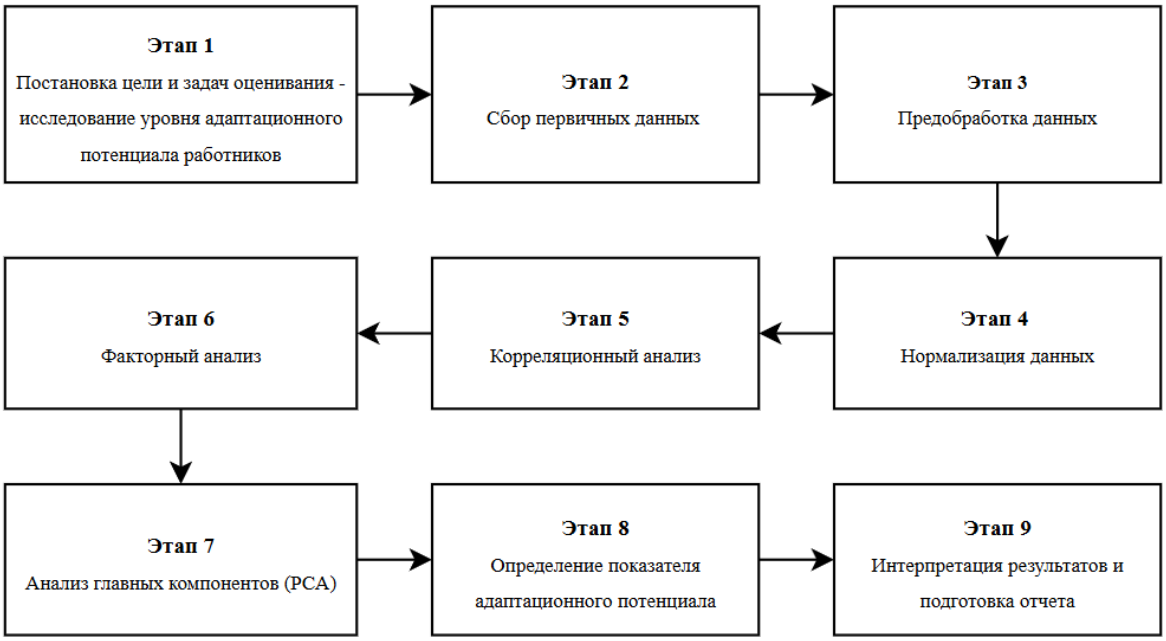


Рис.1. Основные этапы оценки адаптационного потенциала работников библиотеки.

Четвертый этап заключается в нормализации данных, т.е. приведении всех показателей к единой шкале для обеспечения их сопоставимости. На пятом этапе выполняется корреляционный анализ для исследования взаимосвязей между различными показателями адаптационного потенциала. Шестой этап предполагает проведение факторного анализа для выделения латентных факторов, определяющих структуру адаптационного потенциала [4]. На седьмом этапе применяется метод главных компонент

(PCA) для дальнейшего снижения размерности данных и выделения наиболее информативных линейных комбинаций исходных переменных [5]. Восьмой этап заключается в определении показателя адаптационного потенциала как взвешенной суммы значений выделенных главных компонент. На девятом, заключительном этапе, выполняется интерпретация результатов – классификация работников по уровню адаптационного потенциала, формулировка выводов и практических рекомендаций.

Данные, собранные на втором этапе для анализа адаптационного потенциала работника библиотеки, могут быть представлены в виде таблицу excel. Пример исходной таблицы показан на рисунке 2.

Результат работа программного средства представлен на рисунке 3.

Разработанное программное средство для анализа адаптационного потенциала работников библиотеки представляет собой инновационное решение, позволяющее автоматизировать процесс мониторинга адаптации сотрудников и принятия управленческих решений в области кадровой политики библиотечных учреждений, что особенно актуально в условиях цифровой трансформации библиотечной отрасли.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	Отметка времени	ФИО	Отдел	Должность	Стаж работы (лет)	Оцените свой уровень стресса (0-10)	Насколько сильно вы удовлетворенны работой (0-10)	Оцените свои отношения с коллегами (0-10)	Часто ли вы испытываете усталость после работы	Как вы оцените комфорт рабочей атмосферы (1-10)	Как часто вы ощущаете сильную загруженность	Определите уровень своей адаптации (1-10)	Как часто вас посещают мысли об увольнении (дней в неделю)	Какие у вас отношения с начальством	Насколько сильно вам нравится работа (1-10)	Оцените уровень своей адаптации	Как часто вы испытываете негативные эмоции (1-10)	Как часто вы испытываете положительные эмоции (1-10)	Оцените свое эмоциональное состояние на данный момент (1-10)	Напиши ваши пожелания или недостатки в рабочем процессе
2	2025-05-0	Антонина	Бухгалтер	Рекрутер	3,7	2	6	8	Да	3	Иногда	5	0	Хорошие	7	Средне	8	1	2	Хотелось бы увеличить время для отдыха
3	2025-04-2	Гуляев Эм	Производ	Рекрутер	21,1	8	8	10	Нет	9	Часто	4	3	Средне	4	Высоко	5	10	4	Все устраивает
4	2025-04-2	Вишняко	Отдел пр	Рекрутер	14,6	7	1	10	Да	3	Часто	6	1	Могло быть лучш	5	Низко	9	3	2	Недостаточный уровень поддержки новых технологиу и об
5	2025-04-2	Евстафий	HR	Инженер	20,7	0	7	2	Нет	3	Редко	2	0	Приемлемые	9	Низко	9	10	10	Недостаточная квалификация работников
6	2025-04-2	Матвеева	IT-отдел	Бухгалтер	8,7	2	7	4	Нет	6	Никогда	6	5	Плохие	6	Высоко	8	3	2	Улучшения качества рабочего пространства
7	2025-04-2	Наталья Б	Производ	Рекрутер	6,1	9	2	8	Да	7	Всегда	2	4	Хорошие	3	Высоко	6	4	3	Увелечение заработной платы
8	2025-04-0	Романов	IT-отдел	Маркетол	10,8	1	2	10	Да	4	Никогда	3	0	Очень хорошие	6	Низко	10	2	6	Все устраивает
9	2025-05-0	Орехов М	IT-отдел	Менедже	16,4	1	1	6	Да	3	Никогда	3	7	Могло быть лучш	7	Средне	7	10	10	Хотелось бы уменьшить нагрузку на молодых специалистов
10	2025-04-1	Евпракси	HR	Менедже	14,4	4	4	3	Нет	9	Редко	2	1	Приемлемые	10	Средне	4	10	6	Поддержка сотрудников и улучшение коммуникации межд
11	2025-04-0	Баранова	Маркетин	Разработ	13,5	6	4	5	Да	5	Редко	1	4	Плохие	4	Средне	5	3	1	Обновление технологий и систем
12	2025-04-2	Дементий	Бухгалтер	Рекрутер	11,1	6	2	4	Нет	8	Часто	9	1	Хорошие	7	Высоко	6	4	2	Внедрение новых технологий
13	2025-04-2	Никитина	IT-отдел	Инженер	20,1	10	1	3	Нет	1	Часто	2	1	Хорошие	2	Низко	6	2	8	Помощь в повышение квалификации по мере роста работн
14	2025-04-1	Пров Фед	Маркетин	Бухгалтер	18	9	4	10	Нет	5	Иногда	4	7	Хорошие	7	Средне	8	1	2	Предоставление развития в других направлениях
15	2025-04-0	Тимофеев	HR	Разработ	8,8	5	1	6	Да	2	Часто	1	6	Плохие	2	Высоко	6	4	6	Все устраивает
16	2025-05-0	Лапин Ул	Маркетин	Бухгалтер	17	9	2	7	Нет	1	Иногда	1	0	Очень хорошие	3	Низко	2	3	9	Все устраивает

Рис.2. Пример исходных данных.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	Отметка времени	ФИО	Отдел	Должность	Стаж работы (лет)	Оцените свой уровень стресса (0-10)	Насколько сильно вы удовлетворенны работой (0-10)	Оцените свои отношения с коллегами (0-10)	Часто ли вы испытываете усталость после работы	Как вы оцените комфорт рабочей атмосферы (1-10)	Как часто вы ощущаете сильную загруженность	Определите уровень своей адаптации (1-10)	Как часто вас посещают мысли об увольнении (дней в неделю)	Какие у вас отношения с начальством	Насколько сильно вам нравится работа (1-10)	Оцените уровень своей адаптации	Как часто вы испытываете негативные эмоции (1-10)	Как часто вы испытываете положительные эмоции (1-10)	Оцените свое эмоциональное состояние на данный момент (1-10)	Напиши ваши пожелания или недостатки в рабочем процессе	Адаптационный потенциал
2	2025-05-0	Антонина	Бухгалтер	Рекрутер	3,7	2	6	8	Да	3	Иногда	5	0	Хорошие	7	Средне	8	1	2	Хотелось	65%
3	2025-04-2	Гуляев Эм	Производ	Рекрутер	21,1	8	8	10	Нет	9	Часто	4	3	Средне	4	Высоко	5	10	4	Все устра	55%
4	2025-04-2	Вишняко	Отдел пр	Рекрутер	14,6	7	1	10	Да	3	Часто	6	1	Могло быть лучш	5	Низко	9	3	2	Недостат	40%
5	2025-04-2	Евстафий	HR	Инженер	20,7	0	7	2	Нет	3	Редко	2	0	Приемлемые	9	Низко	9	10	10	Недостат	75%
6	2025-04-2	Матвеева	IT-отдел	Бухгалтер	8,7	2	7	4	Нет	6	Никогда	6	5	Плохие	6	Высоко	8	3	2	Улучшени	50%
7	2025-04-2	Наталья Б	Производ	Рекрутер	6,1	9	2	8	Да	7	Всегда	2	4	Хорошие	3	Высоко	6	4	3	Увелечен	30%
8	2025-04-0	Романов	IT-отдел	Маркетол	10,8	1	2	10	Да	4	Никогда	3	0	Очень хорошие	6	Низко	10	2	6	Все устра	80%
9	2025-05-0	Орехов М	IT-отдел	Менедже	16,4	1	1	6	Да	3	Никогда	3	7	Могло быть лучш	7	Средне	7	10	10	Хотелось	45%
10	2025-04-1	Евпракси	HR	Менедже	14,4	4	4	3	Нет	9	Редко	2	1	Приемлемые	10	Средне	4	10	6	Поддержк	70%
11	2025-04-0	Баранова	Маркетин	Разработ	13,5	6	4	5	Да	5	Редко	1	4	Плохие	4	Средне	5	3	1	Обновлен	35%
12	2025-04-2	Дементий	Бухгалтер	Рекрутер	11,1	6	2	4	Нет	8	Часто	9	1	Хорошие	7	Высоко	6	4	2	Внедрени	60%
13	2025-04-2	Никитина	IT-отдел	Инженер	20,1	10	1	3	Нет	1	Часто	2	1	Хорошие	2	Низко	6	2	8	Помощь в	25%
14	2025-04-1	Пров Фед	Маркетин	Бухгалтер	18	9	4	10	Нет	5	Иногда	4	7	Хорошие	7	Средне	8	1	2	Предоста	50%
15	2025-04-0	Тимофеев	HR	Разработ	8,8	5	1	6	Да	2	Часто	1	6	Плохие	2	Высоко	6	4	6	Все устра	40%
16	2025-05-0	Лапин Ул	Маркетин	Бухгалтер	17	9	2	7	Нет	1	Иногда	1	0	Очень хорошие	3	Низко	2	3	9	Все устра	60%

Рис.3. Результат работы алгоритма.

Литература

1. Кузьмин Е.И., Фирсов В.Р. Библиотеки в эпоху цифровых технологий: новые направления развития // Библиотековедение. 2023. № 2. С. 136-145.
2. Маклаков А.Г. Личностный адаптационный потенциал: его мобилизация и прогнозирование в экстремальных условиях // Психологический журнал. 2022. Т. 22, № 1. С. 16-24.
3. Степанов В.К. Библиотека и библиотекари в ближайшие двадцать лет, или В ожидании сингулярности // Научные и технические библиотеки. 2021. № 1. С. 19-31.
4. Иберла К. Факторный анализ / Пер. с нем. В.М. Ивановой. М.: Статистика, 2021. 398 с.
5. Jolliffe I.T., Cadima J. Principal component analysis: a review and recent developments // Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. 2023. Vol. 374, No. 2065. P. 20150202.

УДК 004.4-004.9

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ГРУПП ПРОГРАММИСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Козловская Ю.Б.
Научный руководитель – Прихожий А.А., д.т.н., профессор

При работе над современными проектами в любой сфере жизнедеятельности человека одним из главных условий является правильно сформированная команда экспертов. Это касается и групп программистов.

В современных условиях динамичного развития IT-индустрии проблема эффективного формирования команд разработчиков приобретает все большую значимость. Успех реализации проекта, сроки его завершения и качество конечного продукта напрямую зависят от правильного выбора состава группы программистов.

Создание команд разработчиков является сложной задачей, которая требует учета множества критериев [1 – 6], например, таких как:

- уровень квалификации участников;
- специализацию и опыт работы;
- личные качества и способность к командной работе;
- временные ресурсы;
- специфику проекта.

Традиционные методы формирования групп часто приводят к неоптимальному распределению ресурсов и снижению эффективности работы команды, поэтому задача формирования групп программистов может быть представлена как задача оптимизации:

$$F(X) \to \max$$

где $X=\{x_{ij}\}$ - матрица распределения программистов по группам, $x_{ij}=1$, если программист i входит в группу j, и $x_{ij}=0$ в противном случае.

Целевая функция $F(X)$ может учитывать:

- суммарный уровень квалификации;
- баланс навыков в команде;
- временные затраты на выполнение проекта;
- вероятность успешного завершения проекта.

Для реализации задачи можно использовать, например, следующую математическую модель оценки квалификации программистов:

$$Q_i = \sum_{k=1}^{n} \omega_k s_{ik}$$

где Q_i - общая квалификация программиста i;

ω_k - вес k-го навыка;

s_{ik} - уровень владения k-м навыком программистом i.

Нейронные сети сегодня используются во всех сферах деятельности. Структура искусственной нейронной сети [2] приведена на рисунке 1. Количество и характеристики входных сигналов, скрытых слоёв и параметры выходного сигнала зависят от каждой конкретной задачи [3].

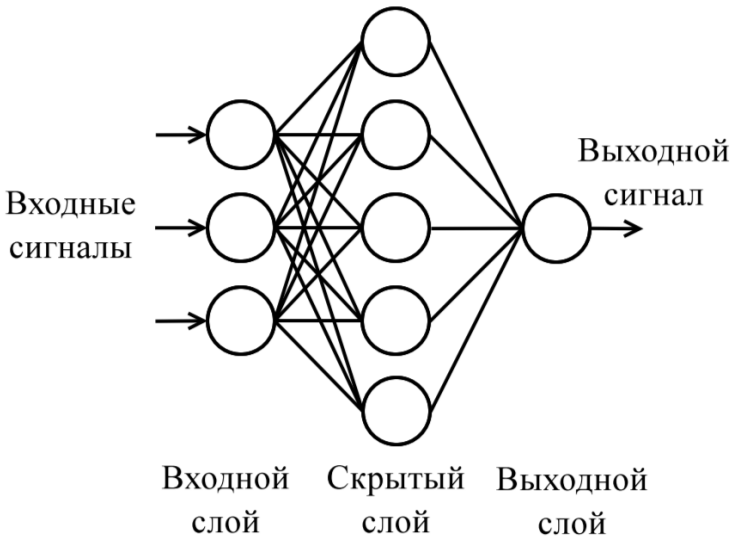


Рис.1. Искусственная нейронная сеть.

Современные подходы к формированию групп программистов с использованием нейронных сетей включают:

- вариационные нейронные архитектуры для формирования групп по базовым навыкам и компетенциям;
- многослойные нейронные сети для прогнозирования эффективности команд;

• гибридные методы, сочетающие нейронные сети с генетическими алгоритмами.

Для оптимизации можно использовать следующие методы [4, 5]:

• точные алгоритмы распределения экспертов;

• жадные алгоритмы формирования групп;

• генетические алгоритмы оптимизации квалификации;

• методы машинного обучения для анализа исторических данных.

Применение нейронных сетей при формировании команд программистов открывает новые горизонты для оптимизации работы IT-коллективов. Новейшие методы позволяют учитывать разнообразные аспекты и формировать более эффективные группы разработчиков, что, в свою очередь, способствует улучшению качества и ускорению разработки программного обеспечения.

В дальнейшем развитие технологий машинного обучения и искусственного интеллекта будет способствовать созданию еще более совершенных систем формирования команд, способных адаптироваться к меняющимся условиям и требованиям проектов.

Литература

1. Prihozhy, A.A. Method of qualification estimation and optimization of professional teams of programmers / A.A. Prihozhy, A.M. Zhdanouski / System analysis and applied information science. – 2018. – No. 2. – P. 4 - 11.

2. Созыкин, А.В. Обзор методов обучения глубоких нейронных сетей / А.В. Созыкин / Вестник ЮУрГУ. Серия: Вычислительная математика и информатика. – 2017. – №3. – С.28-59.

3. Anfilets, S. Deep Multilayer Neural Network for Predicting the Winner of Football Matches / S. Anfilets, S. Bezobrazov, V. Golovko, A. Sachenko, M. Komar, R. Dolny, V. Kasyanik, P. Bykovyy, E. Mikhno, O. Osolinskyi / International Journal of Computing. – 2020. – Vol. 19, №1. – P. 70-77.

4. Prihozhy, A.A. Genetic algorithm of optimizing the qualification of programmer teams / A.A. Prihozhy, A.M. Zhdanouski / System analysis and applied information science. – 2020. – №4. – P. 31-38.

5. Prihozhy, A.A. Exact and greedy algorithms of allocating experts to maximum set of programmer teams / A.A. Prihozhy / System analysis and applied information science. – 2022. – №1. – P. 40-46.

6. Rad R. etc. A Variational Neural Architecture for Skill-based Team Formation / ACM Transactions on Information Systems. – 2024. – Vol. 42, Issue 1. – P. 1 - 28.

УДК 004.424.5

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ СОРТИРОВКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

Мурза Д.А., Киянко М.В., Толкач И.В.
Научный руководитель – Прихожий А.А., д.т.н., профессор

Сортировка данных — одна из базовых операций в компьютерных науках, лежащая в основе многих алгоритмов и процессов обработки информации. В условиях стремительного роста объёмов обрабатываемых данных в науке, бизнесе и промышленности, становится критически важной задача оптимизации сортировочных процедур. Традиционные последовательные алгоритмы часто оказываются недостаточно эффективными при работе с большими объёмами информации. Параллелизация процессов сортировки — один из наиболее перспективных путей повышения производительности при решении таких задач.

Цель данной работы — провести сравнительный анализ производительности трёх параллельных алгоритмов сортировки: модифицированного слияния с использованием быстрой сортировки (MergeSort + QuickSort), пирамидальной сортировки (HeapSort) и битонической сортировки (Bitonic Sort). Все алгоритмы реализованы с возможностью задания максимального количества потоков, что позволяет оценить масштабируемость и эффективность многопоточных и однопоточных вычислений.

При реализации алгоритмов основной упор был сделан на эффективное использование многопоточности, распределение задач между потоками и синхронизацию этапов сортировки. Работа велась в среде C++ с использованием библиотеки <thread>, обеспечивающей прямое управление потоками. Алгоритмы тестировались на массиве из 2^{25} случайных чисел, что позволяет объективно оценить поведение сортировок при работе с большими данными.

1. Совмещение алгоритма слияния с алгоритмом быстрой сортировки (Merge + QuickSort):

Алгоритм объединяет преимущества быстрой сортировки и устойчивость сортировки слиянием. На этапе разбиения массив делится на подмассивы, каждый из которых сортируется с использованием std::sort() или быстрой сортировки, после чего происходит параллельное слияние. Уровень распараллеливания ограничивается количеством потоков, заданных пользователем. Основная особенность — высокая производительность на слабоструктурированных данных и хорошая масштабируемость до 4–8 потоков. Вычислительная сложность алгоритма — O(n log n), как и у его базовых компонентов.

2. Пирамидальная сортировка (HeapSort):

Параллельная версия алгоритма использует построение кучи в отдельном потоке, а затем многопоточную реализацию процедуры “просеивания вниз” для каждого уровня. Однако из-за взаимозависимости элементов в куче алгоритм демонстрирует менее выраженный прирост производительности при увеличении количества потоков. Теоретическая сложность остаётся O(n log n), но реальная эффективность распараллеливания сильно ограничена. Согласно [1], это объясняется тем, что HeapSort имеет иерархическую структуру, плохо поддающуюся разбиению на независимые задачи — особенно при большом числе потоков.

3. Битоническая сортировка (Bitonic Sort):

Битоническая сортировка исторически применяется в аппаратных реализациях, но может быть эффективно распараллелена и на уровне CPU. Благодаря чёткой структуре алгоритма (формирование и сортировка битонических последовательностей), задачи легко распределяются между потоками. Однако из-за более высокой вычислительной сложности алгоритма — $O(n \log^2 n)$ — он уступает другим по времени выполнения на нерегулярных данных, хотя на системах с большим количеством ядер показывает значительное ускорение при увеличении количества потоков.

Для оценки эффективности были проведены измерения времени выполнения каждого алгоритма при количестве потоков: 1, 2, 4, 8 и 16. Результаты приведены на графике (см. рисунок 1).

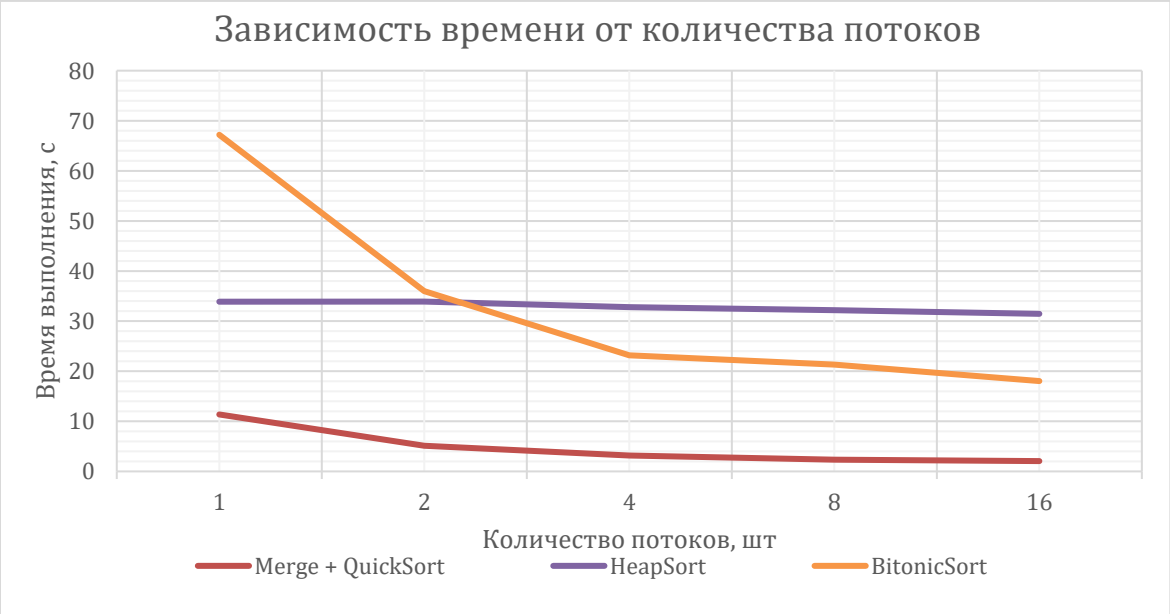


Рис.1. Зависимость времени сортировки от количества потоков для различных алгоритмов.

Тестирование всех алгоритмов проводилось на ноутбуке с процессором Intel Core i7-13650HX 13th Gen, обладающим следующими характеристиками: базовая тактовая частота 2.60 ГГц, 14 физических ядер (включая как производительные, так и энергоэффективные), 20 логических процессоров и один сокет. Такая архитектура позволила эффективно протестировать влияние многопоточности на производительность сортировочных алгоритмов. Использование современного многоядерного процессора сделало возможным получение достоверных результатов масштабируемости при росте числа потоков от 1 до 16.

Для обеспечения объективного сравнения эффективности различных алгоритмов сортировки использовался один и тот же набор входных данных. Массив для сортировки представлял собой вектор целых чисел размером 2^{25} (≈33.5 миллиона элементов). Он инициализировался последовательно возрастающими значениями от 0 до 225 − 1, после чего перемешивался с использованием генератора случайных чисел std::mt19937_64, с фиксированным сидом 121216 для обеспечения воспроизводимости экспериментов.

Как видно из графика, алгоритм Merge + QuickSort демонстрирует выраженное ускорение при увеличении числа потоков: с 11.37 секунд на 1 потоке до 2.06 секунд на 16 потоках, что эквивалентно более чем пятикратному ускорению. Особенно значимый прирост достигается уже на 2–4 потоках, подтверждая высокую масштабируемость алгоритма. Такой результат подтверждает идею о том, что алгоритмы с независимыми подзадачами (такие как сортировка слиянием) особенно хорошо масштабируются при многопоточном исполнении.

Битоническая сортировка также показывает значительное ускорение — с 67.20 секунд на 1 потоке до 18.03 на 16 потоках. Однако, даже не смотря на высокий уровень распараллеливания, её абсолютное время выполнения остаётся выше, чем у Merge + QuickSort, из-за более высокой вычислительной сложности. При этом, увеличение числа потоков сокращает отставание, что делает её перспективной для систем с большим количеством доступных ядер.

В отличие от этих алгоритмов, HeapSort продемонстрировал практически неизменное время выполнения при увеличении числа потоков — около 33 секунд во всех случаях. Это свидетельствует о низкой эффективности распараллеливания для данного алгоритма. Сложность распараллеливания HeapSort заключается в жёсткой зависимости элементов и необходимости последовательного прохождения уровней кучи, что ограничивает его производительность в многопоточном режиме.

Особое внимание стоит уделить сравнению однопоточного и многопоточного исполнения. Для Merge + QuickSort ускорение от 1 до 16 потоков составляет более 5.5 раз, а для Bitonic Sort — почти 3.7 раза, тогда

как HeapSort практически не показывает улучшения. Это подчёркивает важность выбора подходящего алгоритма при необходимости обработки больших объёмов данных в многопоточной среде. Очевидно, что не каждый алгоритм одинаково выигрывает от распараллеливания: архитектурные особенности и уровень зависимости между операциями играют ключевую роль. Перспективным является направление исследований, в основе которого лежат эквивалентные преобразования, сохраняющие функции отображения входных данных в выходные, но при этом увеличивающие потенциальный параллелизм алгоритма. В работах [3 – 6] предложены такие средства, как профайлер для измерения параллелизма в программном коде, метод оптимизации сетевых алгоритмов и программ, методы конвейеризации программ потока данных, разработка новых кооперативных планировщиков в операционных системах.

Проведённый анализ подтвердил важность выбора алгоритма сортировки в зависимости от архитектуры системы и характера данных. Алгоритм Merge + QuickSort продемонстрировал наилучшее сочетание производительности и масштабируемости, особенно на современных многоядерных процессорах. Bitonic Sort показал хорошие результаты при большом количестве потоков, что делает его перспективным для использования в высокопроизводительных вычислительных системах. HeapSort, напротив, оказался крайне неэффективным для параллельной реализации и в условиях многопоточности не показал улучшений по сравнению с однопоточным исполнением.

Полученные результаты могут быть полезны при разработке высокопроизводительных систем обработки данных, а также для оптимизации задач сортировки в многопоточных приложениях.

Литература

1. Якобовский, М.В. Параллельные алгоритмы сортировки больших объёмов данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://lira.imamod.ru/FondProgramm/Sort/ParallelSort.pdf. – Дата доступа: 20.04.2025.
2. Иванов, А.Г. Алгоритм Bitonic Sort и его применение в многопоточной обработке данных / А.Г. Иванов. – М.: Наука и технологии, 2021. – 156 с.
3. Prihozhy, A. A. Analysis, transformation and optimization for high performance parallel computing / A. A. Prihozhy. – Minsk : BNTU Publ., 2019. – 229 p.
4. Prihozhy, A. A. Techniques for optimization of net algorithms / A. Prihozhy [et al.] // 2002 International Conference on Parallel Computing in Electrical Engineering (PARELEC 2002), Warsaw, Poland, 22–25 September 2002. – IEEE, 2002. – P. 211–216.

5. Prihozhy, A. A. Pipeline synthesis and optimization from branched feedback dataflow programs/ A. A. Prihozhy [et al.] // Journal of Signal Processing Systems, Springer Nature. – 2020. – Vol. 92. – P. 1091–1099.
6. Прихожий, А.А. Кооперативная модель оптимизации выполнения потоков на многоядерной системе / А.А. Прихожий, О.Н. Карасик // Системный анализ и прикладная информатика. – 2014. – No 4. – С. 13-20.

УДК 004.75

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЕ: ВОЗМОЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ HADOOP И SPARK

Пригодич Р.В., Гришко Д.И.
Научный руководитель – Прихожий А.А., д.т.н., профессор

Параллельные вычисления в распределенных системах [1] позволяют обрабатывать большие объемы данных, разделяя задачи на независимые подзадачи, выполняемые одновременно на множестве узлов. Такие системы используют кластеры серверов для распределения вычислений и хранения данных, что обеспечивает масштабируемость и отказоустойчивость. Технологии Hadoop и Apache Spark являются ключевыми инструментами для реализации параллельных вычислений, решая задачи анализа больших данных (Big Data) в различных областях, таких как финансы, медицина и анализ поведения пользователей [2].

Основными компонентами Hadoop являются:

- HDFS (Hadoop Distributed File System) – распределенная файловая система [2] для хранения больших объемов данных с высокой отказоустойчивостью.
- MapReduce [3] – модель программирования для параллельной обработки данных, где задачи делятся на этапы отображения (Map) и свертки (Reduce).
- YARN (Yet Another Resource Negotiator) – менеджер ресурсов, управляющий вычислительными ресурсами кластера.
- Apache Spark, в отличие от Hadoop, использует модель обработки данных в памяти, что значительно ускоряет выполнение задач. Его ключевые сущности:
- RDD (Resilient Distributed Dataset) – устойчивая к сбоям структура данных, распределяемая по узлам кластера [4].
- DataFrame и Dataset – высокоуровневые абстракции для работы с данными, оптимизированные для SQL-запросов.

- Spark Streaming – модуль для обработки потоковых данных в реальном времени.

Hadoop и Spark решают следующие задачи в распределенных системах:

- Обработка больших данных. Hadoop MapReduce эффективен для пакетной обработки больших статических наборов данных, таких как логи серверов. Spark ускоряет обработку за счет хранения промежуточных данных в памяти.
- Масштабируемость. Обе технологии позволяют добавлять узлы в кластер для увеличения вычислительных мощностей.
- Анализ в реальном времени. Spark Streaming поддерживает обработку потоковых данных, например, для мониторинга пользовательской активности.
- Использование этих технологий связано с рядом проблем:
- Сложность настройки. Настройка кластера Hadoop требует глубоких знаний HDFS, YARN и MapReduce. Spark проще в конфигурации, но оптимиза- ция производительности требует опыта.
- Задержки в Hadoop. MapReduce записывает промежуточные данные на диск, что замедляет выполнение итеративных алгоритмов.
- Управление ресурсами. Неправильное распределение ресурсов в YARN или Spark может привести к перегрузке узлов.
- Кривая обучения. Освоение технологий требует понимания распределенных систем и парадигм параллельного программирования.

Для демонстрации возможностей Hadoop разработан проект анализа логов веб-сервера. Логи, содержащие данные о запросах пользователей, загружаются в HDFS, после чего MapReduce используется для подсчета статистики: количества запросов по IP-адресам и популярных страницам. Архитектура проекта представлена на Рис. 1, где показаны этапы загрузки данных в HDFS, их обработки в MapReduce и сохранения результатов. Диаграмма подчеркивает устойчивость Hadoop к сбоям и способность обрабатывать большие статические данные, что делает его подходящим для задач пакетной аналитики.

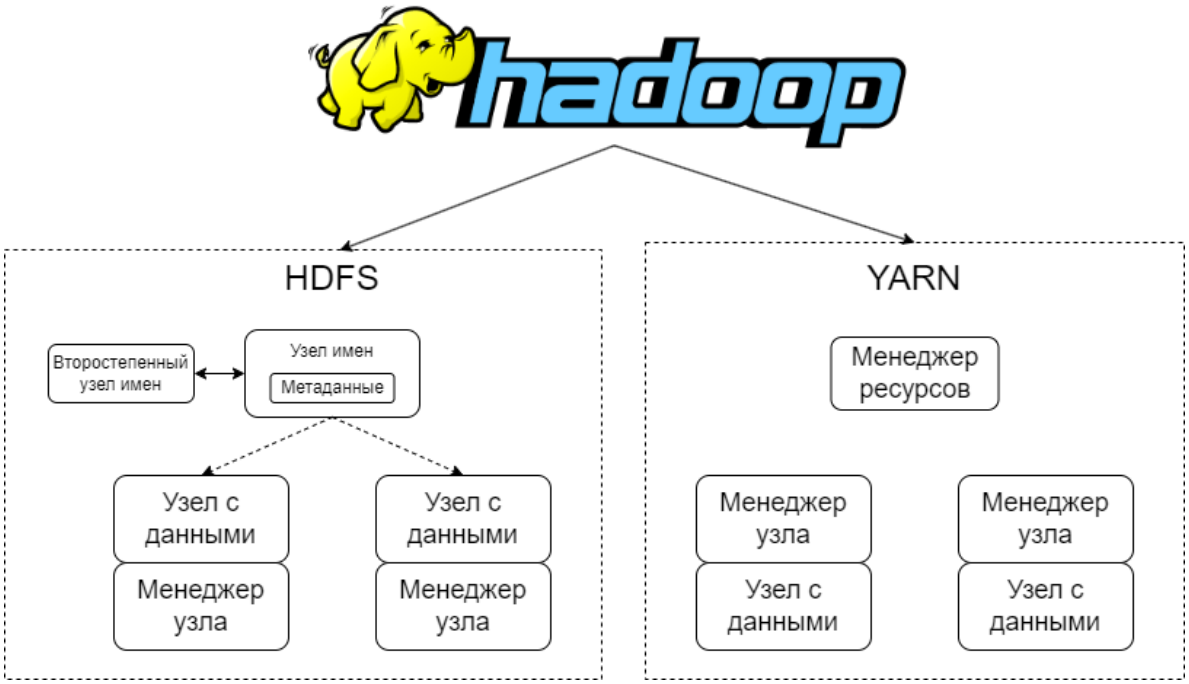


Рис.1: Архитектура системы обработки логов на базе Hadoop.

В рамках демонстрации Apache Spark реализован проект обработки потоковых данных с использованием Spark Structured Streaming. Данные, представляющие метрики активности пользователей в реальном времени (например, клики на сайте), поступают в систему, где Spark агрегирует их по временным окнам, вычисляя среднее количество кликов по категориям. Архитектура проекта представлена на Рис. 2, где показаны этапы получения данных, их обработки в Spark и вывод результатов. Диаграмма демонстрирует преимущества Spark в обработке потоков и итеративных вычислений благодаря хранению данных в памяти.

Рис.2: Архитектура системы обработки потоковых данных Spark.

Hadoop и Spark решают разные задачи:

- Hadoop MapReduce подходит для пакетной обработки больших статических данных, где важна устойчивость к сбоям, но он медленнее из-за операций с диском.
- Spark оптимален для итеративных алгоритмов, машинного обучения и обработки потоковых данных благодаря вычислениям в памяти [4].

Выбор технологии зависит от задачи: Hadoop предпочтителен для одноразовой аналитики больших данных, а Spark – для реального времени и сложных вычислений.

Технологии Hadoop и Spark являются мощными инструментами для параллельных вычислений в распределенных системах, обеспечивая масштабируемость, отказоустойчивость и высокую производительность. Однако их использование требует тщательной настройки и глубокого понимания архитектуры. Для этого могут использоваться модели, методы и технологии анализа, преобразования и оптимизации программного кода, предложенные в [1, 5 – 7]. Практические проекты показывают, что Hadoop эффективно обрабатывает статические данные, а Spark справляется с потоковой аналитикой. Эти технологии находят применение в обработке логов, анализе пользовательских данных, машинном обучении и других областях, повышая эффективность работы с большими данными.

Литература

1. Prihozhy, A.A. Analysis, transformation and optimization for high performance parallel computing. Minsk: BNTU, 2019. – 229 p.

2. White T. Hadoop: The Definitive Guide. O'Reilly Media, 2012. – 526 p.

3. Dean J., Ghemawat S. MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters. Communications of the ACM, 2008. – 13 p.

4. Zaharia M., et al. Apache Spark: A Unified Engine for Big Data Processing. Communications of the ACM, 2016. – 11 p.

5. Prihozhy A., Merdjani R., Iskandar F., Automatic Parallelization of Net Algorithms. Proc. PARELEC 2000, Canada, IEEE CS Press, CA, 2000, pp.24-28.

6. Прихожий А. А., Ждановский А. М., Карасик О. Н., Маттавелли М. Эвристический генетический алгоритм оптимизации вычислительных конвейеров. Доклады БГУИР, 2017, № 1, с. 34–41.

7. Prihozhy, A., Casale-Brunet, S., Bezati, E., M. Mattavelli. Pipeline Synthesis and Optimization from Branched Feedback Dataflow Programs. Journal of Signal Processing Systems, Springer Nature, 2020, Vol. 92, pp. 1091–1099.

УДК 621.350.11

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Букатый Я.С.
Научный руководитель – Гурский Н.Н., к.т.н., доцент

В современном мире всё больше производственных сфер подвергаются цифровизации. Инженерное ПО (программное обеспечение) варьируется от проектирования до управления производством. Выбор зависит от отрасли (машиностроение, электроника, строительство) и конкретных задач. Основные типы инженерного ПО:

– CAD (Computer-Aided Design) – Системы автоматизированного проектирования, предназначены для создания 2D и 3D-моделей деталей, узлов и конструкций.

– CAE (Computer-Aided Engineering) – Системы инженерного анализа и расчетов, предназначены для моделирования физических процессов (прочность, теплообмен, динамика).

– CAM (Computer-Aided Manufacturing) – Системы автоматизации производства, предназначены для генерации управляющих программ для станков с ЧПУ.

– PLM/PDM (Product Lifecycle/Data Management) – Системы управления жизненным циклом изделия, предназначены для контроля версий, управления изменениями, контроль соблюдения стандартов производства.

Также системы подразделяются на более узкие специализации: EDA (Electronic Design Automation) – Проектирование электроники, BIM (Building Information Modeling) – Информационное моделирование зданий, SCADA/HMI (Supervisory Control and Data Acquisition) – АСУ ТП, ГИС (Геоинформационные системы) – Анализ пространственных данных и другие.

Современные информационные технологии активно используются в строительстве. Они кардинально меняют подходы к проектированию и строительству, вытесняя традиционные методы за счет повышения точности, скорости и снижения затрат.

Одним из направлений применения современных технологий в строительстве является робатизированная 3D-печать. Этот метод аддитивного производства позволяет создавать сложные архитектурные формы с высокой точностью, минимизируя отходы материалов и сокращая сроки возведения объектов.

Экструзия слоев (англ. Layer Extrusion) – это одна из ключевых технологий аддитивного производства, при которой материал (пластик, бетон, глина и др.) подается через сопло (экструдер) и послойно формирует

объект. В строительстве эта технология используется для возведения стен, фундаментов и даже целых зданий с помощью бетонных 3D-принтеров. Технология еще развивается, но уже сейчас показывает революционный потенциал для отрасли. Пример бетонной 3D-печати представлен на рисунке 1.

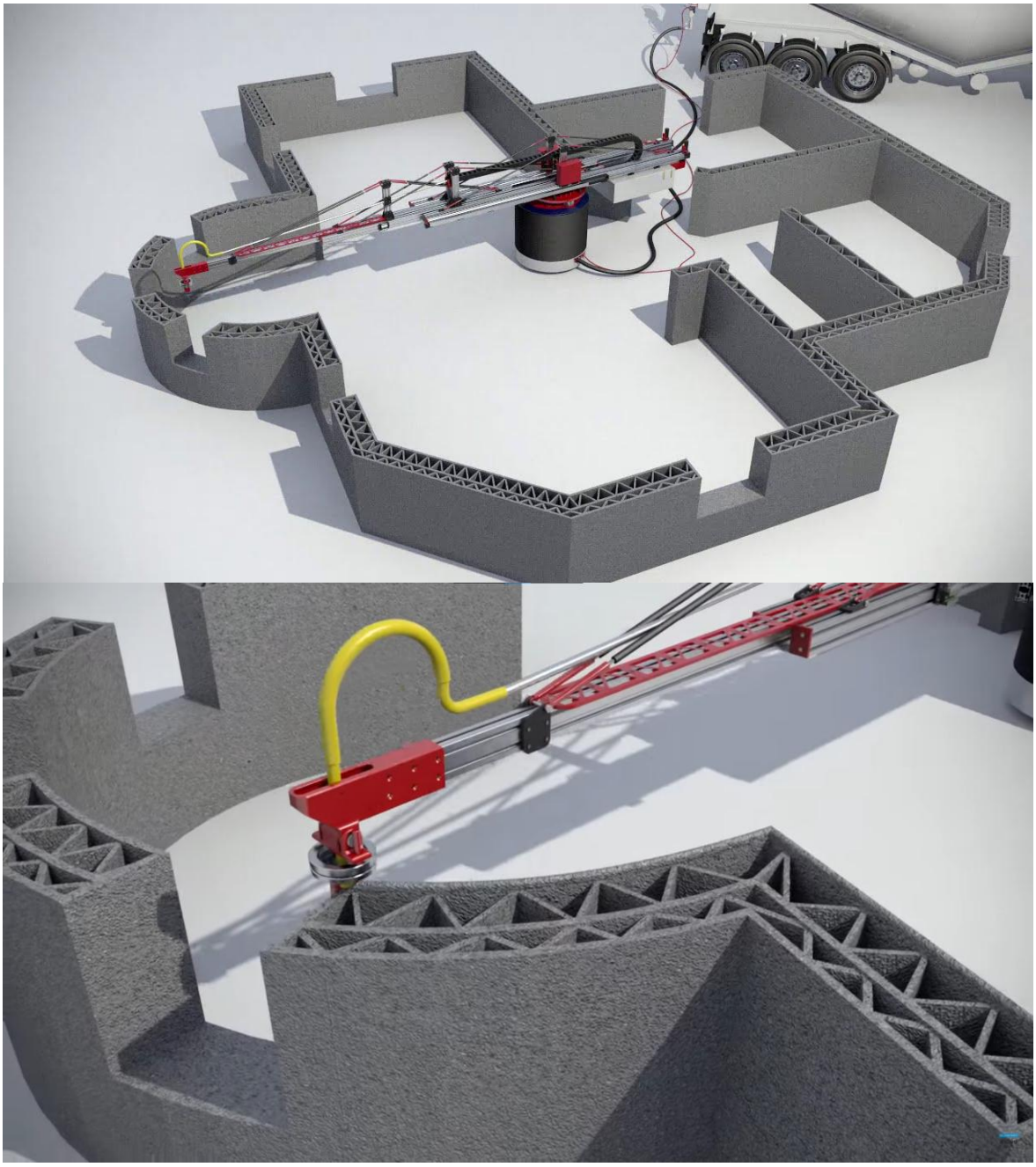


Рис.1. Бетонная 3D-печать.

В настоящей работе рассматривается программное обеспечение, разработанное на платформе WPF[1] с использованием архитектурного паттерна MVVM[2], представляющее CAM/CAD систему для

моделирования строительных объектов и генерации управляющих программ для их автоматизированного строительства. ПО обладает стандартными для CAD-систем функциями: создание простейших геометрических фигур (окружность, квадрат), рисования ломанных по точкам, копирование и вставка, масштабирование, поворот, объединение нескольких фрагментов, обрезка по пересечениям. Результат выполнения операций представлен на рисунке 2.

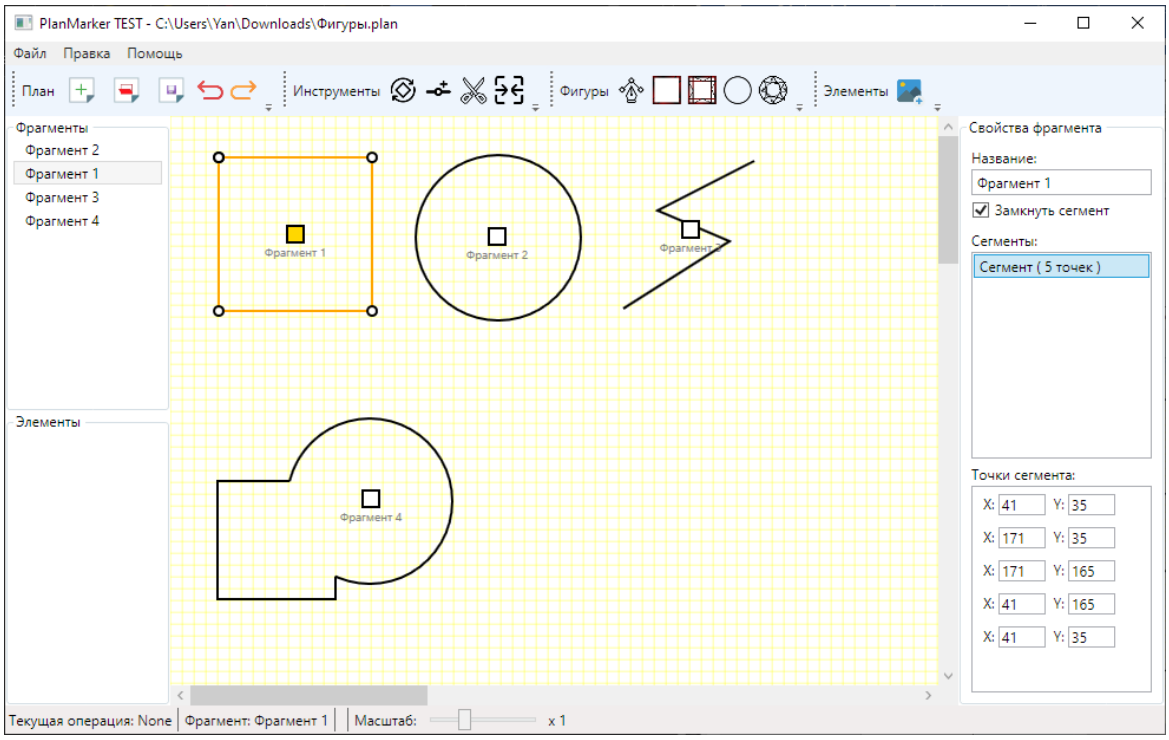


Рис.2. Интерфейс программы, создание фрагментов на плане.

Вид плана можно настроить: изменить шаг, цвет сетки, цвет фона, сегментов. Точки сегментов могут привязываться к узлам сетки, для точного размещения их на плане.

Также ПО обладает специализированными под задачу инструментами:

Преобразование сегментов в ячеистую стенку - это оптимальный компромисс между прочностью, экономией ресурсов и функциональностью. Ячеистая структура позволяет значительно сократить расход бетона без потери несущей способности. Воздушные полости в ячеистых структурах работают как естественный теплоизолятор (аналогично газобетону или пеноблокам). Такой подход снижает потребность в дополнительных утеплителях (минеральная вата, пенопласт). Простые линейные структуры (например, соты, решетки) обеспечивают: равномерное распределение механических нагрузок, минимизацию

внутренних напряжений при усадке бетона, лучшее сцепление между слоями по сравнению с массивными стенками.

Создание ячеистой стенки происходит с указанием ширины стенки и смещением, необходимым для предотвращения наезда сопла с раствором на уже напечатанную часть плана. Пример преобразования окружности представлен на рисунке 3.

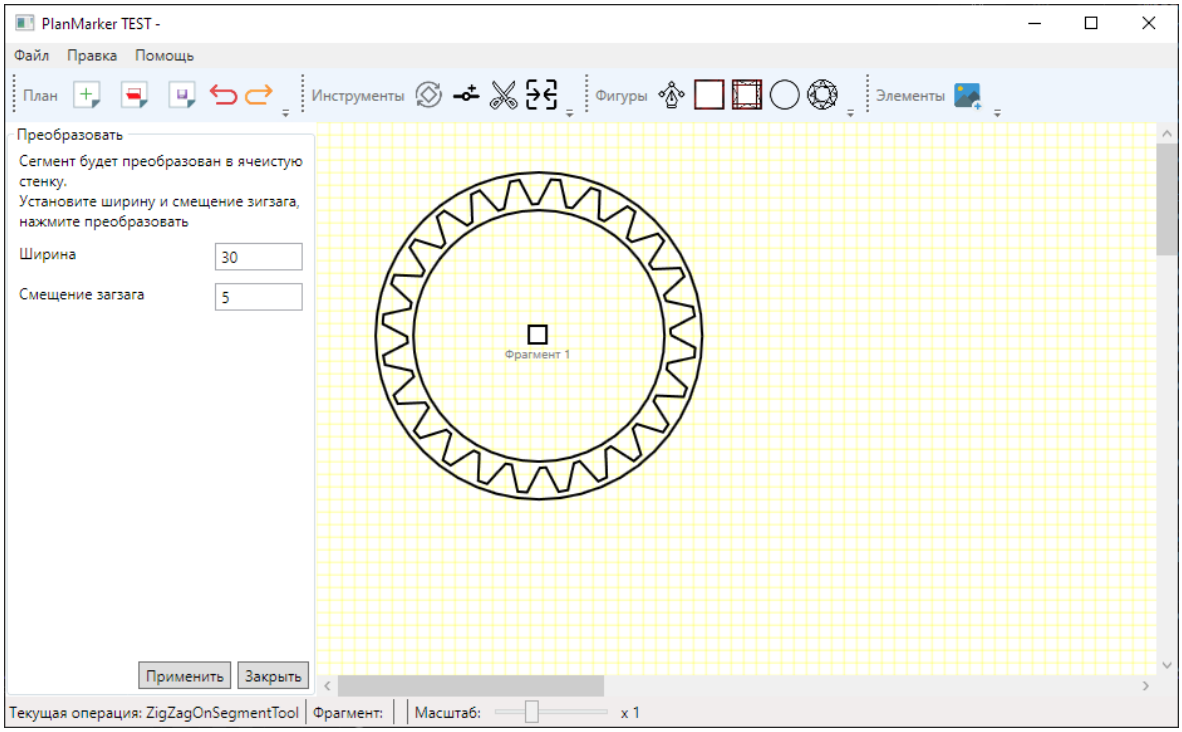


Рис.3. Преобразование в ячеестую стенку.

Создание плана по существующему чертежу. Зачастую чертеж уже существует и остаётся только преобразовать его набор фрагментов для печати 3D-принтером. Для этого в программу необходимо импортировать чертеж в виде изображения и масштабировать его в реальные размеры плана. Далее, созданием, преобразованием и объединением фрагментов план выстраивается поверх чертежа, что является простым и удобным для пользователя процессом. В результате работы получается план, готовый для генерации управляющей программы на языке G-Code для 3D-принтера (рисунок 4).

–

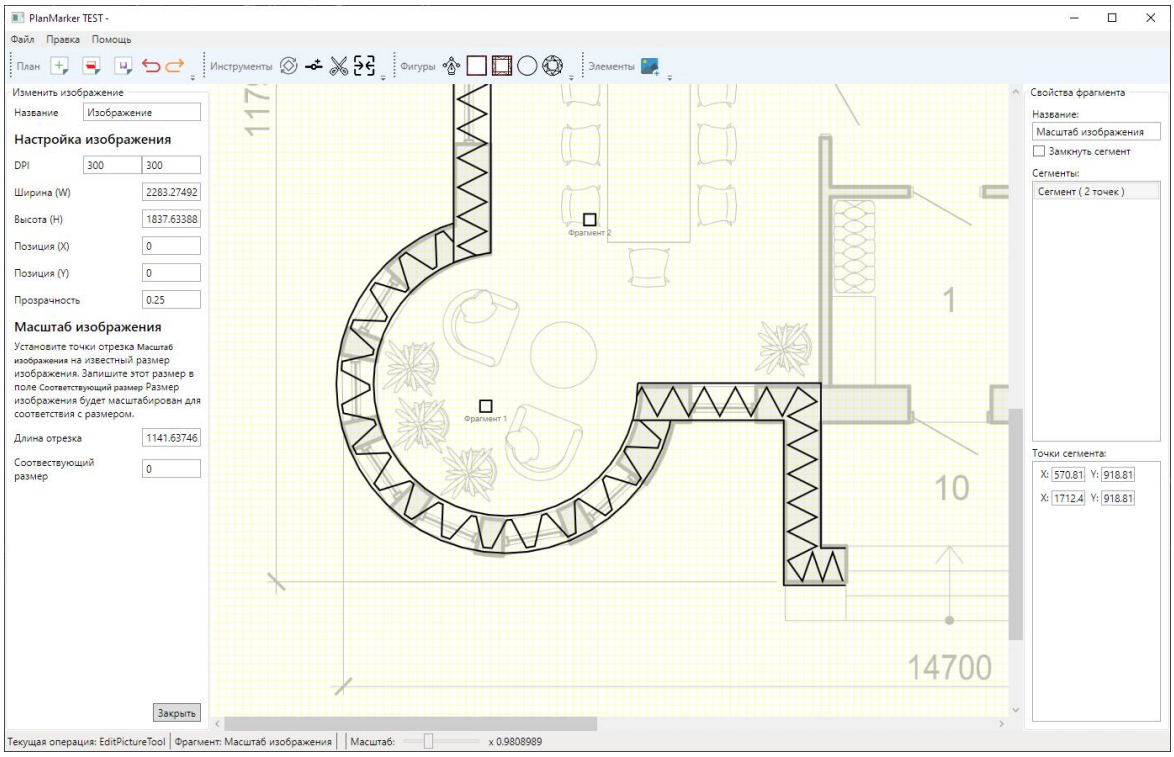


Рис.4. Построение плана на основе чертежа.

Заключение.

Современные технологии кардинально меняют подходы к проектированию и строительству, вытесняя традиционные методы за счет повышения точности, скорости и снижения затрат.

Использованные современные программные технологии и разработанное программное обеспечение позволяет моделировать план строения для последующей генерации управляющей программы для бетонного 3D-принтера. ПО обладает необходимыми специфическими для сферы строительной 3D-печати инструментами и простое в освоении.

Литература

1. Натан, А. WPF 4. Подробное руководство. – Пер. с англ. - Санкт-Петербург : Символ-Плюс, 2011. - 880 с. : ил. - ISBN 978-5-93286-200-8.

2. Руководство MVVM. [Электронный ресурс]. — Электронные данные. — Режим доступа: https://metanit.com/sharp/wpf/22.1.php. — Дата доступа: 05.05.2025.

УДК 621.350.11

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОМ-МАНИПУЛЯТОРОМ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕССОВ

Глушанин И. А.
Научный руководитель – Гурский Н. Н., к.т.н., доцент

Манипулятор – механизм для управления пространственным положением орудий, объектов труда и конструкционных узлов и элементов. Основу манипуляторов составляют пространственные механизмы со многими степенями свободы [1].

Робот-манипулятор, представляемый в данной работе, является многозвенным механизмом, который часто называют «Робот-рука». Данный робот имеет 6 точек управления: поворот всего манипулятора, 3 точки изменения положения захвата, поворот захвата, захват. Внешний вид робота-манипулятора представлен на рисунке 1.

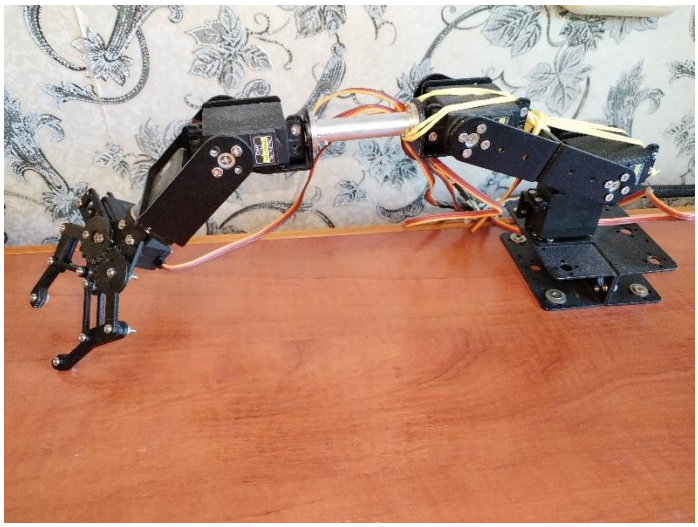


Рис.1. Внешний вид робота-манипулятора.

Каждая точка управления меняет свое положение с помощью сервоприводов MG996R. Сервопривод – электромеханическая система, преобразующая электрический сигнал управления в угол поворота выходного вала. Питание на все сервоприводы подается от отдельного блока питания напряжением 5 В. Сигналы управления должны быть также на уровне 5 В.

Управление сервоприводами осуществляется с помощью микроконтроллера. Микроконтроллер – программируемая микросхема, включающая в себя процессор, память, периферийные устройства, такие как

входы и выходы общего назначения, таймеры, аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи, внешние интерфейсы, т. п.

В данной роботе для управления используется микроконтроллер STM32. Для упрощения сборки схемы управления используется отладочная плата. Отладочная плата – плата, на которой расположены микроконтроллер и элементы его обвязки. На отладочной плате выводы микроконтроллера соединены с выходными штыревыми разъемами. Таким образом для сборки схемы необходимо использование только специальных плат-модулей и проводов со штыревыми наконечниками.

Микроконтроллеры STM32 имеют питание 3,3 В. Соответственно и напряжение на выводах микроконтроллера будет составлять также 3,3 В. Данного напряжения недостаточно для подачи сигналов управления на сервоприводы. Для увеличения уровня сигналов управления используется плата усиления на 6 каналов. На вход каждого канала платы усиления продается сигнал управления с микроконтроллера величиной 3,3 В, на выходе формируется сигнал управления сервопривода 5 В.

Программируется микроконтроллера с помощью программатора STLink. Программатор может быть как отдельным законченным устройством, так и интегрирован в отладочную плату. В первом случае STLink подключается к компьютеру, а также специальным выводам для программирования микроконтроллера. Во втором случае достаточно подключение USB-кабеля от компьютера к отладочной плате STM32.

Собранная схема управления представлена на рисунке 2.

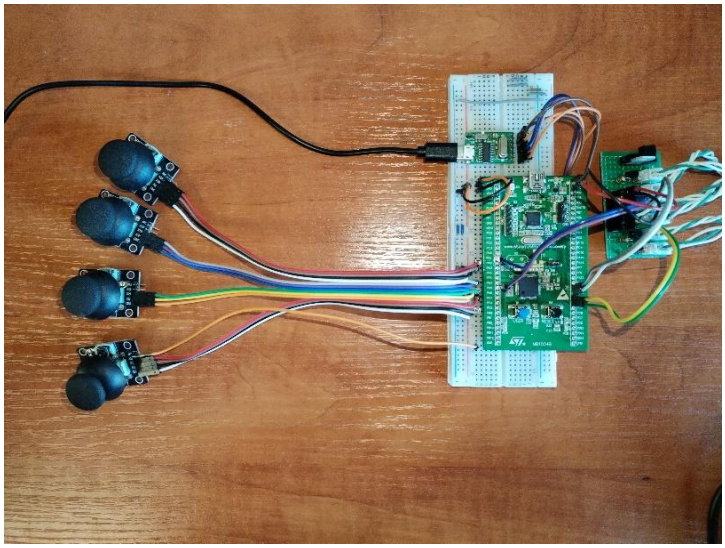


Рис.2. Схема управления роботом-манипулятором.

Управление роботом-манипулятором может осуществляться двумя способами: с помощь джойстиков, через компьютер. Рассмотрим каждый метод управления.

Управление с помощью джойстиков. Для управления манипулятором необходимо, чтобы общее число осей джойстиков было не менее шести, что дает возможность управлять каждой точкой робота. На джойстики подключается напряжение питания 3,3 В, из-за чего не требуется дополнительных согласующих устройств, так как выходной сигнал будет также равен 3,3 В. Выходной сигнал джойстиков подключается к выводам аналого-цифрового преобразователя микроконтроллера. Таким образом, смещение оси джойстика в какую-либо сторону ведет к загибанию либо разгибанию звена манипулятора. Так как сигналы управления идут от джойстиков непосредственно в микроконтроллер, то при таком способе управления не требуется связь с компьютером. Поэтому для данного способа достаточно подключить напряжение питания на робот-манипулятор.

Управление с компьютера. Подключается микроконтроллер к компьютеру с помощью платы-модуля преобразователя интерфейса UATR-USB. Модуль к микроконтроллеру подключается по интерфейсу UART, модуль к компьютеру – по интерфейсу USB. Для управления роботом-манипулятором разработана специальная программа. Программа представляет собой интерактивный интерфейс. На главном экране представлена упрощенная модель манипулятора, которая полностью повторяет положение физической модели робота. После подключения всех физических компонентов запускается программа. Для программного подключения или отключения манипулятора в программе нажимается Connect или Disconnect соответственно. Управление роботом производится путем перетаскивания мышью каждого звена робота в программе. Реальная модель робота-манипулятора перемещается в соответствии с управлением в программе. Поворот всей модели осуществляется с помощью полосы прокрутки. Поворот захвата и сам захват управляются с помощью двух других полос прокрутки.

Окно программы управления представлено на рисунке 3.

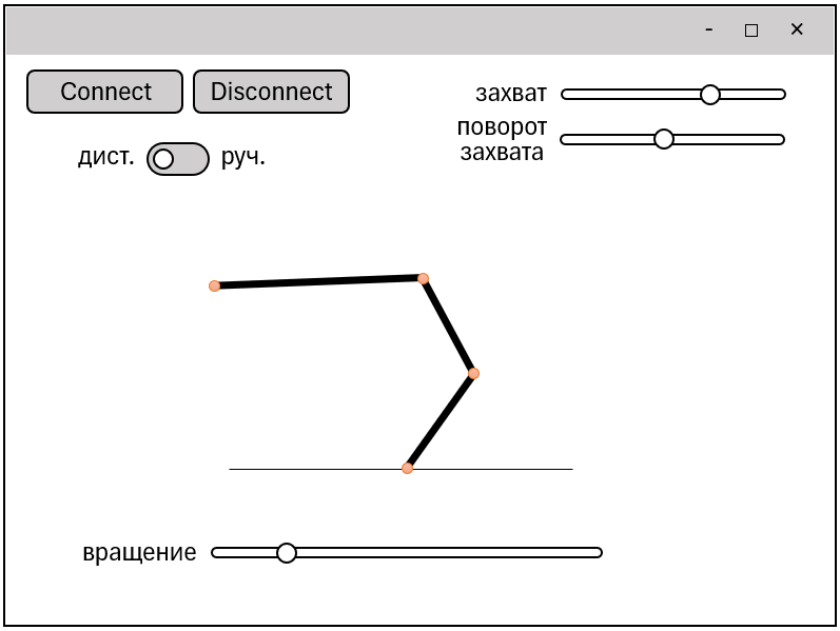


Рис.3. Окно программы управления роботом-манипулятором.

Дистанционное управление с помощью компьютера имеет более высокий приоритет. Поэтому, при наличии связи робота-манипулятора с компьютером, управление с помощью джойстиков недоступно. Для разблокировки функции управления с помощью джойстиков нажимается соответствующая кнопка в программе, однако управление по сети заблокируется до выключения данной кнопки. При потере связи робота с компьютером функция управления джойстиками разблокируется автоматически.

Литература

1. Манипулятор (механизм) [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Манипулятор_(механизм). Дата доступа: 30.04.25.

УДК 621.350.11

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛИЦЕЙ НА БАЗЕ ESP8266 – ИННОВАЦИИ ДЛЯ УМНОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Гришко Д. И.
Научный руководитель – Юденков В.С., к.т.н., доцент

Разработана автоматизированная система управления теплицей на базе микроконтроллера ESP8266, предназначенная для мониторинга и регулирования микроклимата (температуры, влажности воздуха и почвы) и управления поливом и вентиляцией. Система включает датчики (DHT22, HC-SR04, датчик влажности почвы), исполнительные устройства (сервопривод, релейный модуль) и веб-интерфейс для настройки и контроля в реальном времени. Использование Wi-Fi в двух режимах (точка доступа и станция), недорогих компонентов и модульной архитектуры обеспечивает экономичность, гибкость и перспективы интеграции с IoT. Код на C++ оптимизирован для энергоэффективности и надёжности, с возможностью дальнейших улучшений, таких как режим глубокого сна и поддержка облачных сервисов.

Система представляет собой комплекс, включающий датчики, исполнительные устройства и управляющее программное обеспечение.

Система работает в двух режимах:

- Точка доступа — для начальной настройки, или проверки работы.
- Станция — для подключения к сети Wi-Fi и управления внутри локальной сети.

Функциональные возможности

1. Мониторинг среды:
   - Температура и влажность воздуха (DHT22).
   - Влажность почвы (HM-SENSOR-SERIES).
   - Наличие человека (HC-SR04).
2. Автоматическое управление:
   - Насос активируется при влажности почвы ниже 40%(по умолчанию).
   - Окно открывается при температуре выше 30°C и закрывается при снижении до 29°C(по умолчанию).
3. Ручной режим:
   - Управление насосом и окном через веб-интерфейс.
4. Веб-интерфейс:
   - Онлайн-доступ к данным в реальном времени.
   - Возможность настройки порогов и переключения режимов.
5. Локальная индикация:
   - Данные выводятся на OLED-дисплей.

Схема управления микроклиматом теплицы представлена на рис.1.

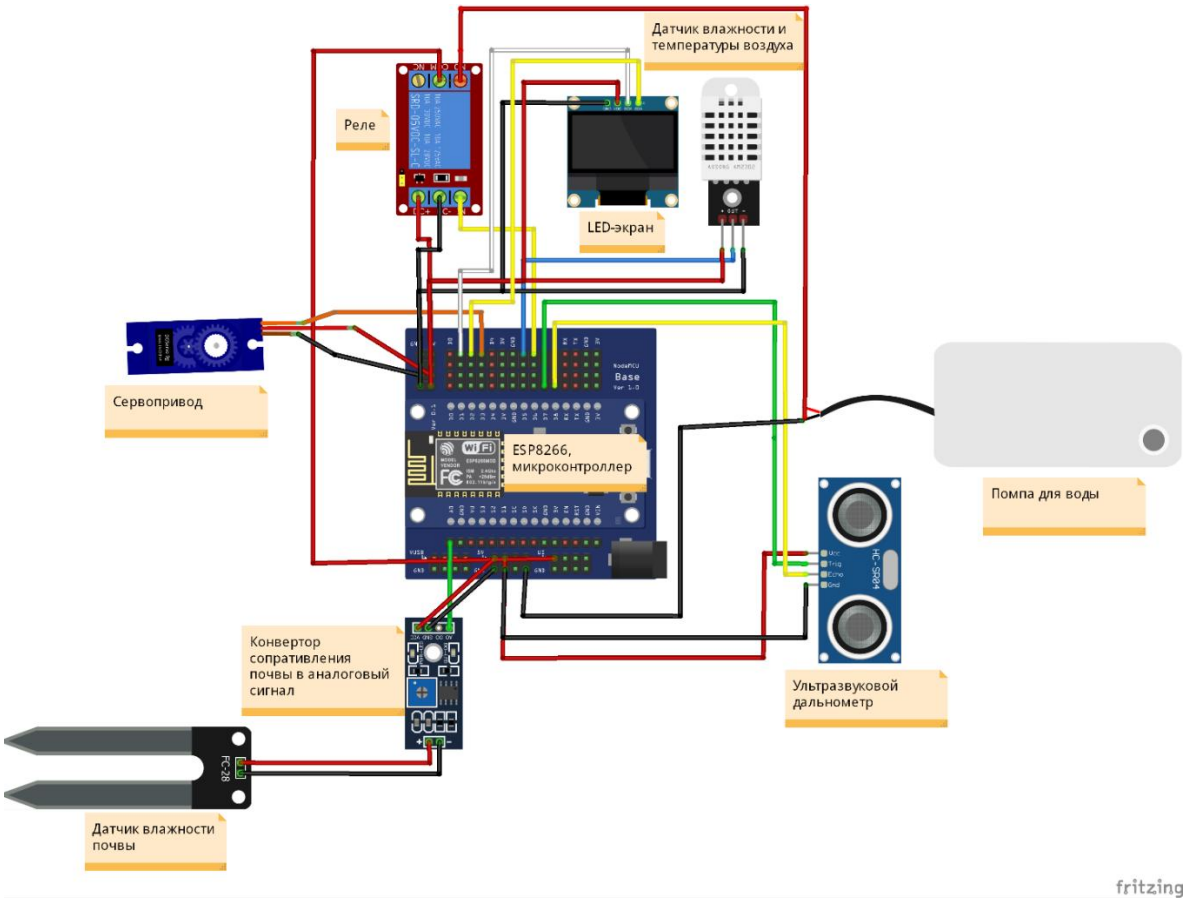


Рис.1. Архитектура системы управления.

Код системы написан на языке C++ для платформы Arduino и использует несколько библиотек, которые обеспечивают его функциональность:

- ESP8266WiFi: отвечает за работу Wi-Fi в двух режимах — точка доступа (AP) для настройки и станция (STA) для подключения к сети.
- ESP8266WebServer: создаёт веб-сервер для управления системой через браузер.
- DHT: управляет датчиком температуры и влажности DHT22.
- Adafruit_SSD1306: используется для вывода данных на OLED-дисплей.
- Servo: управляет сервоприводом для открытия/закрытия окна.

Программа выполняет мониторинг окружающей среды (температура, влажность воздуха и почвы, присутствие человека) и управляет исполнительными устройствами (насос, окно). Данные передаются через веб-интерфейс в формате JSON, а локально отображаются на OLED-дисплее. Веб-страница, написанная на HTML, CSS и JavaScript, обновляется каждую секунду, что обеспечивает работу в реальном времени.

Код программы имеет несколько решений, направленных на эффективность его работы:

1. Двойной Wi-Fi-режим
- Система запускается в режиме точки доступа для начальной настройки, а затем переключается в режим станции. Это оптимизирует процесс конфигурации, устранет необходимость в дополнительных устройствах или сложных инструментах.

2. Частота опроса датчиков
- Датчики опрашиваются раз в секунду, что подходит для медленно меняющихся условий в теплице (например, температуры).

3. Задержка опроса для ультразвукового датчика
- Для HC-SR04 используется задержка в 2 секунды, что предотвращает ложные срабатывания при обнаружении человека. Это простое решение повышает надёжность без лишних вычислений.

4. Эффективное управление устройствами
- Сервопривод (для окна) использует библиотеку Servo, которая оптимальна для задач позиционирования и не требует постоянного энергопотребления для удержания положения.
- Реле для насоса — простое и энергоэффективное решение для управления устройствами переменного тока.

5. Передача данных
- Использование JSON для обмена данными между веб-сервером и клиентом минимизирует объём передаваемой информации и упрощает интеграцию с другими системами.

Система сокращает затраты на труд, экономит воду и обеспечивает стабильные условия роста растений. Модульная архитектура позволяет легко расширять функциональность, например, добавляя датчики освещённости.

Литература

1. Кряжева Е.В., Махнев А.О. "Разработка автоматизированной системы управления вентиляцией на базе программируемого логического контроллера". Дневник науки, № 8 (92), 2024.

УДК 004.942

ПРОГРАММНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАНИЯ КИСЛОТНОСТИ ХЛЕБОБУЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

Васенков А.Д.
Научный руководитель - Белова С.В., старший преподаватель

Предприятие РУП «Институт мясомолочной промышленности» на данный момент использует бумажные журналы для учета результатов экспериментов. Поэтому тема является весьма актуальной.

Целью проекта является разработка программного модуля для ведения учёта оборудования и результатов экспериментов исследования показателей качества хлебобулочных изделий, необходимых для вынесения решения о соответствии представленной продукции требованиям, описанным в государственных стандартах.

Данное программное обеспечение должно решать следующие задачи:

1) Ведение учета оборудования и результатов экспериментов;
2) Создание отчетов по результатам экспериментов;
3) Контроль доступа к системе.

Вычисление кислотности хлебобулочной продукции осуществляется по формуле 1:

$$X = \frac{K * V * 4 * 100}{100 * W} \quad (1)$$

,

где V – количество раствора щелочи с концентрацией 0.1 моль/дм^3, израсходованное на титрование фильтрата, см^3

K – поправочный коэффициент для пересчета на раствор щелочи с концентрацией 0.1 моль/дм^3

W – влажность хлебобулочных изделий, %

X – кислотность изделия.

В проекте реализовано разделение прав пользователей на две роли: Администратор и Сотрудник лаборатории. Администратор может выполнять вход в систему, редактирование, создание, удаление и просмотр аккаунтов в системе. Сотрудник лаборатории может добавлять, просматривать, редактировать и удалять записи в журнале, а также входить в систему и создавать отчеты по результатам экспериментов.

Для разработки данного ПО использовались следующие технологии:

Серверная часть – Microsoft Visual Studio 2022 Community (среда разработки), PostgreSQL (база данных), Scalar OpenAPI (система

взаимодействия с API), ASP .NET (платформа разработки веб приложений), MS Test (фреймворк для тестирования), .NET (платформа для создания приложений), C# (язык программирования).

Клиентская часть – Microsoft Visual Studio Code (среда разработки), Angular (веб-фреймворк для создания одностраничных приложений), TypeScript (язык программирования с типизацией в Angular компилируемый в JavaScript), JavaScript (язык программирования для веб приложений), Sass (метаязык на основе CSS для описания стилей веб страницы).

Приложение имеет клиент-серверную архитектуру, клиент посылает запрос на сервер, сервер запрос обрабатывает, обращаясь к базе данных и возвращает ответ клиенту.

Модель данных включает следующие таблицы: Журнал кислотности, Параллели эксперимента, Типы растворов, Приготовление растворов, Оборудование, Условия среды, Условия лаборатории, Пользователи, Роли пользователей.

Диаграмма базы данных представлена на рисунке 1.

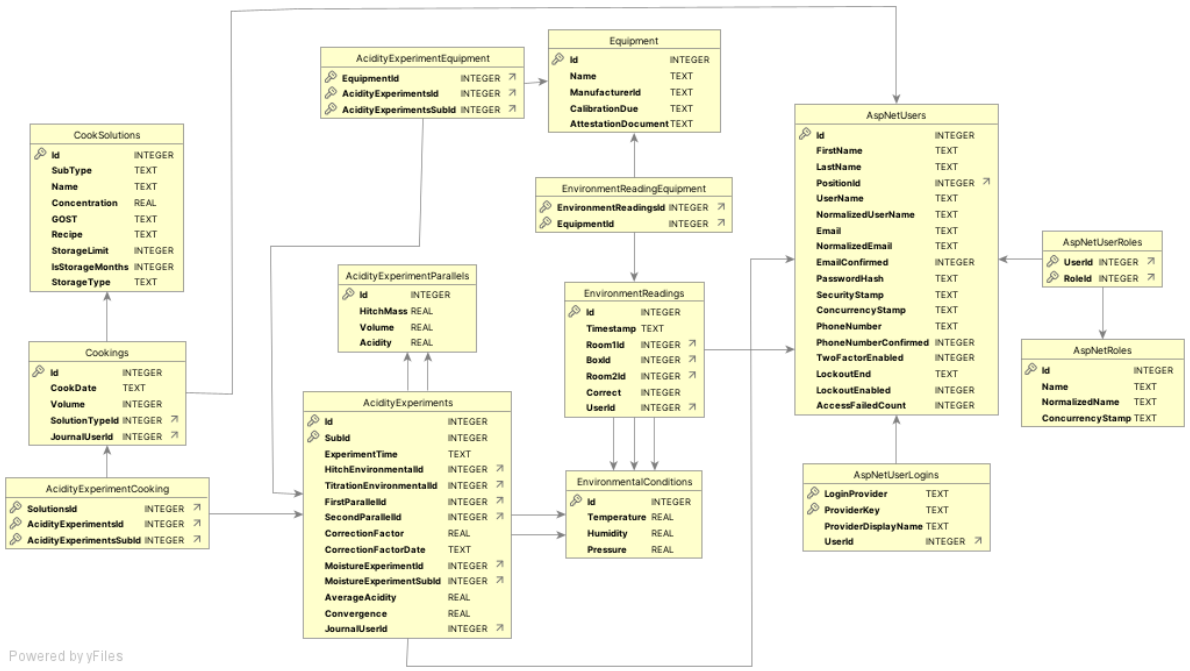


Рис.1. Диаграмма базы данных.

Работа пользователя в системе начинается с окна авторизации, которое имеет проверку на валидность электронной почты и пароля. После успешного входа в систему, пользователю предоставляются данные его профиля и меню для выбора журнала. В системе реализована пагинация, что позволяет возвращать пользователю не полный список элементов, а только требуемое количество (10, 25, 50, 100), тем самым оптимизируя работу сервера и клиента. В главном журнале (кислотности) предусмотрен

функционал получения отчета по эксперименту и выводе его в протокол (документ формата .docx).

Литература

1. Angular Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: - https://angular.dev/overview - Дата доступа: 14.05.2025.
2. ASP .NET Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа:- https://learn.microsoft.com/en-us/aspnet/core/?view=aspnetcore-9.0 - Дата доступа: 14.05.2025.
3. PostgreSQL Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа:- https://www.postgresql.org/docs/ - Дата доступа: 14.05.2025.
4. ГОСТ 686-83 Сухари армейские [Электронный ресурс]. – Режим доступа:- https://meganorm.ru/Data/213/21316.pdf - Дата доступа: 14.05.2025.

УДК 004.4:331.105

WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ УЧЁТА И ОБРАБОТКИ СВЕДЕНИЙ О СОТРУДНИКАХ, СОСТОЯЩИХ НА УЧЁТЕ В ПЕРВИЧНОЙ ПРОФСОЮЗНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТНИКОВ БНТУ

Иванов М.Ю.
Научный руководитель - Белова С.В., старший преподаватель

Актуальность темы определяется необходимостью цифровизации текущей системой документооборота в ППО работников БНТУ. На данный момент используется преимущественно бумажная документация, иногда дублируемая в таблицах Microsoft Excel.

Программного обеспечения, рассчитанного непосредственно для использования в профсоюзных организациях, достаточно мало, особенно на рынке стран СНГ. Наиболее близкими к этой области являются системы «1С» и «Битрикс», но для использования в профкоме они требуют тонкой настройки и адаптации.

Цель данного дипломного проекта – разработка WEB-приложения для учёта и обработки данных работников, состоящих на учёте в первичной профсоюзной организации работников БНТУ.

От разрабатываемого программного обеспечения требуется решать следующие задачи:

1) ведение учётных карточек членов ППО;
2) формирование табличных отчётов на основе поиска, сортировки и фильтрации;

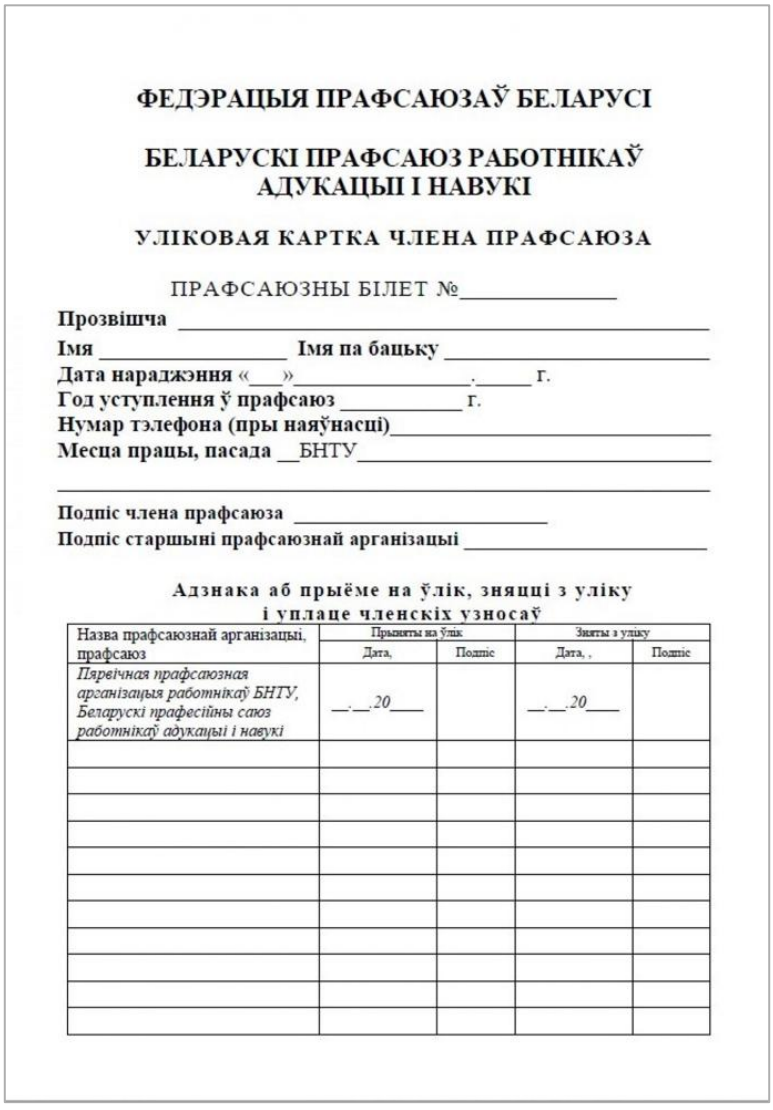
3) управление пользователями и справочными данными в системе.

Основной элемент документооборота организации, над цифровизацией которого ведётся работа – учётная карточка членов ППО, скан бланка которой приведён на рисунке 1. Карточка включает в себя основные сведения о работнике, состоящем на учёте в организации, такие как ФИО,

Помимо учётных карточек, такая информация о членах профсоюзной организации, как образование, стаж работы, должность, а также контактные данные, описываются в дневниках профгрупорга.

Для разработки клиентской части приложения было решено использовать следующие технологии: язык программирования TypeScript, фреймворк React, библиотека готовых компонентов графического интерфейса Ant Design.

Для серверной части применяется язык программирования Python и фреймворк Django, а также СУБД PostgreSQL. Для организации взаимодействия клиента с сервером используется протокол HTTP.



ФЕДЭРАЦЫЯ ПРАФСАЮЗАЎ БЕЛАРУСІ

БЕЛАРУСКІ ПРАФСАЮЗ РАБОТНІКАЎ АДУКАЦЫІ І НАВУКІ

УЛІКОВАЯ КАРТКА ЧЛЕНА ПРАФСАЮЗА

ПРАФСАЮЗНЫ БІЛЕТ №_____

Прозвішча _____

Імя _____ **Імя па бацьку** _____

Дата нараджэння «___»_____._____ г.

Год уступлення ў прафсаюз _____ г.

Нумар тэлефона (пры наяўнасці)_____

Месца працы, пасада __БНТУ_____

_____

Подпіс члена прафсаюза _____

Подпіс старшыні прафсаюзнай арганізацыі _____

Адзнака аб прыёме на ўлік, зняцці з уліку і уплаце членскіх узносаў

Назва прафсаюзнай арганізацыі, прафсаюз	Прыняты на ўлік		Зняты з уліку	
	Дата,	Подпіс	Дата, ,	Подпіс
Пярвічная прафсаюзная арганізацыя работнікаў БНТУ, Беларускі прафесійны саюз работнікаў адукацыі і навукі	__.__.20___		__.__.20___	

Рис.1. Бланк учётной карточки члена профсоюза работников БНТУ.

Приложение предусматривает 5 ролей пользователей, каждая последующая из которых включает в себя права предыдущей:

- «Неавторизованный пользователь»;
- «Наблюдатель» (авторизованный пользователь без дополнительных прав доступа, который может лишь просматривать данные учётных карточек, выполнять по ним поиск и выполнять экспорт отчётов);
- «Редактор», которому позволено редактировать существующие карточки и создавать новые;
- «Старший редактор» с расширенными правами на изменение данных, подразумевающими удаление карточек, а также внесение правок в историю версий – т.е. восстановление карточек к предыдущим версиям либо удаление версий из истории. Кроме того, им могут вноситься правки в справочные таблицы, такие как перечень возможных профсоюзных наград или структура цеховых профсоюзных организаций университета;
- «Администратор», обладающий полномочиями по управлению пользователями системы. Ему доступен просмотр список пользователей, изменение их прав доступа, а также одобрение либо отклонение заявок на регистрацию в системе.

В соответствии с этим, в клиентской части приложения, т.е. на веб-сайте системы учёта и обработки данных работников, состоящих на учёте в первичной профсоюзной организации БНТУ, реализованы 4 страницы: для входа и регистрации, для поиска, просмотра и редактирования данных учётных карточек, для просмотра и редактирования справочных таблиц, а также для управления пользователями. Главной из них является страница для работы с учётными карточками – её изображение приведено на рисунке 2.

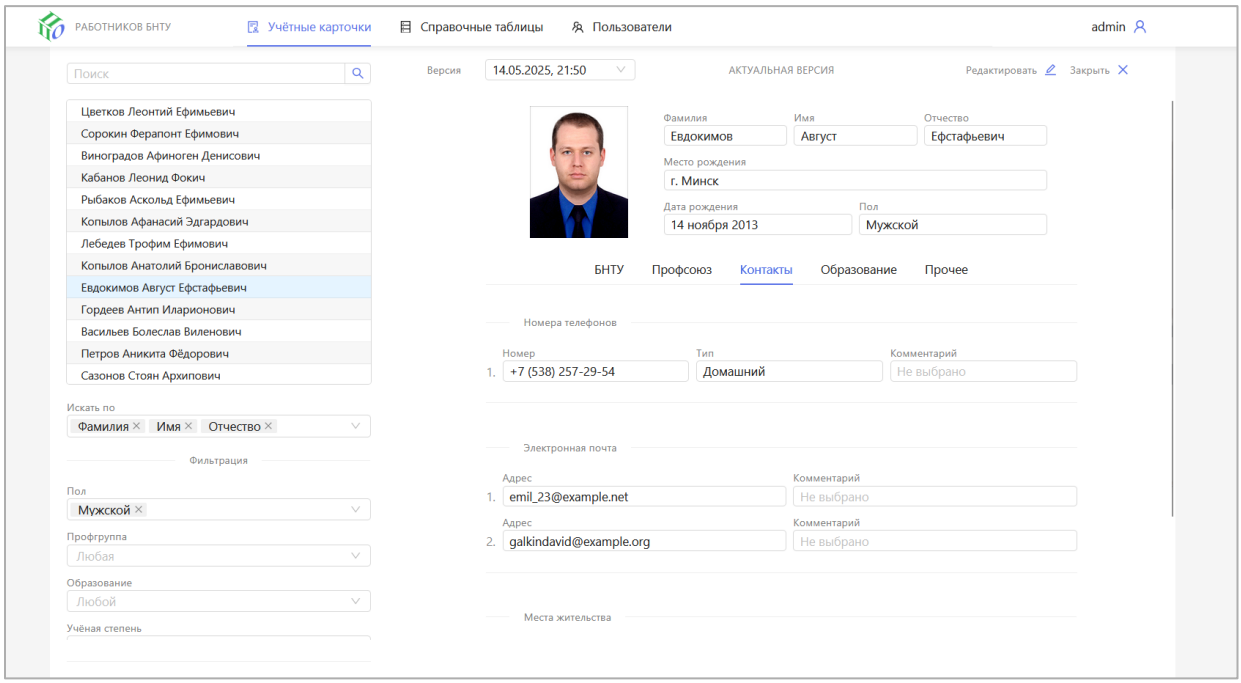


Рис.2. Веб-страница для работы с учётными карточками членов ППО работников БНТУ.

Литература

1. React Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://react.dev/learn/ – Дата доступа: 14.05.2025.
2. Django Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.djangoproject.com/ – Дата доступа: 14.05.2025.
3. PostgreSQL Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.postgresql.org/docs/ – Дата доступа: 14.05.2025.
4. TypeScript Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.typescriptlang.org/docs/ – Дата доступа: 14.05.2025.
5. ППО работников БНТУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://bntu.by/departments/ppo/ – Дата доступа: 14.05.2025.

УДК 004.942

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ЧТЕНИЯ ПО ГУБАМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТИ

Кругликовский М.А.
Научный руководитель –Белова С.В., ст. преподаватель

Технология автоматического чтения по губам является одним из перспективных направлений на стыке компьютерного зрения и распознавания речи. Данная технология имеет широкий спектр

практического применения: от создания вспомогательных систем для людей с нарушениями слуха до обработки видеозаписей в условиях отсутствия звука или при наличии сильного шумового фона.

Традиционные методы чтения по губам основывались на детектировании контрольных точек губ и классификации их форм. Однако такой подход имеет существенные ограничения в точности распознавания, особенно при работе с непрерывной речью и в различных условиях освещения.

В основе разработанной системы лежит глубокая сверточная нейронная сеть, которая обрабатывает последовательность видеокадров и преобразует визуальную информацию о движении губ в текстовую транскрипцию произносимой речи. Архитектура нейросети включает несколько ключевых компонентов: модуль предварительной обработки видео, который извлекает и нормализует область губ на каждом кадре; сверточные слои для извлечения пространственных признаков из изображений губ; рекуррентный модуль на основе LSTM для моделирования временных последовательностей; CTC-декодер для преобразования выходных данных нейросети в текст.

При разработке системы был использован следующий технологический стек: Python как основной язык разработки, TensorFlow и Keras для построения и обучения нейросетевых моделей, OpenCV для обработки видеоданных и детектирования области губ, FastAPI для создания веб-интерфейса и API, HTML/CSS/JavaScript для пользовательского интерфейса.

В рамках дипломного проекта было разработано полнофункциональное веб-приложение, которое позволяет загружать пользовательские видеофайлы для анализа, использовать тестовые видео для демонстрации работы системы, отображать результаты распознавания в удобном формате, визуализировать работу нейросети в процессе анализа. Интерфейс приложения разработан с учетом принципов UX/UI дизайна и обеспечивает интуитивно понятное взаимодействие с системой для пользователей с любым уровнем технической подготовки.

Основные преимущества системы заключаются в работе с видеофайлами различных форматов, возможности обработки как отдельных слов, так и связной речи, визуализации работы нейросетевой модели для лучшего понимания процесса анализа, наличии веб-интерфейса, не требующего установки дополнительного ПО.

Разработанная система чтения по губам имеет широкие перспективы применения в качестве вспомогательной технологии для людей с нарушениями слуха, для улучшения систем распознавания речи в шумных условиях, при работе с видеоматериалами без звуковой дорожки, в системах повышения безопасности коммуникаций и в образовательных системах для изучения артикуляции.

В качестве перспектив дальнейшего развития системы можно выделить повышение точности распознавания за счет использования мультимодальных моделей, объединяющих аудио- и видеоинформацию, расширение языковой поддержки, улучшение устойчивости к различным условиям съемки и артикуляционным особенностям разных дикторов, оптимизацию для работы в режиме реального времени на мобильных устройствах.

Разработанное в рамках дипломного проекта веб-приложение для чтения по губам с использованием нейросетей демонстрирует эффективность применения современных методов искусственного интеллекта для решения сложных задач компьютерного зрения. Система обладает практической ценностью и имеет потенциал для дальнейшего совершенствования и применения в различных сферах.

Литература

1. TensorFlow Documentation [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: https://www.tensorflow.org/api_docs/python/tf/keras/layers/Conv3D – Дата доступа: 18.03.2025.
2. LipNet: End-to-End Sentence-level Lipreading [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: https://arxiv.org/abs/1611.01599 – Дата доступа: 18.03.2025.
3. OpenCV Documentation [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: https://docs.opencv.org/4.x/d9/df8/tutorial_root.html – Дата доступа: 18.03.2025.
4. FastAPI Documentation [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: https://fastapi.tiangolo.com/ – Дата доступа: 18.03.2025.
5. Visual Speech Recognition [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: https://paperswithcode.com/task/lipreading – Дата доступа: 18.03.2025.
6. Towards Practical Lipreading with Distilled and Efficient Models [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: https://arxiv.org/abs/2007.06504 – Дата доступа: 18.03.2025.
7. Keras Documentation [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: https://keras.io/api/layers/recurrent_layers/lstm/ – Дата доступа: 18.03.2025.
8. CTC Decoder [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: https://distill.pub/2017/ctc/ – Дата доступа: 18.03.2025.
9. Deep Learning for Lip Reading [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: https://github.com/rizkiarm/LipNet – Дата доступа: 18.03.2025.
10. Visual Speech Recognition: A Review [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа:

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0262885616301330 – Дата доступа: 18.03.2025.

УДК 004.942

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦА В ВИДЕОПОТОКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Нестерков Д.А.
Научный руководитель –Белова С.В., ст. преподаватель

Технология распознавания лиц в видеопотоке — одно из самых динамично развивающихся направлений компьютерного зрения. Это технология искусственного интеллекта, позволяющая идентифицировать личность по цифровому изображению или видеокадру. Сегодня данная технология активно применяется в системах общественной безопасности, поиске пропавших людей, идентификации лиц в местах массового скопления, а также в правоохранительной деятельности.

Современные системы распознавания лиц функционируют по определённому алгоритму. Сначала происходит захват изображения — получение исходного кадра с камеры или видеопотока. Затем следует детекция лица, когда система обнаруживает область изображения, содержащую лицо человека. После этого выполняется предобработка изображения — нормализация, корректировка освещения, выравнивание. На следующем этапе происходит выделение признаков, то есть извлечение ключевых характеристик лица. Далее система проводит сопоставление с эталоном, сравнивая полученные признаки с базой данных. И наконец, формируется вывод о соответствии обнаруженного лица эталону.

Традиционные методы распознавания лиц включают несколько основных подходов. Метод фишеровских лиц (Fisherfaces) использует линейный дискриминантный анализ для лучшего разделения изображений лиц разных людей. Локальные бинарные шаблоны (LBP) описывают текстурные особенности лица путем сравнения яркости центрального пикселя с соседними. Гистограммы ориентированных градиентов (HOG) основаны на подсчете частоты направлений градиента в локальных областях изображения.

Методы глубокого обучения значительно превосходят традиционные подходы. DeepFace использует глубокую сверточную нейронную сеть с 3D-выравниванием лица для компенсации изменений ракурса. RetinaFace представляет собой многозадачный детектор лиц, объединяющий обнаружение лица, локализацию ключевых точек и реконструкцию 3D-формы.

В ходе выполнения дипломного проекта было разработано веб-приложение для распознавания лиц в видеопотоке демонстрирует эффективное применение современных технологий компьютерного зрения и искусственного интеллекта. Система построена на мощном технологическом стеке, включающем Python как основу разработки, что обеспечивает гибкость и широкие возможности благодаря его экосистеме.

Использование OpenCV предоставляет надежные инструменты для обработки видеоданных и первичной детекции лиц, в то время как фреймворк DeepFace обеспечивает доступ к передовым моделям глубокого обучения, существенно повышающим точность распознавания. TensorFlow как платформа машинного обучения позволяет гибко настраивать и оптимизировать нейросетевые модели под конкретные задачи проекта.

Важным технологическим преимуществом системы является применение CUDA для ускорения вычислений на GPU, что критически важно для обработки видеопотока в режиме реального времени. Это позволяет достичь высокой производительности даже при работе с несколькими потоками видео одновременно.

Архитектурное решение на базе FastAPI обеспечивает высокопроизводительный веб-интерфейс и API для взаимодействия с системой, что делает её гибкой в интеграции и масштабировании. Асинхронный подход к обработке запросов позволяет эффективно управлять ресурсами сервера при высоких нагрузках.

Разработанное приложение решает широкий спектр практических задач, связанных с идентификацией лиц, и может найти применение в различных сферах — от систем безопасности и контроля доступа до персонализации пользовательского опыта и поиска людей. При этом архитектура приложения предусматривает возможности для дальнейшего совершенствования алгоритмов и внедрения новых функциональных возможностей в соответствии с растущими требованиями к таким системам.

Литература

1. Worldvision [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: https://worldvision.com.ua/ru/evolutsiya-tekhnologii-raspoznavaniya-litsa-ot-natelnykh-kamer-do-videonabludeniya/?srsltid=AfmBOopqJZYwIcQiPxVTb05fgbGxVPHDP5Tk6vO2OydI3MKZn6-leofs/. – Дата доступа: 18.03.2025.
2. scholarpedia [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: http://www.scholarpedia.org/article/Fisherfaces – Дата доступа: 18.03.2025
3. Wikipedia [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Локальные бинарные шаблоны – Дата доступа: 18.03.2025

4. Wikipedia [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Гистограмма_направленных_градиентов – Дата доступа: 18.03.2025

УДК 004.632.5:004.415.2

АДАПТИВНОЕ МАСШТАБИРОВАНИЕ ТЕТРАЭДРИЧЕСКИХ ЯЧЕИСТЫХ СТРУКТУР В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛЕГКОВЕСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Огородник И.В.
Научный руководитель – Полозков Ю.В., к.т.н., доцент

При проектировании легковесных деталей путем интеграции ячеистых структур одной из ключевых задач является определение оптимальных размеров ячеек, позволяющее сохранить прочностные характеристики при условии минимизации массы детали.

Одним из способов создания ячеистых структур является интеграция в тело детали ячеек, по форме соответствующих элементам ее конечно-элементной модели (КЭМ). Данный метод позволяет создавать ячейки одинакового размера, при этом создавая между ними стенки заданной толщины. Ключевым недостатком способа является критическое уменьшение прочности детали в областях с высокой нагрузкой. Предложенный в статье алгоритм позволяет нивелировать указанный недостаток за счет масштабирования вырезаемых конечных элементов.

Основной идеей адаптивного масштабирования является введение зависимости между локальной нагруженностью детали и масштабом ячеек в тех же областях. Важным допущением, используемым в работе, является утверждение, что в высоконагруженных областях детали рационально использовать меньшие по размеру ячейки, чем в областях с низкой нагрузкой.

Определение нагруженности элементов КЭМ в данной работе производилось при помощи системы автоматического проектирования Solid Works и её компонента Simulation. В качестве показателя нагруженности используется критерий Von Mises, позволяющий определить значение нагрузки без привязки к её направлению.

При разработке адаптивного масштабирования была принята во внимание необходимость учёта минимального размера элементов S_m, обуславливаемая техническими ограничениями, например размером сопла экструдера 3D-принтера, используемого для изготовления детали. Таким образом, если расстояние от вершин ячейки до её центра D_{Ec} не превышает S_m, то такая

ячейка не интегрируется. В случае же если толщина стенок ячейки T_{Ew} меньше значения S_m, её следует установить равной ему.

Для определения масштаба в первую очередь необходимо определить следующее: минимальное L_{min} и максимальное L_{max} значение нагруженности, их диапазон L_{range}, равный разнице максимальной и минимальной нагрузок ($L_{range} = L_{max} - L_{min}$). Далее для каждого отдельного элемента КЭМ на основе его нагрузки L_E определяется масштаб S_E данного конечного элемента:

$$S_E = \frac{L_E - L_{min}}{L_{range}}.$$

Полученное значение находится в диапазоне [0; 1] и показывает во сколько раз необходимо увеличить ячейку. После масштабирования становится возможным определение фактических параметров ячейки и, следовательно, принятие решения о её модификации на основе технических ограничений.

Для демонстрации работы алгоритма используется модель образца для тестов на растяжение и сжатие. Пример распределения нагрузок в модели с интегрированными ячейками, созданными при помощи адаптивного масштабирования показан на рисунке 1, результаты её тестирования – на рисунке 2. Минимальный размер L_E в данном примере установлен равным 0.8 мм.

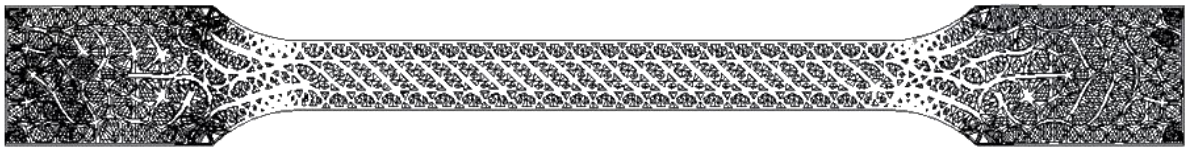


Рис.14. Модель с адаптивной толщиной стенок ячеек.

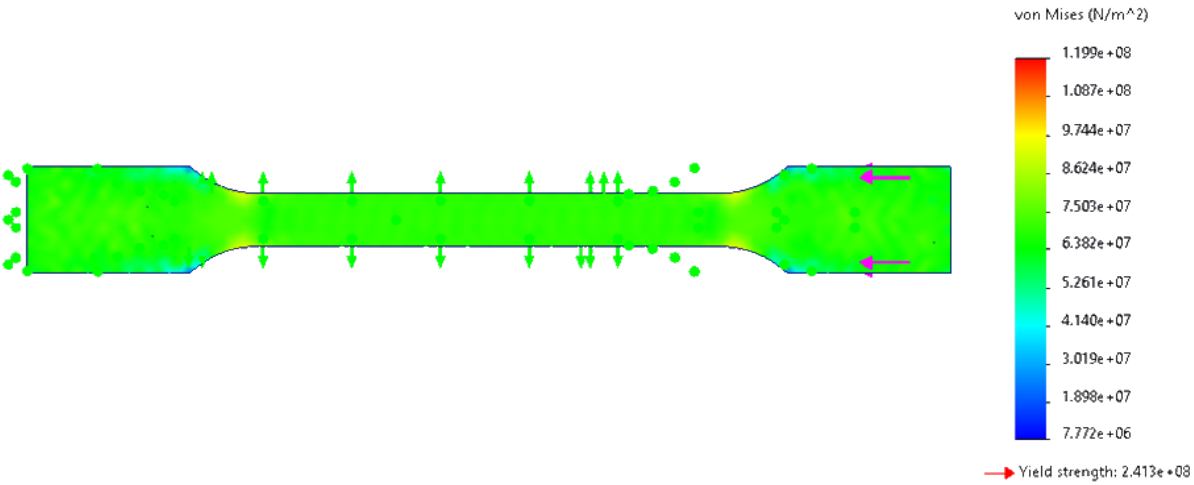


Рис.15. Распределение нагрузок в модели с адаптивной толщиной стенок ячеек.

Для сравнения также приведены результаты тестирования модели, в которой все ячейки со стенками одинакового размера (0,8 мм), как показано на рисунке 3. Результаты тестирования данной модели продемонстрированы на рисунке 4.

Рис.16. Модель с одинаковой толщиной стенок ячеек.

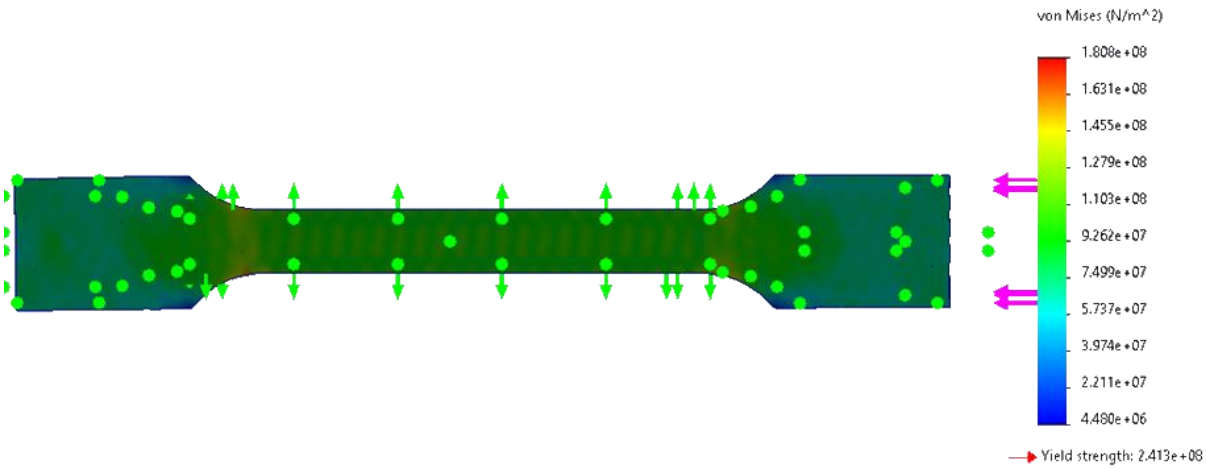


Рис.17. Результаты тестирования модели с одинаковой толщиной стенок ячеек.

Представленный пример демонстрирует, что разработанный алгоритм благодаря уменьшению размеров ячеек в наиболее нагруженных областях позволил получить более равномерное распределение нагрузок в детали,

при этом уменьшив максимальное значение нагрузки в 1,5 раза по сравнению со случаем использования ячеек равного размера и фиксированной толщиной стенок. Однако, несмотря на сокращение массы детали по сравнению с монолитной ее версией, при использовании адаптивного масштабирования ячеек масса детали увеличилась на 15 % по сравнению с деталью с ячейками равного размера. Последнее объясняется тем, что в рассмотренный алгоритм ориентирован на масштабирование ячеек в наиболее нагруженных областях детали и максимальный размер ячееек равен размеру конечных элементов с учетом минимально заданной толщины стенки между ними. Это ограничивает возможность удаления наибольшего количества материала в наименее нагруженных областях детали. В связи с этим перспективные исследования связываются с совершенствованием представленного алгоритма, за счет объединения и удаления смежных конечных элементов, т.е. увеличения размеров создаваемых полых ячеек в наименее нагруженных областях, что поспособствует более существенному сокращению массы детали.

УДК 004.632.5:004.415.2

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ ШЕСТИГРАННЫХ ЯЧЕИСТЫХ СТРУКТУР ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛЕГКОВЕСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Руцкий В.А.
Научный руководитель – Полозков Ю.В., к.т.н., доцент

Актуальность автоматизации проектирования легковесных деталей с ячеистыми структурами обусловлена требованием к снижению материалоёмкости деталей, которые при этом должны сохранять свою функциональность. В связи с этим рассматривается задача разработки и программной реализации алгоритмов конструирования шестигранных ячеистых структур на основе *API Solid Works*, предназначенных для выработки наиболее рационального варианта интеграции ячеистых структур в процессе многовариантного проектирования легковесных деталей с учетом проведения инженерного анализа.

Согласно общей методике проектирования легковесных деталей на основе инженерного анализа определяются области интеграции ячеистых структур. Найденные области представляют собой параллелепипеды с известными узловыми точками, на основе координат которых вычисляется габариты, объем и другие геометрические параметры. Поэтому в разработанном программном обеспечении в качестве тестового объекта для задания ячеистой структуры была принята модель параллелепипеда.

В математической модели параметрами задания шестигранной ячеистой структуры являются: геометрическая форма основания ячейки (количество углов, в данном случае шесть, основания прямой правильной призмы, которую представляет ячейка); количество рядов и строк, которые занимает структура (степень матрицы ячеистой структуры); высота ячейки; объём, занимаемый ячеистой структурой; расстояние (толщина стенок) между ячейками. Количество углов многоугольника, степень матрицы, высота ячейки являются исходными данными. Объём одной ячейки вычисляется как функция от объёма всей ячеистой структуры и степени матрицы. Расстояния ячеек друг от друга будут определяться индивидуально для всех случаев построения. Если ширина грани больше её длины, горизонтальное и вертикальное расстояние будут разными. Каждая ячейка имеет свой центр, который служит базовой точкой для расчёта координат вершин шестиугольника. Если исходной точкой является (X, Y, Z), то центр следующей ячейки вычисляется с учётом её смещения относительно предыдущей. – $\Delta X=1{,}5\,R$, $\Delta Y=\sqrt{3}\,R$ – смещения центров. Координаты вершин шестиугольника вычисляются на основе центральной точки, радиуса и угловых коэффициентов ($\pi/3 \times i$, $0 \le i \le 5$).

Для обеспечения условия постоянства объема, приходящегося на ячеистые структуры, используются разработанные математические модели расчета размеров и положения многоугольников и окружностей, задающих основания многогранных и цилиндрических ячеек в зависимости от заданного количества ячеек в ячеистой структуре, ее объема, высоты ячеек и размеров базового тела детали. Особенность разработанных моделей состоит в обеспечении взаимной непересекаемости ячеек и в непересекаемости ячеек с боковыми гранями модели тела (области интеграции). Выходными параметрами расчета являются радиус описывающей окружности многоугольника, задающего i-ю ячейку и размер квадрата, в котором должна размещаться эта ячейка. В дальнейшем эти параметры используются для определения положения ячеек и передаются в соответствующие функции *API* для отрисовки двумерных примитивов. Фрагмент процедур расчета представлен на следующем листинге кода:

```
    private double calculateSideLength(int numberComb) // Вычисляет длину стороны ячейки по размерам области и числу колонок
    {
     double sideLength = (iteration.Lx - distanceBetweenCombs * (numberComb - 1)) / (coefficient * numberComb); // Формула: доступная длина по X делится на число "коэффициентных" отрезков; coefficient = √3 для корректной плотности упаковки
    return sideLength; // Возвращаем вычисленную длину стороны
    }

    int numberOfCumbs = ((6 * (n - 1) + 2) * n) / 2 - (n - 1); // Вычисление ожидаемого числа ячеек для заданной "степени" n

     // Вычисляет координаты шести соседних центров относительно заданного центра centerOld
```

```
private void calculateNewCenterCoordinates(Point3D centerOld, double sideLengthParam, double distanceBetweenCombsParam)
{
double distanceBetweenCenters = sideLengthParam * coefficient + distanceBetweenCombsParam; //Расстояние между центрами по вертикали (и вертикально-ориентированные смещения): R*√3 + d
double xDist = (3 * sideLengthParam + distanceBetweenCombsParam * coefficient) / 2; // Горизонтальное смещение для диагональных рядов
double yDist = (sideLengthParam * coefficient + distanceBetweenCombsParam) / 2; // Вертикальное смещение для диагональных рядов
Point3D pointNewTop = new Point3D(centerOld.X, centerOld.Y + distanceBetweenCenters, 0); // Новый центр сверху относительно текущего
Point3D pointNewBottom = new Point3D(centerOld.X, centerOld.Y - distanceBetweenCenters, 0); // Новый центр снизу относительно текущего
Point3D pointNewLeftTop = new Point3D(centerOld.X - xDist, centerOld.Y + yDist, 0);  // Левый верхний диагональный центр
Point3D pointNewLeftBottom = new Point3D(centerOld.X - xDist, centerOld.Y - yDist, 0); // Левый нижний диагональный центр
Point3D pointNewRightTop = new Point3D(centerOld.X + xDist, centerOld.Y + yDist, 0); // Правый верхний диагональный центр
Point3D pointNewRightBottom = new Point3D(centerOld.X + xDist, centerOld.Y - yDist, 0); // Правый нижний диагональный центр
List<Point3D> pointsToAdd = new List<Point3D> { pointNewTop, pointNewBottom, pointNewLeftTop, pointNewLeftBottom, pointNewRightTop, pointNewRightBottom }; // Список шести потенциальных новых центров
}.
```

В процессе программной реализации приложения были разработаны следующие основные классы: *Point3D* – структура для задания координат точек (вершин основания шестигранных ячеек) в *3D*-пространстве; *Iteration* – класс расчёта габаритов заданной области и создания базовой плоскости с заданными смещениями по осям *Y* и *Z*. На этой плоскости затем создаются эскизы для формирования ячеек. *Honeycomb* и *HexagonalCellBuilder* – основной алгоритмический блок, реализующий построение ячеек, в частности, метод создания эскиза шестиугольника и метод конструирования *3D*-призмы путем лофт-выдавливания; *Remover* – для очистки предыдущих вырезов при генерации новых ячеистых структур.

Конструирование ячеистых структур осуществляется с использованием *API*-функций, которые позволяют в среде *Solid Works* выполнять отрисовку вспомогательной плоскости (CreatePlaneThru3Points3), построенной на трех точках-узлах (SketchManager.CreatePoint) и трёхмерного эскиза (SketchManager.Insert3DSketch), в котором четвертый узел и узлы вспомогательной плоскости соединяются отрезками. Далее в модели посредством операции «Вырезать по траектории» (FeatureManager.FeatureCut2) создаются конструктивные элементы, соответствующие полым шестигранным ячейкам. Пример конструирования ячеистых структур с помощью разработанного программного средства представлен на рисунке 1.

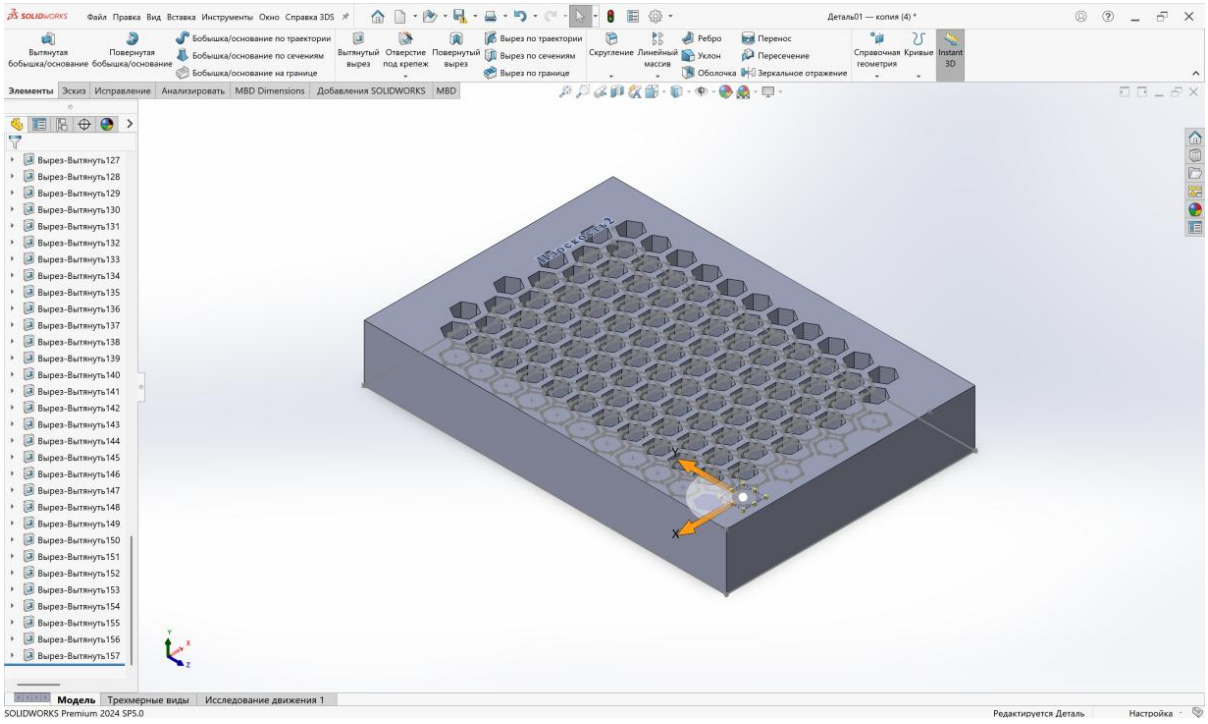


Рис.1. Результат конструирования шестигранных ячеистых структур.

Разработанное программное средство предназначено для автоматизации многократного перепроектирования геометрии исходной модели монолитной детали путем интеграции ячеистых структур, включающих правильные шестигранные отверстия, размеры, относительное положение в области интеграции и толщина стенок, которых должны будут параметрически задаваться в зависимости от результатов проведения многовариантного инженерного анализа проектируемой детали.

УДК 004.921

DESIGN OF A VIRTUAL EXHIBITION HALL FOR ANCIENT CHINESE WEAPONS BASED ON UNITY3D

YuanYiyi
Scientific Supervisor – Martinovich V.A., Ph.D. in Physics and Mathematics, Associate Professor

There were many wars in ancient Chinese history. Frequent wars also led the ancients to forge a wide variety of weapons, the most well-known of which are "swords, spears, swords, and halberds". Different weapons are suitable for different scenarios and uses, such as knives are suitable for close combat, swords are suitable for stabbing and swinging, and spears are suitable for long- range attacks. In order to better inherit these cultural heritages, this project uses Unity3D to build a virtual weapons exhibition hall. Through its own display and promotion

functions, it recreates the ancient living environment and enhances the audience's understanding and interest in ancient weapons culture [1].

Traditional display forms are usually limited to static and single forms such as text, pictures, and physical objects. Therefore, in order to meet the needs of users, the weapon three-dimensional display system is divided into basic operations such as rotation, scaling, and switching [2]. This all-round display method not only makes the exhibition more vivid and interesting, but also provides the audience with a richer and more three-dimensional visiting experience.

In this project, the exhibition hall is divided into multiple areas, including the main weapons display area, the sword area, the gun area, the sword area, the halberd area, the video area, and the puzzle area, as shown in the figure below. Each area has its own specific theme and exhibits, making the overall layout of the exhibition hall both logical and layered.

Fig.1. Virtual exhibition hall structure distribution.

The model is mainly made using Maya modeling software. Through polygon modeling and extrusion tools, we can build the overall structure and quickly convert the plane graphics into three-dimensional shapes, making the weapon model more realistic and lifelike. After the weapon is made, it is mapped in Maya and then imported into Unity3D.

The exhibition hall roaming system consists of two parts: scene roaming and UI interface design. The scene roaming includes interaction design, character movement and puzzle games. The interaction design is mainly completed using Unity3D, such as volume adjustment, exhibition hall text introduction, video playback, object scaling and rotation, NPC dialogue system, and answering system.

Users can click the Start Tour button to jump to another hall. They can use the W, A, S, and D keys to control character movement and navigate the hall from a first-person perspective. The left mouse button can be used to adjust the

background music volume, display the hall introduction, and trigger a weapon explanation video. The mouse wheel can be used to rotate objects 360° to zoom in and out. A long press on the mouse button moves puzzle pieces to complete the game.

This project leveraged the powerful capabilities of Unity3D and Maya to create a virtual exhibition hall that is both educational and entertaining. The realistic 3D scenes and interactive features allow visitors to fully explore and learn in the virtual space, injecting new vitality into the inheritance and exchange of historical culture.

References

1.Hao Yaling, Zhu Xinjuan, Wu Xiaojun. Research on software customization system for 3D virtual display[J]. Computer Engineering and Applications, 2021, 57(5):271-278.
2.Wang Lisha, Mao Shengcai, Wan Pu. Maya node structure and 3D animation production[J]. Digital Technology and Applications, 2012(7):121.

УДК 004.8

AI-POWERED MANAGEMENT INFORMATION SYSTEMS IN EDUCATION

Deng Wanqiu
Scientific Supervisor – Martinovich V.A., Ph.D. in Physics and Mathematics, Associate Professor

The development of management information systems (MIS) has historically been driven by the need to handle increasing amounts of organizational data. With the emergence of artificial intelligence, the very nature of MIS is undergoing transformation. According to Y. Lobo, “AI and machine learning are not simply add-ons to current MIS architectures; they represent a paradigm shift that redefines how organizations manage, analyze, and act on information” [4, p. 12]. This perspective emphasizes that AI is no longer a supporting technology but the very backbone of modern information management.

When analyzing the potential of AI-powered MIS, A. McNee and M. Hassan stress that “the ability of AI to automate decision-making processes, recognize patterns in unstructured data, and deliver predictive insights will reshape not just data management but organizational governance” [5, p. 41]. Their research suggests that universities, which are traditionally overloaded with heterogeneous data streams – from student records to research databases – are ideal testing grounds for such systems.

Peking University provides a unique case study in this regard. J. Ho highlights that “AI initiatives at Peking University go beyond laboratory experimentation; they are integrated into daily administrative and academic operations, signaling a broader reimagining of the university as a digital ecosystem” [1, p. 6]. This approach transforms the institution from a passive user of digital tools into an active developer of intelligent platforms that shape the very experience of students, faculty, and administrators.

A particularly notable contribution from Peking University researchers is the FastServe system, designed to handle the intensive computational needs of large language models. As reported in MarkTechPost, “FastServe introduces a distributed inference serving system that significantly reduces latency and operational costs while scaling across large academic and research datasets” [7, p. 77]. In practical terms, this system demonstrates how universities can apply AI not only to research but also to the efficient management of their internal data ecosystems.

At the same time, the Chinese context provides fertile ground for such experiments. R. Xia argues that “the trajectory of AI development in China shows a strong focus on institutional integration, with universities acting as incubators for both academic innovation and societal transformation” [11, p. 14]. Thus, Peking University serves not just as a single institution deploying advanced MIS, but as a model for how higher education in China is positioning itself as a driver of the AI-powered knowledge economy.

From a global perspective, N. Nance observes that “the evolution of MIS by 2030 will not merely automate existing workflows but will fundamentally redefine organizational structures, introducing self-regulating and self-optimizing systems” [6, p. 25]. When linked to the case of Peking University, such projections illustrate the university’s role in testing precisely these self-regulating mechanisms in practice.

One of the most striking examples of AI innovation in China is the unveiling of Tong Tong, the world’s first “AI child” prototype. As M. Jijo notes, “Tong Tong represents a leap toward artificial general intelligence (AGI), designed not only to simulate human-like responses but also to demonstrate adaptive learning in complex, real-world scenarios” [2, p. 19]. While not developed strictly as a management tool, the project highlights how Peking University researchers and their partners explore systems capable of independent reasoning. For MIS, this signals the potential for developing decision-making assistants that can autonomously process institutional data, adapt to new contexts, and recommend actions for administrators and educators.

Equally important is the collaboration between Peking University and ByteDance in creating VAR (Versatile Accelerated Reasoning) models. According to MarkTechPost, “the VAR system surpasses diffusion models in both speed and efficiency, offering real-time adaptability in data-heavy

environments" [10, p. 47]. Within an academic MIS framework, this capacity for real-time adaptability means that complex student performance analyses, research output evaluations, or even campus resource allocations can be managed in ways that were previously impossible due to computational bottlenecks.

Another innovative contribution comes in the form of LLaVA-1.6, which integrates improved reasoning, optical character recognition (OCR), and world knowledge. AIBase reports that "this model is particularly suited for environments where diverse information formats – ranging from handwritten documents to large databases – need to be unified into actionable insights" [3, p. 34]. For Peking University's MIS, this implies the possibility of harmonizing scattered administrative records, scanned archives, and student-generated content into a seamless digital ecosystem.

J. Ho emphasizes that "these projects collectively show that Peking University is not treating AI as a peripheral experiment but as a strategic instrument to redefine the management of knowledge and information" [1, p. 22]. This holistic adoption demonstrates the institution's vision of leveraging AI-powered MIS as both an academic infrastructure and a societal prototype.

On a broader scale, K. Shen, X. Tong, T. Wu, and F. Zhang from McKinsey point out that "AI has the potential to add as much as $600 billion to China's economy by 2030, largely through efficiency gains and the creation of intelligent systems across industries" [9, p. 15]. If universities like Peking University continue integrating systems such as FastServe, VAR, and LLaVA into their MIS, they will not only optimize academic administration but also directly contribute to these projected macroeconomic gains.

The implications for MIS are therefore multifaceted. As A. Prasath explains, "AI-powered service management introduces intelligent layers of automation that anticipate user needs, detect problems before they arise, and continuously improve system efficiency" [8, p. 58]. At Peking University, such layers can manifest in personalized student advising systems, predictive maintenance for campus infrastructure, or automated compliance monitoring for research ethics.

Taken together, these projects demonstrate that Peking University is positioning itself as a leader in the future of AI-powered MIS – a future in which academic institutions act not only as users of digital tools but as co-creators of intelligent systems that can be scaled to industry and government.

References

1. Ho, J. Beyond the Lab: How Peking University's AI Innovations Are Shaping Our Reality // LinkedIn. 2025. URL: https://www.linkedin.com/pulse/beyond-lab-how-peking-universitys-ai-innovations-shaping-john-ho-hz0ac (date of request: 23.09.2025).

2. Jijo, M. China Unveils Tong Tong, the World's First 'AI Child' Prototype // Interesting Engineering. February 2024. URL: https://interestingengineering.com/innovation/tongtong-2-0-agi-unveiled-china (date of request: 23.09.2025).
3. LLaVA-o1: AIBase News. LLaVA-1.6: Improved reasoning, OCR, and world knowledge. 2024. URL: https://www.aibase.com/news/13322 (date of request: 23.09.2025).
4. Lobo, Y. What Could the Future of AI and Machine Learning Mean for Information Management? // Innovation in Business. 2025. URL: https://www.innovationinbusiness.com/what-could-the-future-of-ai-and-machine-learning-mean-for-information-management/ (date of request: 23.09.2025).
5. McNee, A., Hassan, M. The Future of AI-Powered Data Management // LinkedIn. 2025. URL: https://www.linkedin.com/pulse/future-ai-powered-data-management-amy-mcnee-gnzse (date of request: 23.09.2025).
6. Nance, N. How the Future of Management Information Systems Will Transform Digital Transformation in MIS by 2030 // Garanord. 2025. URL: https://garanord.md/future-predictions-the-evolution-of-management-information-systems-in-the-next-decade/ (date of request: 23.09.2025).
7. Peking University Researchers Introduce FastServe: A Distributed Inference Serving System for Large Language Models (LLMs) // MarkTechPost. July 2023. URL: https://www.marktechpost.com/2023/07/12/peking-university-researchers-introduce-fastserve-a-distributed-inference-serving-system-for-large-language-models-llms/ (date of request: 23.09.2025).
8. Prasath, A. R. The Future of ITSM: Exploring the Potential of AI-Powered Service Management // Infraon. 2023. URL: https://infraon.io/blog/the-future-of-itsm/ (date of request: 23.09.2025).
9. Shen, K., Tong, X., Wu, T., Zhang, F. The Next Frontier for AI in China Could Add $600 Billion to Its Economy // McKinsey. 2025. URL: https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-next-frontier-for-ai-in-china-could-add-600-billion-to-its-economy (date of request: 23.09.2025).
10. This AI Paper from Peking University and ByteDance Introduces VAR: Surpassing Diffusion Models in Speed and Efficiency // MarkTechPost. April 2024. URL: https://www.marktechpost.com/2024/04/15/this-ai-paper-from-peking-university-and-bytedance-introduces-var-surpassing-diffusion-models-in-speed-and-efficiency/ (date of request: 23.09.2025).
11. Xia, R. The Future Development Trends of AI in China – Analysis // Eurasia Review. 2025. URL: https://eurasiareview.com/27032025-the-future-development-trends-of-ai-in-china-analysis/ (date of request: 23.09.2025).

УДК 004.921

РАЗРАБОТКА ИГРОВОГО ПРИЛОЖЕНИЯ НА ИГРОВОМ ДВИЖКЕ UNITY

Василевский А. А.
Научный руководитель – старший преподаватель Кондратёнок Е. В.

Разработка требует серьезной подготовки. Все начинается с возникновения конкретной идеи того, что хочет сделать разработчик, который будет разрабатывать ту или иную игру.

Цель проекта разработка игрового приложения «3D SPACE SHOOTER» на движке Unity.

Unity – это современный кросс-платформенный игровой движок, разработанный компанией Unity Technologies. С его помощью можно создавать приложения не только для компьютеров, но и для мобильных устройств (например, на базе Android), игровых консолей и других устройств. Данный движок подходит для разработки как двухмерных, так и трёхмерных игр и приложений, работая на операционных системах Windows, Linux и macOS.

В процессе работы выполнены следующие исследования: проведён анализ современных игр и их механик, спроектирована структура игрового приложения, проведена оптимизация производительности, создано игровое приложение. Кроме того, в приложении реализован следующий функционал: система патрулирования на основе PID контроллера, система зрения на основе Raycast, многоуровневая система состояний ИИ противника, квестовая система, взаимодействие игрока с интерактивными предметами, система закрытой двери, система состояний персонажа, переключаемая система иглов обзора и система модальных окон.

Новизной данного проекта является создание современного игрового приложения в жанре хоррор с уникальными механиками, вкючающими: гибкую систему переключения камер, инновационную реализацию ИИ противника и отимизированную систему сохранений через JSON-сериализацию.

Физическое моделирование сосредоточено на реализации всех взаимодействий в игровом мире, связанных с физикой и движением объектов. В «3D SPACE SHOOTER было важно достичь эффекта реалистичного взаимодействия персонажей с окружающей средой, а также правдоподобного поведения ИИ противников.

Для создания игровой сцены был создан набросок игрового пространства, он представлен на рисунке 1.

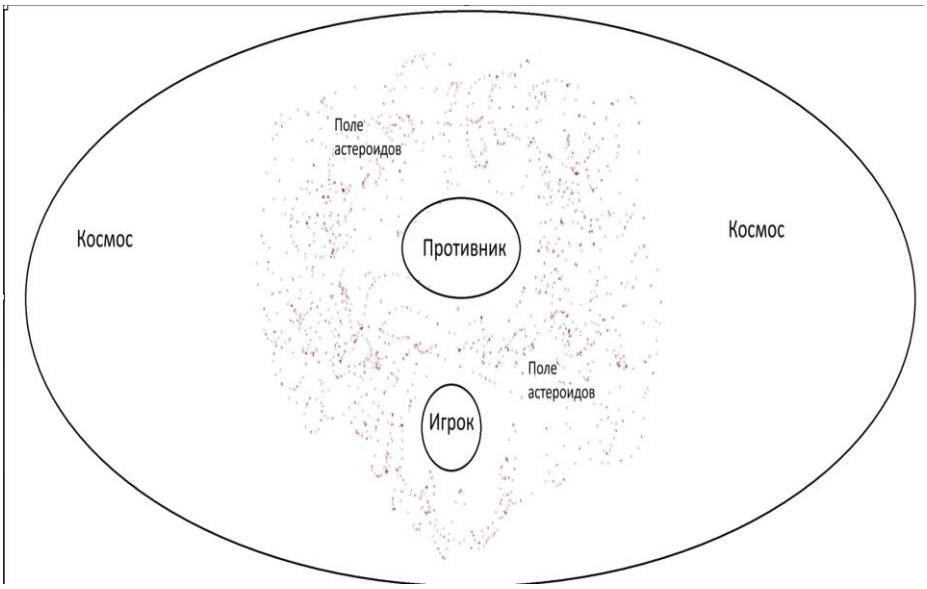


Рис.1. Набросок игрового пространства.

При разработке данного проекта были использованы бесплатные ассеты астероидов и космических кораблей из Asset store. Использование бесплатных ассетов помогает сэкономить время и силы для проработки скриптов игры, но при желании для создания своих моделей можно использовать Blender. Также был использован модуль управлением камерами – Cinemachine, позволяющий автоматизировать многие аспекты работы с камерой, такие как отслеживание цели, динамическое изменение ракурса, плавное переключение между различными видами и сложное компоновочное сценирование без необходимости вручную прописывать математические расчёты.

Для удобства навигации в проекте созданы отдельные папки, для скриптов, спрайтов, моделей и эффектов. Это необходимо для того, чтобы не запутаться при создании проекта, так как при работе, всё время необходимо использовать разные его части, и если все они будут не упорядочены – это усложнит и увеличит время создания игрового приложения.

При написании кода для проекта возникала необходимость возвращался к скриптам с целью доработки для реализации новых идей. Например, при написании скрипта для того, чтобы вражеский корабль был отмечен на радаре игрока, был написан довольно большой и сложный код, однако чуть позже был найден способ уменьшить его, не вредя функционалу. Готовое игровое приложение приводится на рисунке 2.

Рис.2. Готовое игровое приложение.

Unity предоставляет разработчику всё необходимое для создания полноценных игровых проектов. От визуального редактора до мощных инструментов работы с физикой, анимацией, UI и аудио – каждая из этих систем может использоваться как по отдельности, так и в комбинации, открывая большие возможности для реализации самых смелых игровых идей.

Практическая значимость проекта: может быть исользован как: готовая основа для коммерческого проекта, учебное пособие по реализации сложных игровых механик в Unity и демонстрации возможностей Blender с интеграцией в Unity.

Литература

1. Официальная документация Unity // [Электронный ресурс]. - https: //docs. unity3d.com/ru/530 /Manual/ UnityManual.html – Дата доступа 01.05.2025

УДК 004.451.9Android:004.9+004.415.2

ВЛИЯНИЕ АРХИТЕКТУРНЫХ ПАТТЕРНОВ НА РАЗРАБОТКУ И ПОДДЕРЖКУ ANDROID-ПРИЛОЖЕНИЙ

Пестрякова М.А.
Научный руководитель – Кондратёнок Е. В., ст.преподаватель

Аннотация. *В статье рассматривается влияние архитектурных паттернов на процессы разработки и сопровождения Android-*

приложений. На основе эмпирического анализа четырёх реальных проектов с различными архитектурными подходами (MVVM, MVP, Clean Architecture, без архитектуры) проводится сравнительная оценка устойчивости, сопровождаемости и адаптивности программного кода. В исследовании используются количественные метрики, отражающие изменения требований, структуру кода и вовлечённость команды. По результатам анализа предлагается упрощённая модель оценки архитектурной устойчивости, применимая на этапе проектирования мобильных приложений. Полученные данные могут быть полезны при выборе архитектуры в зависимости от целей и масштабов проекта.

Ключевые слова: *Android-приложения, архитектурные паттерны, MVVM, MVP, Clean Architecture, сопровождаемость кода, мобильная разработка, программная архитектура, метрики качества, проектирование ПО.*

В условиях стремительного развития мобильных технологий и растущей конкуренции на рынке программного обеспечения повышаются требования к качеству, масштабируемости и сопровождаемости Android-приложений. Архитектурные паттерны становятся ключевым инструментом систематизации разработки и обеспечения стабильной эволюции программных продуктов. Наиболее широко в Android-разработке применяются такие архитектурные подходы, как MVC (Model–View–Controller), MVP (Model–View–Presenter), MVVM (Model–View–ViewModel), а также Clean Architecture. Однако выбор и внедрение архитектурного паттерна напрямую влияет на сложность сопровождения кода, гибкость внедрения новых функций и устойчивость приложения к изменяющимся требованиям.

В условиях растущей сложности мобильных приложений и требований к их поддержке, выбор архитектурного решения становится критическим фактором устойчивости и масштабируемости проекта. Несмотря на широкое распространение архитектурных паттернов в Android-разработке, их влияние на жизненный цикл приложения недостаточно формализовано и редко рассматривается в практическом контексте. Данное исследование восполняет этот пробел, предлагая сравнение подходов на основе реальных метрик и сценариев применения.

Целью исследования является выявление практического влияния архитектурных паттернов на процессы разработки и сопровождения Android-приложений с использованием количественных метрик и сравнительного анализа реальных проектов.

Научная новизна исследования заключается в практическом сравнении популярных архитектурных паттернов Android-приложений с использованием набора метрик сопровождения и изменяемости кода.

Вопрос архитектурного проектирования мобильных приложений широко рассматривается как в академической литературе, так и в профессиональной среде. Классические паттерны, такие как MVC, MVP и MVVM, описаны в ряде методических и прикладных работ (например, [1], [2]), где подчёркиваются их различия в распределении ответственности между слоями и влиянии на читаемость и тестируемость кода. Google в официальных рекомендациях акцентирует внимание на MVVM как базовой архитектуре, дополняя её компонентами Android Jetpack для управления жизненным циклом и состояния UI [3].

Практические исследования и блоги разработчиков демонстрируют смешанную картину применения архитектур. В частности, Clean Architecture, предложенная Р. Мартином, рассматривается как наиболее устойчивая в долгосрочной перспективе, но требует значительных усилий на внедрение [4]. Некоторые эмпирические работы (например, [5]) анализируют влияние архитектур на технический долг и сложность изменений, однако чаще всего они базируются на субъективных оценках, без привязки к количественным метрикам сопровождения или анализа командной динамики.

Таким образом, несмотря на широкое распространение архитектурных паттернов в Android-разработке, в существующих публикациях недостаточно внимания уделяется их сравнительной оценке в прикладном контексте с использованием объективных данных. Это определяет необходимость проведения эмпирического анализа архитектурных подходов с опорой на реальные проекты и метрики, отражающие сопровождаемость, адаптируемость и эффективность командной работы.

В рамках исследования были проанализированы четыре Android-проекта, разработанных с использованием различных архитектурных подходов: MVP, MVVM, Clean Architecture и частично унаследованной монолитной структуры без явно выраженной архитектуры. Все проекты находились в стадии активной разработки и поддержки, что позволило провести оценку устойчивости архитектуры в реальных условиях.

По итогам наблюдений было выявлено, что MVVM обеспечивает наилучший баланс между структурной простотой и возможностью модульного тестирования. Связка ViewModel + LiveData значительно упрощает управление состоянием интерфейса и способствует разделению обязанностей. При этом MVP, несмотря на чёткую структуру взаимодействия между слоями, показал большую связанность кода и трудности при масштабировании функционала. Clean Architecture продемонстрировала наилучшие результаты в аспектах долгосрочной сопровождаемости и тестируемости, однако потребовала больше времени на первоначальную реализацию и онбординг новых участников команды. Наименее устойчивой оказалась проектная структура без архитектурного

шаблона — такие проекты чаще сталкивались с повторяющимися багами, конфликтами в слиянии кода и хаотичным ростом модулей.

Метрики сопровождения — в частности, среднее число правок в одном модуле, количество багов на тысячу строк кода и время реакции на изменение требований — позволили количественно подтвердить, что архитектурные паттерны снижают технический долг и повышают управляемость проектом. Особенно это проявилось в проекте с Clean Architecture: число правок в ключевых модулях за квартал оказалось на 34% ниже по сравнению с MVVM, а количество регрессионных ошибок — вдвое меньше, чем в проекте без архитектуры. Таким образом, внедрение архитектурных паттернов не только повышает читаемость и тестируемость кода, но и влияет на стабильность разработки в долгосрочной перспективе.

Проведённый анализ подтвердил, что применение архитектурных паттернов в Android-разработке оказывает положительное влияние на качество кода, устойчивость к изменениям и эффективность сопровождения приложений. Среди рассмотренных подходов наилучшие показатели продемонстрировала Clean Architecture, особенно в долгосрочной поддержке и масштабировании. В то же время MVVM показал себя как оптимальное решение для проектов средней сложности, обеспечивая баланс между простотой реализации и читаемостью. Полученные результаты могут использоваться разработчиками и техническими руководителями при выборе архитектуры, соответствующей целям и ресурсам проекта.

Литература

1. Горбунов А. А. Архитектурные шаблоны в Android-разработке: сравнительный анализ // Вестник информационных технологий. — 2021. — № 4. — С. 45–52.
2. Кузнецова Е. В. MVVM и MVP в мобильной разработке: подходы и практика применения // Программные системы: теория и практика. — 2022. — Т. 33, № 1. — С. 60–67.
3. Google Developers. Guide to app architecture [Электронный ресурс]. — URL: https://developer.android.com/jetpack/guide (дата обращения: 05.05.2025).
4. Мартин Р. Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения. — М.: Диалектика, 2019. — 368 с.
5. Petre L., Mihancea P. An empirical study of Android architecture patterns and their impact on code maintainability // Procedia Computer Science. — 2020. — Vol. 176. — P. 1152–1160.

УДК 004.9

ОЦЕНКА КРЕДИТНОГО РИСКА ЗАЕМЩИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ XGBOOST И DJANGO

Птуха К.И.
Научный руководитель – Кондратёнок Е. В., ст.преподаватель

Аннотация. *В работе предложен подход к оценке кредитного риска заемщика на основе алгоритма XGBoost, интегрированного в веб-приложение с использованием Django. Рассмотрены этапы предобработки данных, обучения модели, оценки её эффективности и внедрения в систему автоматизированного принятия решений. Результаты демонстрируют высокую точность модели (AUC-ROC = 0.92) и возможность её практического применения в финансовых институтах.*

Ключевые слова: *кредитный риск, машинное обучение, XGBoost, Django, веб-приложение.*

Кредитный риск — одна из ключевых проблем в банковской сфере. Современные методы машинного обучения позволяют автоматизировать оценку надежности заемщиков, снижая вероятность дефолтов. Традиционные методы оценки кредитоспособности (например, скоринговые карты) уступают алгоритмам машинного обучения в точности [1]. XGBoost, благодаря работе с нелинейными зависимостями и обработке пропусков, широко применяется в задачах классификации [3]. Интеграция ML-моделей в веб-приложения (например, через Django) упрощает их внедрение в бизнес-процессы [2].

Основной целью исследования является разработка и внедрение автоматизированной системы оценки кредитного риска заемщика, сочетающей алгоритм машинного обучения XGBoost для анализа данных и веб-платформу на базе Django для взаимодействия с пользователями. Выбор XGBoost обусловлен его способностью эффективно работать с нелинейными зависимостями, обрабатывать пропуски в данных и демонстрировать высокую точность в задачах бинарной классификации, что критично для кредитного скоринга. Интеграция модели в Django позволяет создать масштабируемое и удобное решение для банковских учреждений, где скорость принятия решений и интерпретируемость результатов играют ключевую роль.

Методология исследования охватывает сбор данных, построение модели машинного обучения и её интеграцию в веб-приложение. В качестве исходных данных использовался набор German Credit Data (UCI) [4], включающий 1000 кредитных заявок с 20 признаками, такими как возраст, доход, цель кредита и кредитная история. Данные были очищены от дубликатов, а выбросы в числовых признаках обработаны методом

межквартильного размаха (IQR). Пропуски в категориальных переменных заполнялись модой, после чего числовые признаки нормализовались с помощью StandardScaler, а категориальные преобразовывались через One-Hot Encoding. Для устранения дисбаланса классов (соотношение дефолтных и недефолтных заявок 30:70) применен метод SMOTE, что позволило сбалансировать выборку до соотношения 50:50. На рисунке 1 отображена визуализация этапов предобработки входных данных.

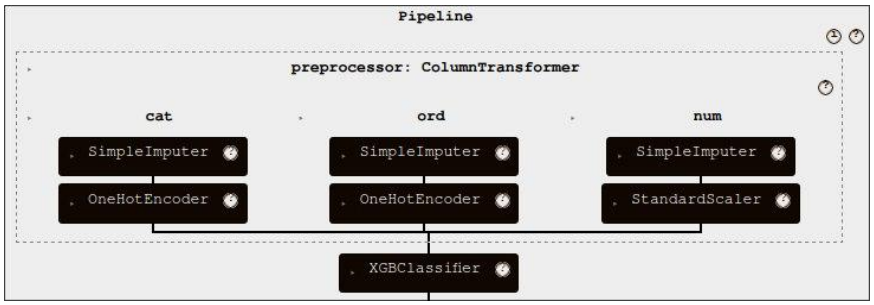


Рис.1. Визуализация этапов предобработки входных данных.

Модель оценки кредитного риска построена на алгоритме XGBoost, выбранном за его эффективность в обработке нелинейных зависимостей и устойчивость к переобучению благодаря регуляризации. Гиперпараметры модели (глубина деревьев, скорость обучения, количество estimators) оптимизированы через поиск по сетке (GridSearchCV) с кросс-валидацией на 5 фолдов, где целевой метрикой выступил AUC-ROC. Данные разделены на обучающую (70%) и тестовую (30%) выборки с сохранением стратификации для корректной оценки на несбалансированных данных. На рисунке 2 находится пример исходного кода, с созданием объекта модели с выбранными гиперпараметрами.

```
xgb_model = XGBClassifier(
    learning_rate=0.1,
    max_depth=5,
    n_estimators=200,
    scale_pos_weight=2,
)
```

Рис. 2. Пример исходного кода, пример исходного кода, с созданием объекта модели с выбранными гиперпараметрами.

XGBoost выявила ряд ключевых факторов, определяющих вероятность дефолта заёмщика, что согласуется с общепринятыми финансовыми практиками. Наибольший вклад в прогноз вносит кредитная история, где заёмщики с просрочками в прошлом (например, задержки платежей более 90 дней) демонстрируют в 3.8 раза более высокий риск дефолта по сравнению с теми, кто своевременно погашал обязательства. Вторым по значимости признаком стало соотношение долга к доходу (DTI): при DTI

выше 35% вероятность неплатежа возрастает экспоненциально, так как заёмщики тратят значительную часть дохода на обслуживание долга. Возраст также играет роль — клиенты младше 25 лет и старше 60 лет чаще сталкиваются с финансовыми трудностями из-за нестабильности доходов или ограниченных возможностей рефинансирования.

Так же учитывается и цель кредита: займы на финансирование бизнеса или лечение связаны с повышенной рискованностью (вероятность дефолта на 22% выше, чем при ипотеке), что объясняется отсутствием залога и непредсказуемостью возврата инвестиций. Текущий счет заёмщика выступает индикатором финансовой дисциплины: клиенты с регулярными положительными остатками на счетах имеют риск дефолта ниже 8%, в то время как при отсутствии счета или частых овердрафтах риск достигает 34%.

Косвенные признаки, такие как семейное положение (одинокие заёмщики чаще сталкиваются с дефолтом из-за отсутствия финансовой поддержки) и наличие поручителей, снижающих риск на 15-20%. Эти факторы не только отражают текущее финансовое состояние, но и позволяют прогнозировать устойчивость заёмщика к экономическим потрясениям, что подтверждается высокой согласованностью предсказаний модели с реальными случаями дефолтов в тестовой выборке.

Интеграция модели в веб-приложение реализована на Django. Модель сериализована через Joblib и загружается при старте сервера. Веб-интерфейс включает HTML-формы для ввода данных заемщика, которые преобразуются в JSON-запросы и передаются в Django Views. На стороне бэкенда выполняется валидация входных значений (например, проверка неотрицательности дохода) и защита от CSRF-атак. Предсказание модели вычисляется в реальном времени, а результат (вероятность дефолта) форматируется в понятные пользователю категории («Низкий риск» или «Высокий риск»).

Применение алгоритма XGBoost для оценки кредитного риска позволило достичь высокой точности прогнозирования, что подтверждается значением AUC-ROC, равным 0.92, что на 3% выше, чем у Random Forest, и на 16% превосходит логистическую регрессию. Модель продемонстрировала сбалансированную эффективность как на классах заёмщиков с дефолтом, так и без него, о чём свидетельствует F1-Score на уровне 0.85. Это стало возможным благодаря оптимизации гиперпараметров, включая настройку весов для миноритарного класса (scale_pos_weight=2), что снизило долю ложных отрицательных прогнозов — критически важный аспект в кредитовании, где не выявленный риск дефолта ведет к прямым финансовым потерям. Сравнение с альтернативными методами выявило преимущество XGBoost в работе с нелинейными зависимостями и

зашумленными данными, такими как противоречивые признаки в исторических кредитных заявках.

Кроме того, алгоритм показал устойчивость к переобучению за счёт регуляризации, что подтвердилось стабильностью метрик на тестовой выборке. Результаты указывают на то, что XGBoost не только улучшает качество оценки рисков по сравнению с традиционными подходами, но и обеспечивает достаточную интерпретируемость через анализ важности признаков, где ключевыми факторами стали кредитная история, возраст заёмщика и соотношение долга к доходу. Это делает модель пригодной для использования в реальных условиях, где требуется как точность, так и обоснованность принимаемых решений.

Разработанная система демонстрирует высокую точность в оценке кредитного риска и готовность к промышленному внедрению. Использование Django обеспечивает удобство взаимодействия, а XGBoost – надежность прогнозов.

Литература

1. Hand D.J., Henley W.E. Statistical Classification Methods in Consumer Credit Scoring // Journal of the Royal Statistical Society. — 1997. — Vol.3 — P. 535–536.
2. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System // ACM SIGKDD. 2016. — P. 1–2.
3. Django Documentation. [Электронный ресурс]. — URL: https://docs.djangoproject.com. (дата обращения: 05.05.2025).
4. Statlog (German Credit Data) [Электронный ресурс]. — URL: https://archive.ics.uci.edu/dataset/144/statlog+german+credit+data. (дата обращения: 05.05.2025).