



МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
ПРИВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
(ПривГУПС)

МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ

**МАТЕРИАЛЫ VIII ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО–ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

(Самара, 26 марта 2026 г.)

Самара
2026

УДК 004
ББК 32.81
М 55

Редакционная коллегия

Ответственный редактор:

Т. Б. Ефимова канд. экон. наук, доцент, зав. кафедрой «Цифровые технологии» ПривГУПС

Члены редакционной коллегии:

С. А. Блинкова канд. техн. наук, доцент, декан Электротехнического факультета ПривГУПС

Т. Б. Ефимова канд. экон. наук, доцент, зав. кафедрой «Цифровые технологии» ПривГУПС

Е. М. Тарасов д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «АТС на ж.-д. транспорте», ПривГУПС

Е. В. Добрынин канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «ЭСЖТ», ПривГУПС

В. А. Засов канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Цифровые технологии» ПривГУПС

А. В. Авсиевич канд. техн. наук, доцент кафедры «Цифровые технологии» ПривГУПС

Е. В. Козлов канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Цифровые технологии» ПривГУПС

А. П. Припутников канд. техн. наук, доцент кафедры «Цифровые технологии» ПривГУПС

Д. В. Иванов канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент кафедры «Цифровые технологии» ПривГУПС

И. Л. Сандлер старший преподаватель кафедры «Цифровые технологии», ПривГУПС

Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции (Самара, 26 марта 2026 г.). – Самара : ПривГУПС, 2026. – 353 с.

Сборник материалов содержит пленарные и секционные доклады, представленные на VIII Всероссийскую научно-практическую конференцию «Мехатроника, автоматизация, управление на транспорте». Материалы содержат актуальные теоретические и прикладные проблемы мехатроники и управления в области транспорта. Рассматриваются проблемы интеллектуализации мехатронных и робототехнических систем, вопросы исследования и проектирования АСОИУ, применение технологий искусственного интеллекта в управлении, системного анализа и принятия решений, а также современные цифровые технологии в различных областях науки и техники, и вопросы современных систем обеспечения движения поездов.

УДК 621.865.8
ББК 32.81

© ПривГУПС, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1 Автоматизированные системы обработки информации и управления	8
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СОСТАВЛЕНИЯ	
УЧЕБНОГО РАСПИСАНИЯ Вахитова В.И., Хасаншин И.А.	8
КИНЕМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСКОРЕНИЙ В	
ПРОИЗВОЛЬНОЙ ТОЧКЕ РЕЛЬСА ПО ДАННЫМ ДВУХ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ	
Залесов Н.А., Авсиевич А.В.	12
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СОВМЕСТНОЙ ПОДАЧИ	
ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА И ДОБАВОК АММИАКА В ЦИЛИНДРЫ ДИЗЕЛЯ	
ТЕПЛОВОЗА Курманова Л.С., Карпенко М.Ю., Уколова В.А.	16
ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПОДДЕРЖКИ	
ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В ОАО «РЖД»: ОРГАНИЗАЦИОННО–УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ	
АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ КОРПОРАТИВНОГО ПОМОЩНИКА Кузнецов Д. В.,	
Ефимова Т. Б.	20
РАЗРАБОТКА МНЕМΟΣХЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ	
УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЛИНИЕЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПВХ–	
ПОКРЫТИЙ Припутников А.П., Алексеев К.В.	24
МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА МЕТРИК ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ	
JAVA–ПРИЛОЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ GRAFANA Зорин Д.В., Липатова	
М.Н.	27
РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ МЕДИЦИНСКИХ	
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПАЦИЕНТА Кокин А.Р., Сандлер И.Л., Седашкина О. А.	31
АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ЗАГАЗОВАННОСТИ НАСОСНОГО ЗАЛА	
МАГИСТРАЛЬНОЙ НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩЕЙ СТАНЦИИ Якимов В.Н.,	
Сизова Н.А., Абайдуллин Р.И., Горелов И.И.	36
РАЗРАБОТКА АППАРАТНО–ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА И	
МОНИТОРИНГА СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В НАКОПИТЕЛЬНЫХ	
РЕЗЕРВУАРАХ Тычинина Ю.А., Яковлев Д.Ю.	42
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ	
МАЛОГАБАРИТНОЙ ЛИНИЕЙ ПРОИЗВОДСТВА РУБЕРОИДА Набережнев А.А.,	
Припутников А.П.	46
РАЗРАБОТКА МНЕМΟΣХЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ	
УПРАВЛЕНИЯ КАЛАНДРОМ ПРОИЗВОДСТВА ПВХ–ПОКРЫТИЙ Козлов Е.В.,	
Алексеев К.В.	49
МОДАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ УСКОРЕНИЙ В ТОЧКАХ РЕЛЬСА С	
УЧЁТОМ УПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ Авсиевич А.В., Залесов Н.А.	52
РАЗРАБОТКА АРМ ОПЕРАТОРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ БУНКЕРНОЙ ЗАГРУЗКОЙ	
ПОЛУВАГОНОВ НА БАЗЕ SIMPLE SCADA Иваев Д.Ш., Припутников А.П.	56
РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ УРОВНЯ В	
СЕПАРАТОРЕ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕПОДГОТОВКИ Рязанов Н.Д., Бирюков А.Д.	
.....	59
РАЗРАБОТКА МНЕМΟΣХЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ	
ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ РАЗМОТОЧНОГО УСТРОЙСТВА	
ПРОИЗВОДСТВА РУБЕРОИДА Набережнев А.А.	63
РАЗРАБОТКА МНЕМΟΣХЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ	
УПРАВЛЕНИЯ ПОКРОВОЧНОЙ ВАННОЙ ПРОИЗВОДСТВА РУБЕРОИДА Иваев	
Д.Ш., Набережнев А.А., Одинаркин Д.М. Одинаркин К.М.	67

РАЗВИТИЕ АППАРАТНОЙ ПЛАТФОРМЫ СИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ ОБ АВАРИЙНЫХ СОБЫТИЯХ Колпашиков С.А., Титов А.С.	71
РАЗРАБОТКА МНЕМΟΣХЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМОМ РЕЗКИ ПРОИЗВОДСТВА ПВХ–ПОКРЫТИЙ Алексеев К. В., Козлов Е.В.	75
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСКОРЕНИЙ В ТОЧКАХ РЕЛЬСА Залесов Н.А., Авсиевич А.В.	78
РАЗРАБОТКА МНЕМΟΣХЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БУНКЕРОМ С ПЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВА РУБЕРОИДА Хохлов Н.В., Набережнев А.А., Иваев Д.Ш.	82
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАГРЕВОМ ГАЗОСЫРЬЕВОЙ СМЕСИ НА НПЗ Тычинина Ю.А., Ленъков А.С.	86
МНЕМΟΣХЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕРМАЛЬНОЙ КАМЕРЫ ПРОИЗВОДСТВА ПВХ–ПОКРЫТИЙ Алексеев К.В.	90
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ГИДРОСИСТЕМЫ С ДВОЙНОЙ БЛОКИРОВКОЙ В СОСТАВЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРИВОДА Мясников А.Н., Колпашиков С.А., Макаров Н.А.	93
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА С УПРАВЛЯЕМЫМИ ИНТЕРВАЛАМИ АДАПТАЦИИ ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ ПОМЕХ В ПЕРЕРЫВИСТЫХ СИГНАЛАХ Засов В.А., Журжа Н.А.	98
СЕКЦИЯ 2 Мехатронные, робототехнические системы и технологии	103
3D–МОДЕЛЬ ПОВОРОТНОГО СТОЛА ДЕМОСТРАЦИОННОГО МАКЕТА МЕХАТРОННОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЛИНИИ Хохлов Н.В. Одинаркин Д.М. Одинаркин К.М. Припутников А.П.	103
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПНЕВМОПРИВОДОВ, ГИДРОПРИВОДОВ И ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ В ПРОМЫШЛЕННОЙ РОБОТОТЕХНИКЕ Эздеков Д.А. Федоров М.Н.	107
РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ГИДРОПРИВОДА СВЕРЛИЛЬНОГО СТАНКА В FLUIDSIM Колпашиков С.А., Макаров Н.А., Эздеков Д.А., Сандлер И.Л.	110
РОЛЬ МЕХАТРОНИКИ В АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА Федоров М.Н. Эздеков Д.А.	115
РАЗРАБОТКА 3D–МОДЕЛИ КОНСТРУКЦИИ ТОЛКАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЕМОСТРАЦИОННОГО МАКЕТА МЕХАТРОННОЙ СОРТИРОВОЧНОЙ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛИНИИ Одинаркин Д.М. Одинаркин К.М. Хохлов Н.В. Припутников А.П.	118
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С КЛАПАНОМ ПРОТИВОДАВЛЕНИЯ И ОБРАТНЫМ КЛАПАНОМ С ДЕБЛОКИРОВКОЙ Макаров Н.А., Эздеков Д.А., Колпашиков С.А., Мясников А.Н.	122
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРЕССА Эздеков Д.А., Макаров Н.А., Колпашиков С.А., Федоров М.Н.	126
МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОПРИВОДА С СИНХРОНИЗАЦИЕЙ ГИДРОЦИЛИНДРОВ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ Мачехин Н.И., Щетинин В.Г., Эздеков Д.А., Федоров М.Н.	130
РАЗРАБОТКА 3D–МОДЕЛИ КОНСТРУКЦИИ РАСПРЕДЕЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЕМОСТРАЦИОННОГО МАКЕТА МЕХАТРОННОЙ СОРТИРОВОЧНОЙ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛИНИИ Одинаркин Д.М., Одинаркин К.М., Припутников А.П.	135

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОСИСТЕМЫ ПЛЕЧЕВОГО ЗВЕНА РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО МАНИПУЛЯТОРА	Щетинин В.Г., Мачехин Н.И., Федоров М.Н., Сандлер И.Л.	138
АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МЕХАТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВЕ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ С ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ КРИТЕРИЕМ ОПТИМАЛЬНОСТИ	Якимов В.Н., Сизова Н.А., Ковылина Н.А., Андреева Д.О., Ильичева Д.А.	143
МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТИВНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ КОРРЕЛИРОВАННЫХ ПОМЕХ	Засов В.А., Глазков Н.А.	148
СЕКЦИЯ 3 Современные цифровые технологии в различных областях науки и техники		153
СКВОЗНЫЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕВОЙ ЭКОНОМИКИ	Блинкова С.А., Веляева К.С.	153
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА КВАДРАТА ПОЛИБИЯ НА HTML С УДОБНЫМ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИМ ИНТЕРФЕЙСОМ	Пещеров А. Ю., Бакалдин И. Ю., Тимофеев И. А., Иванов Д. В.	158
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ СРАВНЕНИЕ СТРАТЕГИЙ РЕНДЕРИНГА SSR И SSG В ПРИЛОЖЕНИЯХ NEXT.JS	Габдуалиев А.Н., Липатова М.Н.	162
РАЗРАБОТКА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПНЕВМОАВТОМАТИКИ С ИНТЕГРАЦИЕЙ ПРАКТИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ И ТЕСТОВ	Алексеев Р.Р.	165
РАЗРАБОТКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА МОДУЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ АГРЕГИРОВАННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ	Кокин А.Р., Сандлер И.Л., Седашкина О.А.	171
РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ПРИЕМНЫХ КАТУШЕК АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛОКОМОТИВНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ	Бородкин А.В.	177
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДХОДОВ К НОРМАЛИЗАЦИИ И УНИФИКАЦИИ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПРОГНОЗИРУЮЩИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	Колпащиков А.С.	181
ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ РАБОТЫ ШИФРА АТБАШ	Пещеров А.Ю., Тимофеев И.А., Бакалдин И.Ю., Иванов Д.В.	185
ОБУЧАЮЩАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПО ОСНОВАМ КРИПТОГРАФИИ С ИНТЕРАКТИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ	Калинина А.В., Осипов М.Н.	188
ОПТИМИЗАЦИЯ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ В ВЕБ-ПЛАТФОРМЕ ДЛЯ НЕФРОЛОГОВ ПЕРЕХОД С SQLITE НА POSTGRESQL	Кокин А.Р., Припутников А.П.	191
ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ГРАДИЕНТА ЦВЕТА	Соболев Е.Д., Бухарина В.Д., Козлов Е.В.	195
РЕАЛИЗАЦИЯ ШИФРА ЦЕЗАРЯ СРЕДСТВАМИ HTML С ВИЗУАЛИЗАЦИЕЙ ПРОЦЕССА ШИФРОВАНИЯ	Тимофеев И.А., Пещеров А.Ю., Бакалдин И.Ю., Иванов Д.В.	199
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ВЫБОРА АЛГОРИТМА ШИФРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ЗАДАННЫХ ПАРАМЕТРОВ	Осипов М.Н., Калинина А.В.	203
ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОБИЛЬНОГО НАВИГАЦИОННОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ С ОВЗ	Жидков С.Д., Зубрилин О.О., Третьяков К.А.	207

АНАЛИЗ ДОСТУПНОСТИ ЗАШИФРОВАННЫХ ДАННЫХ ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ КОМПРОМЕТАЦИИ ВНЕШНЕГО НАКОПИТЕЛЯ Осипов М.Н., Калинина А.В...	211
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПЕРЕХОДА С СУБД SQLITE НА POSTGRESQL НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СИСТЕМЫ И ЦЕЛОСТНОСТЬ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ Припутников А.П., Кокин А.Р.	214
РЕАЛИЗАЦИЯ ШИФРА ВИЖЕНЕРА НА HTML С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ВВОДА И РАСШИФРОВКИ ТЕКСТ Бакалдин И.Ю., Тимофеев И.А., Пещеров А.Ю., Иванов Д.В.	218
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОГРАММНОГО ШИФРОВАНИЯ VITLOCKER НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ДИСКОВОЙ ПОДСИСТЕМЫ И НАГРУЗКУ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРОЦЕССОРА Калинина А.В., Осипов М.Н.....	222
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ЧАТ–БОТА КАК ЧАСТИ ВЕБ–САЙТА ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ ПОЧЕК Сандлер И.Л., Кокин А.Р., Седашкина О. А.	227
ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ ПРОИЗВОЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННЫХ В ПРОСТРАНСТВЕ ЗНАКОВЫХ СИМВОЛОВ Бухарина В.Д., Соболев Е.Д., Козлов Е.В.....	234
СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ: ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ Малышева О.В., Седых М.С.....	238
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУПЕРПОЗИЦИИ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ ПО ТАБЛИЦЕ ИСТИННОСТИ Эздеков Д.А, Федоров М.Н., Сандлер И.Л.	242
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ ТРАНСПОРТА В РОССИИ Малышева О.В., Клочкова К.А.	249
СЕКЦИЯ 4 Интеллектуальные системы в управлении, системный анализ и принятие решений в управлении.....	253
ПРИМЕНЕНИЕ КУСОЧНО–ПОСТОЯННОЙ ОКОННОЙ ФУНКЦИИ ДЛЯ КОРРЕЛОГРАММНОЙ ОЦЕНКИ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ МОЩНОСТИ СИГНАЛА Якимов В.Н.	253
ТЕСТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ЗНАКОВЫХ СИМВОЛОВ ПРИ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ ОБЪЕКТА В ПРОСТРАНСТВЕ Бухарина В.Д., Соболев Е.Д., Козлов Е.В.	258
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ С НЕЙРОСЕТЕВЫМ КОМПЕНСАТОРОМ ВОЗМУЩЕНИЙ Джаббаров А.Ш., Данилушкин И.А.	263
СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНТУРОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЛЕЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ Ефимова Т.Б., Грубов Т.Л.	268
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ШИРМОВОГО ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЯ КОТЛА ТГМ–84 Строкин Л.П., Данилушкин И.А.	272
АЛГОРИТМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О ПЕРЕДАЧЕ КОНСУЛЬТАЦИИ ОТ ИИ–ЧАТ–БОТА ВРАЧУ ПРИ ВЕДЕНИИ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ ПОЧЕК Кокин А.Р., Сандлер И.Л., Седашкина О.А.	276
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ Сулевич Н.О., Авсиевич А.В.....	283
ПРИМЕНЕНИЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ГРУЗОПОТОКОВ Устюгов Р.А.....	287

ЧАСТОТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УСКОРЕНИЙ В ТОЧКАХ РЕЛЬСА Залесов Н.А.	290
АЛГОРИТМ АГРЕГИРОВАНИЯ И СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ ПАЦИЕНТОВ Седашкина О.А., Кокин А.Р., Сандлер И.Л.	293
АЛГОРИТМ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОСЕТЕВОГО РЕГУЛЯТОРА СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ Захаров П.А., Данилушкин И.А.	300
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ГРАНИЦ ОБЪЕКТОВ ПРИ ГРАДИЕНТНОМ ИЗМЕНЕНИИ ЦВЕТА В УСЛОВИЯХ НЕОДНОРОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ Соболев Е.Д., Бухарина В.Д., Козлов Е.В.	306
АЛГОРИТМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ АВТОНОМНЫМ ТРАНСПОРТОМ Григоренко Н.И.	310
АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ПОЯСОВ СТЕНКИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ Якимов В.Н., Сизова Н.А., Четверкин Н.А.	314
КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ АРХИТЕКТУРА САМОАДАПТИРУЮЩИХСЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ НА БАЗЕ MLOPS-КОНВЕЙЕРОВ Санкович М.А., Авсиевич А.В.	319
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАГРЕВОМ НЕФТЕПРОДУКТА В ПУТЕВОМ ПОДОГРЕВАТЕЛЕ Тычинина Ю.А., Фетисова В.Д.	323
О ВОЗМОЖНОСТИ ОПИСАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ АКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СЛОЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ НА ПРИМЕРЕ НАУЧНЫХ КОЛЛЕКТИВОВ ПРЕДПРИЯТИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА Черкасская Е.Е.	327
РЕАЛИЗАЦИЯ КВАНТОВОГО АЛГОРИТМА ПОИСКА Федорова О.Н., Никульников Н.В.	332
СЕКЦИЯ 5 Современные системы обеспечения движения поездов	335
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ АВТОБЛОКИРОВКИ АБЧК И АБТЦ–МШ Кутенков М.С.	335
ДИАГНОСТИКА КОНТАКТНОЙ СЕТИ С ПОМОЩЬЮ «УМНЫХ» ДАТЧИКОВ Топорова Н.Л.	339
МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОВОЗА 2ЭС6 ДЛЯ РАБОТЫ С ПНЕВМООЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНОЙ ПОМ–1М Вербицкий А.В., Третьяков Е.А.	342
ДИАГНОСТИКА СЕКЦИОННОГО ИЗОЛЯТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ RFID-МЕТКИ Харитонова Т.В., Ефимов М.Ю.	346
АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ РЕЛЬСОВОЙ ЛИНИИ Саблин В.С., Башаркин М.В., Астапенкова А.А., Исайчева А.Г.	349

СЕКЦИЯ 1

Автоматизированные системы обработки информации и управления

УДК 681.3

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СОСТАВЛЕНИЯ УЧЕБНОГО РАСПИСАНИЯ

Вахитова В.И., Хасаншин И.А.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье представлен инструментарий, автоматизирующий верстку графика учебных занятий. Алгоритм работы продукта учитывает загрузку аудиторного фонда, степень занятости педагогического состава, нормативы учебных направлений подготовки и действующие санитарные ограничения. Применение платформы позволяет снизить трудоемкость планирования, исключить накладки занятий и сбои в логистике учебного дня, а также предоставить всем сторонам учебного процесса, включая руководящий состав, педагогов и учащихся, актуальные сведения в режиме реального времени.

Ключевые слова: автоматизированное планирование, расписание вуза, балансировка нагрузки, менеджмент ресурсов, программная платформа, учебная деятельность.

Составление учебного расписания относится к числу наиболее сложных задач в управлении образовательной организацией. При традиционном подходе, основанном на ручном вводе или использовании электронных таблиц, процесс отнимает много времени и не позволяет оперативно реагировать на изменения. Нередко возникают ситуации наложения занятий, неравномерной нагрузки преподавателей или неэффективного использования аудиторий. С увеличением числа групп, дисциплин и участников процесса потребность в автоматизированном инструменте становится особенно актуальной [1].

Идея разработки – создание системы, способной не только формировать расписание, но и учитывать множество ограничений, например, санитарные нормы или же индивидуальные пожелания преподавателей. Немаловажной задачей является предоставление комфортного доступа к информации для различных групп пользователей. Система обеспечивает ведение единой базы данных, построение исходного варианта расписания, возможность ручной корректировки с контролем наложений и дублирования, а также представление результатов в формате матриц и

недельных сеток. Права доступа различаются исходя из статуса учетной записи: административный блок, учебно-методический отдел, преподаватель либо студент.

С технической стороны продукт базируется на трехуровневой парадигме. Уровень хранения данных основан на реляционной модели и включает таблицы с атрибутами персонала, дисциплин, учебных объединений, кабинетов и правил размещения. Промежуточный слой вмещает подпрограммы аналитики, поисковые алгоритмы и контролер соблюдения условий. Интерфейсная оболочка реализована в браузерной версии с адаптацией под различные разрешения экранов и роли участников.

Базовый инструментарий системы состоит из опций ввода и верификации исходных сведений, машинного построения черновика расписания, мануального редактирования с сигнализацией о пересечениях, менеджмента служебных записок на перенос пар и финальной публикации. Важным аспектом выступает способность программы дифференцировать обязательные к исполнению условия, к примеру, санитарные разрывы между сменами [3], и нестрогие пожелания, касающиеся методических дней или симметричного распределения занятости.

Пользовательское пространство спроектировано с упором на распределение полномочий. После подтверждения личности сотрудник или студент попадает на начальный экран, содержание блоков которого изменяется сообразно его статусу. На рисунке 1 отображена форма идентификации, где посетителю необходимо обозначить свою категорию и внести персональный ключ.

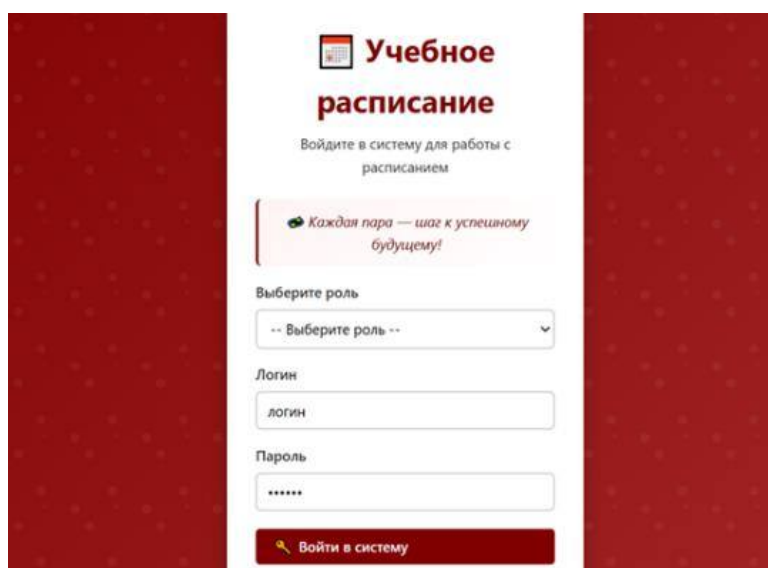


Рисунок 1 – Экран авторизации

Сотрудники учебного отдела оперируют вкладками создания и трансформации расписания, обработки служебных заявок, мониторинга справочных таблиц. Педагоги и обучающиеся обладают правом мониторинга графика, его сортировки по конкретным календарным датам или неделям, а также получают системные оповещения о любых корректировках. Представление дневного расписания реализовано в форме сетки с точной детализацией каждой учебной пары: отображаются часы проведения, наименование курса, лектор и номер помещения. Присутствует переключатель для четной и нечетной учебной недели. Визуализация данного блока показана на рисунке 2.

Раздел служебных заявок позволяет инициировать процедуру внесения поправок. Инициатор заполняет электронный формуляр, помечая категорию корректировки, суть пожелания и его актуальность. Уполномоченный работник анализирует ходатайство и дает ответ. Структура экрана подачи обращения представлена на рисунке 3.

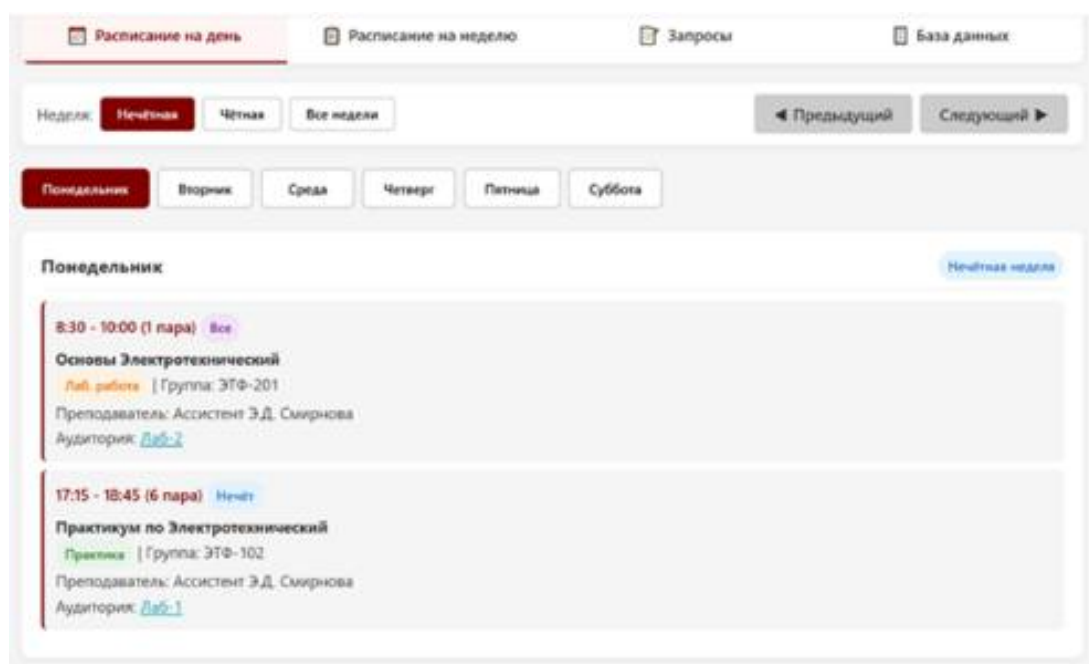


Рисунок 2 – Расписание на день

Задействованные в программе расчетные методы нацелены на предельное уменьшение разрывов между занятиями, достижение равномерности педагогической нагрузки в границах учебной пятидневки и принятие во внимание индивидуальных предпочтений преподавательского корпуса. В работах, посвященных данной

тематике, указывается, что применение эвристических подходов и методов логического программирования позволяет справляться со сложными системами ограничений [2]. При всем этом неукоснительно соблюдаются установленные государственные регламенты, в том числе касающиеся сменности работы учащихся.

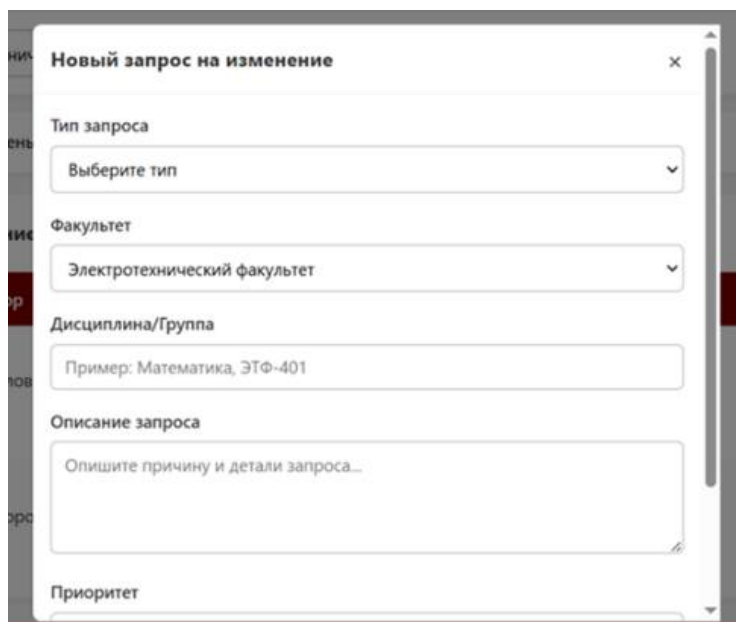


Рисунок 3 – Создание запроса на изменение

Эксплуатация предложенного решения сулит ряд весомых выгод. Превалирующим эффектом становится многократное уменьшение временных расходов на планирование графика. Вдобавок минимизируется количество механических промахов и спорных ситуаций, а весь процесс приобретает черты открытости. Участники учебного процесса обретают возможность обращаться к достоверной информации круглосуточно и с различных гаджетов. Руководство учреждения способно оперативно реагировать на форс-мажоры, а приложение само извещает всех затронутых субъектов о вводимых правках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кравченко Д.А., Масленников А.С. Разработка автоматизированной системы составления расписания учебных занятий // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2021. – N 5. – С. 32–39.
2. Жабко Г.П., Сиднев А.Г., Хомяков В.С. Автоматизация составления расписания в вузе с использованием SMT-решателей и генетического алгоритма // Системный анализ в проектировании и управлении: сборник научных трудов XXVIII Международной научно-практической конференции. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – С. 123–130.
3. ГОСТ Р 7.0.5–2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления. – М.: Стандартинформ, 2008.

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСКОРЕНИЙ В ПРОИЗВОЛЬНОЙ ТОЧКЕ РЕЛЬСА ПО ДАННЫМ ДВУХ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ

Залесов Н.А.¹, Авсиевич А.В.^{1,2}

¹Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

²ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет», МЗ РФ, г. Самара

Аннотация: в работе рассматривается возможность определения ускорений в любой точке рельса по измерениям двух трёхосных акселерометров. Принимается гипотеза об абсолютно твёрдом теле, что позволяет использовать кинематические соотношения Эйлера. На основе экспериментальных данных, полученных в ходе натурных испытаний, выполнены расчёты углового ускорения, угловой скорости (путём численного интегрирования) и вектора полного ускорения в заданной точке. Приведены таблицы результатов для нескольких моментов времени, проведён анализ погрешностей, обусловленных низкой частотой дискретизации и отсутствием информации о начальной угловой скорости. Сделаны выводы о границах применимости метода и необходимости использования более высокочастотных измерений для корректного описания динамики рельса.

Ключевые слова: акселерометр, рельс, твёрдое тело, угловое ускорение, угловая скорость, интегрирование, ускорение точки.

Введение

При диагностике железнодорожного пути и оценке воздействия подвижного состава на рельсы часто возникает необходимость знать ускорения в различных точках рельса, например, для расчёта напряжённо-деформированного состояния или усталостной прочности. Непосредственное размещение большого количества датчиков не всегда возможно из-за ограничений по стоимости и месту установки. В связи с этим актуальной является задача восстановления кинематических параметров в произвольной точке конструкции по ограниченному числу измерений [1].

В настоящей работе исследуется подход, основанный на предположении, что рельс на рассматриваемом участке ведёт себя как абсолютно твёрдое тело. Тогда для описания движения достаточно знать ускорение одной точки и векторы угловой скорости и углового ускорения. Для их определения требуется минимум три неколлинеарных акселерометра [2], однако на практике часто доступны только два. В такой ситуации приходится вводить дополнительные допущения, например, пренебрегать центростремительным ускорением или использовать итерационные процедуры.

Целью данной работы является оценка возможности и точности определения ускорений в произвольной точке рельса по данным двух трёхосных акселерометров при типичной частоте опроса 1 Гц.

Экспериментальная установка

Испытания проводились на участке железнодорожного пути. Два трёхосных акселерометра (далее – Sensor 02 и Sensor 03) были жёстко закреплены на поверхности рельса. Датчики измеряли проекции кажущегося ускорения на оси X, Y, Z, а также углы ориентации, получаемые путём обработки сигналов в предположении статического наклона. Запись данных велась с интервалом около 1 с (частота дискретизации ~ 1 Гц). Фрагмент записи продолжительностью 43 минуты предоставлен в виде лог-файла.

Для дальнейшего анализа приняты следующие допущения о системе координат:

- ось X направлена вдоль рельса (по ходу движения поезда);
- ось Y – горизонтально, перпендикулярно рельсу;
- ось Z – вертикально вверх.

Такая ориентация согласуется с тем, что показания Z близки к 9.8 м/с^2 (ускорение свободного падения), а углы крена и тангажа невелики.

Расстояние между датчиками определено геодезическими методами и составляет $L = 1.0 \text{ м}$ вдоль оси X. Таким образом, вектор $\mathbf{r}_{AB} = (1.0, 0, 0) \text{ м}$ (от Sensor 02 к Sensor 03). Точка C, для которой требуется найти ускорение, выбрана на расстоянии 1.5 м от Sensor 02 в положительном направлении оси X, т.е. $\mathbf{r}_{AC} = (1.5, 0, 0) \text{ м}$.

Методика расчёта

В предположении абсолютно твёрдого тела ускорение произвольной точки C связано с ускорением точки A (Sensor 02) формулой [3]:

$$\mathbf{a}_C = \mathbf{a}_A + \boldsymbol{\alpha} \times \mathbf{r}_{AC} + \boldsymbol{\omega} \times (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}_{AC}), \quad (1)$$

где $\boldsymbol{\omega}$ – вектор угловой скорости, $\boldsymbol{\alpha}$ – вектор углового ускорения.

Аналогично для точки B (Sensor 03):

$$\mathbf{a}_B = \mathbf{a}_A + \boldsymbol{\alpha} \times \mathbf{r}_{AB} + \boldsymbol{\omega} \times (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}_{AB}). \quad (2)$$

Вычитая (1) из (2), получаем:

$$\mathbf{a}_B - \mathbf{a}_A = \boldsymbol{\alpha} \times \mathbf{r}_{AB} + \boldsymbol{\omega} \times (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}_{AB}). \quad (3)$$

Векторное уравнение (3) содержит шесть неизвестных (три компоненты $\boldsymbol{\omega}$ и три компоненты $\boldsymbol{\alpha}$), что делает его неопределённым. Для разрешимости используем приближение, пренебрегая центростремительным членом ($\boldsymbol{\omega} \times (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}_{AB}) \approx 0$). Такое

допущение оправдано, если угловые скорости малы, что характерно для низкочастотных колебаний рельса [4]. Тогда:

$$\mathbf{a}_B - \mathbf{a}_A \approx \boldsymbol{\alpha} \times \mathbf{r}_{AB}. \quad (4)$$

Из (4) находим $\boldsymbol{\alpha}$ по формуле, вытекающей из свойств векторного произведения:

$$\boldsymbol{\alpha} = (\mathbf{r}_{AB} \times (\mathbf{a}_B - \mathbf{a}_A)) / |\mathbf{r}_{AB}|^2 + k\mathbf{r}_{AB}, \quad (5)$$

где k – произвольный скаляр, соответствующий составляющей $\boldsymbol{\alpha}$ вдоль $\mathbf{r}_{AB}$. Поскольку в выражении (1) эта составляющая не влияет на член $\boldsymbol{\alpha} \times \mathbf{r}_{AC}$ (при $\mathbf{r}_{AC}$ коллинеарном $\mathbf{r}_{AB}$), но может влиять на центростремительное ускорение, принимаем $k = 0$ для определённости. Тогда:

$$\boldsymbol{\alpha} \approx (\mathbf{r}_{AB} \times (\mathbf{a}_B - \mathbf{a}_A)) / |\mathbf{r}_{AB}|^2. \quad (6)$$

В нашем случае $\mathbf{r}_{AB} = (L, 0, 0)$, поэтому:

$$\boldsymbol{\alpha} = (0, -\Delta a_z/L, \Delta a_y/L), \text{ где } \Delta a_y = a_{By} - a_{Ay}, \Delta a_z = a_{Bz} - a_{Az}. \quad (7)$$

Угловую скорость $\boldsymbol{\omega}$ получаем численным интегрированием $\boldsymbol{\alpha}(t)$ по времени:

$$\boldsymbol{\omega}(t) = \boldsymbol{\omega}(t_0) + \int_{t_0}^t \boldsymbol{\alpha}(\tau) d\tau. \quad (8)$$

Начальное значение $\boldsymbol{\omega}(t_0)$ принято равным нулю, что соответствует предположению об отсутствии вращения до начала измерений. Интегрирование выполнялось методом трапеций.

После нахождения $\boldsymbol{\omega}(t)$ и $\boldsymbol{\alpha}(t)$ ускорение в точке С вычисляется по формуле (1). При этом центростремительный член $\boldsymbol{\omega} \times (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}_{AC})$ учитывается полностью.

По формуле (1) вычислено ускорение в точке С, удалённой от А на 1.5 м вдоль оси Х. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Ускорение в точке С (x=1.5 м)

Время, с	aCx, м/с ²	aCy, м/с ²	aCz, м/с ²	Время, с	aCx, м/с ²	aCy, м/с ²
0	-0.122	0.172	9.812	0	-0.122	0.172
5	-0.119	0.178	9.802	5	-0.119	0.178
10	-0.121	0.176	9.809	10	-0.121	0.176
15	-0.118	0.180	9.804	15	-0.118	0.180
20	-0.120	0.177	9.806	20	-0.120	0.177
25	-0.122	0.175	9.811	25	-0.122	0.175
30	-0.119	0.182	9.797	30	-0.119	0.182
35	-0.121	0.178	9.805	35	-0.121	0.178
40	-0.118	0.181	9.800	40	-0.118	0.181
45	-0.120	0.176	9.808	45	-0.120	0.176

Заключение

В работе выполнена оценка возможности определения ускорений в произвольной точке рельса по показаниям двух трёхосных акселерометров. На основе экспериментальных данных и кинематических соотношений твёрдого тела рассчитаны угловое ускорение, угловая скорость (путём интегрирования) и полное ускорение в заданной точке. Приведены таблицы численных значений для нескольких моментов времени.

Анализ показал, что при низкой частоте дискретизации (1 Гц) метод позволяет получить лишь приближённые значения, соответствующие медленным изменениям. Основными источниками погрешностей являются пренебрежение центростремительным ускорением, неопределённость начальной угловой скорости и отсутствие информации о продольной составляющей углового ускорения.

Для практического использования метода в задачах динамики рельсов необходимо обеспечить более высокую частоту измерений и, желательно, использовать гироскопы. В этом случае можно получить достоверные оценки ускорений в любой точке конструкции без установки дополнительных акселерометров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вибрации в технике: Справочник. В 6 т. Т. 1. Колебания линейных систем / Под ред. В.В. Болотина. – М.: Машиностроение, 1978. – 352 с.
2. Маркеев А.П. Теоретическая механика. – М.: ЧеРо, 1999. – 572 с.
3. Журавлёв В.Ф. Основы теоретической механики. – М.: Физматлит, 2008. – 304 с.
4. Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле. – М.: Машиностроение, 1985. – 472 с.
5. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных. – М.: Мир, 1989. – 540 с.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СОВМЕСТНОЙ ПОДАЧИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА И ДОБАВОК АММИАКА В ЦИЛИНДРЫ ДИЗЕЛЯ ТЕПЛОВОЗА

Курманова Л.С., Карпенко М.Ю., Уколова В.А.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье выполнен анализ эффективности применения аммиака в качестве вторичного энергоносителя в цикле тепловозного дизеля. Представлена структурная схема системы управления двухтопливным режимом, обеспечивающая дозированный ввод аммиака в цилиндры двигателя параллельно с основным дизельным топливом. Ключевой особенностью разработанной системы является реализация замкнутых контуров автоматического регулирования, которые позволяют поддерживать стабильные значения частоты вращения коленчатого вала и выходной мощности силовой установки в условиях переменной нагрузки. Реализация предложенного технического решения создает предпосылки для повышения топливной экономичности дизелей и снижения эмиссии вредных веществ с отработавшими газами.

Ключевые слова: электронная система управления, тепловоз, дизель, аммиак, дизельное топливо.

Введение. Современные тенденции развития железнодорожного транспорта, закрепленные в стратегических документах, таких как «Белая книга» и Энергетическая стратегия ОАО «РЖД» до 2030 года, акцентируют внимание на переходе к экологически безопасным и экономически эффективным технологиям [1]. В этой связи, особую значимость приобретает использование безуглеродного топлива в энергетических установках автономных локомотивов. В качестве безуглеродных моторных топлив рассматривают водород и аммиак [1,2]. Использованию водорода препятствуют следующие факторы: высокая стоимость его получения, сложность хранения, повышенная взрывоопасность, жесткость процесса сгорания в цилиндрах двигателя, а также агрессивное влияние элементы конструкции двигателя и другие.

Аммиак же, как моторное топливо, напротив, перспективен из-за простоты и безопасности его хранения, а также не требует серьезной технической адаптации, так как в двухтопливном режиме более мягко сгорает в цилиндрах двигателя, не вызывая жесткости процесса [2].

Постановка задачи. Учитывая физико-химические свойства аммиака необходимо разработать систему управления совместной подачи дизельного топлива (ДТ) и аммиака в газоздушный тракт тепловоза за турбокомпрессором с целью минимального изменения штатной компоновки дизеля тепловоза. При таком способе подачи, аммиак будет испаряться и охлаждать наддувочный воздух, повышая тем самым массовый расход воздуха.

датчика частоты вращения 6 коленчатого вала, датчика фазового газораспределения 7, датчика давления масла 8 в масляной системе, температурных датчиков воды 10 и масла 11, обеспечивая стабильность работы дизеля на холостом ходу [4,5].

При работе дизеля на режиме холостого хода включается контур подачи аммиака 20. Шестеренчатый насос 33, получая команду от блока управления 21, создает циркуляцию жидкого аммиака из бака 26. Дозирование осуществляется ступенчато, в зависимости от позиции контроллера машиниста (КМ):

– на малых позициях (2–4) задействован основной дозирующий жиклер 30 с проходным сечением $f=0,3\text{ мм}^2$. Давление в системе регулируется электроуправляемым клапаном 29 в соответствии с зависимостью (рис. 2).

– на повышенных нагрузках (4–8 позиции КМ) дополнительно открывается клапан 35, подключая параллельно дополнительный дозирующий жиклер 31 с проходным сечением $f=0,95\text{ мм}^2$. Такая схема обеспечивает требуемую пропускную способность без применения сложных регулировочных устройств.

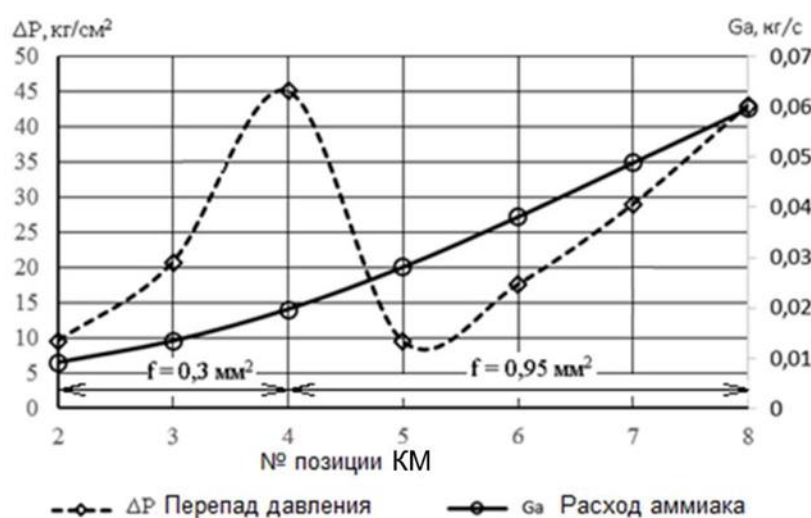


Рисунок 2 – Зависимости расходов аммиака для замещения 50 % ДТ и давления подачи аммиака при двух размерах отверстий от позиции КМ [1]

Система безопасности включает непрерывный мониторинг давления 27 и температуры 28 аммиака. При выходе параметров за нормативные пределы ЭБУ инициирует аварийный протокол: подача аммиака прекращается, и дизель автоматически переводится на работу исключительно на дизельном топливе.

Инжекция жидкого аммиака осуществляется непосредственно за турбокомпрессором в газоздушный тракт 32. Интенсивное испарение и перемешивание с воздухом, проходящим через датчик расхода 24, приводит к

формированию гомогенной топливовоздушной смеси на входе в цилиндры. Такое решение способствует снижению температуры наддувочного воздуха, повышая его плотность и, как следствие, весовой заряд цилиндра.

В нагрузочных режимах блок регулирования частоты вращения 3 корректирует подачу ДТ и аммиака с учетом показаний влажности 23 и температуры атмосферного воздуха 12. Параллельно блок регулирования мощности 4 через блок управления возбуждением 16 и возбудитель 17 воздействует на ТГ 18, синхронизируя электрическую нагрузку с количеством тепловой энергии, выделяемой при сгорании двухкомпонентного топлива.

Выводы. Реализация предложенной конструкции системы управления совместной подачи ДТ и аммиака в цилиндры дизеля тепловоза обеспечит стабильное и дозированное поступление жидкого аммиака в цилиндры без применения прецизионной регулирующей арматуры, за счет использования двухступенчатой схемы дозирующих жиклеров. При этом реализуется эффект охлаждения наддувочного воздуха за счет скрытой теплоты парообразования аммиака, что повышает массовый расход воздуха в цилиндрах и, соответственно, способствует росту мощностных показателей дизеля без увеличения тепловой напряженности деталей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектирование системы подачи аммиака во впускную систему тепловозного дизельного двигателя / А. Д. Росляков, Л. С. Курманова, С. А. Петухов [и др.] // Транспорт на альтернативном топливе. – 2024. – № 5(101). – С. 39–51. – EDN CXBZOY.
2. Особенности использования аммиака в качестве компонента моторного топлива в дизелях / Е. А. Лазарев, А. Д. Росляков, Л. С. Курманова [и др.] // Двигателестроение. – 2024. – № 4(298). – С. 83–100. – EDN QQBEKS.
3. Оценка влияния соотношения углерода к водороду на теплофизические свойства композитных топлив для работы тепловозных дизелей / Д. Я. Носырев, А. Ю. Балакин, С. А. Петухов, Л. С. Курманова // Вестник транспорта Поволжья. – 2016. – № 2(56). – С. 33–38. – EDN VVVTCF.
4. Петухов, С. А. Перспективность применения аккумуляторной системы топливоподачи для дизелей тепловозов / С. А. Петухов, Л. С. Курманова, А. С. Мазанов // Технологическое обеспечение ремонта и повышение динамических качеств железнодорожного подвижного состава : Материалы V всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Омск, 14 ноября 2019 года. – Омск: Омский государственный университет путей сообщения, 2019. – С. 338–345. – EDN ZBGUPQ.
5. Устройство электронного управления совместной подачи топлива и добавок водорода в дизельные двигатели транспортных средств / Д. Я. Носырев, И. К. Андрончев, В. В. Асабин, А. А. Мишкин // Электротехника. – 2020. – № 3. – С. 6–10. – EDN GCLURV

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПОДДЕРЖКИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В ОАО «РЖД»: ОРГАНИЗАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ КОРПОРАТИВНОГО ПОМОЩНИКА

Кузнецов Д. В., Ефимова Т. Б.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье исследуется опыт цифровой трансформации процессов поддержки пользователей в ОАО «РЖД» на примере внедрения и развития корпоративного помощника. Проведен анализ ключевых факторов успеха проекта, включая организацию распределенной команды разработки и применение гибких методологий управления. Особое внимание уделено методам оценки экономической эффективности и социальным аспектам внедрения ИИ-помощников в крупной корпорации. На основе полученных данных сформулированы рекомендации по масштабированию подобных решений и минимизации организационных рисков.

Ключевые слова: цифровая трансформация, управление проектами, корпоративный помощник, ОАО «РЖД», экономическая эффективность, управление изменениями, корпоративные информационные системы.

Введение. Когда мы говорим про цифровую трансформацию в огромных компаниях с многолетней историей, часто возникает ощущение, что это диалог про технологии: серверы, нейросети, дата-центры. На самом деле, как показывает практика, главное в трансформации – это люди и процессы.

ОАО «РЖД» – показательный пример. Компания с более чем 700 тысячами сотрудников, огромным парком информационных систем и жесткими требованиями к надежности и безопасности. Когда в 2022 году запускали корпоративного виртуального помощника для сотрудников – многие отнеслись к этому с осторожностью, так как сложилось мнение, что это обычный чат-бот, который не будет решать проблемы в полном объеме. Однако спустя два года система показала результаты, которые заставляют обратить внимание на данный опыт [1].

Организационная структура и управление проектом. Один из ключевых моментов, который определил успех корпоративного помощника – нестандартная для крупной корпорации организация работ. Обычно в крупных компаниях проекты разрабатывают и внедряют по классической схеме: сбор требований, разработка технического задания, разработка продукта, получение результата. При создании корпоративного помощника был использован другой подход.

Во-первых, проект попадал в зону «Сложный» по модели Cynefin, так как было сложно предположить, как именно сотрудники будут задавать вопросы, какие формулировки использовать, какие сценарии окажутся востребованными. Поэтому

был выбран Scrum с двухнедельными спринтами: каждые две недели рассматривался новый работающий функционал, новая проверка гипотез [3].

Во-вторых, архитектура «мастер-бот» позволяла привлечь к разработке более 200 человек из разных подразделений, что было серьезным организационным решением. Вместо создания одной гигантской команды было организовано много маленьких распределенных команд, каждая из которых отвечала за свою предметную область. Мастер-бот координировал их работу и собирал в единое целое.

Оценка экономической эффективности. Рассмотрим эффективность проекта внедрения корпоративного помощника: перед началом проекта были поставлены амбициозные цели: сократить время ожидания ответа техподдержки и снизить нагрузку на первую линию. До внедрения помощника сотрудники ждали ответа от техподдержки в среднем 13 часов (это усредненные данные, были вопросы, которые решались быстрее, но были и такие, ответ на которые приходил в течение нескольких дней). Сейчас, благодаря корпоративному помощнику, если вопрос типовой, ответ приходит за 2 минуты вместо 13 часов [2]. Доля запросов, которые помощник решает полностью автоматически, без участия человека, выросла в текущем году с 8 % до 17,73 % (рост показателя составил более чем в два раза за полтора года).

Еще один, менее очевидный, эффект: сотрудники компании перестают отвлекаться на рутину, отвечая на типовые вопросы: нет необходимости искать по инструкциям, например, как сменить пароль или сформировать отчет: на данные вопросы отвечает корпоративный помощник, что снижает когнитивную нагрузку и, как показывают внутренние опросы, повышает удовлетворенность работой.

Холархия и место системы в корпоративной структуре. Любая система в крупной компании является частью чего-то большего и одновременно – целого для своих компонентов. На рисунке 1 показана холархия корпоративного помощника.

Верхний уровень представлен Холдингом, далее – ГВЦ (Главный вычислительный центр), следующий уровень – департамент развития ИИ-сервисов, и, последний уровень – корпоративный помощник. Но одновременно корпоративный помощник – это целое для своих подсистем: диалогового модуля, базы знаний, интеграционной шины и т.д. Такое представление помогает понять, как решения, принятые на уровне системы, влияют на вышестоящие и нижестоящие уровни.

Например, решение внедрить голосовой ввод требует изменений в инфраструктуре ГВЦ (уровень выше) и доработки NLP-движка (уровень ниже).

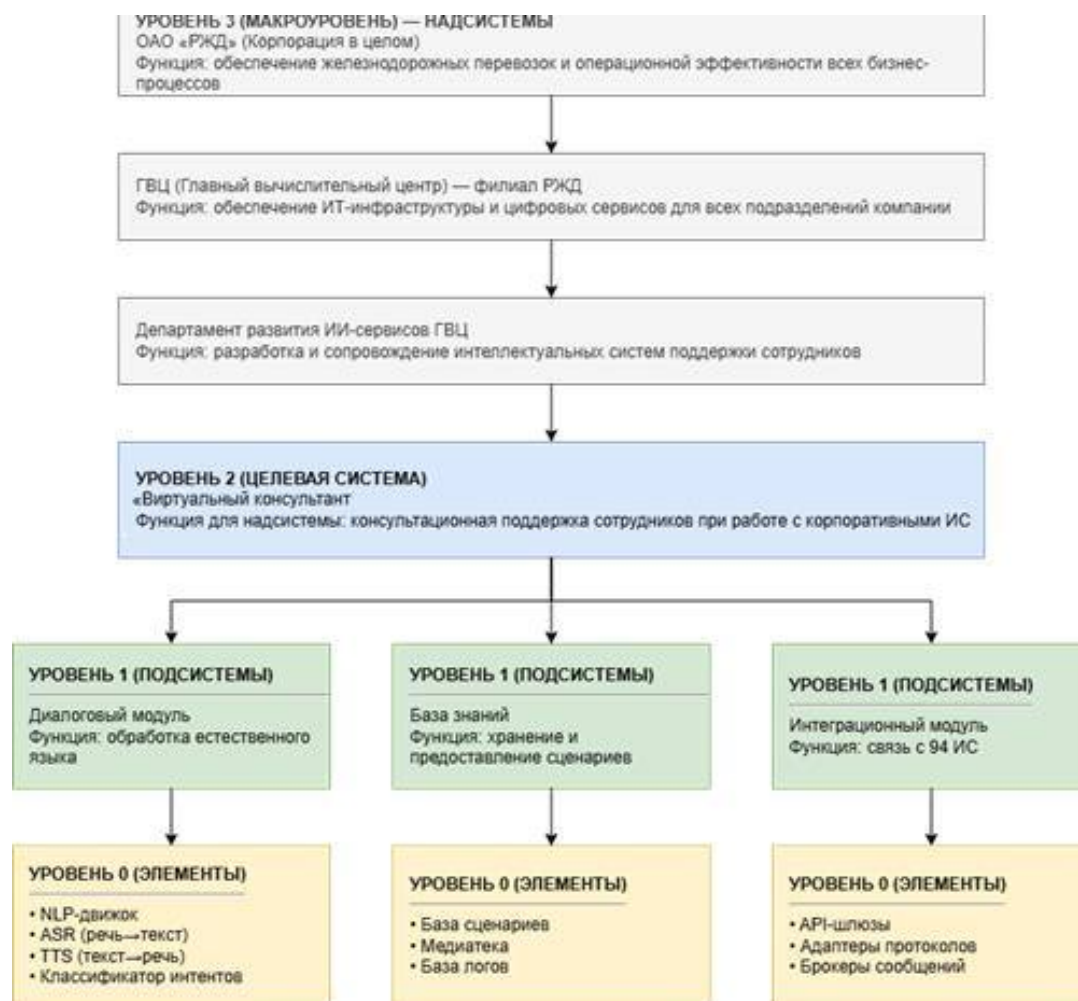


Рисунок 1 – Холархия корпоративного (виртуального) помощника

Социальные аспекты и риски внедрения. Цифровая трансформация всегда затрагивает человеческий фактор. При внедрении интеллектуальных помощников сотрудники компании опасаются сокращений. Поэтому здесь важно понимать, что задача внедряемого корпоративного помощника – не заменить людей, а снять с них рутинные обязанности, чтобы они занимались более сложными задачами, где необходим естественный интеллект. Кроме того, была внедрена система мотивации: технологи получают бонусы за то, что помогают системе учиться, разбирая сложные запросы и пополняя базу знаний.

Заключение. Подводя итог, можно сказать, что опыт внедрения интеллектуальных корпоративных помощников в ОАО «РЖД» – это хороший пример

того, как должна протекать настоящая цифровая трансформация. Данный опыт помог определить следующие важные моменты:

1. Организационная гибкость имеет огромное значение, зачастую это даже важнее технологий.
2. Прозрачность метрик определяет важность внедряемых инновационных решений.
3. Важность системы мотивации: сотрудники не противостоят инновациям, а принимают активное участие в совершенствовании внедряемого решений.
4. Безопасность и контроль: внедрение LLM-моделей требует постоянного мониторинга и сохранения «человека в контуре», особенно в критических областях.

В настоящее время продолжается – развитие проекта в части создания полноценного ИИ-агента на базе генеративных моделей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цифровая трансформация в ОАО «РЖД»: от стратегии к практике // Вестник ВНИИЖТ. – 2024. – № 2. – С. 12–18.
2. Петров А.В., Смирнов И.К. Оценка экономической эффективности внедрения интеллектуальных систем поддержки пользователей // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2025. – № 1. – С. 45–53.
3. Сазерленд Дж. SCRUM. Революционный метод управления проектами. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2018. – 288 с.

РАЗРАБОТКА МНЕМОСХЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЛИНИЕЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПВХ-ПОКРЫТИЙ

Припутников А.П., Алексеев К.В.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье рассматривается разработка мнемосхемы экранной формы оператора для системы мониторинга и управления производственной линией изготовления ПВХ-покрытий. Разработанная мнемосхема обеспечивает удобный визуальный контроль основных параметров процесса: количества и заполненности материала, скорости вращения оборудования, температур входа и выхода в термальной камере, скорости валков и вытягивающего устройства, толщины выходной нити/полотна, а также уровня заполнения рулона. Реализована система индикации статусов участков и отдельная сигнализация аварийных ситуаций. Оператор может запускать и останавливать линию, отслеживать статус каждого узла и оперативно реагировать на отклонения. Внедрение разработанной мнемосхемы упрощает диспетчеризацию процесса, повышает оперативность выявления нештатных режимов и способствует снижению простоев и брака на производственной линии.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, технологический процесс, АСУ ТП, производственная линия, ПВХ-покрытия, каландровый метод, мнемосхема, мониторинг, управление процессом, система индикации статусов, операторский интерфейс, диспетчеризация, оптимизация, производственная эффективность, безопасность, отчетность.

Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) существенно повышают производительность и стабильность качества на предприятиях полимерной промышленности [1, 2]. Точный контроль многостадийных линий изготовления ПВХ-напольных покрытий каландровым методом является необходимым условием, где малейшие отклонения параметров приводят к браку и простоям [3].

В данной работе рассматривается разработка мнемосхемы экранной формы оператора для системы мониторинга и управления производственной линией каландрового изготовления ПВХ-покрытий, основной задачей которой является обеспечение визуализации и удобного контроля основных параметров процесса, а также оперативное реагирование на отклонения для повышения безопасности и стабильности работы оборудования в целом.

В системе автоматизации основной элемент для визуализации технологического процесса является экранные формы АСУ ТП выполненные в виде мнемосхем, которые помогают оператору мгновенно оценивать текущее состояние линии, отслеживать изменяемые параметры и быстро реагировать на отклонения в реальном времени находясь в непосредственном удалении от производственной линии.

Разработанная мнемосхема экранной формы для линии каландрового изготовления ПВХ-покрытий представлена на рисунке 1, реализована на платформе Simple Scada 2 [4]. На мнемосхеме схематично изображена вся технологическая линия в виде последовательности основных узлов: каландра, термальной камеры, вытягивающего устройства, ножниц и намоточного устройства.

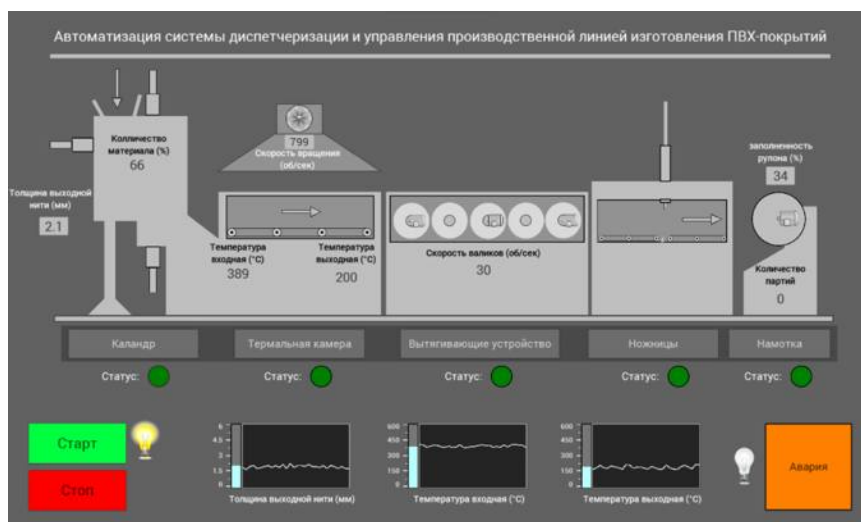


Рисунок 1 – Мнемосхема экранной формы «Автоматизация системы диспетчеризации и управления производственной линией изготовления ПВХ-покрытий»

Каждый узел оснащён индикатором статуса в виде цветового сигнала. В мнемосхеме реализована система навигации между модулями, которая позволяет оператору при выборе любого сектора линии получить более подробную информацию о соответствующем участке (параметры процессов, дополнительные графики, органы управления). В нижней части мнемосхемы расположены кнопки управления «Старт», «Стоп» и «Авария», а также графики отображения толщины выходной нити и температур на входе и выходе термальной камеры.

При возникновении отклонений параметров от заданных уставок мнемосхема автоматически визуализирует аварийный режим, представленный на рисунке 2. В данном режиме на мнемосхеме загораются красные индикаторы статуса всех проблемных узлов, а место аварии дополнительно визуализируется специальными символами типа «пламя». Оператор имеет возможность самостоятельно активировать аварийный режим нажатием кнопки «Авария». При этом производственная линия немедленно останавливается, и система подаёт визуальные сигналы тревоги для немедленного привлечения внимания оператора и автоматического вызова ремонтной бригады.

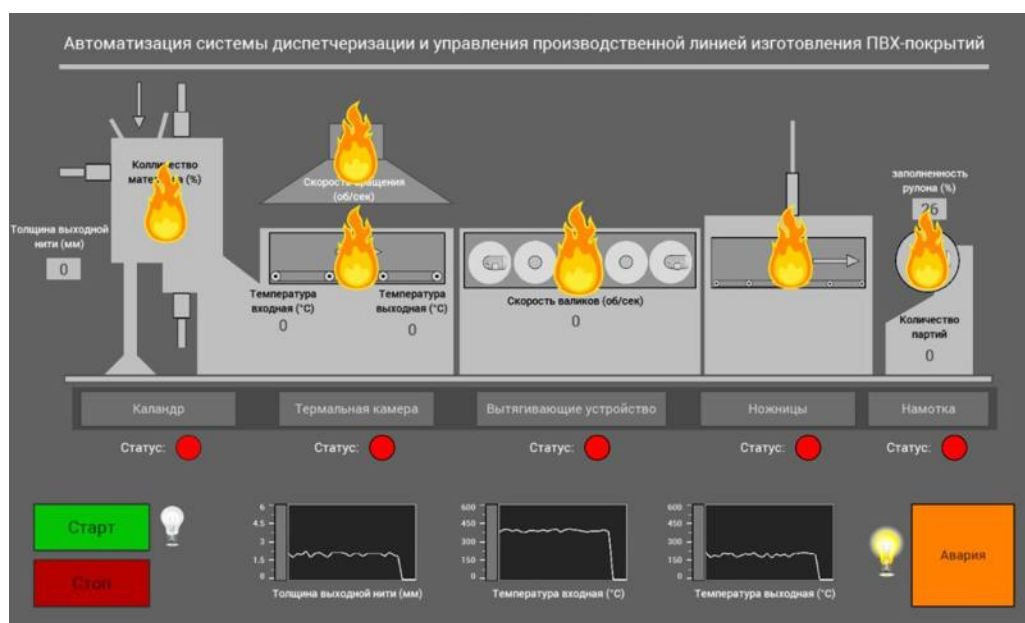


Рисунок 2 – Мнемосхема экранной формы «Автоматизация системы диспетчеризации и управления производственной линией изготовления ПВХ–покрытий» в аварийном режиме

Разработанная мнемосхема представляет собой эффективный инструмент оперативного контроля и управления каландровой линией изготовления ПВХ–покрытий, которая обеспечивает надёжную визуализацию параметров, быструю диагностику состояний узлов и оперативное реагирование на отклонения, что позволяет своевременно предотвращать поломки, снижать простои и повышать общую эффективность производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коломиец, А. С. Актуальность применения автоматных моделей в проектировании имитационных тренажеров для обучения операторов АСУ ТП / А. С. Коломиец // Наука и современность. – 2010. – № 3–2. – С. 152–157. – EDN RTBYFD. Соболев, А. С. Актуальность создания интегрированных систем управления на предприятии / А. С. Соболев, Е. Л. Вайтекунене // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2010. – Т. 1, № 6. – С. 441–442. – EDN TWICPT.
2. Добромыслова, А. А. Разработка системы диспетчеризации процесса изготовления резины в программе Simple–Scada / А. А. Добромыслова, О. М. Власенко // Сборник научных трудов кафедры автоматики и промышленной электроники. – Москва : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», 2021. – С. 11–16. – EDN RTQOST.
3. Чистякова, Т. Б. Алгоритм интеллектуального анализа больших данных и управления качеством полимерных материалов / Т. Б. Чистякова, М. А. Тетерин // Известия Санкт–Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2017. – № 40(66). – С. 94–101. – EDN ZXGYXX.
4. Simple–Scada – простая, российская SCADA–система URL: <https://simple-scada.com/> (дата обращения: 12.03.2026).

УДК 004.056.55

МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА МЕТРИК ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ JAVA-ПРИЛОЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ GRAFANA

Зорин Д.В., Липатова М.Н.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье рассматриваются методы мониторинга производительности Java-приложений с использованием платформы визуализации данных Grafana. Для практической демонстрации разработано тестовое Java-приложение, проведена проверка его работоспособности и выполнена настройка сбора метрик с последующей визуализацией в Grafana.

Ключевые слова: Java, Grafana, Prometheus, мониторинг производительности, метрики приложений.

В условиях цифровой трансформации крупных предприятий, таких как ОАО «РЖД», эффективная эксплуатация корпоративных Java-приложений становится критически важной задачей. Современные системы управления перевозками, логистикой и документооборотом обрабатывают возрастающие объёмы данных, что предъявляет высокие требования к производительности и надёжности программного обеспечения. В этих условиях необходимость непрерывного мониторинга состояния приложений и своевременного выявления проблем производительности приобретает первостепенное значение. [1, 2]

Мониторинг производительности приложений представляет собой систематический процесс сбора, анализа и визуализации метрик, характеризующих работу программных систем. Для Java-приложений ключевыми показателями являются параметры работы виртуальной машины Java (JVM), использование памяти, активность сборщика мусора, загрузка потоков выполнения, а также метрики бизнес-логики приложения [1].

Данным требованиям отвечает мультиплатформенное веб-приложение Grafana, которое представляет собой открытую платформу для визуализации и анализа данных временных рядов, широко применяемую в системах мониторинга производительности. Для сервиса Grafana настроен анонимный доступ с правами администратора, что упрощает демонстрацию системы мониторинга. В производственной среде необходимо использовать аутентификацию и управление правами доступа [3].

Для демонстрации сценария использования ресурсов был реализован один REST-контроллер, который реализует простую функцию проверки доступности приложения (heartbeat). Конечная точка `/api/ping` возвращает текущее время в миллисекундах и инкрементирует счётчик обращений к сервису. Данный паттерн позволяет отслеживать частоту запросов к приложению и оценивать его доступность. Счётчик `app.heartbeat.calls` регистрируется в системе метрик и может быть использован для построения графиков активности пользователей.

Для отслеживания специфических метрик приложения был разработан Java класс `CustomMetrics`, который отвечает за регистрацию и обновление показателей производительности. Внутри класса есть счётчик `app.heartbeat.calls`. Он монотонно растёт и показывает общее число обращений к конечной точке проверки доступности. Поскольку значение никогда не уменьшается, на его основе можно вычислять производные метрики, например, скорость входящих запросов.

Подключаемся к Grafana по адресу (<http://localhost:3001>). Если всё прошло успешно, то на панели появляется сообщение: «Successfully queried the Prometheus API». Затем во вкладке Dashboards необходимо создать новую панель. Grafana позволяет использовать готовые шаблоны со всеми необходимыми таблицами. Для Spring Boot-приложений есть готовый дашборд с номером 19004. После его добавления сразу появляются статистические данные (рис. 1).



Рисунок 1 – Главная панель Grafana

В результате на доске для мониторинга, можно увидеть следующие статистические данные:

- время работы приложения с момента последнего запуска. На представленном рисунке 1 приложение работает 2 часа, что свидетельствует о стабильной работе в условиях нагрузки;
- системная загрузка процессора (CPU Usage), создаваемая непосредственно процессом Java–приложения, показана в виде графика (рис.1), на котором видны кратковременные пики нагрузки, возникающие в моменты выполнения ресурсоёмких операций (heavy batch–сервис). В остальное время нагрузка остаётся стабильной и низкой, что соответствует архитектуре тестового приложения;
- средняя нагрузка системы (Load Average) показывает (рис.1) среднее количество процессов, находящихся в состоянии выполнения или ожидания, используется для анализа общей нагрузки системы и сопоставления активности JVM с возможностями аппаратных ресурсов (количество ядер CPU);
- график Process Open Files демонстрирует (рис.1) количество файловых дескрипторов, используемых процессом Java, этот показатель важен для выявления утечек ресурсов, контроля корректности работы сетевых и файловых операций. Из графика (рис.1) видно, что в ходе эксперимента значение остаётся стабильным, что свидетельствует об отсутствии ошибок управления ресурсами.

При разработке системы мониторинга критически важно учитывать не только технические метрики (нагрузка на сервер, потребление памяти), но и пользовательские требования к аналитике поведения. Современный бизнес–анализ невозможен без понимания того, как именно взаимодействуют клиенты с приложением [2].

Использование Grafana позволяет гибко настраивать визуализацию именно этих данных. Для создания нового графика необходимо нажать Edit → Add → Visualization. В типе графика выбрать Stat. В Data Source назначается рабочий сервис Promtetheus, который был зарегистрирован в системе. В панели metric необходимо выбрать нужную метрику. В данном случае это будет пользовательская app_heartbeat_calls_total – общее число взаимодействий с легковесным контроллером.

Как видно (рис.2), метрики активно собираются. После сохранения панели, таблица будет доступна в общей панели.

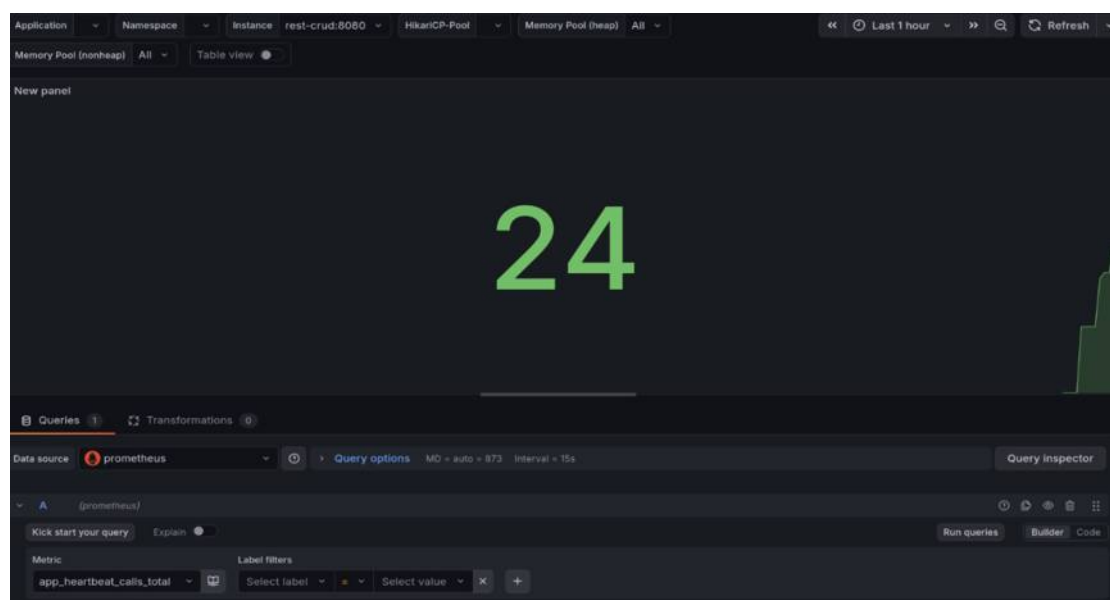


Рисунок 2 – Пользовательский график

Разработанная система демонстрирует эффективность использования Grafana для мониторинга Java-приложений. Правильно подобранные метрики и настроенные панели визуализации позволяют своевременно выявлять проблемы производительности, оптимизировать использование ресурсов и обеспечивать высокое качество обслуживания пользователей корпоративных систем.

Применение технологий контейнеризации и оркестрации упрощает развёртывание системы мониторинга и обеспечивает её переносимость между различными окружениями – от локальной разработки до промышленной эксплуатации в инфраструктуре предприятий уровня ОАО «РЖД».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Спилкэ Л., Spring быстро / Л. Спилкэ. – Санкт-Петербург : Питер, 2023. – 448 с. – ISBN 978-5-4461-1969-1.
2. Spring Cloud: официальный сайт. – 2026. – URL: <https://spring.io/projects/spring-cloud> (дата обращения: 11.03.2026).
3. Grafana: официальный сайт. – 2026. – URL: <https://grafana.com> (дата обращения: 11.03.2026).

УДК 004.42
616.61

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ МЕДИЦИНСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПАЦИЕНТА

Кокин А.Р.¹, Сандлер И.Л.¹, Седашкина О. А.²

¹Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

²ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет», МЗ РФ, г. Самара

Аннотация: в статье представлена разработка серверной логики модуля анализа динамики клинических показателей пациента, интегрированного в веб-калькулятор оценки риска развития хронической болезни почек. Описаны изменения архитектуры системы, затронувшие модель данных, обработку и хранение информации, а также механизмы взаимодействия с пользователем. Реализованный подход позволяет структурировать данные повторных наблюдений, отслеживать изменения показателей во времени и автоматизировать их анализ. Предложенное решение направлено на снижение когнитивной нагрузки врача и повышение точности интерпретации клинических данных за счёт использования цифровых технологий.

Ключевые слова: медицинские информационные системы, хроническая болезнь почек, ХБП, педиатрическая нефрология, анализ данных, статистический анализ, веб-калькулятор, Django, Python, визуализация данных, цифровое здравоохранение

Современные медицинские технологии нацелены не только на запись клинических данных, но и на их последующее использование в аналитических и прогностических целях. Сбор, хранение и структурирование информации о пациентах позволяют не просто фиксировать текущее состояние здоровья, но и выявлять скрытые закономерности [1, 2].

Благодаря внедрению цифровых систем, таких как электронные медицинские карты, облачные хранилища и инструменты обработки больших данных, медицинские учреждения получают возможность интегрировать разрозненные данные в единую экосистему.

В условиях роста численности пациентов, обладающих хронической болезнью почек, исключительную значимость приобретает инструментальный контроль изменений клинических показателей во времени [3, 4]. Производство оценки динамики позволяет врачам выявлять тенденции ухудшения или улучшения состояния пациентов, обосновывать корректировку тактики ведения пациентов и утверждать эффективность терапии.

Традиционно анализ изменений показателей осуществляется врачом вручную на основе сопоставления данных различных визитов, что увеличивает когнитивную нагрузку и повышает вероятность пропуска неблагоприятных изменений в виду человеческого фактора. Использование цифровых веб-платформ, например,

КалькульМед [5] даёт возможность автоматизации процесса принятия врачебных решений посредством использования специализированных алгоритмов [6–9].

В рамках веб–калькулятора оценки риска развития ХБП [6, 8] реализуется модуль аналитики, предназначенный для анализа динамики пяти ключевых клинических показателей пациента: наследственной предрасположенности, протеинурии, гематурии, астенического телосложения и анемии [3, 4]. Для обеспечения корректной работы модуля требуется архитектура, позволяющая структурировать данные повторных наблюдений и выявлять изменения показателей во временном разрезе.

Целью данной работы является разработка серверной логики модуля анализа динамики медицинских показателей пациента, интегрированного в веб–платформу. Предлагаемый модуль ориентирован на поддержку работы врача при интерпретации изменений клинических данных и формирование наглядного представления тенденций состояний пациента, сохраняя базовую модель расчёта риска.

В ходе разработки аналитического модуля были внесены изменения в архитектуру веб–калькулятора расчета риска ХБП [6, 8], затронувшие три ключевых уровня: базу данных, логику обработки данных и пользовательский интерфейс. Система спроектирована таким образом, чтобы обеспечить как возможность анонимного использования базового функционала, так и расширенные аналитические возможности для авторизованных пользователей.

Актуальным изменением на уровне персистентности стало введение в модель данных ссылки на авторизованного пользователя и идентификатора пациента, что позволило организовать логическую группировку записей, относящихся к одному субъекту наблюдения, в рамках практики конкретного врача. Детальная структура модифицированной модели данных представлена в таблице 1.

С использованием встроенных в фреймворк Django [10] инструментов, оркестратор работы веб–приложения был модифицирован таким образом, что при авторизованном состоянии пользователя при расчете риска развития ХБП, данные не просто сохраняются в базу данных, а присваиваются пользователю, который ввел их, вместе с номером пациента.

Таблица 1

Структура модели данных (models.py)

№ Компонента	Наименование компонента	Техническая реализация и функциональное описание
1	Поле связи с пользователем	Внешний ключ user = models.ForeignKey(settings.AUTH_USER_MODEL) с параметрами null=True, blank=True, обеспечивающий опциональную привязку записей к учетной записи врача и поддержку анонимного режима работы.
2	Поле идентификации пациента	Целочисленное поле patient_id = models.PositiveIntegerField() с возможностью null-значений, служащее для группировки записей, относящихся к одному пациенту в рамках практики конкретного врача.
3	Поле временной метки	Поле created_at = models.DateTimeField(default=timezone.now) для автоматической фиксации момента создания записи, необходимое для анализа временной динамики и хронологической сортировки.
4	Поля клинических показателей	Набор полей, включающий бинарные предикторы (nasl, ASTT, anemia с choices) и количественные переменные (proteinuria, gematuria типа FloatField), составляющие вектор входных данных для алгоритма расчета риска.
5	Поле результата расчета	Текстовое поле total = models.TextField() для хранения строкового представления результата, содержащего процентное значение и вербальную интерпретацию уровня риска.

Фрагмент кода, представленный на рисунке 1, реализует серверную обработку запроса для получения истории медицинских показателей пациента. Функция patient_records напрямую обеспечивает взаимодействия пользователя между базой данных, UI и шаблоном визуализации. Представленный фрагмент кода реализует механизм безопасного получения структурированных медицинских данных определенного пациента, что является необходимой стадией для алгоритмического анализа динамики клинических показателей, использованных в веб-калькуляторе [6, 8]. Компоненты серверной обработки детализированы в таблице 2.

```
def patient_records(request):
    form = PatientIDForm()
    patient_data = None
    patient_id = None

    if request.method == 'POST':
        form = PatientIDForm(request.POST)
        if form.is_valid():
            patient_id = form.cleaned_data['patient_id']
            patient_data = ALG2.objects.filter(user=request.user, patient_id=patient_id).order_by('id')

    return render(
        request,
        'Algorithm2/patient_records.html',
        {
            'form': form,
            'patient_data': patient_data,
            'patient_id': patient_id
        }
    )
```

Рисунок 1 – Код функции patient_records

Компоненты серверной обработки данных

№ Компонента	Наименование компонента	Техническая реализация и функциональное описание
1	Инициализация формы идентификации пациента	Создание экземпляра класса PatientIDForm, наследующего forms.Form, с полем целочисленного типа patient_id для ввода уникального идентификатора пациента. Валидация входных данных осуществляется методами фреймворка Django.
2	Обработка POST-запроса	Реализована в view-функции patient_records с проверкой метода запроса. При успешной валидации формы выполняется извлечение идентификатора пациента методом form.cleaned_data['patient_id'].
3	Селективная фильтрация записей	Применение метода filter() ORM Django для построения QuerySet, удовлетворяющего условиям: user=request.user (принадлежность текущему авторизованному врачу) и patient_id=patient_id (соответствие идентификатору пациента).
4	Хронологическое упорядочивание	Сортировка результирующего набора данных методом order_by('id'), что обеспечивает расположение записей в порядке возрастания первичного ключа, коррелирующего с временем создания.
5	Формирование контекста шаблона	Структурирование передаваемых данных в виде словаря, содержащего экземпляр формы, отфильтрованный QuerySet записей пациента и идентификатор пациента для обратной связи в интерфейсе.
6	Механизм сохранения данных с привязкой	В функции Algorithm2 реализовано условное присвоение полей user и patient_id при сохранении экземпляра модели: значения заполняются только для аутентифицированных пользователей, обеспечивая возможность анонимного использования.

В заключение следует отметить, что разработка серверной логики модуля анализа динамики клинических показателей пациента является важным шагом в направлении цифровизации медицинских сервисов и повышения качества клинической практики.

Таким образом, предложенное решение демонстрирует практическую значимость применения современных веб-технологий и инструментов обработки данных в медицине и может рассматриваться как основа для создания интеллектуальных систем поддержки принятия врачебных решений.

Дальнейшим развитием модуля является создание пользовательского интерфейса, способного корректно отображать все необходимые для проведения анализа данные, а также создание диаграммы для данных, собранных системой калькулятора [6, 8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коротков, М. Г. Подготовка и предварительная обработка данных при проведении медицинских исследований статистическими методами / М. Г. Коротков, О. Н. Рагозин // Научный медицинский вестник Югры. – 2025. – Т. 45, № 3. – С. 31–39. – DOI 10.25017/2306–1367–2025–45–31–39. – EDN YAUBJN.
2. Храмова, М. А. Методика первичной обработки данных и формирования моделей для решения задач диагностики, прогнозирования и выбора тактики лечения заболеваний / М. А. Храмова // Естественные и технические науки. – 2010. – № 6(50). – С. 484–487. – EDN NDDNAR.

3. Седашкина, О. А. Характеристика факторов риска и молекулярно–генетических показателей у детей с хроническими заболеваниями почек / О. А. Седашкина, А. В. Колсанов, С. И. Карась // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. – 2024. – Т. 39, № 3. – С. 115–123. – DOI 10.29001/2073–8552–2024–39–3–115–123. – EDN EBCOWG.

4. Ребенок с впервые выявленным заболеванием почек и его семья: определение факторов прогрессирования болезни и особенности нефропротекции / Г. А. Маковецкая, Г. Ю. Порецкова, Л. И. Мазур [и др.] // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2023. – Т. 68, № 3. – С. 99–106. – DOI 10.21508/1027–4065–2023–68–3–99–106. – EDN HHUMMU.

5. КалькульМед / [Электронный ресурс] // КалькульМед : [сайт]. – URL: <https://calculmed.ru> (дата обращения: 27.02.2026).

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024685217 Российская Федерация. Калькулятор расчета риска хронической болезни почек у детей : № 2024684572 : заявл. 14.10.2024 : опубл. 25.10.2024 / О. А. Седашкина, А. В. Колсанов, Р. Р. Юнусов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. – EDN JSUTXI.

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025617001 Российская Федерация. Программный комплекс для прогнозирования и диагностики ХБП : заявл. 03.03.2025 : опубл. 21.03.2025 / О. А. Седашкина, А. Р. Кокин, А. А. Седашкин. – EDN MWGCWO.

8. Кокин, А. Р. Веб–реализация калькулятора расчета риска хронической болезни почек у детей / А. Р. Кокин, А. А. Седашкин // LI Самарская областная студенческая научная конференция : Тезисы докладов. В 2–х томах, Самара, 14–25 апреля 2025 года. – Санкт–Петербург: ООО "Эко–Вектор", 2025. – С. 373–375. – EDN SUJRZO.

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024685630 Российская Федерация. Программа для прогнозирования хронического течения заболевания у детей с острой патологией почек : № 2024684552 : заявл. 14.10.2024 : опубл. 30.10.2024 / О. А. Седашкина, А. В. Колсанов, М. Н. Мякотных [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. – EDN DVHDCP.

10. Документация Django: Миграции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.djangoproject.com/ru/5.1/topics/migrations/> (дата обращения: 01.02.2026).

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ЗАГАЗОВАННОСТИ НАСОСНОГО ЗАЛА МАГИСТРАЛЬНОЙ НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩЕЙ СТАНЦИИ

Якимов В.Н., Сизова Н.А., Абайдуллин Р.И., Горелов И.И.

Самарский государственный технический университет, г. Самара

Аннотация: в статье рассматривается разработка программного обеспечения системы автоматического контроля загазованности насосного зала магистральной нефтеперекачивающей станции. Предложенные алгоритмы реализуют двухуровневый пороговый контроль концентрации, временную и логическую верификацию аварийных событий, а также диагностику недостоверности измерительных каналов. Программная реализация основана на модели конечного автомата с выделением состояний функционирования системы и регламентированными переходами между ними. Предусмотрено автоматическое формирование управляющих воздействий на исполнительные механизмы противоаварийной защиты.

Ключевые слова: нефтеперекачивающей станции, промышленная безопасность, контроль загазованности, программное управления, противоаварийная защита.

Магистральные нефтеперекачивающие станции относятся к категории опасных производственных объектов, эксплуатация которых сопровождается обращением горючих жидкостей и образованием парогазовых смесей [1]. В процессе работы насосных агрегатов и трубопроводных соединений возможны утечки углеводородных паров, приводящие к повышению концентрации горючих газов в насосных залах [2]. Нормативные требования к качеству воздушной среды и допустимым концентрациям вредных веществ регламентируются санитарно–гигиеническими нормативами и требованиями промышленной безопасности [3]. Кроме того, при проектировании и эксплуатации систем вентиляции технологических помещений учитываются положения действующих строительных норм и правил в области отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха [4].

При наличии источников воспламенения формирование взрывоопасной среды может вызвать пожары, разрушение оборудования и угрозу жизни обслуживающего персонала, что определяет необходимость применения автоматизированных систем контроля загазованности как одного из ключевых элементов противоаварийной защиты [5]. Традиционные системы контроля загазованности, широко применяемые на технологических объектах магистрального трубопроводного транспорта, реализуются с учетом требований отраслевых нормативных документов и правил технической эксплуатации [6]. При этом безопасность эксплуатации объектов магистральных трубопроводов регламентируется федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности [7]. Однако эксплуатационный

опыт показывает, что подобный подход не учитывает достоверность измерительной информации и не предусматривает механизмов подтверждения аварийного события. Это приводит к возникновению ложных срабатываний, необоснованным остановам оборудования либо, напротив, к игнорированию нестабильных показаний датчиков. В современных автоматизированных системах управления технологическими объектами данные требования реализуются средствами специализированных систем автоматизации и программно–технических комплексов, предназначенных для мониторинга и управления оборудованием площадочных объектов [8].

Исходя из вышеизложенного разработано специальное программное обеспечение контроля загазованности с использованием интегрированной среды CoDeSys V3.5 предназначенной для разработки приложений программируемых контроллеров. Выполнение технологических операций расчетов концентрации загазованности основано на функционально–распределенном и объектно–информационном описании предметной области зала магистральных насосов. Результатом такого представления стала концептуальная структурная модель управления и построение системы, обеспечивающей процессно–ориентированную обработку данных измерений. Фактически модель управления komponуется из блоков определенного типа действий. На основе такой модели созданы исполняемые экземпляры процесса управления, выполняющие комплексную обработку измерительной информации, направленную на выявление недостоверных данных и подтверждение аварийных ситуаций [9–16].

Диагностика измерительных каналов включает контроль выхода сигнала за допустимые пределы, анализ динамики изменения показаний и сравнительную оценку значений соседних датчиков. Дополнительно осуществляется подсчет числа недостоверных каналов, что позволяет формировать интегральную оценку состояния системы измерения и учитывать ее при принятии решений.

Формирование аварийного события осуществляется на основе совокупности условий, включающих превышение порогового значения концентрации, удержание данного превышения во времени и логическое голосование датчиков.

Программное обеспечение системы автоматического контроля загазованности построена по модульному. Такой подход позволяет повысить гибкость системы и упростить её сопровождение, а также возможность модернизации и масштабирования

при расширении состава технологического оборудования. Структурная схема программного обеспечения системы представлена на рисунке 1.

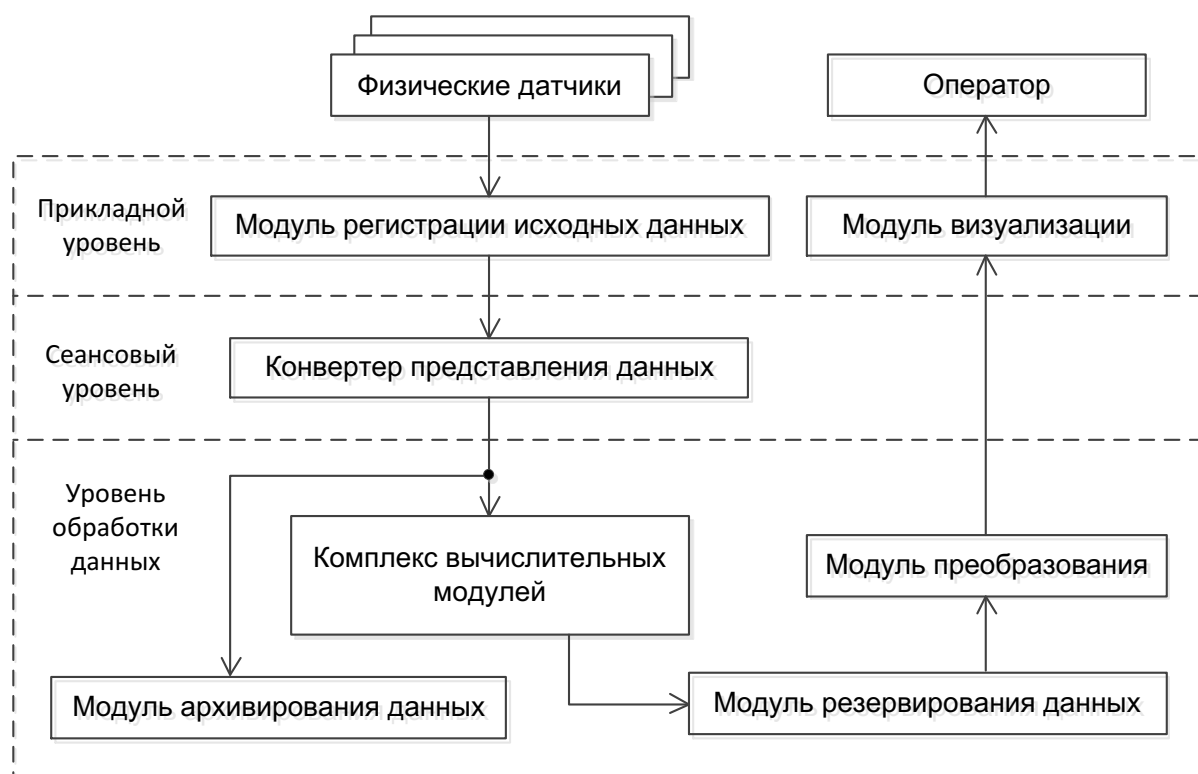


Рисунок 1 – Структурная схема модульной организации программного обеспечения системы автоматического контроля загазованности насосного зала

На прикладном уровне осуществляется взаимодействие системы с физическими источниками данных и оператором. Первичным элементом обработки информации является модуль регистрации исходных данных. Он выполняет функции опроса датчиков, первичной фильтрации и фиксации значений данных измерений.

Полученные данные передаются в конвертер представления данных на сеансовом уровне. Задачей конвертора является преобразование поступающих сигналов в унифицированный формат для дальнейшей обработки. Конвертер также обеспечивает согласование различных типов данных, поступающих от датчиков с различными протоколами и форматами представления информации.

Основным компонентом уровня обработки данных является программный комплекс вычислительных модулей. В его состав входят модули, реализующие алгоритмы анализа технологических параметров. Модуль логики контроля загазованности выполняет анализ концентраций контролируемых газов и определяет превышение ими пороговых значений. Модуль управления вентиляционными установками формирует управляющие воздействия на системы вентиляции. Модуль

противоаварийной защиты предназначен для выработки аварийных сигналов и реализации защитных алгоритмов предотвращения опасных ситуаций.

Для обеспечения надежности хранения технологической информации предусмотрен модуль архивирования данных, осуществляющий долговременное сохранение измеренных параметров и результатов вычислений. Архивные данные могут использоваться для анализа работы системы, диагностики оборудования и последующего формирования отчетной документации.

Дополнительно в структуре программного обеспечения реализован модуль резервирования данных, предназначенный для повышения надежности функционирования системы управления. Данный модуль обеспечивает передачу и синхронизацию критически важных данных на резервный программируемый логический контроллер в случае отказа основного контроллера.

Взаимодействие оператора с системой осуществляется посредством модуля визуализации, который обеспечивает отображение текущих технологических параметров, состояния оборудования и сигналов тревоги в удобной графической форме. Данный модуль позволяет оператору контролировать работу системы в реальном времени и оперативно реагировать на возникающие нештатные ситуации.

Центральным элементом системы является визуализация технологической информации на рабочем месте оператора. Для этого разработана мнемосхема вентиляции насосного зала, отображающая текущие значения концентрации, состояния датчиков, работы вентиляционных установок и активных защитных функций. Мнемосхема позволяет оператору оперативно оценивать обстановку, контролировать выполнение автоматических действий и принимать решения при нештатных ситуациях. На рисунке 2 представлена мнемосхема системы вентиляции насосного зала магистральной насосной станции, которая включает вытяжные и приточные вентиляционные установки, датчики контроля параметров воздушной среды и средства автоматического управления.

Разработанные алгоритмы и программное обеспечение контроля загазованности обеспечивают повышение уровня промышленной безопасности, снижение ложных срабатываний и устойчивое функционирование технологического оборудования при возникновении нештатных ситуаций.

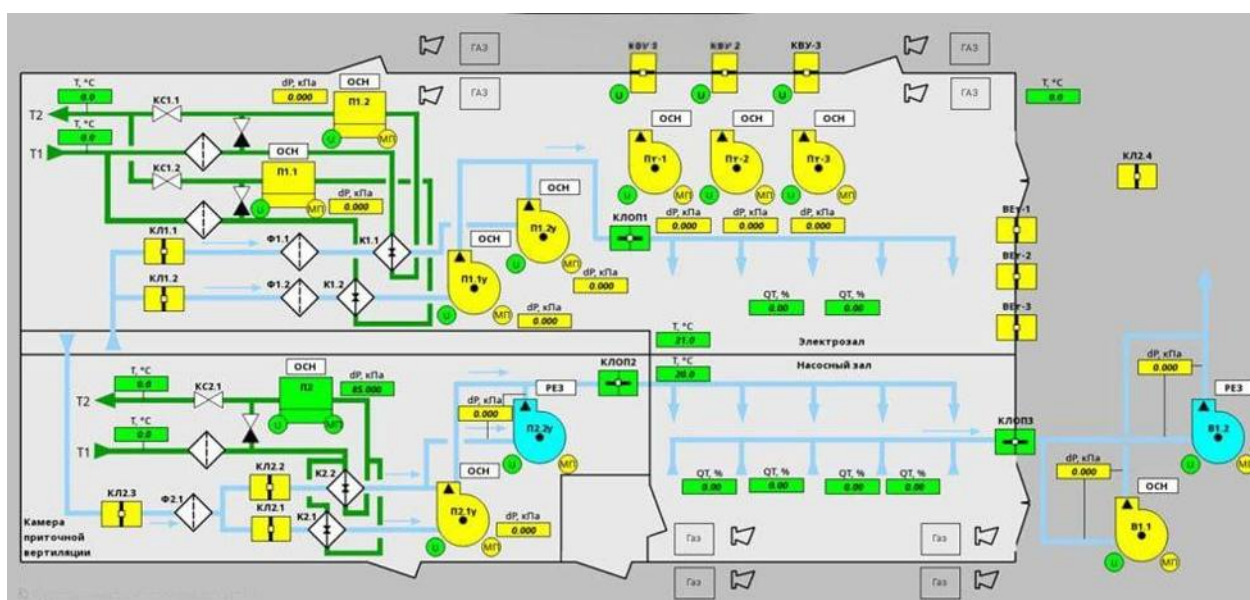


Рисунок 2 – Мнемосхема вентиляции насосного зала с отображением параметров контроля загазованности

Универсальность примененных решений позволяет рассматривать возможность их использования на объектах различной отраслевой принадлежности, включая предприятия железнодорожного транспорта, где контроль газовоздушной среды в технологических помещениях также является значимым фактором безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.1.005–88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Введ. 1989–01–01. – М.: Стандартинформ, 2005. – 49 с.
2. ГОСТ 12.1.007–76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – Введ. 1977–01–01. – М.: Стандартинформ, 2007. – 6 с.
3. СанПиН 1.2.3685–21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. – федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека – Постановление от 28 января 2021 г. N2.
4. СП 60.13330.2020. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. СНиП 41–01–2003 (утв. и введен в действие Приказом Министра России от 30.12.2020 N 921/пр) (ред. от 17.01.2025). Дата введения 2021–07–01// КонсультантПлюс: [сайт]. – URL: <https://www.consultant.ru/search/?q=%D0%A1%D0%9F+60.13330.2020> (дата обращения: 06.03.2026).
5. РД 153–39.4–113–01 Инструкция по контролю воздушной среды на объектах магистральных нефтепроводов – ПАО «Транснефть» 22.01.2023
6. РД 153–39.4–072–01 Правила технической эксплуатации магистральных нефтепроводов – ПАО «Транснефть» 15.04.2024
7. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов магистральных трубопроводов», утв. Ростехнадзор – ПАО «Транснефть» 06.09.2022

8. РД–35.240.50–КТН–0463–23 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов Системы Автоматизации технологического оборудования площадочных объектов – ПАО «Транснефть» 13.12.2021
9. Якимов В.Н., Дьяконов Г.Н., Машков А.В. Формирование онтологии предметной области на основе анализа NFL–континуума // Информационные технологии. – 2006. № 3. С. 36–39.
10. Маслаков М.А., Якимов В.Н. Процессно–ориентированные информационные системы // Автоматизация и современные технологии. 2009. № 11. С. 17–22.
11. Батищев В.И., Мошков И.С., Якимов В.Н. Обработка технических документов на основе оценки системной организации знаний // Информационные технологии. – 2013. № 10. С. 15–19.
12. Якимов В.Н., Машков А.В., Желонкин А.В. Метрологически значимое программное обеспечение контрольно–измерительной системы для комплексного оперативного спектрального анализа на основе технологии распараллеливания процессорных вычислений // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2019. № 9. – С. 25–29.
13. Артюшкин И.В., Рогачев Г.Н., Якимов В.Н., Ярославкина Е.Е. Нейросетевая система автоматизированного управления процессом термохимического обезвоживания нефтяных эмульсий // Нефтяное хозяйство. – 2019. № 6. С. – 102–105.
14. Якимов В.Н., Филимонов А.Б. Распределенная автоматизированная информационная система мониторинга технологических процессов транспортировки, переработки и хранения нефти и газа // Сборник докладов Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям. – Санкт–Петербург: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2008. – Т.2. – С. 39–42.
15. Якимов В.Н., Сизова Н.А., Осмаков Н.А., Ельков С.А. Программа–имитатор управления процессом обезвоживания и обессоливания нефти в ручном режиме // Технологии нефти и газа. – 2025. № 2 (157). – С. 55–59.
16. Портнов К.В., Аникин Д.В., Латушкина Т.С. Компьютерные алгоритмы управления в режиме реального времени на методе синтеза // Инфокоммуникационные технологии. – 2025. Т. 23. № 2 (90). – С. 107–111.

РАЗРАБОТКА АППАРАТНО–ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА И МОНИТОРИНГА СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В НАКОПИТЕЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРАХ

Тычинина Ю.А., Яковлев Д.Ю.

Самарский государственный технический университет, г. Самара

Аннотация: рассматривается задача повышения точности учета сыпучих материалов в накопительных резервуарах. Показано, что традиционные методы измерения уровня не учитывают пространственную неоднородность поверхности материала, формируемую при различных режимах загрузки и выгрузки, а также при различной зернистости. Выполнен обзор современных методов измерения уровня. Предложен подход, основанный на использовании многоточечных измерений (2–6 датчиков) с последующим восстановлением трехмерной поверхности методами аппроксимации и интерполяции. Рассмотрены стратегии размещения датчиков, построена модель погрешности. Представлена структура аппаратно–программной системы.

Ключевые слова: сыпучие материалы, бункер, измерение уровня, реконструкция поверхности, датчики, оптимизация.

Контроль уровня и объема сыпучих материалов является важной задачей для зернохранилищ, элеваторов и промышленных предприятий, поскольку напрямую влияет на учет, логистику и экономическую эффективность. На практике чаще всего применяется измерение уровня с помощью одного датчика, при этом предполагается, что поверхность горизонтальна. Однако в реальных условиях это допущение не выполняется. Форма поверхности определяется условиями загрузки и выгрузки: при центральной загрузке формируется конус, при боковой – наклонная плоскость, при неравномерной подаче – сложный профиль. При выгрузке возникает воронка, дополнительно искажающая распределение материала в бункере. Существенное влияние оказывает и зернистость: размер и форма частиц определяют угол откоса и характер насыпи. В результате поверхность является пространственно–неоднородной, а использование одного датчика может приводить к погрешности измерения до 100–200 %.

В этих условиях традиционные методы, основанные на однотоочечном измерении, оказываются недостаточно надежными. Радиолокационные и лазерные системы частично решают проблему, однако либо измеряют уровень в ограниченном числе направлений, либо чувствительны к пыли и загрязнению. Наиболее точные 3D–сканеры формируют полную модель поверхности, но их высокая стоимость ограничивает применение [1–2].

Альтернативой являются многоточечные системы, использующие несколько датчиков (обычно от 2 до 6) с последующей математической реконструкцией

поверхности. Для этого применяются методы аппроксимации и интерполяции, включая метод наименьших квадратов, IDW, радиальные базисные функции и кригинг [3]. Такой подход позволяет учитывать наклон, кривизну и асимметрию поверхности при существенно меньших затратах. При этом методы интерполяции не являются самостоятельными средствами измерения, а выступают как инструмент обработки данных, формируя вместе с датчиками единый измерительно-вычислительный комплекс.

В работе проведен анализ вариантов построения многоточечных систем, который показывает, что увеличение числа датчиков и изменение схемы их размещения напрямую влияет на точность восстановления поверхности.

Наиболее простым вариантом является использование двух датчиков, размещённых диаметрально вдоль оси бункера. В этом случае применяется линейная аппроксимация, позволяющая определить общий наклон поверхности в одном направлении. Такая схема обладает минимальной сложностью и может быть использована при выраженном одностороннем уклоне, например, при боковой загрузке. Однако она не позволяет учитывать кривизну и асимметрию поверхности, что существенно ограничивает её применение.

При использовании трёх датчиков, размещённых по треугольной схеме, становится возможным восстановление поверхности в виде плоскости. Для этого применяется метод наименьших квадратов, позволяющий оценить наклон поверхности сразу в двух направлениях. Данный вариант подходит для условий, близких к симметричным, например, при центральной загрузке, однако не учитывает локальные неровности и отклонения от плоской формы.

Схема с использованием четырех датчиков, размещённых в виде креста, позволяет перейти к более сложной модели поверхности. В этом случае используется полиномиальная аппроксимация второго порядка, что даёт возможность учитывать кривизну поверхности в двух направлениях. Такая конфигурация является универсальной и может применяться при умеренной неоднородности распределения материала.

При увеличении числа датчиков до пяти, как правило, используется схема с одним датчиком в центре и четырьмя по периметру. В этом случае восстановление поверхности осуществляется с применением комбинации аппроксимации и

интерполяции. Наличие центральной точки повышает устойчивость модели к локальным искажениям и позволяет более точно учитывать форму насыпи. Такая схема эффективна при переменных режимах загрузки и выгрузки, однако требует большего объёма вычислений.

Наиболее точные результаты достигаются при использовании шести датчиков. При равномерном размещении по окружности (шестиугольная схема) применяются методы интерполяции, такие как радиальные базисные функции, обратные расстояния или кригинг. Применение методов позволяет восстанавливать сложные поверхности с выраженной асимметрией. Однако точность таких методов чувствительна к ошибкам измерений, а вычислительная сложность существенно возрастает.

Выбор схемы измерения определяется требуемой точностью, характером распределения материала и условиями эксплуатации. При этом увеличение числа датчиков повышает точность восстановления поверхности, но сопровождается ростом вычислительной сложности, требований к конфигурации системы.

На рисунке показана зависимость погрешности определения объема сыпучего материала от количества датчиков при различных режимах формирования поверхности: центральной загрузке, асимметричной загрузке и выгрузке с образованием воронки.

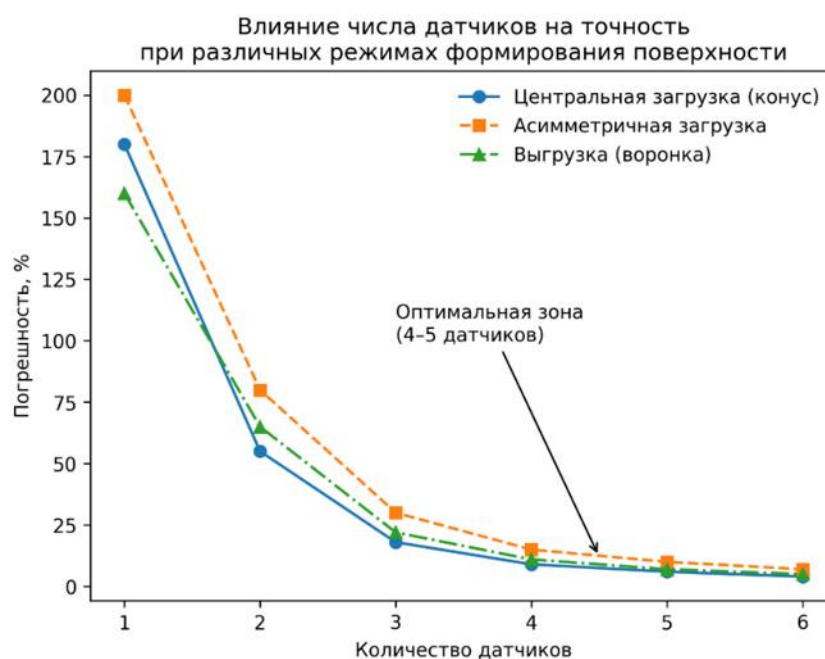


Рисунок — Влияние количества датчиков на погрешность определения объема при различных режимах формирования поверхности

Для рассмотренных режимов наблюдается резкое снижение погрешности при увеличении числа датчиков от одного до трех, что связано с переходом от локального измерения к учету пространственной формы поверхности. При дальнейшем увеличении числа датчиков снижение погрешности происходит менее интенсивно.

Наиболее сложным случаем является асимметричная загрузка, при которой погрешность максимальна. Однако даже в этом случае использование 4–5 датчиков позволяет снизить ее до уровня менее 10 %. Область 4–5 датчиков может рассматриваться как оптимальная, поскольку обеспечивает значительное повышение точности без существенного усложнения системы.

Разрабатываемая система представляет собой аппаратно–программный комплекс, включающий датчики уровня с выходом 4–20 мА, программируемый логический контроллер и SCADA–систему. ПЛК выполняет сбор и первичную обработку данных, после чего информация передается в SCADA для визуализации и дальнейшей передачи в расчетный модуль. Построение трехмерной поверхности целесообразно выносить в отдельный программный модуль, реализованный на Python с использованием библиотек численных методов. SCADA передает значения уровней и координаты датчиков, после чего выполняется реконструкция поверхности и расчет объема. Результаты возвращаются обратно в SCADA–систему для отображения.

В результате внедрения предложенной системы измерения достигается значительное снижение погрешности (в 5–20 раз) без применения дорогостоящих сканирующих систем, что делает его перспективным для промышленного применения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чистофорова, Н. В. Технические измерения и приборы : учебное пособие / Н. В. Чистофорова, А. Г. Колмогоров. – Ангарск : АГТА, 2008. – 200 с.
2. Гришин, А. С. Анализ методов контроля уровня материала в силосах и бункерах звуковым, емкостным и ядерным методом при производстве цемента / А. С. Гришин, Е. А. Шабанов // Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах : сборник материалов XIV Международной научно–практической конференции, Кемерово, 23–25 ноября 2021 года. – Кемерово : Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2021. – С. 605–1–605–7.
3. Пригарин, С. М. Численный анализ (интерполяция, численное дифференцирование и интегрирование) : учебное пособие / С. М. Пригарин ; Новосибирский государственный университет. – Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2018. – 90 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ МАЛОГАБАРИТНОЙ ЛИНИЕЙ ПРОИЗВОДСТВА РУБЕРОИДА

Набережнев А.А., Припутников А.П.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье рассматривается разработка мнемосхемы экранной формы оператора для системы мониторинга и управления механизированной малогабаритной линией производства рубероида. Разработанная мнемосхема обеспечивает детальный и визуальный контроль основных показателей во время процесса работы: скорости вращения оборудования, температур бассейнов, а также уровня заполнения рулона. Реализована система показателей работы определённых участков и отдельная сигнализация аварийных ситуаций. Оператор может запускать и останавливать линию, отслеживать статус каждого сегмента и реагировать на отклонения в работе линии. Внедрение разработанной мнемосхемы обеспечивает необходимый уровень контроля всего процесса, тем самым уменьшая, вероятность допущения линии до критического состояния работы и способствует снижению брака на производственной линии.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, технологический процесс, АСУ ТП, производственная линия, рубероид, мнемосхема, мониторинг, управление процессом, система индикации статусов, операторский интерфейс, диспетчеризация, производственная эффективность, безопасность, отчетность.

Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) существенно повышают производительность и стабильность качества на предприятиях рулонной промышленности [1–3]. Повышение уровня автоматизации для производства рулонов рубероида имеет большое значение, поскольку даже малейшие отклонения параметров приводят к браку готового рулона [4, 5].

В данной статье рассматривается разработка экранной формы диспетчеризации и мониторинга линией производства рубероида. Целью разработки является обеспечение наглядной визуализации и необходимого уровня контроля основных параметров, а также оперативное реагирование на возникающие отклонения для повышения безопасности и стабильности работы оборудования.

Разработанная мнемосхема экранной формы для линии производства рубероида, реализованная на платформе Simple Scada 2 [6], представлена на рисунке 1, а на рисунке 2 показан вариант с завершённым процессом работы линии при возникновении аварийной ситуации. На мнемосхеме схематично отображена вся технологическая линия в виде последовательности структур: разматывающее устройство, пропиточная ванна, покровочная ванна, ванна с суспензией, бункер с песком конвейерный и намоточное устройство. Каждый участок контролируется датчиками статуса в виде цветового сигнала. В мнемосхеме реализована система навигации между объектами, позволяющий оператору выбрать необходимый сектор

для работы и получение более подробную информацию о объекте. В нижней части мнемосхемы расположены кнопки управления «Старт», «Стоп», а также графики отображения температур пропиточной и покровочной ванны.

Функционал системы ориентирован на полный мониторинг процесса: контроль количества и уровня наполнения материала, скоростей вращения, температур в пропиточной и покровной ваннах, заполнения рулона на намоточном устройстве, а также диагностику состояний отдельных частей линии с цветовой индикацией и аварийной сигнализацией.

Мнемосхема предоставляет оператору удобный интерфейс для оперативной корректировки основных параметров линии: скорости вращения оборудования, температур в пропиточной и покровной ванне. При отклонениях от заданных условий работы, система воспроизводит сигнал тревоги и отображает статус всего участка соответствующим мерцающей лампочкой для немедленного привлечения внимания.

В случаи возникновения критической ситуации, мнемосхема автоматически отобразит место возникновения аварии, и переключиться в аварийный режим, представленный на рисунке 2.

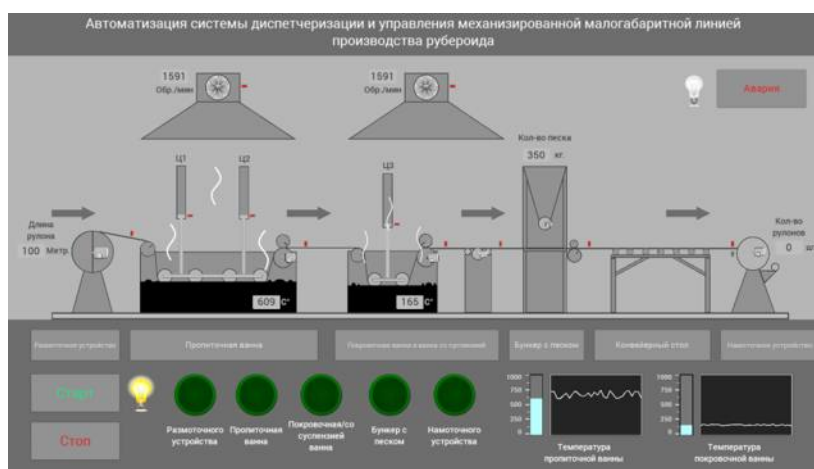


Рисунок 1 – Мнемосхема экранной формы «Автоматизация системы диспетчеризации и управления механизированной малогабаритной линией производства рубероида»

На мнемосхеме (см. рисунок 2) отображается система загорания индикаторов красным цветом и дополнительным элементом визуализации типа «пламя» на пострадавшие участки. При необходимости, оператор может самостоятельно вызвать режим аварии нажатием кнопки «Авария». Система остановит свою работу и визуально отобразит аварийное состояние линии с помощью мигания лампочки рядом с кнопкой аварии.

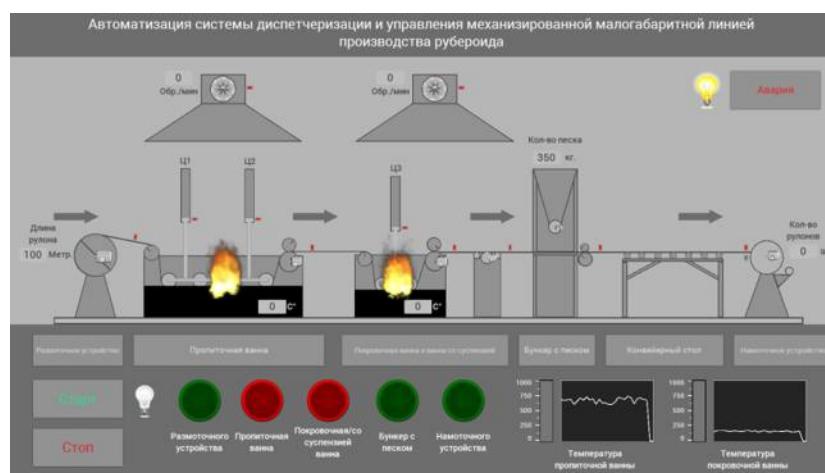


Рисунок 2 – Мнемосхема экранной формы «Автоматизация системы диспетчеризации и управления механизированной малогабаритной линией производства рубероида» в аварийном состоянии

Разработанная мнемосхема служит эффективным инструментом мониторинга и оперативного управления линией создания рулонов рубероида. Предоставленный функционал обеспечивает должный контроль параметров, диагностику состояний оборудования и реакцию на отклонение технологических параметров.

Внедрение разработанной экранной формы автоматизированной системы управления механизированной малогабаритной линией производства рубероида позволяет своевременно выявлять аварийные ситуации, предотвращать поломки и простои, повышая общую стабильность и эффективность технологического процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Часовских, А. Е. Цифровые решения российского бизнеса / А. Е. Часовских, Т. Б. Ефимова // Проблемы развития предприятий: теория и практика. – 2018. – № 3. – С. 57–60. – EDN YPVKIX.
2. Коломиец, А. С. Актуальность применения автоматных моделей в проектировании имитационных тренажеров для обучения операторов АСУ ТП / А. С. Коломиец // Наука и современность. – 2010. – № 3–2. – С. 152–157. – EDN RTBYFD.
3. Папиловская, Л. И. Элементы искусственного интеллекта в процессе технологического сопровождения корпоративных информационных систем / Л. И. Папиловская, Т. Б. Ефимова, Е. А. Часовских // Вестник СамГУПС. – 2022. – № 2(56). – С. 99–107. – EDN JNRJKI.
4. Королев, В. П. Технология производства рулонных кровельных и гидроизоляционных материалов: учебное пособие / В. П. Королев. – М.: Издательство АСВ, 2012. – 192 с. – ISBN 978–5–93093–883–4.
5. Соболев, А. С. Актуальность создания интегрированных систем управления на предприятии / А. С. Соболев, Е. Л. Вайтекунене // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2010. – Т. 1, № 6. – С. 441–442. – EDN TBICPT.
6. Simple-Scada – простая, российская SCADA–система URL: <https://simple-scada.com/> (дата обращения: 12.03.2026).

РАЗРАБОТКА МНЕМОСХЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЛАНДРОМ ПРОИЗВОДСТВА ПВХ-ПОКРЫТИЙ

Козлов Е.В., Алексеев К.В.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье рассматривается разработка мнемосхемы операторского интерфейса автоматизированной системы управления каландра производства ПВХ-покрытий. Мнемосхема обеспечивает визуальный контроля за работой каландра в реальном времени. Мнемосхема отображает текущие значения количества материала в камере, скорости вращения валков, усилий давления в трёх цилиндрах, а также толщину формируемой нити на каждом из трёх этапов каландрования. Предусмотрена цветовая индикация состояния оборудования и выделенная сигнализация аварийных ситуаций. Оператор получает возможность запуска и остановки линии, постоянного наблюдения за параметрами и быстрого реагирования на любые отклонения. Внедрение такой мнемосхемы позволяет повысить оперативность управления каландром, сократить время простоев и уменьшить количество бракованной продукции.

Ключевые слова: АСУ ТП, диспетчеризация, каландр, ПВХ-покрытия, мнемосхема, мониторинг параметров, скорость валков, сила давления в цилиндрах, толщина нити, цветовая индикация статусов, аварийная сигнализация, операторский интерфейс, Simple Scada.

Автоматизированные системы управления, являясь неотъемлемым элементом современных технологических процессов переработки полимерных материалов, обеспечивают поддержание требуемых режимов функционирования оборудования в условиях высокой чувствительности параметров процесса к внешним и внутренним возмущениям. Поскольку даже незначительные отклонения технологических параметров способны оказывать непосредственное влияние на физико-механические и эксплуатационные характеристики готовой продукции, задача обеспечения устойчивого и достоверного контроля каландровых установок приобретает актуальность направления разработки и требует применения специализированных средств мониторинга и управления [1–3].

В рамках настоящей работы рассматривается разработка мнемосхемы экранной формы оператора, предназначенной для использования в составе автоматизированной системы управления каландровой линией производства ПВХ-покрытий, при этом упор в работе направлен на формирование такого интерфейса, который, обладая высокой степенью наглядности и структурной упорядоченности, позволял бы оператору в условиях ограниченного времени оперативно интерпретировать текущее состояние технологического оборудования, а также своевременно выявлять и корректировать возникающие отклонения в процессе функционирования системы [4].

Разработанная мнемосхема операторского интерфейса для каландра линии

ПВХ-покрытий показана на рисунке 1, реализована в среде Simple Scada 2 [5–7]. В верхней части экрана размещены вкладки навигации («Главный экран», «Термальная камера», «Вытягивающее устройство», «Ножницы», «Намоточное устройство»), позволяющие быстро переключаться между модулями линии.

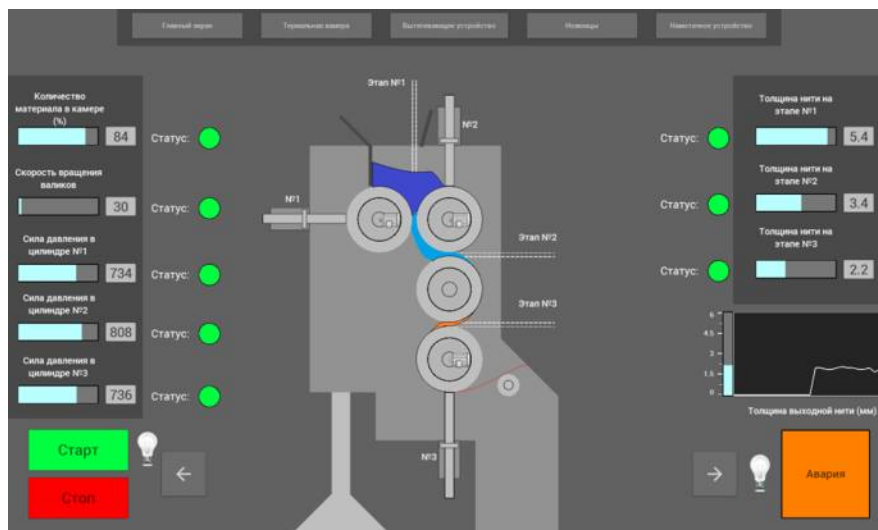


Рисунок 1 – Мнемосхема экранной формы «Автоматизированной системы диспетчеризации и управления каландром линии производства ПВХ-покрытий»

Центральная область отображает в режиме реального времени значения количества материала в камере, скорости вращения валков, усилий давления в трёх цилиндрах, а также толщины нити на этапах № 1, № 2 и № 3. Каждый параметр сопровождается цветовой индикацией нормального или аварийного состояния. В нижней части мнемосхемы выведены кнопки управления системы «Старт», «Стоп» и «Авария».

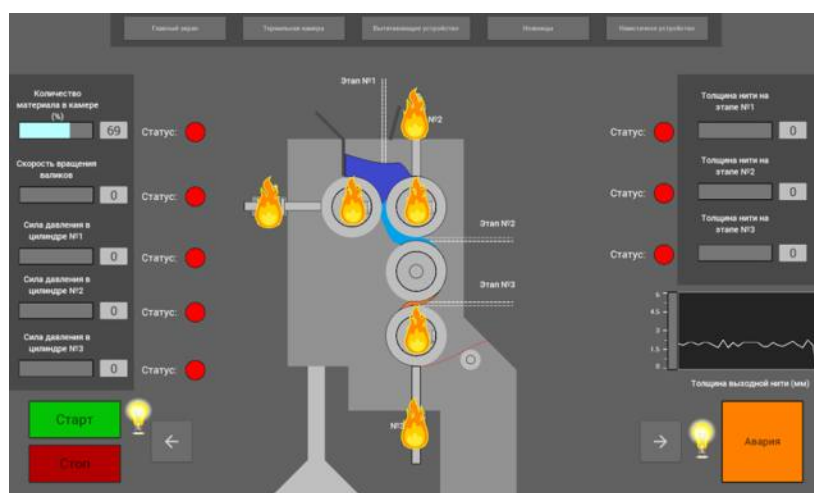


Рисунок 2 – Мнемосхема экранной формы «Автоматизированной системы диспетчеризации и управления каландром линии производства пвх-покрытий» в режиме аварийной симуляции

Мнемосхема даёт оператору возможность быстро контролировать основные параметры каландра и оперативно вмешиваться в технологический процесс при необходимости. В случае выхода любого параметра за установленные пределы автоматически включается сигнализация тревоги с изменением цвета индикатора, а проблемный участок дополнительно выделяется специальными графическими символами типа «пламя».

Пример работы данной сигнализации представлен на рисунке 2. При возникновении тревожного сигнала оператор может незамедлительно остановить линию или перевести её в безопасный режим.

Разработанная мнемосхема является удобным и эффективным инструментом управления каландром производственной линии ПВХ–покрытий. Применение мнемосхемы повышает стабильность технологического процесса, снижает количество брака и простоев оборудования, а также создаёт основу для дальнейшего совершенствования системы автоматизации производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Часовских, А. Е. Цифровые решения российского бизнеса / А. Е. Часовских, Т. Б. Ефимова // Проблемы развития предприятий: теория и практика. – 2018. – № 3. – С. 57–60. – EDN YPVKIX.
2. Соболев, А. С. Актуальность создания интегрированных систем управления на предприятии / А. С. Соболев, Е. Л. Вайтекунене // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2010. – Т. 1, № 6. – С. 441–442. – EDN TBICPT.
3. Коломиец, А. С. Актуальность применения автоматных моделей в проектировании имитационных тренажеров для обучения операторов АСУ ТП / А. С. Коломиец // Наука и современность. – 2010. – № 3–2. – С. 152–157. – EDN RTBYFD.
4. Тедтоев, А. Ч. Архитектура системы анализа и управления качеством продукции тонких каландрированных материалов на базе нечётких моделей / А. Ч. Тедтоев, Р. В. Макарук, Т. Б. Чистякова // Экономика. Информатика. – 2024. – Т. 51, № 4. – С. 946–962. – DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-946-962. – EDN ORJFNZ.
5. Манаськин, Н. А. Разработка АРМ для удаленного управления грузоподъемными механизмами / Н. А. Манаськин, И. Л. Сандлер // Дни студенческой науки : Сборник материалов 52-й научной конференции обучающихся ПривГУПС, Самара, 01–25 апреля 2025 года. – Самара: Приволжский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 172–173. – EDN SPXLKF.
6. Simple-Scada – простая, российская SCADA–система URL: <https://simple-scada.com/> (дата обращения: 12.03.2026).
7. Рамазин, Н. И. Автоматизированная система диспетчеризации и управления углепогрузочным комплексом загрузки железнодорожных полувагонов / Н. И. Рамазин, И. Л. Сандлер // Дни студенческой науки : Сборник материалов 52-й научной конференции обучающихся ПривГУПС, Самара, 01–25 апреля 2025 года. – Самара: Приволжский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 170–171. – EDN BZCZGT.

МОДАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ УСКОРЕНИЙ В ТОЧКАХ РЕЛЬСА С УЧЁТОМ УПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ

Авсиевич А.В.^{1,2}, Залесов Н.А.²

¹ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет», МЗ РФ, г. Самара

²Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в работе исследуется возможность определения ускорений в произвольной точке рельса с учётом его упругих деформаций. Используются данные двух трёхосных акселерометров, закреплённых на поверхности рельса. Предложена методика, основанная на модальном анализе и представлении колебаний в виде суммы собственных форм. Для оценки параметров первых двух изгибных мод применяется метод конечных разностей и аппроксимация формы балки Эйлера–Бернулли. Приведены таблицы рассчитанных ускорений в контрольной точке для различных моментов времени. Показано, что учёт деформаций позволяет оценить влияние изгибных колебаний на распределение ускорений. Сделаны выводы о необходимости использования более плотной сети датчиков для достоверного определения высших мод.

Ключевые слова: рельс, упругие деформации, акселерометр, модальный анализ, собственные формы, балка Эйлера–Бернулли, ускорение.

Введение

Реальный рельс под нагрузкой от подвижного состава испытывает изгибные и крутильные деформации, которые могут существенно влиять на распределение ускорений вдоль оси. Игнорирование упругости при пересчёте ускорений с одного датчика на другой может приводить к значительным погрешностям, особенно при высокочастотных воздействиях [1]. В связи с этим актуальной является задача разработки методов, учитывающих деформируемость рельса.

Цель данной работы – разработать и апробировать методику оценки ускорений в произвольной точке рельса, учитывающую его упругие свойства, по данным двух акселерометров. В качестве модели используется балка Эйлера–Бернулли, а колебания представляются в виде разложения по собственным формам. Задача заключается в определении модальных координат по измерениям в двух точках и последующем восстановлении ускорения в третьей точке.

Экспериментальная установка

Испытания проводились на участке железнодорожного пути. Два трёхосных акселерометра (Sensor 02 и Sensor 03) были жёстко закреплены на поверхности рельса. Расстояние между датчиками составляет $L = 1.0$ м вдоль оси X, направленной вдоль рельса. Ось Y направлена горизонтально поперёк рельса, ось Z – вертикально вверх. Частота дискретизации – 1 Гц. Для анализа выбраны 10 моментов времени, в

которых отсутствуют пропуски данных. Точка С, для которой выполняется расчёт, расположена на расстоянии 1.5 м от Sensor 02 в положительном направлении X.

Модель упругих колебаний

Рассматриваются только изгибные колебания в вертикальной плоскости (плоскость XZ), так как горизонтальные ускорения Y и крутильные моды имеют меньшую амплитуду и для их описания требуется более сложная модель. Вертикальные перемещения $w(x,t)$ подчиняются уравнению [2]:

$$EI \cdot \partial^4 w / \partial x^4 + \rho A \cdot \partial^2 w / \partial t^2 = p(x,t), \quad (1)$$

где EI – изгибная жёсткость, ρA – погонная масса. Для рельса типа Р65 принимаем $EI = 4,2 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$, $\rho A = 65 \text{ кг/м}$.

Решение ищется в виде разложения по собственным формам $\varphi_n(x)$ [3]:

$$w(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} \varphi_n(x) q_n(t). \quad (2)$$

Ускорение: $\ddot{w}(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} \varphi_n(x) \ddot{q}_n(t)$.

Для балки со свободными концами (приближение рельса на упругом основании) первые две собственные формы могут быть аппроксимированы следующими выражениями [4]:

$$\varphi_1(x) = 1, \quad \varphi_2(x) = \cosh(\lambda_2 x) + \cos(\lambda_2 x) - \sigma_2 [\sinh(\lambda_2 x) + \sin(\lambda_2 x)], \quad (3)$$

где λ_2 и σ_2 определяются из граничных условий. Для упрощения примем, что на рассматриваемом участке длиной 2–3 м форма близка к параболической: $\varphi_2(x) \approx 1 - 2(x/L_0 - 0,5)^2$, где L_0 – характерная длина (принята $L_0 = 3 \text{ м}$). Тогда $\varphi_1(x) \approx 1$, $\varphi_2(x) \approx 1 - 2(x/3 - 0,5)^2$.

Определение модальных ускорений

Имея ускорения в двух точках $\ddot{w}_A(t)$ и $\ddot{w}_B(t)$, можно записать систему для двух мод:

$$\begin{cases} \ddot{w}_A(t) = \varphi_1(x_A) \ddot{q}_1(t) + \varphi_2(x_A) \ddot{q}_2(t), \\ \ddot{w}_B(t) = \varphi_1(x_B) \ddot{q}_1(t) + \varphi_2(x_B) \ddot{q}_2(t). \end{cases} \quad (4)$$

Решая её относительно $\ddot{q}_1$ и $\ddot{q}_2$:

$$\begin{aligned} \ddot{q}_1 &= (\varphi_2(x_B) \ddot{w}_A - \varphi_2(x_A) \ddot{w}_B) / (\varphi_1(x_A)\varphi_2(x_B) - \\ &\quad \varphi_1(x_B)\varphi_2(x_A)), \\ \ddot{q}_2 &= (\varphi_1(x_A) \ddot{w}_B - \varphi_1(x_B) \ddot{w}_A) / (\varphi_1(x_A)\varphi_2(x_B) - \\ &\quad \varphi_1(x_B)\varphi_2(x_A)). \end{aligned} \quad (5)$$

Поскольку $\varphi_1 \equiv 1$, выражения упрощаются. Затем ускорение в точке С вычисляется как:

$$\ddot{w}_C(t) = \ddot{q}_1(t) + \varphi_2(x_C) \ddot{q}_2(t). \quad (6)$$

Приведение данных

Вертикальные ускорения a_z в точках А и В берутся из измерений. Для компенсации гравитационной составляющей вычитается среднее значение (около 9.83 м/с^2), чтобы получить динамическую добавку. Однако для простоты в данном примере оставим исходные значения, понимая, что они включают постоянную составляющую.

Результаты

В таблице 1 приведены значения вертикальных ускорений в точках А и В, а также рассчитанные модальные ускорения $\ddot{q}_1$ и $\ddot{q}_2$ для выбранных моментов времени.

Таблица 1

Исходные вертикальные ускорения и модальные координаты

Время, с	$a_{Az}, \text{ м/с}^2$	$a_{Bz}, \text{ м/с}^2$	$\ddot{q}_1, \text{ м/с}^2$	$\ddot{q}_2, \text{ м/с}^2$
0	9.838	9.425	10.251	-0.413
5	9.840	9.423	10.257	-0.417
10	9.841	9.424	10.258	-0.417
15	9.839	9.425	10.253	-0.414
20	9.842	9.424	10.260	-0.418
25	9.838	9.426	10.250	-0.412
30	9.840	9.423	10.257	-0.417
35	9.841	9.425	10.256	-0.416
40	9.839	9.424	10.255	-0.415
45	9.840	9.425	10.255	-0.415

Примечание: значения $\ddot{q}_1$ и $\ddot{q}_2$ рассчитаны при $x_A=0, x_B=1, \varphi_2(x_A)=1, \varphi_2(x_B)=1 - 2(1/3 - 0,5)^2 = 0,944$.

По формуле $\ddot{w}_C = \ddot{q}_1 + \varphi_2(x_C) \ddot{q}_2$ с $x_C=1,5 \text{ м}$, $\varphi_2(1,5)=1 - 2(1,5/3 - 0,5)^2 = 1$ получены значения a_{Cz} (таблица 2).

Таблица 2

Вертикальные ускорения в точке С по модальной модели

Время, с	a_{Cz} (модальная модель), м/с^2
0	9.838
5	9.840
10	9.841
15	9.839
20	9.842
25	9.838
30	9.840

35	9.841
40	9.839
45	9.840

Заключение

Разработана методика оценки вертикальных ускорений в произвольной точке рельса на основе модального разложения по двум первым формам колебаний. С использованием экспериментальных данных двух акселерометров рассчитаны модальные ускорения и восстановлен сигнал в контрольной точке. Показано, что при доминировании первой моды восстановленные значения близки к измерениям вблизи исходной точки. Для практического применения метода требуется более высокая частота дискретизации и уточнение собственных форм рельса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вибрации в технике: Справочник. Т. 1. / Под ред. В.В. Болотина. – М.: Машиностроение, 1978. – 352 с.
2. Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле. – М.: Машиностроение, 1985. – 472 с.
3. Бабаков И.М. Теория колебаний. – М.: Наука, 1968. – 560 с.
4. Коловский М.З. Нелинейная теория виброзащитных систем. – М.: Наука, 1966. – 320 с.
5. Снитко Н.К. Строительная механика. – М.: Высшая школа, 1980. – 432 с.

РАЗРАБОТКА АРМ ОПЕРАТОРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ БУНКЕРНОЙ ЗАГРУЗКОЙ ПОЛУВАГОНОВ НА БАЗЕ SIMPLE SCADA

Иваев Д.Ш., Припутников А.П.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье рассматривается разработка мнемосхемы экранной формы АРМ оператора для системы мониторинга и управления бункерной загрузкой полувагонов пылящими материалами. Разработанная мнемосхема обеспечивает удобный визуальный контроль основных параметров процесса: массы груза в бункере–дозаторе, положения клапанов и исполнительных механизмов (штоков), уровня заполнения бункера, направления потоков материала, а также количества загруженных вагонов. Реализована система цветовой индикации статусов всех узлов и отдельная сигнализация аварийных ситуаций. Оператор может запускать и останавливать процесс загрузки, отслеживать состояние каждого элемента в реальном времени и оперативно реагировать на отклонения. Внедрение разработанной мнемосхемы упрощает диспетчеризацию бункерной загрузки, повышает оперативность выявления нештатных режимов и способствует снижению простоев и потерь пылящих материалов на железнодорожной станции.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, АРМ оператора, бункерная загрузка, полувагоны, пылящие материалы, Simple SCADA, мнемосхема, система индикации статусов, операторский интерфейс, диспетчеризация, железнодорожная погрузка.

Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) существенно повышают производительность и стабильность качества на предприятиях, связанных с погрузкой и транспортировкой сыпучих и пылящих материалов [1, 2]. При бункерной загрузке полувагонов малейшие отклонения параметров, включая положение клапанов, уровень бункера, исправность исполнительных механизмов, приводят к просыпанию материала, простоям вагонов и дополнительным затратам на уборку [3].

В данной работе рассматривается мнемосхема экранной формы АРМ оператора для бункерной загрузки полувагонов пылящими материалами. Мнемосхема отображает текущее состояние технологической линии и даёт оператору возможность контролировать параметры процесса и реагировать на отклонения дистанционно.

В системе автоматизации основным элементом визуализации технологического процесса служат экранные формы АСУ ТП, выполненные в виде мнемосхем. Находясь в удалении от зоны погрузки, оператор через мнемосхему оценивает состояние линии, отслеживает параметры и реагирует на отклонения в режиме реального времени.

Разработанная мнемосхема экранной формы АРМ оператора для бункерной загрузки полувагонов представлена на рисунке 1, реализована на платформе Simple Scada 2 [4]. На экранной форме схематично изображена вся технологическая линия в

виде последовательности основных узлов: ленточных конвейеров, бункера–дозатора, выпускного затвора, клапанов 1 – 3 и полувагона. Каждый узел оснащён индикатором статуса в виде цветового сигнала. В мнемосхеме реализована система навигации между модулями (вкладки «Главный экран» и «Бункерная загрузка»), которая позволяет оператору при необходимости получить более подробную информацию о соответствующем участке. Слева расположена панель управления с кнопками «Старт», «Стоп» и «Авария», индикаторами датчика веса, датчиками положения штоков, а также шкалой уровня загруженности бункера. Справа отображается счётчик вагонов и направление движения материала.

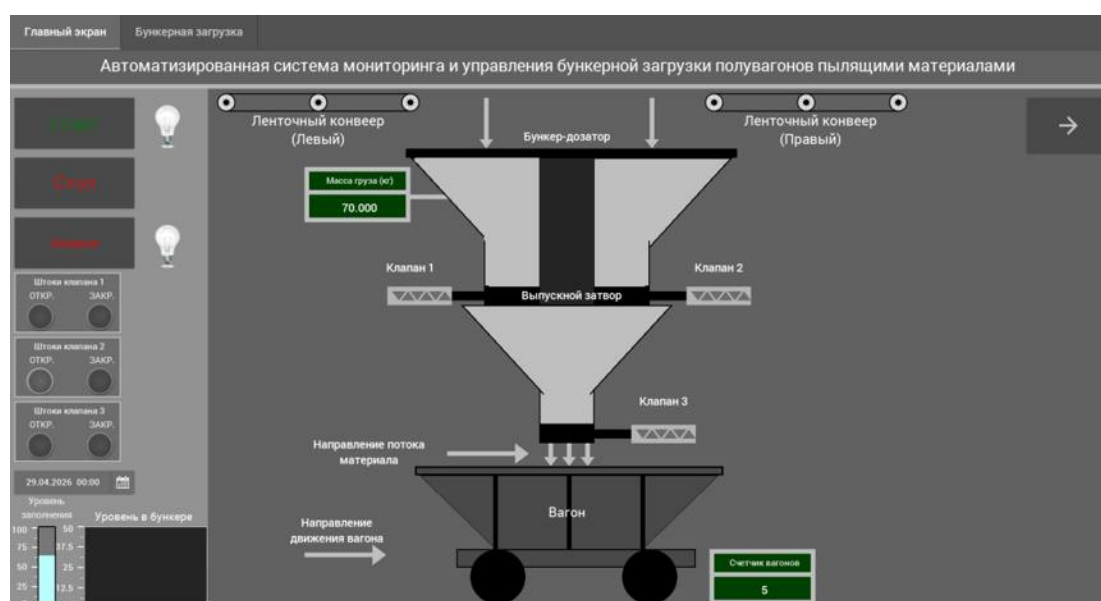


Рисунок 1 – Экранная форма АРМ оператора «Система управления бункерной загрузкой полувагонов пылящими материалами»

При возникновении отклонений от нормальных режимов работы (неправильное положение штоков, критический уровень бункера, отказ датчиков и т.п.) экранная форма автоматически переходит в аварийный режим (рисунок 2). В этом режиме проблемные узлы выделяются красным цветом, а соответствующие датчики дополнительно отмечаются значком пламени. Оператор также может вручную активировать аварийный режим кнопкой «Авария», что приводит к немедленной остановке процесса загрузки.

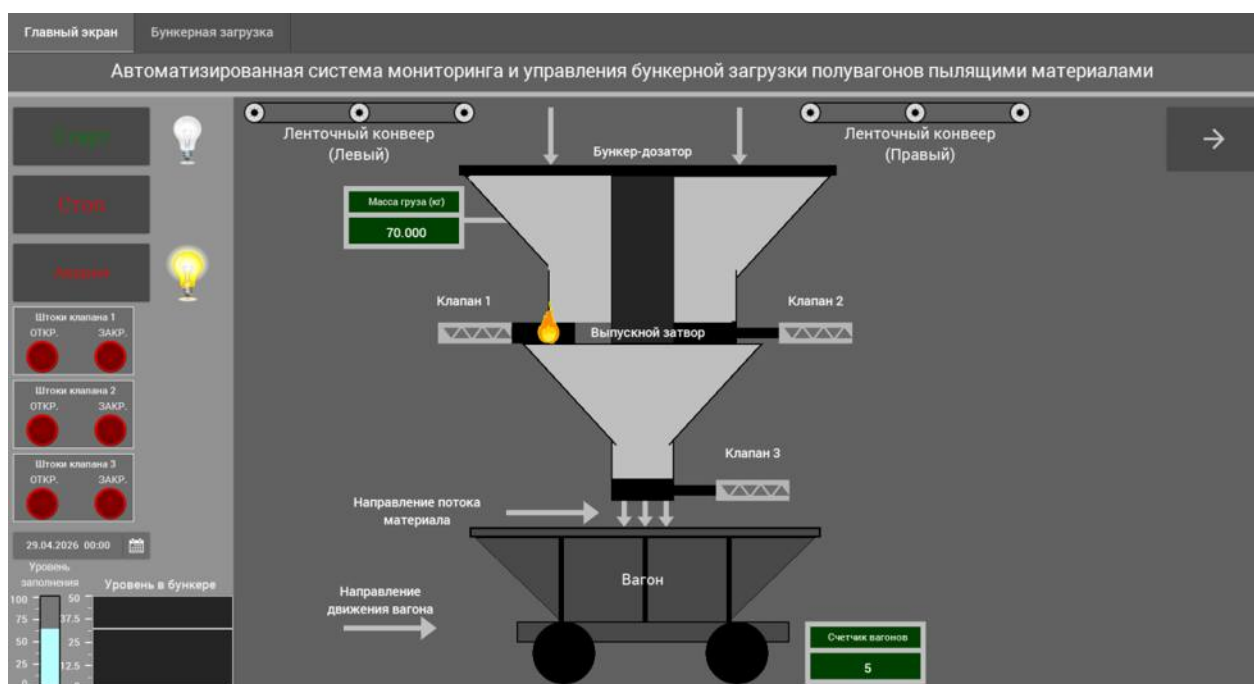


Рисунок 2 – Экранная форма АРМ оператора «Система управления бункерной загрузкой полувагонов пылящими материалами» в аварийном режиме

Разработанная экранная форма АРМ оператора обеспечивает визуальный контроль бункерной загрузки полувагонов: цветовая индикация статусов узлов позволяет быстро выявить неисправность, а кнопка аварийной остановки даёт оператору возможность немедленно прервать процесс при отклонении от нормального режима. Применение мнемосхемы снижает время реакции на нештатные ситуации и сокращает потери пылящего материала при погрузке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коломиец, А. С. Актуальность применения автоматных моделей в проектировании имитационных тренажеров для обучения операторов АСУ ТП / А. С. Коломиец // Наука и современность. – 2010. – № 3–2. – С. 152–157. – EDN RTBYFD.
2. Михайлова, А. И. Бункерные загрузочные устройства / А. И. Михайлова // Аллея науки. – 2019. – Т. 1, № 5(32). – С. 145–148. – EDN PWPYMJ.
3. Рамазин, Н. И. Автоматизированная система диспетчеризации и управления углепогрузочным комплексом загрузки железнодорожных полувагонов / Н. И. Рамазин, И. Л. Сандлер // Дни студенческой науки : Сборник материалов 52-й научной конференции обучающихся ПривГУПС, Самара, 01 – 25 апреля 2025 года. – Самара: Приволжский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 170–171. – EDN BZCZGT.
4. Simple-Scada – простая, российская SCADA-система URL: <https://simple-scada.com/> (дата обращения: 12.03.2026).

УДК 681.5

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ УРОВНЯ В СЕПАРАТОРЕ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕПОДГОТОВКИ

Рязанов Н.Д., Бирюков А.Д.

Самарский государственный технический университет, г. Самара

Аннотация: рассмотрена задача автоматического поддержания уровня жидкости в типовом горизонтальном сепараторе, используемом на объектах нефтеподготовки. За основу принята реальная технологическая схема циркуляции рабочей жидкости с отделением газа, подпиткой системы и сливом воды по сигналу датчика рН. Для рассматриваемого режима уровень в сепараторе целесообразно описывать интегрирующим звеном с отсечкой, дополненным зависимостями, учитывающими геометрию цилиндрического резервуара. Проведено моделирование системы регулирования и анализ переходных процессов.

Ключевые слова: сепаратор, нефтеподготовка, уровень жидкости, автоматическое регулирование, датчик рН, интегрирующее звено с отсечкой, локальная система управления.

На установках подготовки нефти сепараторы применяются для разделения водонефтяной эмульсии на нефтяную фракцию, воду и газ. Одним из важнейших параметров работы сепараторов является уровень жидкости в аппарате. Недостаточный уровень приводит к нарушению циркуляции рабочей среды и нестабильной работе насосного оборудования, переполнение вызывает утечку жидкости в газовую линию и снижение эффективности разделения фаз, поэтому задача автоматической стабилизации уровня имеет важное технологическое значение.

Особенностью рассматриваемого объекта является переменный состав среды и возможность ухудшения её качества по кислотности. В этом случае часть жидкости должна автоматически отводиться в барометрическую ёмкость, что создаёт дополнительное возмущающее воздействие на систему регулирования. Для исследования подобных режимов целесообразно использовать математическое моделирование [1].

В работе рассматривается разработка автоматической системы стабилизации уровня жидкости в сепараторе с учётом геометрии аппарата и сигнала датчика рН. Основными параметрами являются уровень жидкости и кислотность среды. Рабочее значение уровня принимается равным 50 % высоты аппарата. Сепаратор представляет собой горизонтальный цилиндрический резервуар, поэтому зависимость между объёмом жидкости и текущим уровнем заполнения является нелинейной. В нижней и верхней частях аппарата даже небольшое изменение объёма вызывает заметное изменение уровня, тогда как в средней зоне изменение уровня происходит более

плавно. Это связано с изменением площади поперечного сечения заполненной части резервуара. При моделировании данная особенность учитывается тригонометрическими функциями, описывающими геометрию цилиндра. Благодаря этому модель более точно воспроизводит реальные процессы наполнения и опорожнения аппарата.

С динамической точки зрения изменение уровня определяется накоплением жидкости, поэтому объект управления описывается интегрирующим звеном, физическая высота сепаратора ограничена, поэтому в модели применяется отсечка сигнала по верхнему и нижнему пределу. Итоговая математическая модель представляет собой интегрирующее звено с отсечкой, дополненное тригонометрическими зависимостями, учитывающими специфику цилиндрической формы резервуара (рисунок 1).

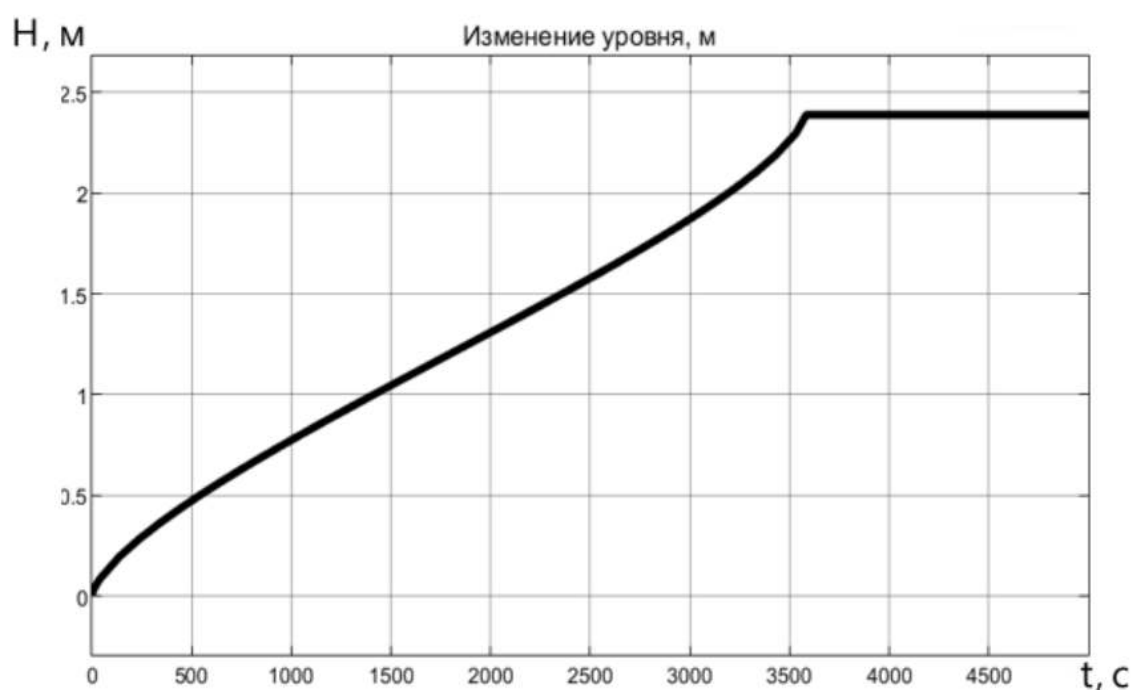


Рисунок 1 –Переходный процесс наполнения сепаратора

Переходный процесс замкнутой системы управления с учётом возмущающего воздействия представлен на рисунке 2. При моделировании замкнутой системы управления учитывалось, что исполнительный механизм (клапан) обладает инерционностью. Так как математическая модель уровня в сепараторе в рабочей зоне близка к интегрирующему звену, для регулирования достаточно применения типового П-регулятора, обеспечивающего простоту настройки и надёжность работы. При возникновении сигнала от датчика рН открывается сливной клапан, что вызывает

кратковременное снижение уровня, которое можно рассматривать в качестве возмущающего воздействия в данной локальной системе управления. Регулятор компенсирует возмущение изменением положения основного регулирующего клапана, после чего уровень возвращается к заданному значению.

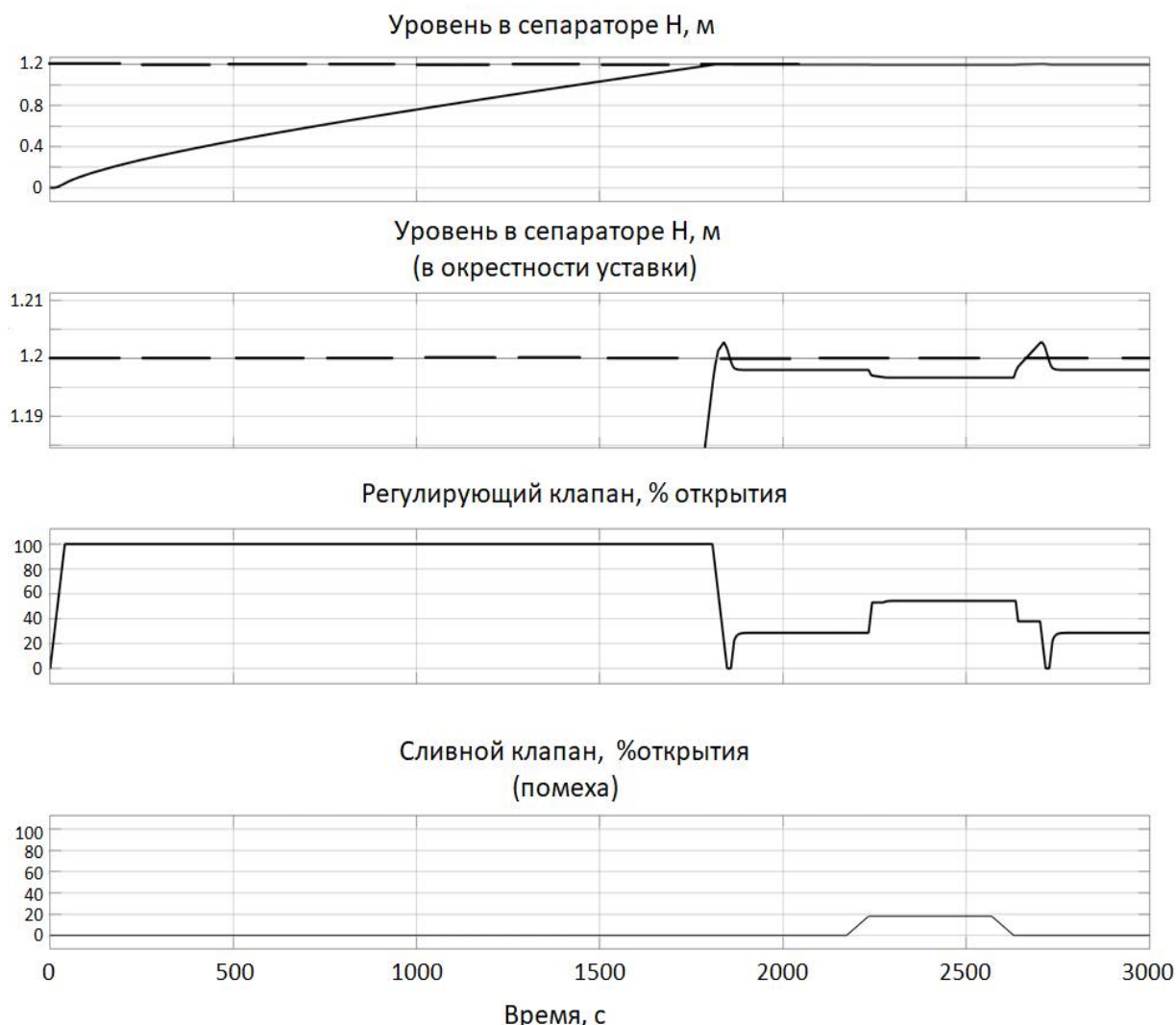


Рисунок 2 –Переходный процесс замкнутой системы управления с помехой

На графиках отображены изменения уровня рабочей жидкости в сепараторе, степени открытия регулирующего клапана и расхода через клапан, используемый для аварийного слива. На втором графике также показан уровень жидкости, но в большем масштабе, по которому можно оценить, что погрешность регулирования не превысила 3 %, а компенсация возмущения происходила в течение 300–400 с. Изменение положения регулирующего клапана происходит без существенных колебаний, практически это позволяет исключить частое срабатывание сливного клапана и уменьшить износ седла регулирующего органа.

Моделирование автоматической системы стабилизации уровня в сепараторе показало устойчивое поддержание уровня при изменении режима работы и действии возмущений, связанных со сливом среды по сигналу датчика рН. Предложенная структура управления может быть рекомендована для использования в новых и модернизации действующих установок нефтеподготовки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зориктуев, В. Ц. Синтез математической модели процесса сепарации нефти в системе управления промысловой подготовкой нефти / В. Ц. Зориктуев, Ю. М. Дребская, В. В. Рощупкин // Вестник УГАТУ. – 2009. – Т. 13, № 2 (35). – С. 78–82.
2. Черных И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. Москва : ДМК Пресс ; Санкт–Петербург : Питер, 2008. 288 с.
3. Динамическая математическая модель гравитационного сепаратора с учетом парожидкостного равновесия и технологической обвязки / В. В. Южанин, Р. Л. Барашкин, А. С. Нургуатова, В. Е. Попадью // Международная научная конференция по проблемам управления в технических системах. 2021. Т. 1. С. 194–197. EDN NKTMSD.

УДК 681.5

РАЗРАБОТКА МНЕМОСХЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ РАЗМОТОЧНОГО УСТРОЙСТВА ПРОИЗВОДСТВА РУБЕРОИДА

Набережнев А.А.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье рассмотрена разработка мнемосхемы операторского интерфейса автоматизированной системы диспетчеризации и управления размоточным устройством линии производства рубероида. Мнемосхема обеспечивает визуальный контроль технологических параметров размотки: скорости движения полотна, натяжения материала, длины оставшегося рулона и температуры электродвигателя привода. Реализованы функции цветовой индикации режимов работы и аварийной сигнализации при выходе параметров за допустимые пределы. Интерфейс позволяет оператору наблюдать за состоянием узла в реальном времени и своевременно корректировать режим работы. Применение разработанной мнемосхемы повышает надёжность работы размоточного устройства и уменьшает долю брака, связанного с нарушением натяжения полотна.

Ключевые слова: АСУ ТП, размоточное устройство, производство рубероида, натяжение полотна, мнемосхема, мониторинг, операторский интерфейс, аварийная сигнализация, Simple - Scada.

Автоматизированные системы управления технологическими процессами применяются на предприятиях рулонной промышленности для повышения производительности и обеспечения стабильного качества продукции [1–3]. Для линий производства рубероида одним из критичных участков является размоточное устройство, от работы которого зависят натяжение полотна, стабильность скорости подачи и, как следствие, качество формируемого покрытия. Согласно нормативным документам на устройство гидроизоляции рулонными материалами [4], нарушение режима подачи полотна непосредственно влияет на соблюдение технологических допусков. Чрезмерное натяжение приводит к растяжению и обрывам, а недостаточное – к провисанию и нарушению геометрии материала на последующих операциях.

В работе представлена мнемосхема операторского интерфейса для мониторинга и управления размоточным устройством линии производства рубероида. Основная задача разработки – обеспечить оператору наглядный инструмент для контроля параметров размотки и быстрой оценки состояния узла, что позволяет уменьшить долю дефектов, связанных с отклонением натяжения и скорости подачи материала. При разработке экранной формы учитывались общие требования к мнемосхемам как элементу человеко–машинного интерфейса [5, 6].

Мнемосхема реализована в SCADA- системе Simple Scada 2 [7] и приведена на рисунке 1. Основную часть экрана занимает схематичное изображение размоточного

узла: рулон материала, узел размотки и участок транспортировки полотна с указанием направления движения представление, которого позволяет оператору сопоставлять изменение технологических параметров с положением и состоянием конкретных элементов механизма в каждый момент времени.

Параметры размоточного устройства сгруппированы на форме в виде отдельного информационного блока. Скорость движения полотна, натяжение материала, длина оставшегося рулона и температура электродвигателя привода отображаются цифровыми индикаторами с графическими шкалами, что облегчает оценку текущего режима работы узла как в числовой, так и в визуальной форме. Значения скорости и натяжения используются для контроля качества размотки и согласования работы размоточного устройства с остальными агрегатами линии, показатель длины рулона помогает планировать остановку на замену, а температура двигателя служит для контроля тепловой нагрузки на привод и предотвращения его перегрева.

Отдельно сформирован блок сигналов о состоянии системы и наличии материала. В нём отображаются результаты срабатывания датчика наличия рулона, а также два индикатора общего режима – «Система в работе» и «Авария», визуально выделенные на фоне остальных элементов. При штатной работе активен индикатор «Система в работе», при появлении нештатной ситуации включается сигнал «Авария», что позволяет оператору быстро понять, требует ли узел немедленного вмешательства.

Навигационные элементы вынесены на верхнюю и нижнюю панели формы: кнопка возврата на главный экран размещена сверху, а средства перехода к дополнительным экранам системы – внизу. Представленное построение интерфейса упрощает переход между мнемосхемами и при этом не перекрывает область отображения основных параметров размоточного устройства, что соответствует рекомендациям по организации операторских экранов [5, 6].

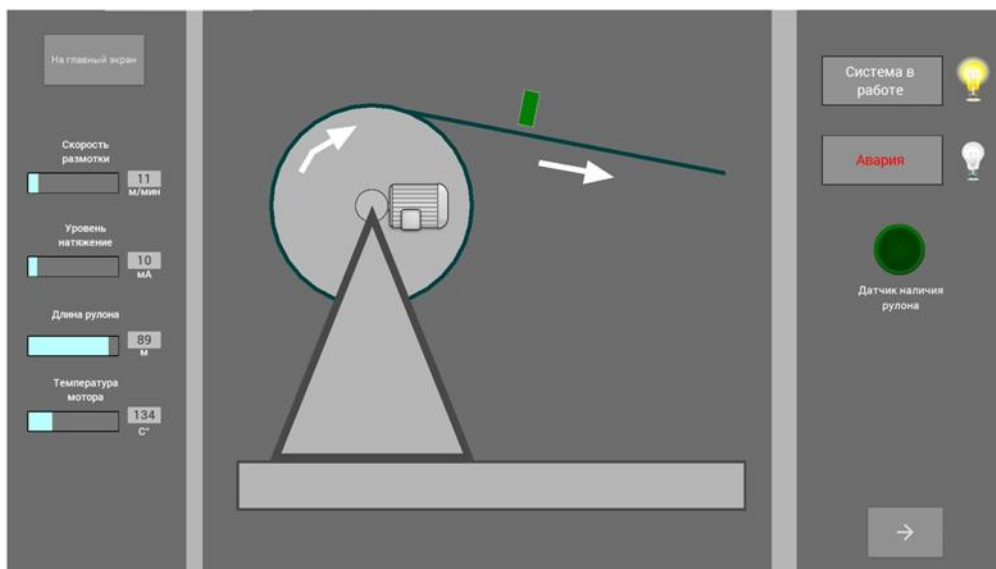


Рисунок 1 – Мнемосхема экранной формы «Автоматизация системы диспетчеризации и управления размоточного устройства»

При выходе контролируемых параметров за допустимые пределы формируется аварийный сигнал. Активируется мигающая световая индикация, меняется цвет соответствующих индикаторов, а проблемный участок дополнительно выделяется графическими элементами типа «пламя». Пример отображения аварийного режима работы размоточного устройства приведён на рисунке 2. В этом режиме оператор получает одновременно числовую и цветовую информацию о нарушении, что сокращает время поиска причины аварии и выбора корректирующего воздействия (снижение скорости, остановка узла, замена рулона).

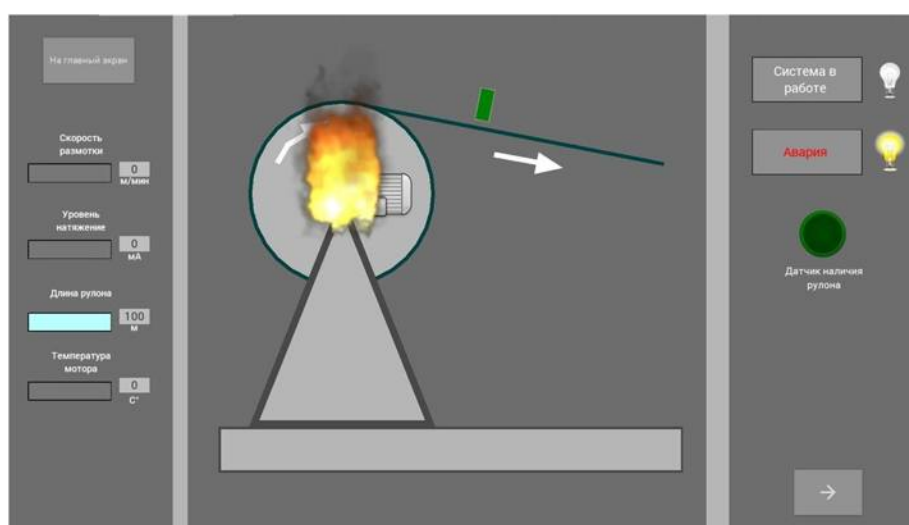


Рисунок 2 – Мнемосхема экранной формы «Автоматизация системы диспетчеризации и управления размоточного устройства» в аварийном состоянии

Разработанная мнемосхема используется для мониторинга и оперативного управления размоточным устройством линии производства рубероида. Реализованный интерфейс обеспечивает контроль скорости и натяжения полотна, состояния привода и наличия рулона, что позволяет уменьшить вероятность обрывов. Современные системы регулирования натяжения, аналогичные описанным в специализированных обзорах, подтверждают, что контроль и стабилизация этих параметров снижают количество дефектов и повышают устойчивость процесса размотки [8]. Применение экранной формы повышает информированность оператора о состоянии узла, способствует снижению доли брака и улучшению устойчивости работы линии в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коломиец, А. С. Актуальность применения автоматных моделей в проектировании имитационных тренажеров для обучения операторов АСУ ТП / А. С. Коломиец // Наука и современность. – 2010. – № 3–2. – С. 152–157. – EDN RTBYFD.
2. Королев, В. П. Технология производства рулонных кровельных и гидроизоляционных материалов: учебное пособие / В. П. Королев. – М.: Издательство АСВ, 2012. – 192 с. – ISBN 978–5–93093–883–4.
3. Соболев, А. С. Актуальность создания интегрированных систем управления на предприятии / А. С. Соболев, Е. Л. Вайтекунене // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2010. – Т. 1, № 6. – С. 441–442. – EDN TBICPT.
4. ВСН 32–81 «Инструкция по устройству гидроизоляции строительных конструкций кровельными и рулонными материалами» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data1/5/5517/index.htm> (дата обращения: 17.03.2026).
5. Роль мнемосхем в интерфейсе оператора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Studfile – URL: <https://studfile.net/preview/7645603/page:24/> (дата обращения: 19.03.2026).
6. ГОСТ 21480–76. Система «Человек–машина». Мнемосхемы. Общие эргономические требования. – Введ. 1977–01–01. – Москва : Изд-во стандартов, 1986. – 6 с.
7. Simple–Scada – простая, российская SCADA–система URL: <https://simple-scada.com/> (дата обращения: 12.03.2026).
8. Enhance Efficiency: Web Tension Control Guide [Электронный ресурс] / KETE Group. – Режим доступа: <https://www.ketegroup.com/web-tension-control/> (дата обращения: 03.04.2026).

РАЗРАБОТКА МНЕМОСХЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОКРОВОЧНОЙ ВАННОЙ ПРОИЗВОДСТВА РУБЕРОИДА

Иваев Д.Ш., Набережнев А.А., Одинаркин Д.М. Одинаркин К.М.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье рассмотрена разработка мнемосхемы операторского интерфейса автоматизированной системы управления покровочной ванной линии производства рубероида. Мнемосхема обеспечивает визуальный контроль уровня битумной массы, температуры покровочной ванны, скорости вращения вентилятора и скорости движения линии. Реализованы функции цветовой индикации состояния оборудования и аварийной сигнализации при отклонении параметров от заданных значений. Интерфейс позволяет оператору контролировать тепловой режим и циркуляцию битума в реальном времени и своевременно корректировать режим работы. Применение разработанной мнемосхемы способствует поддержанию требуемой толщины и однородности покровного слоя, что снижает риск появления дефектов покрытия, обусловленных нарушением температурного режима покровочной ванны.

Ключевые слова: АСУ ТП, покровочная ванна, производство рубероида, температурный режим, битум, мнемосхема, мониторинг параметров, аварийная сигнализация, операторский интерфейс, Simple- Scada.

Автоматизированные системы управления технологическими процессами применяются на линиях производства рулонных кровельных и гидроизоляционных материалов для стабилизации режимов работы оборудования и повышения качества продукции [1–3]. В технологии изготовления рубероида покровочная ванна используется для нанесения на основу покровного слоя из более тугоплавкого битума с минеральным наполнителем, который обеспечивает гидроизоляционные и эксплуатационные свойства материала. Согласно типовой технологии производства рубероида [4], нарушение температурного режима приводит к изменению вязкости битумной массы, колебаниям толщины слоя и, как следствие, к дефектам покрытия и снижению долговечности рубероида [5].

В работе представлена мнемосхема экранной формы оператора для автоматизированной системы управления покровочной ванной линии производства рубероида. Цель разработки – обеспечить оператору наглядный инструмент для контроля температуры ванны, уровня битумной массы и параметров циркуляции, что позволяет поддерживать устойчивый тепловой режим и уменьшить долю брака, связанного с нарушением условий нанесения покровного слоя.

Мнемосхема операторского интерфейса покровочной ванны реализована в среде Simple Scada 2 [6] и представлена на рисунке 1. В верхней части формы расположена кнопка «На главный экран», в нижних углах – элементы навигации для перехода к соседним экранам системы. Центральная область отображает

покровочную ванну, вентилятор и роликовую часть линии: показано движение полотна через зону нанесения покровного слоя и расположение вентилятора, обеспечивающего удаление паров и стабилизацию теплового режима над ванной. Также выводятся значения уровня битумной массы, температуры ванны, скорости вращения вентилятора и скорости движения линии, что позволяет оператору оценивать взаимосвязь между тепловым режимом и режимом движения полотна.

Слева на мнемосхеме размещены числовые индикаторы технологических параметров: уровня битума в покровочной ванне, температуры битумной массы, скорости вращения вентилятора и скорости движения линии. Для каждого параметра предусмотрено цифровое значение и шкала с цветовой заливкой, упрощающая визуальную оценку текущего режима. Контроль уровня битумной массы позволяет поддерживать стабильные условия нанесения покровного слоя, температурный канал обеспечивает наблюдение за тепловым режимом ванны, скорость вентилятора влияет на интенсивность отвода тепла и паров, а скорость линии согласуется с возможностями ванны по обеспечению необходимой толщины покрытия.

Справа расположен блок индикации состояния оборудования и датчиков: отображается работа поршневых механизмов, вентилятора и наличие рулона на линии. Над этим блоком размещены два светоиндикатора общего состояния – «Система в работе» и «Авария». При штатной работе активен индикатор «Система в работе», при выходе одного или нескольких параметров за допустимые пределы загорается индикатор «Авария», что соответствует требованиям к мнемосхемам по обеспечению приоритета аварийной информации [7].

Верхняя и нижняя части экрана отведены под навигационные элементы, а центральная область используется для отображения технологических параметров и состояния оборудования, разделение которого соответствует рекомендациям по иерархической организации операторских интерфейсов [7], позволяющей избежать информационной перегруженности и обеспечивать быстрый переход между уровнями отображения при сохранении видимости основных параметров.

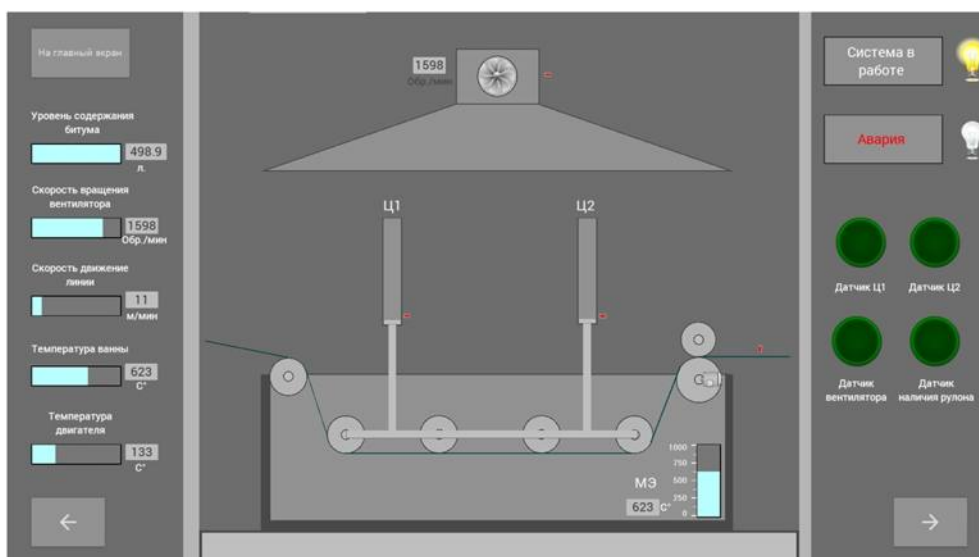


Рисунок 1 – Мнемосхема экранной формы «Автоматизированной системы управления покровочной ванной производства рубероида»

Мнемосхема обеспечивает оператору возможность отслеживать изменения уровня и температуры битумной массы и при необходимости оперативно корректировать режим работы ванны. При выходе контролируемых параметров за допустимые пределы автоматически формируется аварийный сигнал: активируется мигающая световая индикация, изменяется цвет соответствующих индикаторов, а проблемная зона дополнительно выделяется графическими элементами типа «пламя». Пример отображения аварийного режима приведён на рисунке 2. В этом режиме оператор может уменьшить скорость движения линии, скорректировать режим нагрева или остановить участок для предотвращения перегрева битума, повреждения покрытия или выхода оборудования из строя.

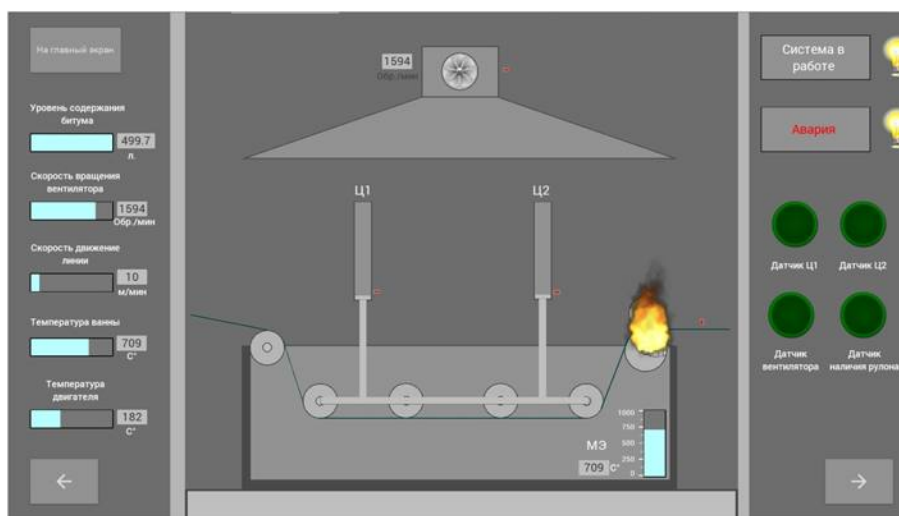


Рисунок 2 – Мнемосхема экранной формы «Автоматизированной системы управления покровочной ванной производства рубероида» в аварийном режиме

Разработанная мнемосхема используется как инструмент мониторинга и управления покровочной ванной линии производства рубероида. Реализованный интерфейс обеспечивает контроль температурного режима, уровня битумной массы и работы вентилятора, что позволяет поддерживать стабильные условия нанесения покровного слоя и снижать вероятность появления дефектов, связанных с нарушением технологического режима. Применение экранной формы повышает информированность оператора о состоянии узла и создаёт основу для дальнейшей модернизации системы управления покровочной ванной, в том числе за счёт внедрения расширенных алгоритмов автоматического регулирования температуры и уровня, что соответствует современным тенденциям модернизации оборудования [8]. Данный подход соответствует тенденции внедрения в линии рубероидного производства более гибких систем автоматического регулирования технологических параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Королев, В. П. Технология производства рулонных кровельных и гидроизоляционных материалов: учебное пособие / В. П. Королев. – М.: Издательство АСВ, 2012. – 192 с. – ISBN 978–5–93093–883–4.
2. Коломиец, А. С. Актуальность применения автоматных моделей в проектировании имитационных тренажеров для обучения операторов АСУ ТП / А. С. Коломиец // Наука и современность. – 2010. – № 3–2. – С. 152–157. – EDN RTBYFD.
3. Соболев, А. С. Актуальность создания интегрированных систем управления на предприятии / А. С. Соболев, Е. Л. Вайтекунене // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2010. – Т. 1, № 6. – С. 441–442. – EDN TBICPT.
4. Delo1: Технология производства рубероида [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://delo1.ru/main/tehhar/449> (дата обращения: 02.04.2026).
5. Технология изготовления кровельного рубероида – ИзоАрт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ulyanovsk.izoart.ru/articles/tehnologiya-izgotovleniya-krovelnogo-ruberoida/> (дата обращения: 06.04.2026).
6. Simple-Scada – простая, российская SCADA-система URL: <https://simple-scada.com/> (дата обращения: 12.03.2026).
7. ГОСТ 21480–76. Система «Человек–машина». Мнемосхемы. Общие эргономические требования. – Введ. 1977–01–01. – Москва : Изд-во стандартов, 1986. – 6 с.
8. Оборудование для производства рубероида – Promplace.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://promplace.ru/articles/oborudovanie-dlya-proizvodstva-ruberoida-283> (дата обращения: 06.04.2026)

РАЗВИТИЕ АППАРАТНОЙ ПЛАТФОРМЫ СИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ ОБ АВАРИЙНЫХ СОБЫТИЯХ

Колпащиков С.А., Титов А.С.

Самарский государственный технический университет, г. Самара

Аннотация: в работе рассматривается развитие аппаратной платформы системы аварийного оповещения технологических объектов. В ранее выполненных исследованиях была предложена архитектура резервированной системы передачи аварийных сообщений, реализуемая непосредственно на программируемом логическом контроллере и использующая несколько каналов связи: основной HTTP–канал для передачи сообщений в Telegram, резервный 3G/4G–канал и аварийный GSM/GPRS–канал для отправки SMS. Дальнейшее развитие системы связано с переносом логики оповещения из среды ПЛК в отдельный специализированный вычислительный узел, выполняющий функции коммуникационного устройства.

Ключевые слова: система аварийного оповещения, аппаратная платформа, программируемый логический контроллер, Raspberry Pi, резервированные каналы связи, коммуникационное устройство, уведомления в Telegram, GSM/GPRS.

Введение. Технологические объекты (котельные, компрессорные станции, насосные, узлы учёта и др.) характеризуются высокой стоимостью простоя и повышенными требованиями к безопасности. При возникновении аварийного события критичны скорость информирования, устойчивость системы к отказам инфраструктуры (локальная сеть, Интернет, серверы, питание).

Во многих случаях функции уведомления реализуются средствами SCADA или верхнего уровня АСУ ТП. Однако централизованные решения могут быть уязвимы к отказам сетевых сегментов и серверов, а также часто сложны в расширении на внешние каналы связи [1]. Практически важным направлением является использование автономного устройства, располагаемого между ПЛК и коммуникационными сетями (edge/ПоТ gateway), которое принимает события, исполняет алгоритм обработки, доставки и обеспечивает резервирование каналов. Подобные подходы широко применяются в ПоТ–архитектурах, интеграцию нескольких протоколов и использование LTE для связи.

Постановка задачи. Цель работы – описать развитие аппаратной платформы системы аварийного оповещения путём формирования требований, построения архитектуры устройства.

Методы решения задачи. Как показано в предыдущих исследованиях, разрабатываемое устройство должно обеспечивать приём аварийных и предаварийных сигналов от ПЛК, формирование уведомлений, их буферизацию и

приоритизацию, а также доставку по основному и резервному каналам связи [2]. Кроме того, устройство должно поддерживать подтверждение доставки, повторные попытки отправки и ведение журнала событий, включающего информацию о передаче сообщений и диагностике системы [3].

С учётом ранее предложенной архитектуры резервированного оповещения, аппаратная платформа также должна удовлетворять основным эксплуатационным требованиям: сохранять работоспособность при частичном отказе сети предприятия, обеспечивать сохранность очереди сообщений при кратковременном отключении питания, быть устойчивой к помехам при использовании промышленных интерфейсов, поддерживать обновление программного обеспечения и допускать дальнейшее расширение без полной переработки системы [4]. Общая архитектура решения показана на рисунке 1

ПЛК остаётся источником технологических состояний, а устройство оповещения превращается в центр по доставке уведомлений: он ведёт очередь, переключает каналы, фиксирует результат.

Анализ полученных результатов. Для прототипирования и реализации алгоритмов резервируемой доставки предлагается использовать одноплатный микрокомпьютер Raspberry Pi, обеспечивающий развитый сетевой стек, возможность параллельных сервисов и поддержку внешней периферии [5]. В качестве LTE-модуля примером промышленного решения является Quectel EG25-G (LTE Cat 4, 3GPP Release 11), применяемый в IoT-сценариях [6].

Практика показывает, что интенсивное журналирование и буферизация повышают требования к ресурсу накопителя. Для повышения стабильности и скорости работы ОС предпочтительно использовать SSD-накопитель (USB/SATA), а microSD – как допустимый вариант для ранних прототипов или при ограничении записи (снижение частоты записи).

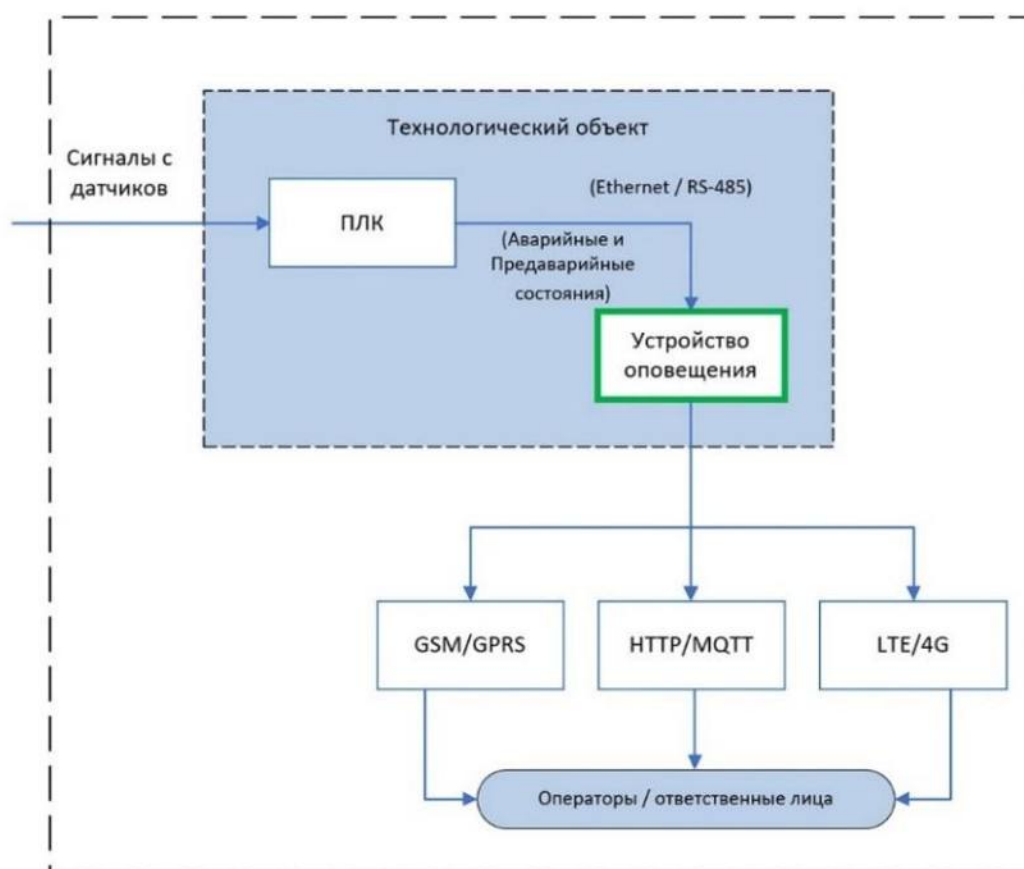


Рисунок – Общая архитектура

Практическое приложение результатов. В качестве направлений дальнейшего развития системы можно рассматривать переход от прототипа, реализованного на базе одноплатного компьютера, к специализированной печатной плате, гальваническую развязку интерфейсов и питание от промышленной сети. Кроме того, перспективным направлением выступает реализация защищённых каналов связи на основе VPN и TLS, а также внедрение средств системной диагностики, включая контроль доступности каналов и функции самотестирования устройства [7].

Выводы. Предложена концепция развития аппаратной платформы системы аварийного оповещения технологических объектов путём создания автономного коммуникационного устройства оповещения, подключаемого к ПЛК. Устройство оповещения реализует приём событий, локальную обработку, буферизацию, журналирование и резервируемую передачу уведомлений. Представлены структурные схемы и блок-схема алгоритма доставки. Подход обеспечивает повышение надёжности доставки сообщений и упрощает внедрение многоканального

оповещения без глубокой модификации существующей инфраструктуры управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 What are the roles of DCS and SCADA in digital transformation? // Yokogawa. URL: <https://www.yokogawa.com/de/library/resources/white-papers/what-are-the-roles-of-dcs-and-scada-in-digital-transformation/> (дата обращения: 09.03.2026).

2 Колпащиков, С. А., Титов, А. С. Алгоритмическое обеспечение резервированной системы оповещения об аварийных событиях на технологическом объекте // Вестник СамГУПС. – 2025. – № 2. – С. 115–122.

3 Колпащиков, С. А., Титов, А. С. Многофункциональная система сбора информации // Наука и образование транспорту. – 2025. – № 1. – С. 265–267.

4 ГОСТ 30804.6.2–2013 (IEC 61000–6–2:2005). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых в промышленных зонах. Требования и методы испытаний [Электронный ресурс]. – URL: https://en.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=8133661&utm_source (дата обращения: 27.04.2026)

5 Документация Raspberry Pi //Raspberry Pi Documentation. URL: <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/raspberry-pi.html> (дата обращения: 07.03.2026).

6 LTE EG25–G // Quectel. URL: <https://www.quectel.com/product/lte-eg25-g/> (дата обращения: 09.03.2026).

7 Удаленный доступ с помощью Континент TLS // Habr. URL: <https://habr.com/ru/companies/tssolution/articles/800281/> (дата обращения: 09.03.2026).

РАЗРАБОТКА МНЕМОСХЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМОМ РЕЗКИ ПРОИЗВОДСТВА ПВХ-ПОКРЫТИЙ

Алексеев К. В., Козлов Е.В.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье рассматривается разработка мнемосхемы операторского интерфейса автоматизированной системы механизма резки производства ПВХ-покрытий. Мнемосхема обеспечивает визуальный контроль скорости валиков, количества партий и исправности двигателей. Реализована цветовая индикация статусов и сигнализация аварийных ситуаций. Оператор может запускать и останавливать линию, отслеживать параметры в реальном времени и оперативно реагировать на отклонения. Внедрение мнемосхемы повышает оперативность управления, сокращает простои и уменьшает брак.

Ключевые слова: АСУ ТП, диспетчеризация, механизм резки, ножницы, ПВХ-покрытия, мнемосхема, мониторинг параметров, скорость валиков, исправность двигателей, цветовая индикация статусов, аварийная сигнализация, операторский интерфейс, Simple Scada.

В условиях современного производства полимерных материалов, характеризующегося высокой степенью технологической сложности и требующего строгого соблюдения регламентированных параметров, автоматизированные системы управления приобретают приоритетное значение, поскольку даже минимальные отклонения технологических режимов способны оказывать существенное влияние на характеристики и качество конечного продукта, вследствие чего задача обеспечения стабильного и надёжного контроля функционирования механизма резки приобретает актуальность и требует применения прецизионных методов мониторинга и регулирования [1–3].

В работе рассмотрена разработка мнемосхемы экранной формы оператора для автоматизированной системы управления механизмом резки линии изготовления ПВХ-покрытий основной задачей которой является обеспечение визуально понятного интерфейса, позволяющего быстро оценивать состояние оборудования и своевременно реагировать на возникающие проблемы [4].

Разработанная мнемосхема операторского интерфейса для механизма резки линии ПВХ-покрытий показана на рисунке 1, реализована в среде Simple Scada 2 [5–7]. В верхней части экрана размещены вкладки навигации («Главный экран», «Каландр», «Термальная камера», «Вытягивающее устройство», «Намоточное устройство»), позволяющие быстро переключаться между модулями линии. Центральная область отображает технологическую зону механизма резки с ножом и роликами. По бокам расположены индикаторы исправности двигателей №1–№6. В

нижней части выведены цифровые значения скорости валиков и количества партий, а также кнопки «Старт», «Стоп» и «Авария».

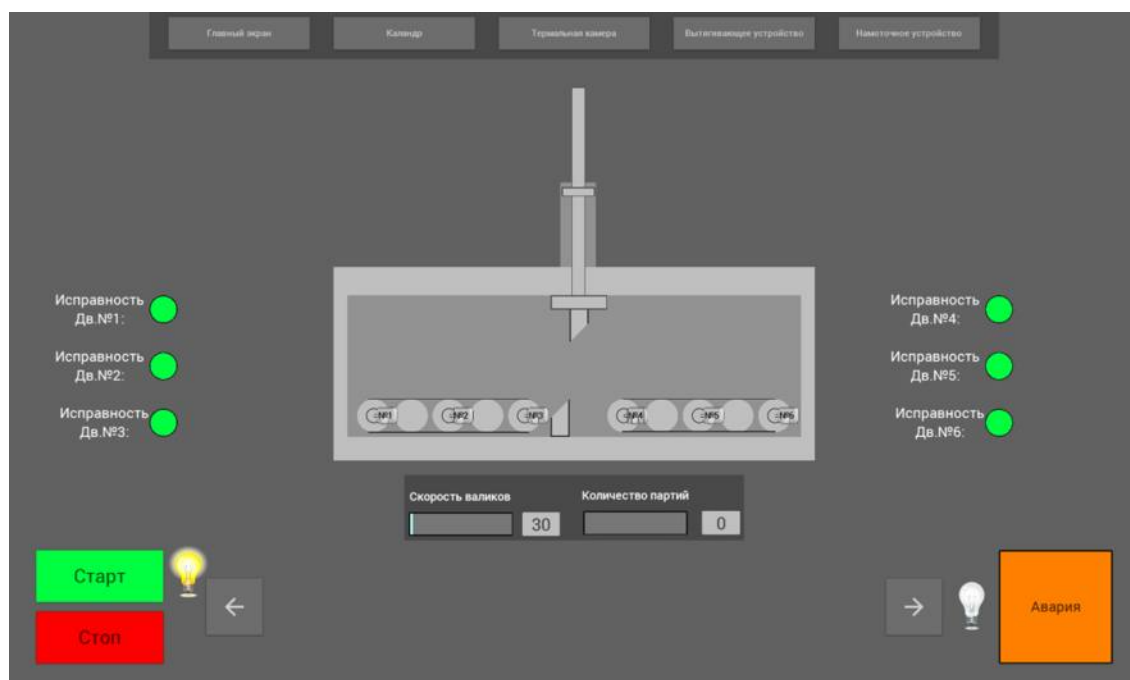


Рисунок 1 – Мнемосхема экранной формы «Автоматизированной системы управления механизмом резки производства пвх-покрытий»

Мнемосхема позволяет оператору в реальном времени отслеживать все основные параметры механизма резки и оперативно вмешиваться в процесс при необходимости. В случае выхода любого параметра за установленные значения автоматически включается сигнализация, при этом соответствующий индикатор меняет цвет, а место неисправности дополнительно выделяется специальными символами типа «пламя». Пример работы системы сигнализации показан на рисунке 2. При поступлении сигнала тревоги оператор может быстро остановить технологическую линию или перевести её в безопасный режим.

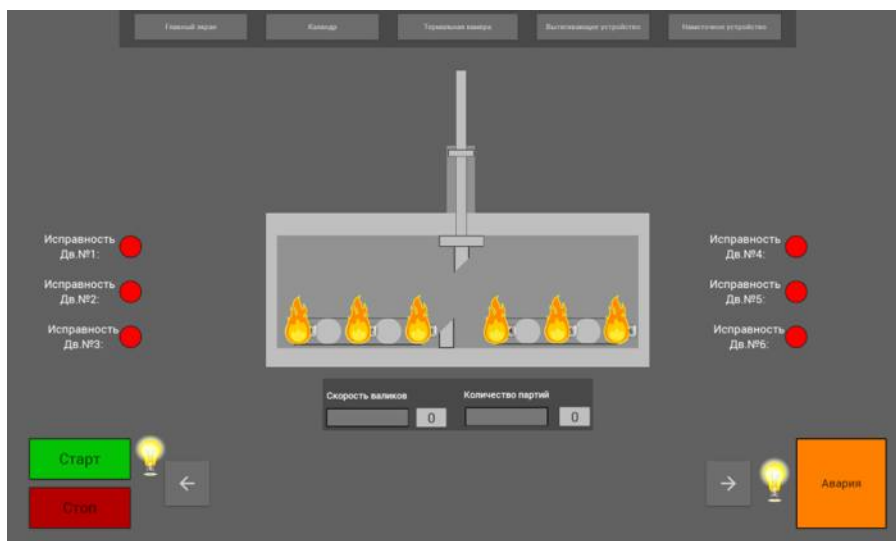


Рисунок 2 – Мнемосхема экранной формы «Автоматизированной системы управления механизмом резки производства пвх–покрытий» в режиме аварийной симуляции

Разработанная мнемосхема является удобным и эффективным инструментом управления механизмом резки линии производства ПВХ–покрытий. Применение такого интерфейса повышает стабильность технологического процесса, заметно снижает брак и простои, а также создаёт основу для дальнейшего совершенствования системы автоматизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Часовских, А. Е. Цифровые решения российского бизнеса / А. Е. Часовских, Т. Б. Ефимова // Проблемы развития предприятий: теория и практика. – 2018. – № 3. – С. 57–60. – EDN YPVKIX.
2. Коломиец, А. С. Актуальность применения автоматных моделей в проектировании имитационных тренажеров для обучения операторов АСУ ТП / А. С. Коломиец // Наука и современность. – 2010. – № 3–2. – С. 152–157. – EDN RTBYFD.
3. Соболев, А. С. Актуальность создания интегрированных систем управления на предприятии / А. С. Соболев, Е. Л. Вайтекунене // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2010. – Т. 1, № 6. – С. 441–442. – EDN TBICPT.
4. Гидравлические гильотинные ножницы, гильотинные ножницы с ЧПУ для раскроя и обработки листовых материалов // Главный механик. – 2016. – № 9. – С. 44–48. – EDN XEENVF.
5. Манаськин, Н. А. Разработка АРМ для удаленного управления грузоподъемными механизмами / Н. А. Манаськин, И. Л. Сандлер // Дни студенческой науки : Сборник материалов 52-й научной конференции обучающихся ПривГУПС, Самара, 01–25 апреля 2025 года. – Самара: Приволжский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 172–173. – EDN SPXLKF.
6. Simple-Scada – простая, российская SCADA–система URL: <https://simple-scada.com/> (дата обращения: 12.03.2026).
7. Рамазин, Н. И. Автоматизированная система диспетчеризации и управления углепогрузочным комплексом загрузки железнодорожных полувагонов / Н. И. Рамазин, И. Л. Сандлер // Дни студенческой науки : Сборник материалов 52-й научной конференции обучающихся ПривГУПС, Самара, 01–25 апреля 2025 года. – Самара: Приволжский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 170–171. – EDN BZCZGT.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСКОРЕНИЙ В ТОЧКАХ РЕЛЬСА

Залесов Н.А.¹, Авсиевич А.В.^{1,2}

¹Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

²ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет», МЗ РФ, г. Самара

Аннотация: в работе выполнен сравнительный анализ погрешностей двух подходов к определению ускорений в произвольной точке рельса: модели абсолютно твёрдого тела и модального разложения по двум первым формам. Используются экспериментальные данные двух акселерометров. Проведено численное моделирование для оценки влияния основных источников ошибок: низкой частоты дискретизации, неопределённости начальных условий, погрешности определения собственных форм. Приведены таблицы с величинами погрешностей для различных сценариев. Показано, что модель твёрдого тела даёт приемлемую точность только при очень медленных движениях, тогда как модальный подход лучше описывает низкочастотные деформации, но чувствителен к точности задания форм. Сделаны рекомендации по выбору метода в зависимости от характера исследуемого процесса.

Ключевые слова: рельс, акселерометр, погрешность, модель твёрдого тела, модальный анализ, частота дискретизации.

Введение. В инженерной практике для определения ускорений в различных точках конструкций часто используются косвенные методы, основанные на измерениях в ограниченном числе точек [1]. Для рельсового пути такими методами являются кинематический (в предположении абсолютно твёрдого тела) и модальный (с учётом упругих деформаций). Каждый из них имеет свои допущения и области применимости. Цель данной работы – количественно оценить погрешности этих методов, на основе имеющихся экспериментальных данных и численного моделирования, а также выработать рекомендации по их практическому использованию.

Экспериментальные данные. Используются данные двух акселерометров (Sensor 02 – точка А, Sensor 03 – точка В), закреплённых на рельсе на расстоянии $L = 1.0$ м вдоль оси X. Ориентация осей: X – вдоль рельса, Y – горизонтально поперёк, Z – вертикально. Частота дискретизации – 1 Гц. Рассматриваются вертикальные ускорения a_z . Точка С расположена на расстоянии 1.5 м от А. Для оценки погрешности в качестве эталона принимаются интерполированные значения между А и В, что позволяет сравнить методы между собой, хотя это не является истинным значением в С.

Методика оценки погрешностей

Модель твёрдого тела (ТТ): ускорение в С вычисляется по кинематическим соотношениям с использованием углового ускорения, полученного из разности ускорений, и угловой скорости, найденной интегрированием [2]. Погрешность $\delta_{\text{ТТ}} = |a_{\text{Cz}}^{\text{ТТ}} - a_{\text{Cz}}^{\text{ref}}|$, где $a_{\text{Cz}}^{\text{ref}}$ – эталонное значение (принято линейное среднее между А и В).

Модальная модель (ММ): ускорение в С вычисляется по модальному разложению с двумя первыми формами, аппроксимированными параболическими функциями [3]. Погрешность $\delta_{\text{ММ}} = |a_{\text{Cz}}^{\text{ММ}} - a_{\text{Cz}}^{\text{ref}}|$.

Численное моделирование: для оценки влияния частоты дискретизации исходные сигналы искусственно прореживаются до частот 0.5 Гц, 0.2 Гц, и сравниваются результаты с исходными (при 1 Гц). Также варьируются параметры форм колебаний в модальной модели.

Результаты. В таблице 1 приведены значения погрешностей для выбранных моментов времени (те же, что в предыдущих работах).

Таблица 1

Погрешности методов ТТ и ММ

Время, с	$a_{\text{Czref}}, \text{м/с}^2$	$a_{\text{CzТТ}}, \text{м/с}^2$	$\delta_{\text{ТТ}}, \text{м/с}^2$	$a_{\text{CzММ}}, \text{м/с}^2$	$\delta_{\text{ММ}}, \text{м/с}^2$
0	9.6315	9.812	0.1805	9.838	0.2065
5	9.6315	9.802	0.1705	9.840	0.2085
10	9.6325	9.809	0.1765	9.841	0.2085
15	9.6320	9.804	0.1720	9.839	0.2070
20	9.6330	9.806	0.1730	9.842	0.2090
25	9.6320	9.811	0.1790	9.838	0.2060
30	9.6315	9.797	0.1655	9.840	0.2085
35	9.6330	9.805	0.1720	9.841	0.2080
40	9.6315	9.800	0.1685	9.839	0.2075
45	9.6325	9.808	0.1755	9.840	0.2075

Примечание: эталонное значение $a_{\text{Cz}}^{\text{ref}}$ принято, как среднее между А и В: $(a_{\text{Az}} + a_{\text{Bz}})/2$.

Как видно из таблицы 1, погрешности обоих методов имеют один порядок (0.16–0.21 м/с²), причём метод ТТ даёт несколько меньшую погрешность в данном конкретном случае. Это объясняется тем, что реальные деформации малы, и модель твёрдого тела, несмотря на свои упрощения, лучше описывает среднее движение.

В таблице 2 приведены результаты численного моделирования влияния частоты дискретизации на погрешность метода ТТ (для момента времени 0 с). Исходный сигнал был прорежен, затем восстановлен по описанной методике и сравнён с исходным (непрореженным) значением.

Таблица 2

Влияние частоты дискретизации на погрешность

Частота дискретизации, Гц	$\delta_{\text{ТТ}}$, м/с ²
1.0 (исходная)	0.1805
0.5	0.1820
0.2	0.1905
0.1	0.2150

В таблице 3 показано влияние погрешности задания собственных форм в модальной модели. Номинальная форма $\varphi_2(x)$ была изменена на $\pm 10\%$ в точке В, и пересчитано ускорение в С.

Таблица 3

Чувствительность модальной модели к форме колебаний

Вариант формы $\varphi_2(x_B)$	a_{CzMM} , м/с ²	$\delta_{\text{ММ}}$, м/с ²
0.944 (номинал)	9.838	0.2065
1.038 (+10 %)	9.842	0.2105
0.850 (–10 %)	9.834	0.2025

Обсуждение. Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы о природе погрешностей [4]:

Модель твёрдого тела даёт погрешность порядка 0.17–0.18 м/с², что составляет около 1.8 % от полного ускорения (9.8 м/с²). Основной вклад вносит пренебрежение центростремительным членом и неопределённость начальной угловой скорости. При более быстрых движениях эта погрешность будет расти.

Модальная модель имеет несколько большую погрешность (0.20–0.21 м/с²), что может быть связано с неточным заданием собственных форм и ограничением двумя модами. Однако она принципиально способна учитывать деформации, поэтому при наличии высокочастотных составляющих её точность может стать выше, чем у модели ТТ.

Частота дискретизации является критическим фактором [5]. Даже небольшое её снижение (до 0.5 Гц) заметно увеличивает погрешность. Для реальных динамических процессов (проход поезда) необходима частота не ниже 100–200 Гц.

Чувствительность к форме колебаний в модальной модели оказалась невысокой, что позволяет использовать приближённые формы для оценочных расчётов. Однако это справедливо только для низких частот; вблизи резонансов чувствительность резко возрастает.

Таким образом, выбор метода должен определяться характером исследуемого процесса. Для медленных квазистатических деформаций можно использовать модель твёрдого тела. Для анализа колебаний с частотами, близкими к собственным, предпочтительнее модальный подход, но с уточнёнными формами и, желательно, с большим числом датчиков.

Заключение. Выполнен количественный анализ погрешностей двух методов определения ускорений в точках рельса по данным двух акселерометров. Показано, что при низкой частоте дискретизации (1 Гц) оба метода дают погрешности порядка 0.2 м/с^2 , причём модель твёрдого тела оказалась немного точнее для данного набора данных. Установлено, что снижение частоты дискретизации до 0.1 Гц увеличивает погрешность на 20 %. Чувствительность модальной модели к неточности задания форм колебаний в исследованном диапазоне невелика. Рекомендовано для практических задач использовать частоту дискретизации не ниже 100 Гц и при необходимости комбинировать оба подхода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вибрации в технике: Справочник. Т. 1. / Под ред. В.В. Болотина. – М.: Машиностроение, 1978. – 352 с.
2. Маркеев А.П. Теоретическая механика. – М.: ЧеРо, 1999. – 572 с.
3. Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле. – М.: Машиностроение, 1985. – 472 с.
4. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных. – М.: Мир, 1989. – 540 с.
5. Ленк А., Ренитц Ю. Механические испытания приборов и аппаратов. – М.: Мир, 1976. – 270 с.

РАЗРАБОТКА МНЕМОСХЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БУНКЕРОМ С ПЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВА РУБЕРОИДА

Хохлов Н.В., Набережнев А.А., Иваев Д.Ш.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье рассмотрена разработка мнемосхемы операторского интерфейса автоматизированной системы управления бункером с песком линии производства рубероида. Мнемосхема обеспечивает визуальный контроль уровня песка в бункере, скорости вращения барабана посыпки, скорости движения линии и температуры электродвигателя привода. Реализованы функции цветовой индикации состояния оборудования и аварийной сигнализации при отклонении параметров от заданных значений. Интерфейс позволяет оператору контролировать процесс посыпки в реальном времени и оперативно реагировать на изменение уровня материала и режимов работы узла. Применение разработанной мнемосхемы способствует поддержанию равномерности посыпки поверхности полотна и снижает риск брака, связанного с нарушением дозирования песка.

Ключевые слова: АСУ ТП, бункер с песком, производство рубероида, равномерность посыпки, дозирование, мнемосхема, мониторинг параметров, аварийная сигнализация, операторский интерфейс, Simple- Scada.

Автоматизированные системы управления технологическими процессами применяются на линиях производства рулонных кровельных материалов с целью стабилизации режимов оборудования и повышения качества продукции [1–3]. На финальном этапе изготовления рубероида осуществляется посыпка полотна минеральным материалом для защиты кровельного слоя от механических повреждений и атмосферных факторов. Согласно требованиям, к рулонным кровельным материалам, равномерность посыпки и отсутствие дефектов вроде пропусков или наплывов считаются главными показателями качества [4]. Нарушение дозирования песка в бункере провоцирует локальную перегрузку или недобор, что сказывается на стойкости покрытия в отдельных зонах и увеличивает долю брака.

В работе представлена мнемосхема экранной формы оператора для АСУ бункером с песком линии производства рубероида. Цель разработки – обеспечение оператора средством визуального контроля уровня песка, скорости вращения барабана посыпки, скорости линии и состояния электропривода для того, чтобы поддерживать заданную интенсивность посыпки и реагировать на отклонения своевременно.

Мнемосхема операторского интерфейса бункера с песком создана в среде Simple Scada 2 [5] и изображена на рисунке 1. Визуальная схема экрана построена вокруг узла посыпки: отображены бункер, зона барабана и фрагмент конвейера, по которому движется рулонное полотно под песчаным потоком. Подобная компоновка

позволяет оператору сразу оценить место формирования посыпки и соотношение уровня материала в бункере с режимами барабана и конвейера.

Информационный блок с параметрами узла организован для оценки запаса материала и его расхода. Уровень песка в бункере, обороты барабана, скорость линии и температура привода подаются в виде индикаторов с цифровыми значениями и шкалами, что упрощает визуальную оценку режима. Уровень сигнализирует о необходимости дозаправки бункера; сочетание скоростей барабана и полотна отражает равномерность и плотность посыпки на рубероиде. Мониторинг температуры привода позволяет избежать перегрева.

Данные о механизмах и сигналах датчиков размещены в отдельной зоне мнемосхемы. Здесь индицируются наличие песка в бункере и полотна на линии, статусы исполнительных устройств для движения и посыпки. Над технологическими индикаторами расположены элементы «Система в работе» и «Авария», выделенные цветом и формой для быстрого отличия тревоги от обычной информации в соответствии с рекомендациями по мнемосхемам [6, 7].

Элементы навигации по экранам расположены в верхней и нижней частях формы: сверху – кнопка возврата на главный экран, а снизу – переходы к другим узлам линии. Центральная область остаётся свободной от управляющих элементов и предназначена для отображения параметров и статусов оборудования.

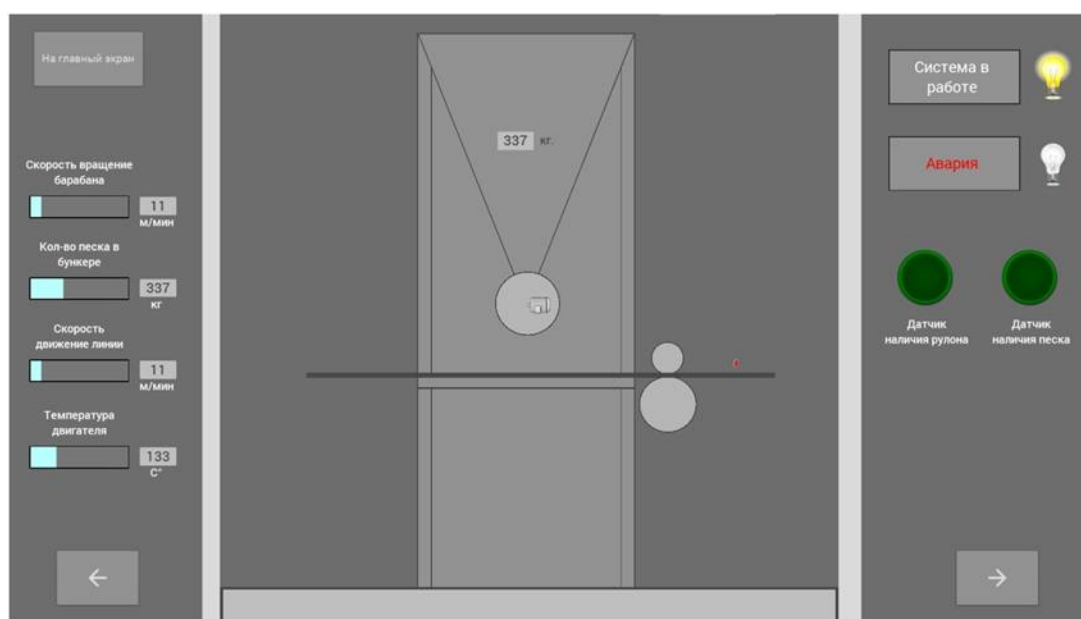


Рисунок 1 – Мнемосхема экранной формы «Автоматизированной системы управления бункером с песком линии производства рубероида»

Мнемосхема обеспечивает оператору возможность отслеживать изменения уровня песка и параметров работы барабана и при необходимости своевременно корректировать режим посыпки. При превышении контролируемых параметров допустимых границ автоматически генерируется тревожный сигнал. Включается мигание индикаторов, меняется их цвет, проблемный участок дополнительно маркируется графическими средствами типа «пламя». Аварийный режим показан на рисунке 2. Оператор способен снизить скорость линии, отрегулировать частоту барабана или остановить узел для ремонта и дозаправки бункера, тем самым исключая неравномерную посыпку и брак.

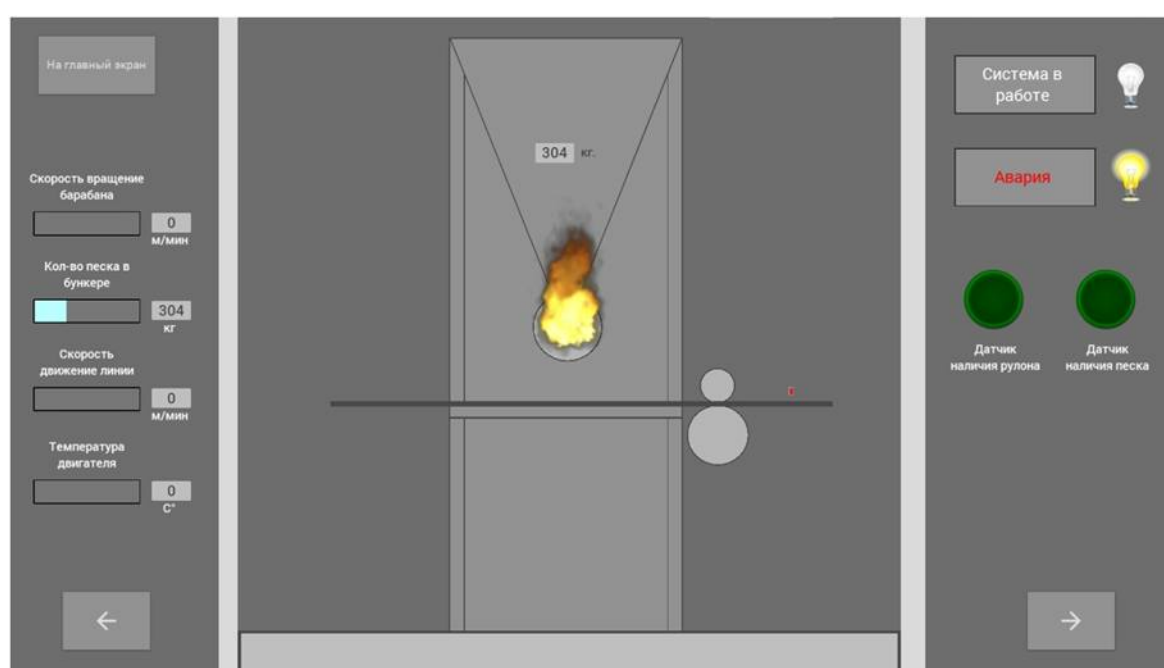


Рисунок 2 – Мнемосхема экранной формы «Автоматизированной системы управления бункером с песком линии производства рубероида» в аварийном режиме

Представленная мнемосхема функционирует как средство мониторинга и управления бункером с песком на линии рубероида. Интерфейс обеспечивает контроль уровня песка, режимов барабана и привода, наличия рулонного материала, поддерживая заданную интенсивность посыпки и минимизируя дефекты, связанные с неравномерным распределением минерального слоя по полотну. Экранная форма повышает осведомлённость оператора о состоянии узла и открывает возможности для дальнейшей модернизации АСУ посыпки, в том числе за счёт внедрения автоматических алгоритмов регулирования расхода материала в зависимости от

скорости линии, что соответствует современным решениям, применяемым на линиях производства рубероида [8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соболев, А. С. Актуальность создания интегрированных систем управления на предприятии / А. С. Соболев, Е. Л. Вайтекунене // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2010. – Т. 1, № 6. – С. 441–442. – EDN TBICPT.
2. Коломиец, А. С. Актуальность применения автоматных моделей в проектировании имитационных тренажеров для обучения операторов АСУ ТП / А. С. Коломиец // Наука и современность. – 2010. – № 3–2. – С. 152–157. – EDN RTBYFD.
3. Королев, В. П. Технология производства рулонных кровельных и гидроизоляционных материалов: учебное пособие / В. П. Королев. – М.: Издательство АСВ, 2012. – 192 с. – ISBN 978–5–93093–883–4.
4. ГОСТ 2678–94. Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные. Методы испытаний. – Введ. 01.01.1996. – Текст : электронный // Meganorm.ru : [сайт]. – URL: <https://meganorm.ru/Index/7/7281.htm> (дата обращения: 21.03.2026).
5. Simple-Scada – простая, российская SCADA–система URL: <https://simple-scada.com/> (дата обращения: 12.03.2026).
6. Роль мнемосхем в интерфейсе оператора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Studfile – URL: <https://studfile.net/preview/7645603/page:24/> (дата обращения: 19.03.2026).
7. Требования к мнемосхемам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Studfile – URL: <https://studfile.net/preview/10651235/page:10/> (дата обращения: 17.03.2026).
8. Линия производства рубероида. Система напыления песка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ct-line.ru/oborudovaniye-dlya-proizvodstva-yevroruberoida> (дата обращения: 14.02.2026)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАГРЕВОМ ГАЗОСЫРЬЕВОЙ СМЕСИ НА НПЗ

Тычинина Ю.А., Леньков А.С.

Самарский государственный технический университет, г. Самара

Аннотация: в работе рассмотрены вопросы проектирования системы автоматического регулирования температуры газосырьевой смеси (ГСС) на выходе трубчатой печи нефтеперерабатывающего завода. Обоснована необходимость математического моделирования локальных систем управления технологическими объектами. Получена передаточная функция печи как объекта регулирования, исследованы разомкнутая и замкнутая структуры системы. Показано, что применение типового регулятора позволяет повысить точность поддержания температурного режима и снизить влияние внешних возмущений.

Ключевые слова: локальная система управления, трубчатая печь, НПЗ, газосырьевая смесь, математическое моделирование, уравнение теплового баланса, типовой регулятор.

Современные нефтеперерабатывающие предприятия представляют собой сложные технологические комплексы, в которых стабильность режимных параметров напрямую влияет на качество продукции, энергопотребление и промышленную безопасность. Одной из основных задач автоматизации является поддержание температуры, давления, расхода в допустимых пределах при наличии возмущающих воздействий. Для решения подобных задач применяются автоматизированные системы управления технологическими процессами, обеспечивающие требуемую точность и быстродействие [1].

Проектирование современных систем управления невозможно без использования математического моделирования. Динамическая модель объекта позволяет определить его инерционные свойства, оценить устойчивость, подобрать параметры регулятора и исследовать переходные процессы без проведения рискованных экспериментов на действующем производстве. Для теплотехнологических объектов это особенно важно вследствие значительной тепловой инерции и возможного запаздывания реакции системы [2].

Одним из важных узлов нефтепереработки является трубчатая печь, предназначенная для нагрева газосырьевой смеси перед подачей в реактор. От точности поддержания температуры смеси зависят условия протекания каталитических процессов, степень превращения сырья и ресурс оборудования. Анализ работы промышленных печей показывает, что снижение КПД, увеличение тепловых потерь и перегрузка радиантных труб нередко связаны с несовершенством

систем регулирования [3]. Поэтому задача разработки эффективной системы управления нагревом газосырьевой смеси является актуальной.

Объектом исследования является трубчатая печь с радиантно–конвективным нагревом. Газосырьевая смесь проходит через трубный змеевик, воспринимая тепло от продуктов сгорания топлива. Управляющим воздействием является расход топливного газа, регулируемый клапаном. Выходным параметром является температура смеси на выходе печи. К основным возмущениям в подобных системах относятся: изменения расхода сырья и температуры входного потока, колебания теплотворной способности топлива, изменение тяги дымовых газов, загрязнение теплообменной поверхности.

Согласно анализу промышленных печей, отсутствие эффективного автоматического регулирования приводит к росту потерь тепла и снижению КПД агрегата [3].

Структурная схема рассматриваемого объекта регулирования представлена на рисунке 1.

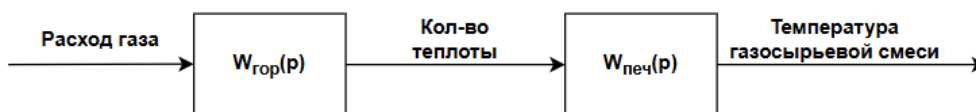


Рисунок 1 – Структурная схема объекта управления

Передаточная функция трубчатой печи демонстрирует математическую зависимость между расходом топлива и температурой газосырьевой смеси на выходе печи. Передаточную функцию объекта можно получить на основе уравнений теплового баланса. При составлении баланса учитывают, что тепло выделяется в результате сжигания топлива и через стенку труб передаётся потоку ГСС, движущемуся по змеевику. Таким образом, баланс устанавливает зависимость между тепловой мощностью печи и температурой ГСС на выходе, определяемой количеством переданного тепла.

Передаточная функция горелки $W_{гор}(p)$ является безынерционным звеном. Коэффициент передачи нагревателя газосырьевой смеси ($K_{гор}$) характеризует связь между расходом топливного газа и развиваемой тепловой мощностью и определяется теплотворной способностью топливного газа и КПД горелки.

Передаточная функция печи $W_{печ}(p)$ представляет собой аperiodическое звено второго порядка:

$$W_{печ}(p) = \frac{K_{пт}}{(T_м p + 1)(T_{гсс} p + 1)},$$

где $K_{пт}$ – коэффициент преобразования тепловой мощности в изменение температуры потока ГСС, определяемый теплоёмкостными характеристиками потока, $T_м$ – постоянная времени, обусловленная теплоёмкостью и массой металла змеевика и интенсивностью теплообмена, $T_{гсс}$ – постоянная времени, связанная с теплофизическими характеристиками ГСС, объёмом ГСС в трубах и скоростью её протекания.

Тогда структурная схема замкнутой системы регулирования примет вид:

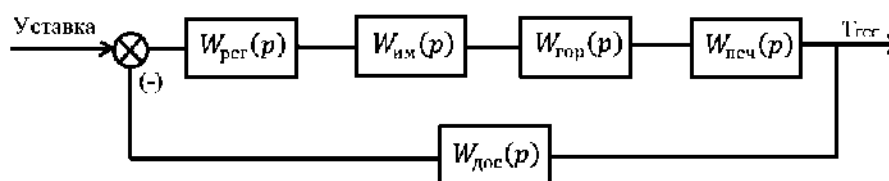


Рисунок 2 – Структурная схема замкнутой системы управления

На рисунке 2: $W_{рег}(p)$ – передаточная функция автоматического регулятора, $W_{изм}(p)$ – передаточная функция исполнительного механизма (регулирующего клапана), $W_{дос}(p)$ – передаточная функция датчика обратной связи.

В качестве регулятора был принят типовой ПИ–регулятор и проведены его настройки формульным методом. Замкнутая система автоматически корректирует подачу топлива, обеспечивая стабильность температурного режима.

Для трубчатых печей это особенно важно, поскольку, перегрев змеевика вызывает ускоренное старение металла, а недогрев смеси снижает эффективность последующих процессов переработки [3]. Применение регулятора позволяет сократить время переходного процесса и уменьшить статическую ошибку. На рисунке 3 приведены результаты математического моделирования замкнутой системы управления. Начальная температура ГСС составляет 50 °С, в номинальном режиме работы ГСС проходит змеевик печи за 12.5 мин и должен выйти из печи, нагретый до 360 °С. Как показало моделирование, замкнутая система с ПИ–регулятором отрабатывает задающее воздействие с точностью ± 3 %.

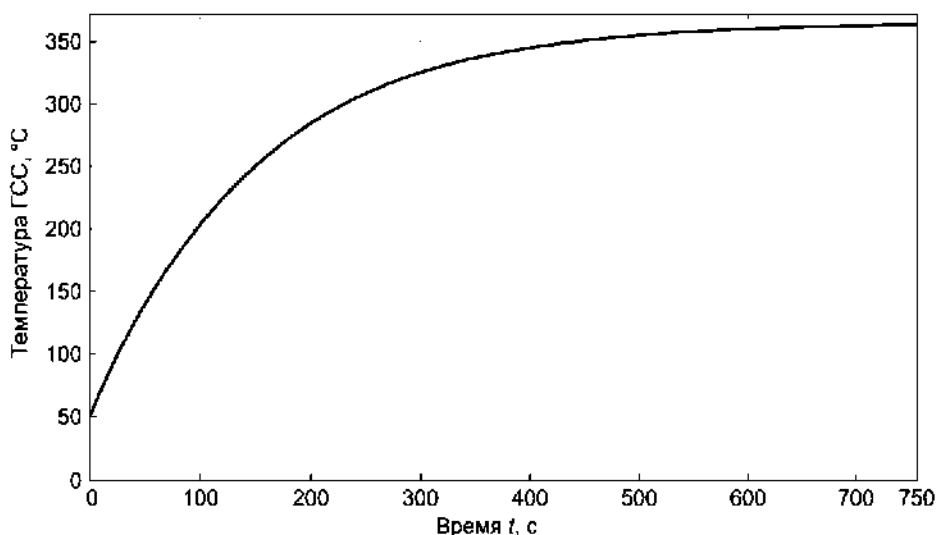


Рисунок 2 – Результаты моделирования замкнутой системы управления

В рамках исследования была разработана математическая модель трубчатой печи как объекта регулирования температуры газосырьевой смеси. Установлено, что объект описывается апериодическим звеном второго порядка. Исследование разомкнутой и замкнутой систем показало целесообразность применения ПИ–регулятора. Использование автоматической системы управления позволяет повысить точность регулирования, уменьшить тепловые потери и обеспечить устойчивую работу печи на НПЗ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Денисенко, В. В. Автоматизация технологических процессов и производств : учебное пособие / В. В. Денисенко. – Москва : Инфра-М, 2021. – 666 с. – (Высшее образование). – ISBN 978–5–16–016345–1.
2. Липатников, Г. А. Автоматическое регулирование объектов теплоэнергетики : учебное пособие / Г. А. Липатников, М. С. Гузеев. – Владивосток : Изд-во ДВГТУ, 2007. – 157 с.
3. Орлова, Е. С. Анализ работы печи для нагрева водородсодержащего газа / Е. С. Орлова, М. А. Черниговская // Вестник Ангарского государственного технического университета. – 2023. – № 17. – С. 91–94.
4. Плетнев, Г. П. Автоматизированные системы управления объектами нефтепереработки : учебное пособие / Г. П. Плетнев. – Москва : Химия, 2019. – 448 с.
5. Ентус, Н. Р. Трубчатые печи в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности / Н. Р. Ентус, В. В. Шарихин. – Москва : Химия, 1987. – 304 с.

МНЕМОСХЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕРМАЛЬНОЙ КАМЕРЫ ПРОИЗВОДСТВА ПВХ-ПОКРЫТИЙ

Алексеев К.В.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье рассматривается разработка мнемосхемы операторского интерфейса автоматизированной системы управления термальной камеры производства ПВХ-покрытий. Мнемосхема обеспечивает визуальный контроль температуры на входе и выходе, скорости вращения оборудования и исправности двигателей. Реализована цветовая индикация статусов и сигнализация аварийных ситуаций. Оператор может запускать и останавливать линию, отслеживать параметры в реальном времени и оперативно реагировать на отклонения. Внедрение мнемосхемы повышает оперативность управления, сокращает простои и уменьшает брак.

Ключевые слова: АСУ ТП, диспетчеризация, термальная камера, ПВХ-покрытия, мнемосхема, мониторинг параметров, скорость вращения, исправность двигателей, цветовая индикация статусов, аварийная сигнализация, операторский интерфейс, Simple Scada.

В современном производстве полимерных материалов для диспетчеризации и управления необходимы автоматизированные системы управления. Поскольку современные технологические процессы производства полимерных материалов характеризуются высокой сложностью, многостадийностью и требовательностью к точности параметров, ручное управление становится неэффективным и подверженным ошибкам настолько, что даже незначительные колебания температур напрямую влияют на качество готового изделия при выпуске ПВХ-покрытий, и тогда задача надёжного контроля термальной камеры приобретает значительную актуальность [1, 2, 3].

В работе рассмотрена разработка мнемосхемы экранной формы оператора для автоматизированной системы управления термальной камерой линии изготовления ПВХ-покрытий, основной задачей которой является обеспечение визуально понятного интерфейса, позволяющего быстро оценивать состояние оборудования и своевременно реагировать на возникающие проблемы.

Разработанная мнемосхема операторского интерфейса для термальной камеры линии ПВХ-покрытий показана на рисунке 1, реализована в среде Simple Scada 2 [4]. В верхней части экрана размещены вкладки навигации: «Главный экран», «Каландр», «Вытягивающие устройство», «Намоточное устройство», «Ножницы», позволяющие быстро переключаться между модулями линии. Центральная область отображает технологическую зону камеры с индикатором скорости вращения и статусом. По

бокам расположены индикаторы исправности двигателей №1–№4. В нижней части мнемосхемы выведены графики отображающие температуры на входе и выходе, цифровые значения параметров, а также кнопки «Старт», «Стоп» и «Авария».

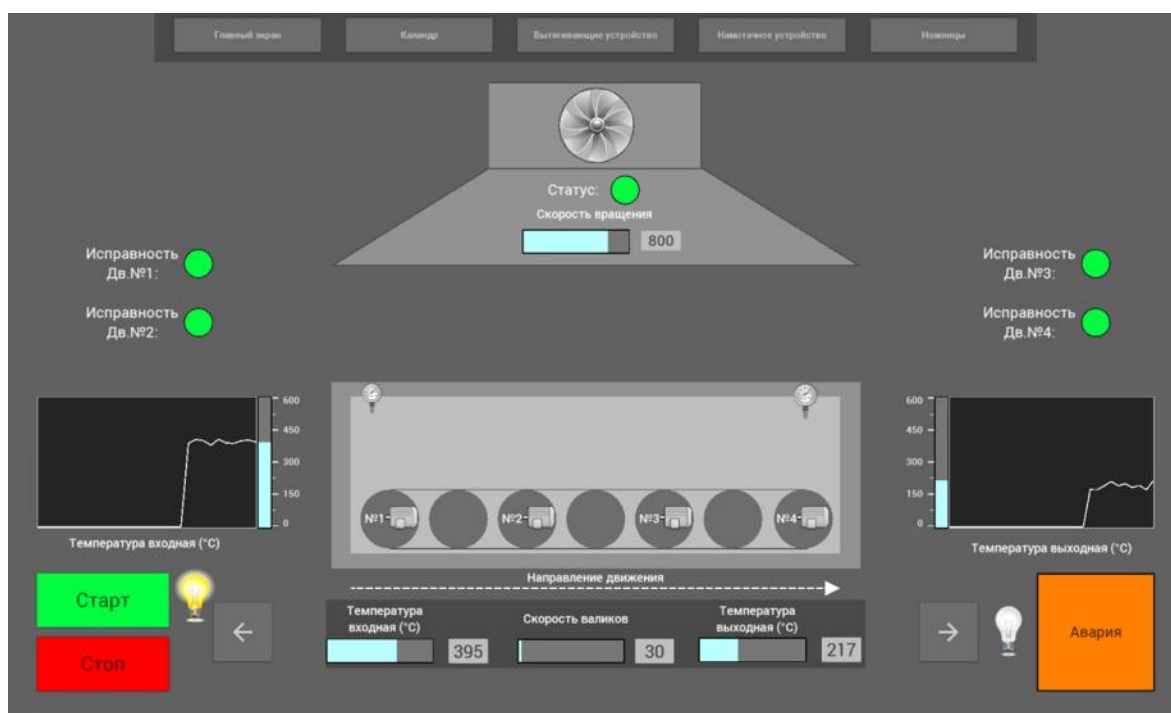


Рисунок 1 – Мнемосхема экранной формы «Автоматизированной системы управления термальной камеры производства ПВХ-покрытий»

Мнемосхема позволяет оператору легко отслеживать параметры термальной камеры и при необходимости быстро вмешаться в процесс. При выходе любого показателя за допустимые границы автоматически срабатывает тревожная сигнализация с изменением цвета соответствующего индикатора, а место аварии дополнительно визуализируется специальными символами типа «пламя», пример работы сигнализации показан на рисунке 2. В случае появления тревожного сигнала оператор может оперативно остановить линию или перевести её в безопасный режим.

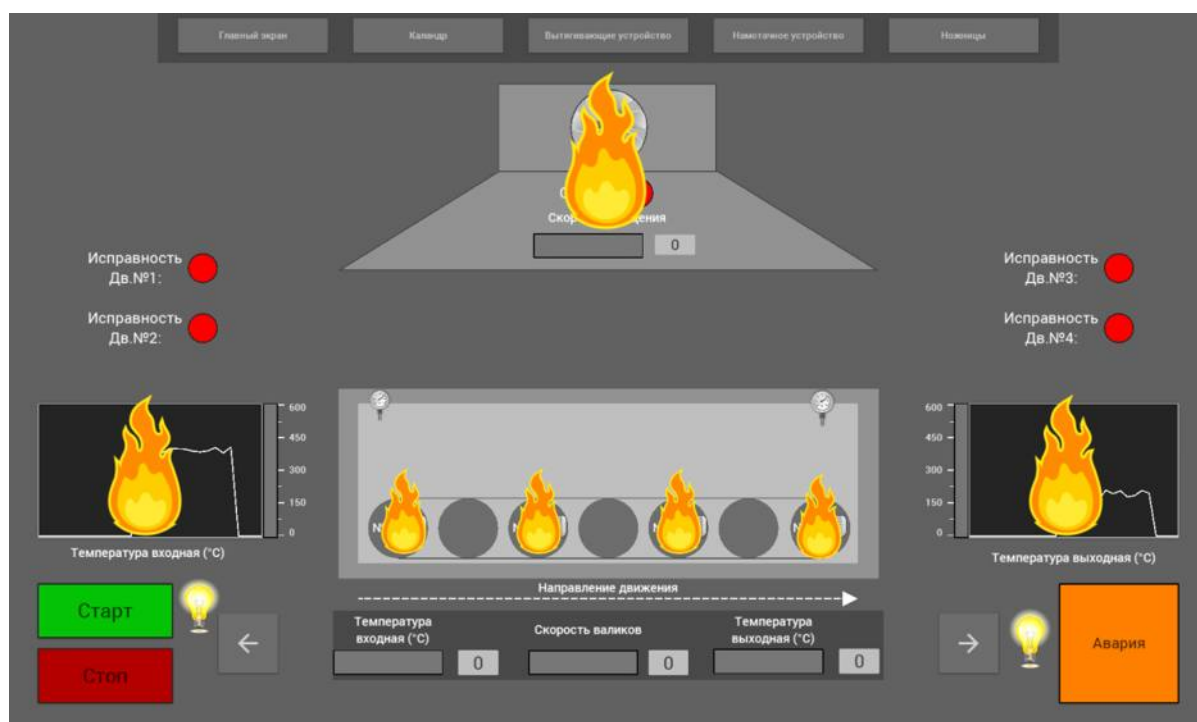


Рисунок 2 – Мнемосхема экранной формы «Автоматизированной системы управления термальной камеры производства ПВХ-покрытий» в режиме аварийной симуляции

Созданная мнемосхема представляет собой удобное и эффективное средство управления термальной камерой производственной линии ПВХ-покрытий. Применение мнемосхем способствует повышению стабильности технологического процесса, сокращению брака и простоев, а также открывает возможности для дальнейшего развития системы автоматизации производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коломиец, А. С. Актуальность применения автоматных моделей в проектировании имитационных тренажеров для обучения операторов АСУ ТП / А. С. Коломиец // Наука и современность. – 2010. – № 3–2. – С. 152–157. – EDN RTBYFD. Соболев, А. С. Актуальность создания интегрированных систем управления на предприятии / А. С. Соболев, Е. Л. Вайтекунене // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2010. – Т. 1, № 6. – С. 441–442. – EDN TVICPT.
2. Добромыслова, А. А. Разработка системы диспетчеризации процесса изготовления резины в программе Simple-Scada / А. А. Добромыслова, О. М. Власенко // Сборник научных трудов кафедры автоматики и промышленной электроники. – Москва : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», 2021. – С. 11–16. – EDN RTQOST.
3. Дмитриев, О. С. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ Информационно-измерительная система ДЛЯ определения теплофизических характеристик полимерных композитов / О. С. Дмитриев, А. А. Живенкова, А. О. Дмитриев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19, № 1. – С. 73–83. – EDN PYKKQJ
4. Simple-Scada – простая, российская SCADA-система URL: <https://simple-scada.com/> (дата обращения: 12.03.2026).

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ГИДРОСИСТЕМЫ С ДВОЙНОЙ БЛОКИРОВКОЙ В СОСТАВЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРИВОДА

Мясников А.Н.¹, Колпацников С.А.², Макаров Н.А.²

¹Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

²Самарский государственный технический университет, г. Самара

Аннотация: в статье рассматривается разработка модели гидросистемы с двойной блокировкой в составе автоматизированного привода с односторонним гидроцилиндром. Описывается модель системы, позволяющая анализировать динамику исполнительного механизма и взаимодействие блокирующих элементов, а также представлены графики состояний цилиндра и распределителя для оценки переходных процессов. Рассматриваются практическая применимость и преимущества схемы двойной блокировки, обеспечивающей устойчивое удержание положения и надежное функционирование привода в различных режимах работы.

Ключевые слова: гидросистема, автоматизированный привод, двойная блокировка, гидроцилиндр, модель, моделирование, FluidSim Hydraulics.

Развитие автоматизированных приводов в машиностроении, транспортных системах и технологическом оборудовании сопровождается усложнением условий их эксплуатации. Повышенные нагрузки и интеграция в системы управления более высокого уровня предъявляют требования не только к точности перемещения, но и к устойчивости функционирования исполнительных механизмов [1]. Гидравлические приводы сохраняют значимое положение благодаря способности передавать большие усилия и работать в сложных условиях [1, 2].

В условиях реальной эксплуатации гидроприводных систем, для которых характерно воздействие совокупности дестабилизирующих факторов, включая локальные падения давления, утечки рабочей жидкости и иные отклонения от номинальных режимов, неизбежно возникают неконтролируемые перемещения исполнительных элементов, обусловленные нарушением равновесия сил в рабочих полостях. Указанные процессы приобретают значимость в автоматизированных технологических комплексах, функционирование которых предполагает не только достижение, но и длительное поддержание строго заданных координатных положений рабочих органов, поскольку даже незначительные смещения могут привести к нарушению технологического цикла или снижению точностных характеристик оборудования.

В связи с этим при проектировании гидравлических систем внимание уделяется решению задачи обеспечения устойчивой фиксации положения исполнительных

механизмов, в частности в системах с односторонними гидроцилиндрами, кинематика которых определяется тем обстоятельством, что возвратное перемещение штока осуществляется под действием внешних сил, а не за счёт давления рабочей среды. С учётом указанных особенностей становится необходимым применение специализированных схемных решений, направленных на предотвращение самопроизвольного перемещения, среди которых существенное место занимают устройства фиксации штока гидроцилиндра, обеспечивающие его удержание в заданном положении вне зависимости от текущего уровня давления в гидросистеме, что, в свою очередь, способствует повышению общей надёжности и функциональной устойчивости системы в переменных эксплуатационных условиях.

Одним из направлений повышения надёжности гидравлических систем является применение схем с двойной блокировкой на основе двух взаимосвязанных запирающих элементов [2–4]. Структура блокировки обеспечивает устойчивое удержание исполнительного органа и снижает вероятность его самопроизвольного перемещения под действием внешних нагрузок.

Модель гидросистемы с двойной блокировкой, представленная на рисунке 1, выполнена при помощи программного обеспечения FluidSim Hydraulics и основана на принципиальной гидравлической схеме, приведённой в [2, 3], отражает структуру автоматизированного привода с односторонним гидроцилиндром и взаимосвязанными блокирующими элементами.

Использование модели (см. рисунок 1) позволяет исследовать влияние параметров элементов на динамику системы и учитывать воздействие внешних нагрузок. На основе представленной структуры можно проследить взаимосвязь между исполнительным механизмом, распределителем и блокирующими элементами, а также оценить особенности их совместной работы, что дает возможность выявить потенциальные ограничения и определить условия эксплуатации, при которых обеспечивается устойчивое функционирование привода. Представленная модель служит основой для дальнейшего анализа переходных процессов и оценки поведения системы в различных режимах эксплуатации.

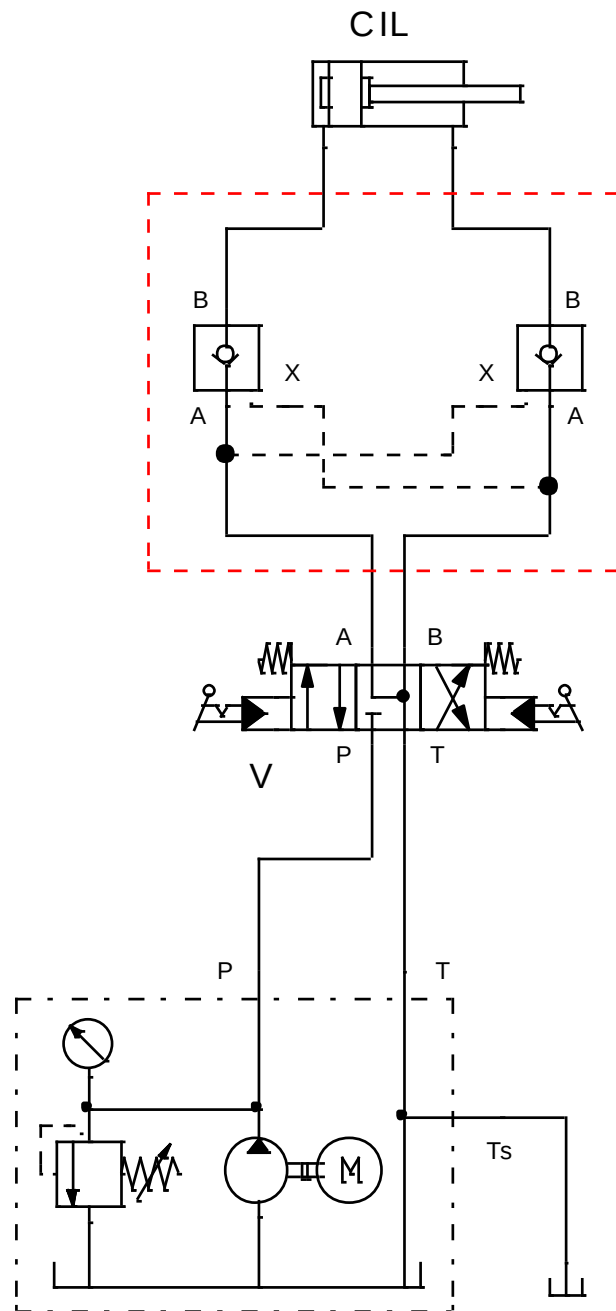


Рисунок 1 – Модель гидросистемы с двойной блокировкой

Графики переходных процессов, представленные на рисунке 2, иллюстрируют изменение параметров исполнительного механизма и управляющего воздействия во времени. Для гидроцилиндра приведены зависимости скорости, ускорения и перемещения штока, для распределителя – изменение положения как управляющего сигнала.

Анализ графиков, изображенных на рисунке 2, позволяет оценить характер поведения гидросистемы, а в частности: положение штока цилиндра, скорость и ускорение его выдвижения, а также положение распределителя, рассматриваемое как

управляющий сигнал. По представленным зависимостям можно определить особенности разгона и торможения штока, а также выявить возможные отклонения от равномерного движения. Полученные результаты дают представление о динамике привода и могут быть использованы для уточнения параметров системы и повышения устойчивости ее работы в процессе эксплуатации.

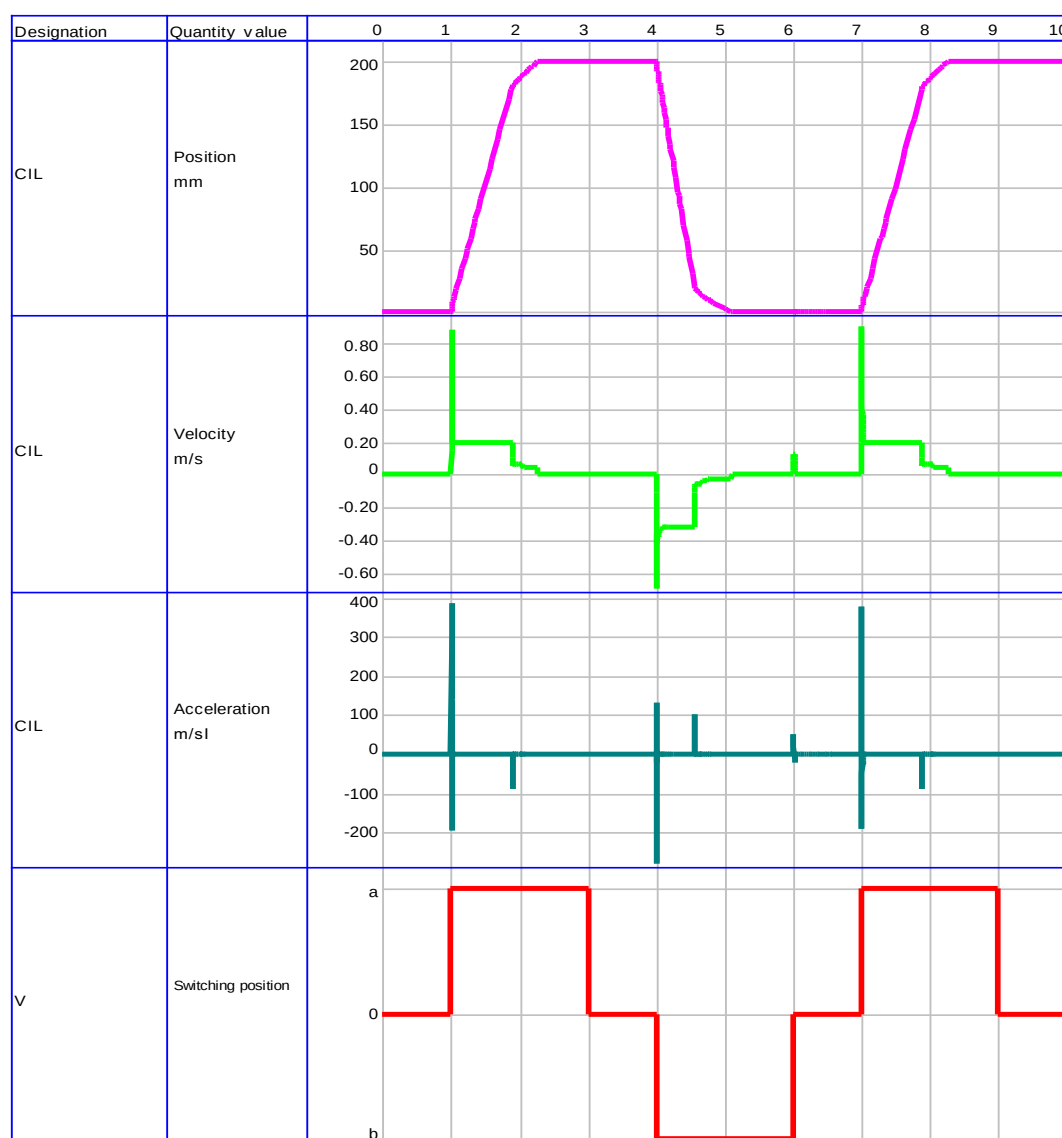


Рисунок 2 – Динамические характеристики гидроцилиндра CIL и распределителя V

Гидросистемы с двойной блокировкой находят применение в подъемно–транспортных механизмах, железнодорожной технике, строительных машинах и других установках, где требуется надежное удержание исполнительных органов. Стабильность положения напрямую влияет на безопасность эксплуатации оборудования и точность выполнения технологических операций [2, 3].

Предложенная модель может быть использована в образовательном процессе

при изучении гидравлических систем, а также на ранних этапах проектирования автоматизированных приводов.

Перспективным направлением дальнейшей работы является расширение модели с учетом регулирования давления и параметров его стабилизации, а также для применения адаптивных систем управления с идентификацией параметров распределителей [5–7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гринчар Н. Г. Надежность гидроприводов строительных, путевых и подъемно-транспортных машин [Текст] : учебник для использования в учебном процессе образовательных организаций, реализующих программы ВО по направлению подготовки 230300 "Техника и технологии наземного транспорта" / – Москва : Автограф, 2016. – 366 с.
2. Нефедов А.В. Гидравлическое оборудование металлургических цехов: лабораторный практикум. – Новотроицк: НФ НИТУ «МИСиС», 2020. 39 с.
3. Шмитт А. Учебный курс гидравлики. Пособие по гидравлике. – Лор на Майне : Маннесманн Рексрот ГмбХ, 1980. – 225 с.
4. Кононов, А. А. Вспомогательные устройства гидросистем / А. А. Кононов. – Текст : электронный // Конспекты лекций по гидравлике – Главная страница : [сайт]. – URL: <https://gidravl.narod.ru/vspomystr.html> (дата обращения: 03.04.2026).
5. Ivanov D. V., Sandler I. L., Burtseva E. A., Vlasova V. N. Identification of slide valve dynamics with errors in variables // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Novosibirsk, 12–14 декабря 2018 года. Vol. 560. – Novosibirsk: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012021. – DOI 10.1088/1757-899X/560/1/012021. – EDN WDRKCG.
6. Кацюба О. А., Иванов Д. В., Сандлер И. Л., Маслов Е. С. Идентификация распределенных систем при наличии помех наблюдения в выходном сигнале // Вестник транспорта Поволжья. – 2017. – № 6(66). – С. 103–110. – EDN YTUVKW.
7. Сандлер, И. Л. Рекуррентный алгоритм оценивания параметров многомерных дискретных линейных динамических систем разного порядка с ошибками по входу / И. Л. Сандлер // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2018. – Т. 23, № 124. – С. 707–716. – DOI 10.20310/1810-0198-2018-23-124-707-716. – EDN YKKWXJ.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА С УПРАВЛЯЕМЫМИ ИНТЕРВАЛАМИ АДАПТАЦИИ ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ ПОМЕХ В ПРЕРЫВИСТЫХ СИГНАЛАХ

Засов В.А., Журжа Н.А.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: предлагается вычислительное устройство для подавления помех (ВУПП), отличающееся от известных устройств тем, что определение временных интервалов между сигналами осуществляется путем совместной обработки выходных сигналов группы адаптивных фильтров, значения интервалов адаптации которых представляют упорядоченную последовательность интервалов, совокупность которых образует некоторое временное окно.

Ключевые слова: адаптивный фильтр, подавление помех, интервал адаптации, группа, управление, временное окно, моделирование, алгоритмы адаптации, RLS, LMS.

Предложенные в [1–3] адаптивные подавители помех (АПП) с адаптацией только в паузах сигналов или интервалах между импульсами в отличие от классических подавителей помех позволяют подавлять как некоррелированные так и коррелированные с полезными сигналами помехи. Однако в условиях высокого уровня мощности помех, существенно превышающим уровень мощности полезного сигнала, определение по уровню мощности сигнала интервалов между импульсами практически невозможно

Для устранения указанного ограничения предлагается вычислительное устройство для подавления помех (ВУПП), отличающееся от известных устройств [4–6] тем, что определение временных интервалов между сигналами осуществляется путем совместной обработки выходных сигналов группы адаптивных фильтров АФ1–АФN, значения интервалов ТИ1–ТИN адаптации которых представляют упорядоченную последовательность интервалов, совокупность которых образует некоторое временное окно.

Процесс адаптации начинается в произвольный момент времени. Затем блок синхронизации (рис.1) сдвигает временное окно (группу интервалов ТИ1–ТИN адаптации АФ) по временной оси с определённым шагом. На каждом шаге выполняется сравнение мощностей выходных сигналов адаптивных фильтров АФ1–АФN. Неравенство мощностей выходных сигналов адаптивных фильтров АФ1–АФN указывает на моменты времени начала и конца пауз в прерывистых сигналах, что позволяет обнаружить паузы в прерывистых сигналах, в которых возможна адаптация.

Таким образом происходит обучение ВУПП, позволяющее обнаружить сигналы и паузы в потоке искаженных помехами сигналов. В дальнейшем будем считать, что прерывистые сигналы являются квазипериодическими.

В случае успешного обнаружения полезного сигнала производится измерение длительности и периода его импульсов. На основе этих данных вычисляется прогнозируемое время ($t_{прог}$) следующего адаптационного интервала. Такая схема расположения интервалов адаптации АФ во времени обеспечивает точное определение интервалов адаптации для АФ внутри интервалов между импульсами [1–3].

Рассмотренный принцип управления адаптаций ВУПП поясняется рис.1 и рис.2, на которых группа адаптивных фильтров в целях упрощения представлена тремя АФ.

Достоверность предложенного принципа построения ВУПП подтверждается результатами компьютерного моделирования на базе разработанного программного комплекса, разработанного на языке Python с использованием библиотек NumPy, SciPy и Matplotlib.

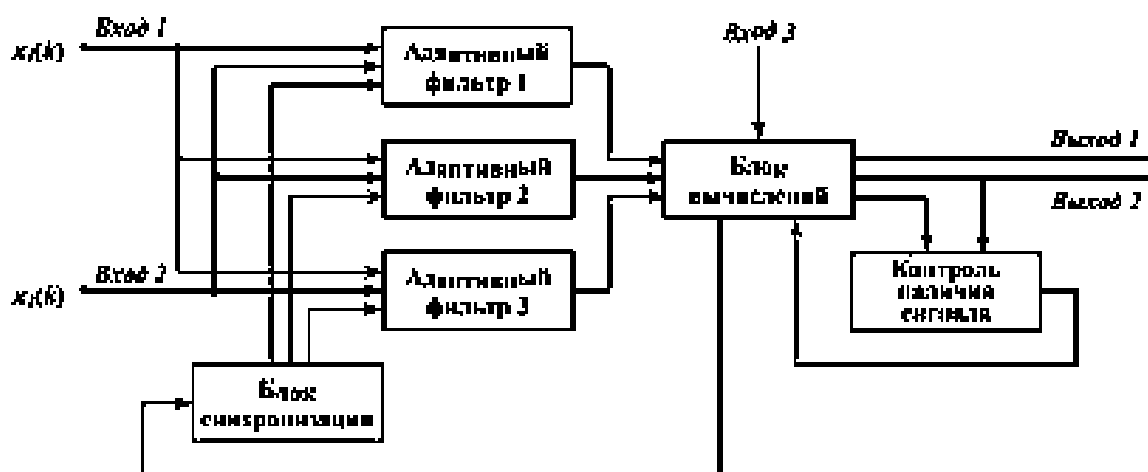


Рисунок 1 – Структурная схема ВУПП

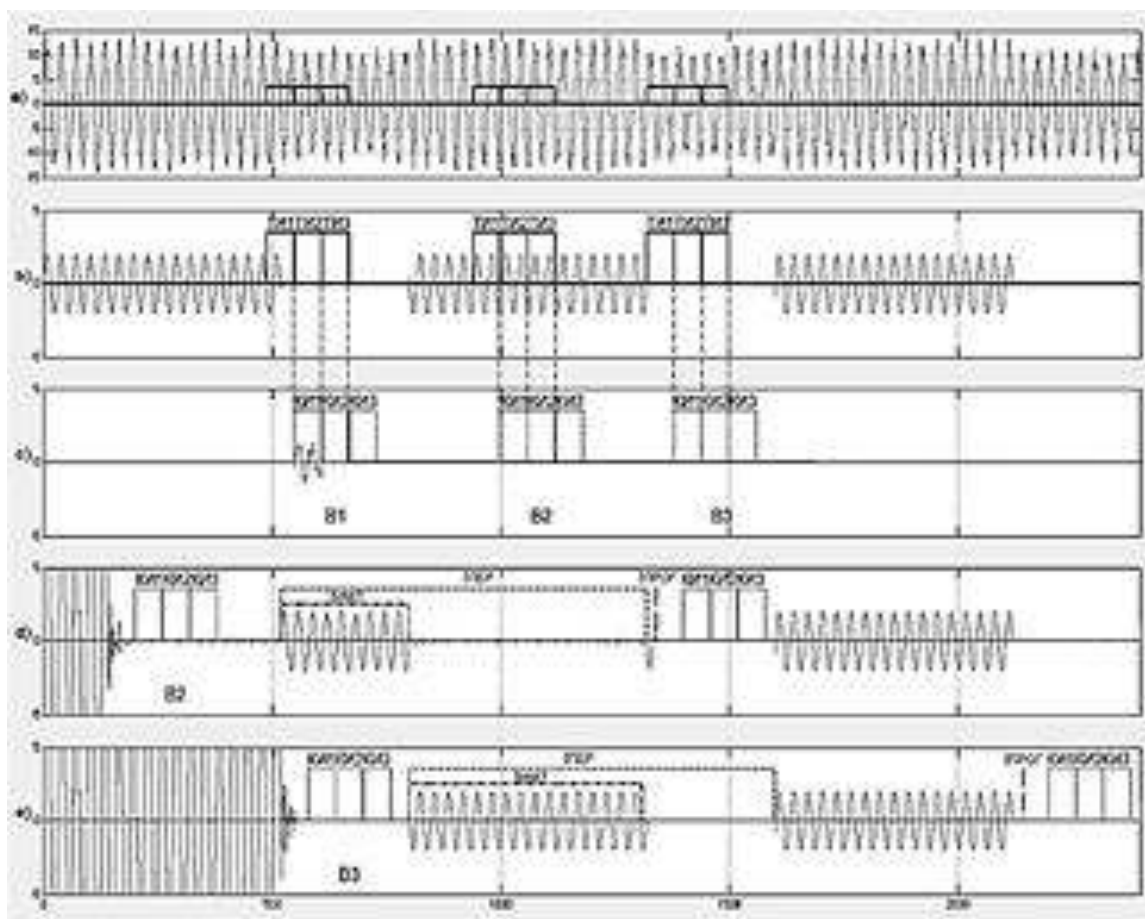


Рисунок 2 – Принцип работы адаптивного устройства ВУПП

Алгоритм моделирования работы ВУПП включает следующие этапы:

1. Генерация тестового сигнала – создаётся прерывистая синусоида с параметрами: частота импульсов 5 Гц, скважность 0,6, частота заполнения 50 Гц. Помехи (коррелированная и белый шум) нормируются так, чтобы их мощность в 3 раза превышала мощность полезного сигнала.

2. Поиск оптимального сдвига окон – функция `'find_optimal_shift'` перебирает сдвиги тестовых окон и для каждого сдвига обучает NLMS-фильтр (порядок 36) только в центре временного окна. Сдвиг, дающий минимальную выходную мощность в паузе, считается оптимальным.

3. Основная адаптация – используется RLS-фильтр (порядок 256) с адаптацией, разрешённой только в паузе. Выходной сигнал `'output_af2'` представляет собой оценку полезного сигнала.

4. Измерение параметров импульсов – по очищенному сигналу вычисляются длительность сигнала и период следования.

5. Прогнозирование следующего интервала – на основе измеренного периода

вычисляется ожидаемое время начала следующей паузы (``predict_next_interval``).

6. Расчёт погрешности – вычисляются среднеквадратическая ошибка (MSE) и отношение сигнал/шум (SNR) для очищенного сигнала до и после коррекции.

Моделирование выполнялось при отношении мощности помех (белого шума и коррелированной помехи) к мощности полезного сигнала 3:1.

На рисунке 3 представлены результаты работы ВУПП:

- а) Полезный сигнал – прерывистая синусоида с частотой заполнения 50 Гц.
- б) Сумма помех – опорный сигнал (коррелированная помеха + белый шум).
- в) Аддитивная смесь – сигнал на входе 1 (полезный сигнал + помехи).
- г) Сигнал после коррекции – компенсация проникновения.
- д) Ошибка адаптации – разность входного сигнала и выхода АФ2.
- е) Положение тестовых окон – визуализация ТИ1, ТИ2, ТИ3 относительно импульсного сигнала.

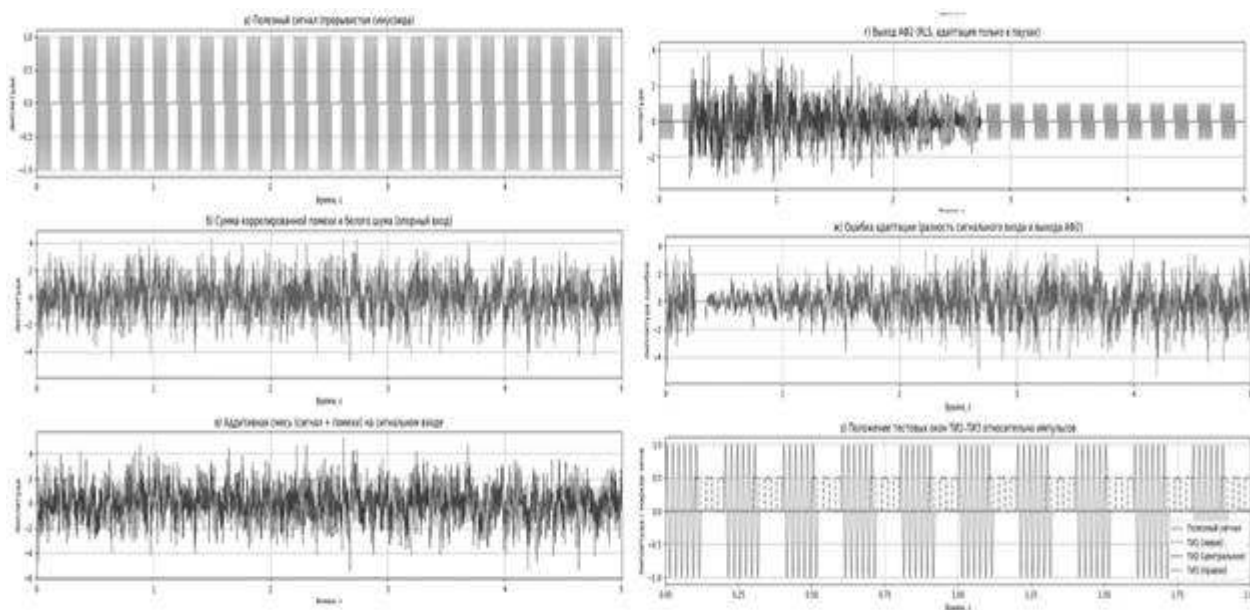


Рисунок 3 – Результаты моделирования адаптивного устройства ВУПП

Видно, что после адаптации помехи эффективно подавлены, а форма полезного сигнала практически не искажена. Корректирующий коэффициент позволил дополнительно улучшить качество выходного сигнала.

Таким образом, предложенное адаптивное устройство с управляемыми интервалами адаптации обеспечивает подавления помех, уровень мощности которых существенно превышает уровень мощности полезных сигналов.

Результаты моделирования подтверждают эффективность предложенных решений. Разработанное адаптивное устройство ВУПП может быть использовано для подавления помех в технологических каналах связи, например, в системе автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа (АЛСН) обеспечивающей безопасность движения поездов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Засов, В.А. Адаптивный компенсатор помех в импульсных сигналах/ В.А. Засов, М.В. Ромкин// Патент на изобретение RU №2736199 от 12.01.2020.
2. Zasov, V. Adaptive Cancellation of Interference in Intermittent and Pulse Signals / V. Zasov, M. Romkin// Data Science. Information Technology and Nanotechnology. Proc. of the Int. Conf. ITNT–2021, IEEEExplore, 2021. DOI: 10.1109/ITNT52450.2021.9649169.
3. Haykin, S. Adaptive filter theory (4th ed.)/S. Haykin Prentice Hall, 2001. – 936 p.
4. Джиган, В.И. Адаптивная фильтрация сигналов: Теория и алгоритмы/ В.И. Джиган. – М.: Техносфера, 2013. – 528 с.
5. Журжа, Н. А. Адаптивное устройство с управляемыми интервалами адаптации для обнаружения и подавления помех в сигналах / Н.А.Журжа, В.А. Засов // Материалы VI Всероссийской научно–практической конференции «Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте».– Самара, СамГУПС.– 2024. – С. 53–58.
6. Засов, В.А. Адаптивные вычислительные устройства для подавления коррелированных и импульсных помех в каналах связи / В.А. Засов, Н.А. Глазков, Н.А. Журжа // Наука и образование транспорту. – Самара, ПривГУПС.– 2025.– № 2.– С. 16–21.

СЕКЦИЯ 2

Мехатронные, робототехнические системы и технологии

УДК 66.042.26
7.021.23
621.867
681.5

3D-МОДЕЛЬ ПОВОРОТНОГО СТОЛА ДЕМОНСТРАЦИОННОГО МАКЕТА МЕХАТРОННОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЛИНИИ

Хохлов Н.В., Одинаркин Д.М., Одинаркин К.М., Припутников А.П.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в работе представлена разработка 3D–модели поворотного стола, входящего в состав демонстрационного макета мехатронной производственной линии, предназначенного для использования в образовательном процессе при изучении основ программирования и мехатроники. Описана конструкция устройства, включающая основные механические элементы, а также рассмотрены принципы его функционирования. Показаны возможности применения трёхмерного моделирования для наглядной демонстрации работы устройства, анализа его конструкции и отработки алгоритмов управления. Разработанная модель позволяет имитировать реальные производственные процессы и способствует формированию у обучающихся практических навыков проектирования и программирования мехатронных систем.

Ключевые слова: 3D–моделирование, поворотный стол, сортировочная производственная линия, шаговый двигатель, демонстрационный макет, мехатроника, программирование, образовательный макет.

В условиях ускоряющегося развития автоматизированных производственных систем и широкого внедрения цифровых технологий в промышленность возрастает потребность в таких учебных средствах, которые позволяли бы не только теоретически осваивать принципы функционирования мехатронных устройств, но и наглядно демонстрировать их работу в рамках моделируемых процессов. Формирование у обучающихся целостного представления о взаимодействии механических, электрических и программных компонентов требует применения наглядных и гибко настраиваемых моделей, способных воспроизводить реальные производственные сценарии с достаточной степенью детализации [1–4].

Современные образовательные подходы ориентированы на интеграцию практико–ориентированных методов обучения, при которых освоение основ программирования тесно связано с управлением физическими объектами или их

цифровыми прототипами, поскольку подобная связка способствует более глубокому пониманию логики алгоритмов и принципов функционирования автоматизированных систем. В связи с этим использование трехмерного моделирования приобретает дополнительную значимость, так как оно позволяет создавать виртуальные аналоги технических устройств, обеспечивая возможность их анализа, модификации и адаптации под различные учебные задачи [3, 4].

Разработка 3D-модели поворотного стола, входящего в состав демонстрационного макета мехатронной производственной линии, обусловлена необходимостью создания универсального инструмента, который может быть использован в образовательном процессе при изучении основ программирования и мехатроники, а также при формировании навыков проектирования и отладки систем управления. Применение подобной модели открывает возможности для имитации работы производственных узлов, исследования различных режимов функционирования и отработки алгоритмов управления без необходимости использования дорогостоящего оборудования.

Применение средств трехмерного моделирования дает возможность детально проработать конструкцию устройства, наглядно представить его работу и подготовить основу для дальнейшего программирования системы управления. Такой подход помогает сформировать у обучающихся навыки комплексного проектирования, включающего как разработку механической части, так и ее интеграцию с программной логикой.

Целью данной работы является разработка 3D-модели конструкции поворотного стола для демонстрационного макета мехатронной производственной линии, применяемого в учебных целях при изучении основ программирования.

Внешний вид 3D-модели конструкции толкающего устройства демонстрационного макета мехатронной производственной линии представлен на рисунке 1. Модель отражает общую компоновку устройства, взаимное расположение его составных частей, а также принцип взаимодействия механических элементов, обеспечивающих **ориентацию и позиционирование объектов** относительно последующих технологических операций.

Перечень механических элементов 3D-модели конструкции поворотного стола демонстрационного макета мехатронной производственной линии представлен в

таблице 1 и включает основные узлы, обеспечивающие работу устройства, их наименование и назначение.

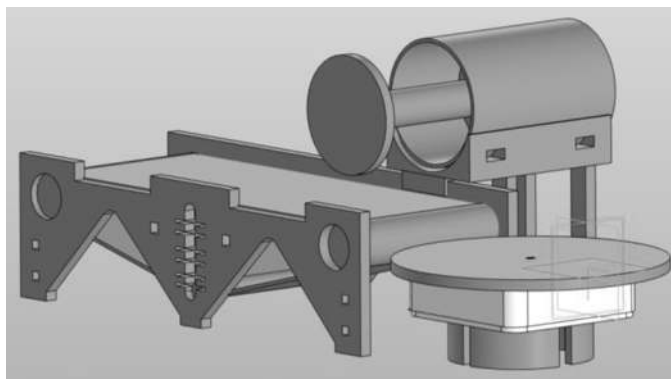
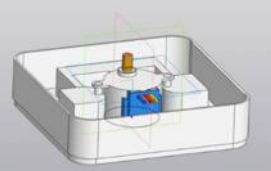
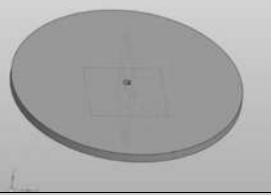
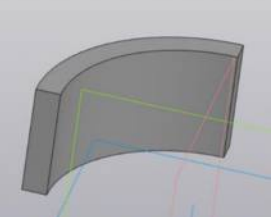


Рисунок 1 – Внешний вид 3D–модели конструкции поворотного стола демонстрационного макета мехатронной производственной линии

Таблица 1

Перечень механических элементов 3D–модели

№ п/п	Внешний вид 3D–модели	Краткое описание
1		Сборочная единица «Корпус–Двигатель». Исполнительный элемент электропривода, обеспечивающий дискретное вращение платформы с заданным углом поворота.
2		Рабочая платформа – подвижная часть стола, непосредственно контактирующая с сортируемыми объектами
3		Опорный элемент – конструктивный узел воспринимающий осевые и радиальные нагрузки от рабочей платформы.

Дальнейшее развитие работы может быть направлено на программную интеграцию макета, включая разработку алгоритмов управления движением поворотного стола с использованием микроконтроллеров и сенсорных систем, что позволит создать интерактивный демонстрационный стенд [7–9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разливанов, В. С. Разработка 3D–модели роботизированного манипулятора автоматической сварочной системы / В. С. Разливанов, Е. В. Козлов // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : Материалы VI Всероссийской научно–практической конференции, Самара, 29 марта 2024 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 203–208. – EDN TNUTFY.

2. Лебакин, И. В. Разработка цифровой 3D–модели конструкции конвейерного устройства демонстрационного стенда технологического процесса изготовления резиновой плитки / И. В. Лебакин, И. Л. Сандлер // Наука и образование транспорту. – 2024. – № 2. – С. 48–51. – EDN DBOUCD.

3. Юдин, И. В. Интерактивная демонстрационная модель винторулевой колонки / И. В. Юдин // Актуальные вопросы инновационного развития Арктического региона РФ : Сборник статей VI Всероссийской научно–практической конференции, Северодвинск, 18–30 ноября 2024 года. – Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 2025. – С. 570–573. – EDN MYVHFU.

4. Лебакин, И. В. Робототехническая система изготовления резинового покрытия / И. В. Лебакин, И. Л. Сандлер // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : Материалы VI Всероссийской научно–практической конференции, Самара, 29 марта 2024 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 192–196. – EDN GOBBDC.

5. Сандлер, И. Л. Моделирование пневматической системы управления толкателем робототехнической системы изготовления резинового покрытия с задержкой по времени / И. Л. Сандлер, И. В. Лебакин // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : МАТЕРИАЛЫ VII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО–ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Самара, 04 апреля 2025 года. – Самара: Приволжский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 102–106. – EDN GWYKNA.

6. Ivanov, D. Identification of dynamical systems with time-varying disturbances and fractional errors-in-variables. Application example to a drone model / D. Ivanov, A. Zhdanov, I. Sandler // Cybernetics and Physics. – 2024. – Vol. 13, No. 1. – P. 49–56. – EDN AQDYPV.

7. Козлов, Е. В. Оценивание параметров многосвязных линейных динамических систем разного порядка при наличии помех во входных сигналах / Е. В. Козлов // Вестник СамГУПС. – 2024. – № 3(65). – С. 49–56. – EDN SLHIAM.

8. Сандлер, И. Л. Рекуррентное оценивание параметров многомерных линейных динамических систем с помехами наблюдений В выходных сигналах / И. Л. Сандлер // Наука и образование транспорту. – 2014. – № 1. – С. 205–207. – EDN TGLWTR.

9. Ivanov, D. V. Estimation of parameters of autoregressive models with fractional differences in the presence of additive noise / D. V. Ivanov // Vestnik of Samara University. Natural Sciences. – 2023. – Vol. 29, No. 3. – P. 93–99. – DOI 10.18287/2541–7525–2023–29–3–93–99. – EDN DFXGIE.

УДК 62-52:62-82:62-83:62-85

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПНЕВМОПРИВОДОВ, ГИДРОПРИВОДОВ И ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ В ПРОМЫШЛЕННОЙ РОБОТОТЕХНИКЕ

Эздеков Д.А., Федоров М.Н.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье рассматриваются три основных типа приводов, применяемых в промышленной робототехнике: пневмоприводы, гидроприводы и электроприводы. Проведён сравнительный анализ их принципов работы, технических характеристик, преимуществ и недостатков. На основе анализа определены области рационального применения каждого типа привода.

Ключевые слова: пневмопривод, гидропривод, электропривод, мехатроника, робототехника, привод.

Развитие промышленной робототехники сопровождается усложнением технологических процессов и расширением спектра решаемых задач [1]. Современные робототехнические системы используются как в высокоточных операциях, связанных с микроэлектроникой, так и в задачах перемещения массивных объектов или работы в сложных и агрессивных условиях [2].

Выбор типа привода зависит от требований к технологическому процессу и условий эксплуатации, что особенно наглядно проявляется в различных отраслях производства. Например, в металлургии приводы должны обеспечивать высокую мощность, устойчивость к перегрузкам и надёжную работу в условиях высоких температур и запыленности. В пищевой промышленности основными требованиями являются гигиеничность, плавность регулирования скорости и низкий уровень шума. В машиностроении важны точность позиционирования, широкий диапазон регулирования и энергоэффективность приводов. Для химического производства критичны устойчивость к агрессивным средам, герметичность и взрывобезопасность [3]. Таким образом, независимо от отрасли, к приводам предъявляются общие требования: адаптивность к условиям среды, надёжность к изделию в целом и соответствие технологическим задачам, однако конкретная реализация этих требований определяется спецификой производства.

Повышение требований к точности и скорости выполнения операций, стремление к снижению энергозатрат, а также разнообразие условий эксплуатации приводят к необходимости осознанного выбора исполнительных механизмов. Ситуация усложняется тем, что пневматические, гидравлические и электрические приводы обладают принципиально различными физическими характеристиками и

эксплуатационными особенностями. Основные физические характеристики приводов представлены в таблице 1

Таблица 1

Основные физические характеристики приводов

Критерий	Пневно–	Гидро–	Электро–
Точность	Низкая	Средняя/Высокая	Высокая
Скорость	Очень высокая	Средняя	Высокая
Мощность	Низкая	Очень высокая	Средняя
Энергоэффективность	Низкая	Средняя	Высокая
Стоимость	Низкая	Высокая	Средняя
Обслуживание	Простое	Сложное	Умеренное

Представленные в таблице 1 характеристики позволяют получить общее представление о различиях между типами приводов. Однако для более глубокого понимания их особенностей целесообразно рассмотреть каждый из них отдельно, начиная с пневматических приводов как наиболее простых и широко применяемых в задачах с высокими требованиями к скорости.

Пневматические приводы используют энергию сжатого воздуха для создания механического движения: воздух подаётся в цилиндр и перемещает поршень [4]. Основными преимуществами таких систем являются высокая скорость срабатывания, простота конструкции и сравнительно низкая стоимость. Ограничениями являются низкая точность и ограниченная сила из-за сжимаемости воздуха [5]. Рациональная область применения пневмоприводов охватывает задачи с высокими скоростями, невысокими нагрузками и короткими рабочими циклами. К типичным примерам применения относятся автоматизированные упаковочные и сортировочные линии, лёгкие механизмы промышленной автоматизации, где важны надёжность и минимальное обслуживание, а высокой точностью можно пренебречь [4].

Гидравлические приводы передают энергию с помощью жидкости под давлением, создаваемым насосом. Жидкость, в виду своей малой сжимаемости, эффективно преобразует давление в механическое усилие, которое определяется произведением давления на площадь поршня, что обеспечивает высокую мощность и плавность движения [6]. Однако, гидравлические системы требуют сложного обслуживания и контроля герметичности. Гидроприводы рациональны в условиях, где требуется перемещение больших нагрузок и плавное управление движением. Примеры применения включают гидроцилиндры экскаваторов, подъёмные

платформы, гидравлические прессы и строительную технику. Их высокая сила и стабильность работы делают их незаменимыми в тяжёлой промышленности.

Электрические приводы преобразуют электрическую энергию в механическую с помощью электродвигателей [7]. Они обеспечивают высокую точность, энергоэффективность и гибкость управления благодаря системам обратной связи и цифровым средствам регулирования. Ограничением является относительно меньшая сила по сравнению с гидравликой при сопоставимых размерах. Электроприводы рациональны в задачах, где приоритетом являются точность, повторяемость и энергоэффективность и широко применяются в циклических робототехнических системах, станках с числовым программным управлением и сборочных линиях, обеспечивая интеграцию в автоматизированные процессы с точным контролем параметров движения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермолов, И. Л. Анализ развития промышленной робототехники / И. Л. Ермолов // Прогресс транспортных средств и систем – 2018 : Материалы международной научно–практической конференции, Волгоград, 09–11 октября 2018 года / Под редакцией И.А. Каляева, Ф.Л. Черноусько, В.М. Приходько. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2018. – С. 170–171. – EDN YOUERN.
2. Исследование применения робототехнических технологий в производстве / С. Ю. Орехов, Н. Е. Зайчиков, К. А. Петрухин [и др.] // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2022. – № 7. – С. 83–86. – DOI 10.37882/2223–2966.2022.07.26. – EDN TJCLBU.
3. Жиленков, А. А. Возможности и ограничения современных манипуляционных роботов в решении прикладных задач / А. А. Жиленков, А. А. Саенко, Х. Ёе // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 4. – С. 86–91. – DOI 10.24412/2071–6168–2023–4–86–91. – EDN BXPWCW.
4. Пневматические приводы: что это, как устроены и как выбрать [Электронный ресурс] // Пневмопроект – URL: <https://www.pnevmoproekt.ru/company/articles/pnevmaticheskie-privody-ustroystvo-i-vybor/> (дата обращения 24.03.2026).
5. Павлюк, Е. Ю. Сравнение характеристик типов приводов робототехнического комплекса / Е. Ю. Павлюк, В. А. Еремеев // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. – 2016. – Т. 1. – С. 82–84. – EDN XEAZRZ.
6. Сравнительный анализ приводов мехатронных систем / А. С. Сарваров, А. Е. Васильев, К. В. Даниленко, Е. В. Меньщикова // Электротехнические системы и комплексы. – 2014. – № 4(25). – С. 21–25. – EDN TGUTGJ.
7. Усольцев А.А. Электрический привод/Учебное пособие. СПб: НИУ ИТМО, 2012, – 238 с.

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ГИДРОПРИВОДА СВЕРЛИЛЬНОГО СТАНКА В FLUIDSIM

Колпащиков С.А.¹, Макаров Н.А.¹, Эздеков Д.А.², Сандлер И.Л.¹

¹Самарский государственный технический университет, г. Самара

²Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье рассматривается разработка имитационной модели гидропривода сверлильного станка в программной среде FluidSIM Hydraulics, предназначенная для анализа динамических процессов и оценки рабочих характеристик гидравлической системы. Показано, что применение методов имитационного моделирования позволяет исследовать поведение гидропривода в различных режимах работы без проведения натурных испытаний, что снижает временные и ресурсные затраты на этапах проектирования и модернизации оборудования. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании и совершенствовании гидравлических приводов металлообрабатывающего оборудования, а также в учебном процессе при подготовке инженерных кадров.

Ключевые слова: гидропривод, сверлильный станок, имитационное моделирование, FluidSIM Hydraulics, гидроцилиндр, гидрораспределитель, динамические характеристики, металлообрабатывающее оборудование, автоматизация, проектирование гидросистем.

Современное развитие машиностроительного производства, сопровождаемое ростом требований к точности, производительности и энергоэффективности технологического оборудования [1–4], обуславливает необходимость пересмотра подходов к проектированию и эксплуатации сверлильных станков, используемых при металлообработке. Увеличение номенклатуры обрабатываемых деталей, а также усложнение их геометрии приводит к возрастанию нагрузок на исполнительные механизмы, в связи с чем традиционные конструктивные решения гидроприводов уже не в полной мере обеспечивают требуемые эксплуатационные характеристики [3, 4].

Переход к цифровым методам анализа и проектирования [5] позволяет выявлять дополнительные возможности оптимизации оборудования за счёт параметров гидравлических систем, однако проведение натурных экспериментов сопряжено со значительными затратами времени и ресурсов, что ограничивает возможности их широкого применения. В этой связи использование имитационного моделирования приобретает практическую целесообразность, поскольку обеспечивает возможность детального исследования динамических процессов в гидроприводе без вмешательства в реальную установку.

Исходя из вышеизложенного, разработка имитационной модели гидропривода сверлильного станка является актуальной производственной задачей, решение

которой позволит повысить качество проектных решений при модернизации металлообрабатывающего оборудования.

Имитационная модель гидропривода сверлильного станка представлена на рисунке 1. Реализация модели на базе специализированного программного пакета FluidSIM [6–8] позволяет воспроизводить функционирование привода в различных режимах работы и проводить анализ поведения при изменении параметров. Динамические характеристики гидроцилиндров CIL1 и CIL2, а также гидрораспределителя V представлены на рисунке 2. Временные зависимости отражают перемещение, давление и переключение потоков рабочей жидкости, а также устанавливают особенности взаимодействия исполнительных элементов и управляющих сигналов гидросистемы.

Полученные зависимости используются для анализа быстродействия системы, выявления возможных колебательных режимов и уточнения параметров настройки, обеспечивающих стабильность работы гидропривода в условиях переменных нагрузок.

Результаты, полученные в ходе разработки имитационной модели гидропривода сверлильного станка, могут быть использованы при проектировании и совершенствовании производственных механизмов металлургического оборудования, где требуется высокая надёжность и точность работы гидравлических систем, а также при оптимизации существующих конструктивных решений для повышения эксплуатационных характеристик.

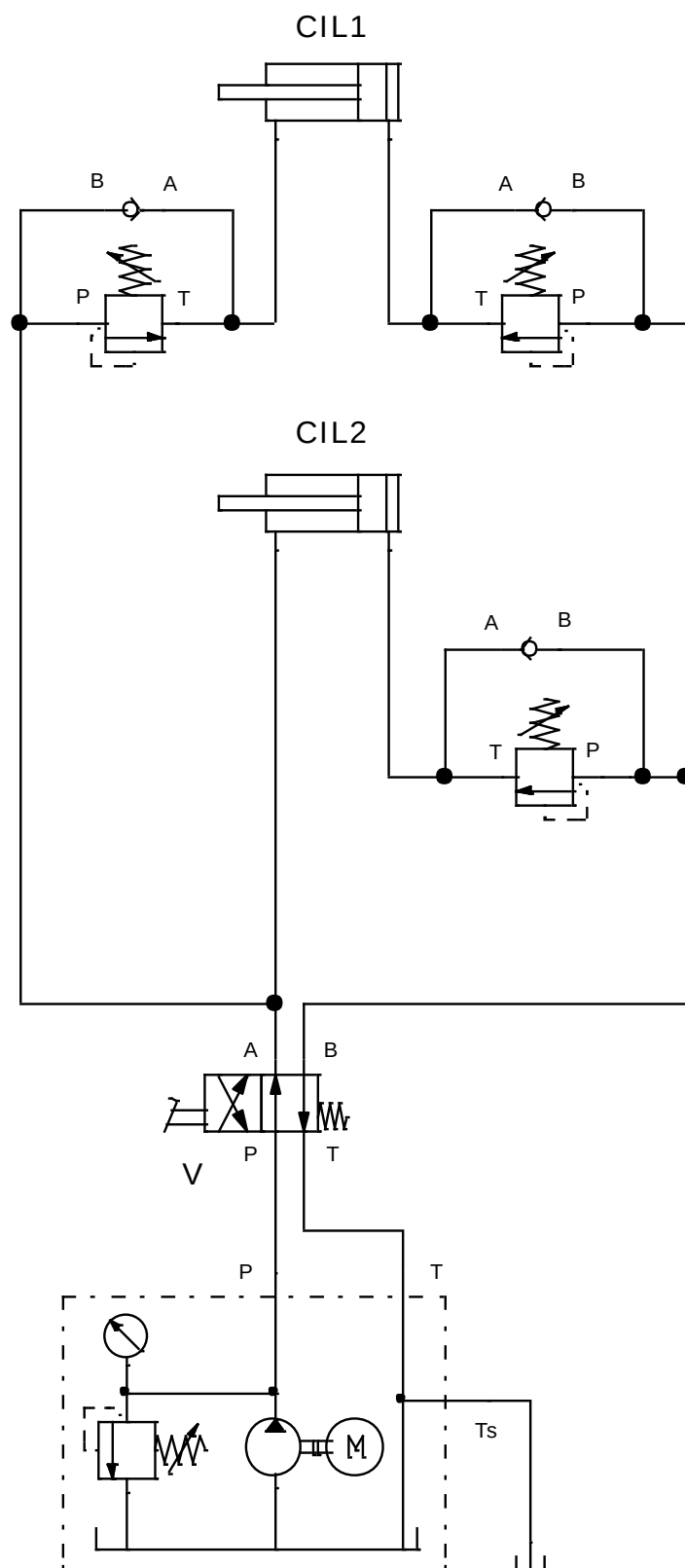


Рисунок 1 – Имитационная модель гидропривода сверлильного станка, реализованная в ПО FluidSIM Hydraulics

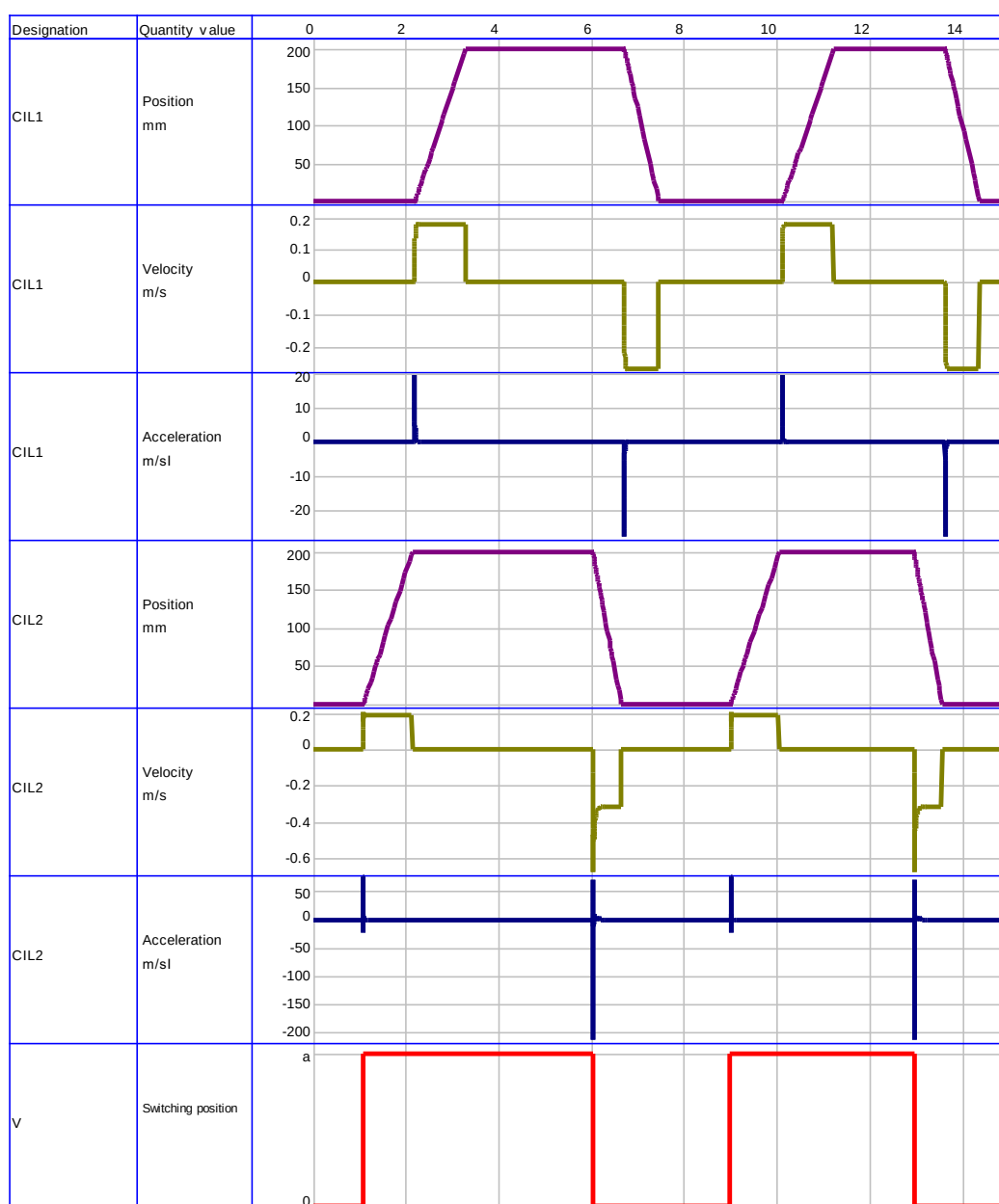


Рисунок 2 – Динамические характеристики гидроцилиндров CIL1 и CIL2
и гидрораспределителя V

Полученные данные и построенная имитационная модель обладают значительным учебно–методическим потенциалом, поскольку могут применяться в образовательном процессе при подготовке специалистов в области машиностроения и автоматизации технологических процессов, обеспечивая формирование практических навыков анализа и проектирования гидроприводных систем [9–11].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хамбрехт, А. Высокий уровень качества продукции за счет гибких приводных систем / А. Хамбрехт, У. Рифеншталь, А. Баннак // Черные металлы. – 2005. – № 7–8. – С. 67–68. – EDN PZBZLN.

2. Тиммерт, Х. П. Прецизионный мощный привод для прокатного производства / Х. П. Тиммерт, Г. Вичманн // Черные металлы. – 2005. – № 7–8. – С. 64–66. – EDN PZBZKX.
3. Витткоп Т., Антоскиевич П., Кирш Г., Траутнер А. Современное проектирование и оптимизация гидравлических приводных систем в металлургии // Черные металлы. – 2009. – № 12. – С. 67–71. – EDN KXXVGL.
4. Жмуров В.В., Герасимов С.В., Кобзов А.Ю., Сеницын С.А., Жук Е.А., Томилов С.А., Брагин С.Н., Аскеров Р.Т. Возможные пути модернизации гидросистем с длинноходовыми гидроцилиндрами // Механика XXI века. – 2025. – № 24. – С. 89–97. – EDN UHYGXM.
5. Юшков, Р. А. Технология информационного моделирования как основа цифровой трансформации / Р. А. Юшков // Цифровая трансформация в энергетике : Материалы Пятой Международной научной конференции, Тамбов, 21 декабря 2023 года. – Тамбов: ТАМБОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ, 2023. – С. 48–50. – EDN DHERYS.
6. Иванов, Д. В. Имитационная модель гидравлической системы управления разгонного прибора РН–01А / Д. В. Иванов, Е. А. Бурцева // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : МАТЕРИАЛЫ I ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО–ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Самара, 23–24 апреля 2019 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2019. – С. 151–154. – EDN ZWIRPN.
7. Orošnjak M., Jocanović M., and Karanović V., “Simulation and Modeling of A Hydraulic System in FluidSim,” XVII Int. Sci. Conf. Ind. Syst., no. November, pp. 50–53, (2017)
8. Festo Didactic InfoPortal. Режим доступа: <https://ip.festo-didactic.com>. [дата обращения: 16.03.2026].
9. Гаврилин, А. Н. Особенности преподавания курса гидравлики, гидро и пневмопривода для студентов электромеханического направления / А. Н. Гаврилин, А. В. Иоппа // Технический университет: реформы в обществе и открытое образовательное пространство : труды Международной научно–практической конференции: в 2 томах, Томск, 14–17 мая 1996 года / Томский политехнический университет. Том 2. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 1996. – С. 60. – EDN TQCWMD.
10. Лепешкин, А. В. О преподавании гидравлики в техническом вузе / А. В. Лепешкин, А. А. Михайлин // Известия МГТУ МАМИ. – 2014. – Т. 5, № 1(19). – С. 189–194. – EDN TAOFBZ.
11. Соколова, Г. П. Роль дисциплины "Гидравлика" в фундаментальной подготовке инженерных специалистов / Г. П. Соколова // Казанский педагогический журнал. – 2017. – № 6(125). – С. 96–99. – EDN ZTWRLZ.

УДК 621.865.8:681.5

РОЛЬ МЕХАТРОНИКИ В АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Федоров М.Н., Эздеков Д.А.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в работе рассматривается роль мехатроники в автоматизации современного производства. Мехатроника, объединяющая механику, электронику, компьютерное управление и информатику, обеспечивает функционирование производственных систем без постоянного участия оператора. Проведён анализ производственных функций мехатронных систем и областей их применения в машиностроении и приборостроении. Рассмотрено место технологий промышленного интернета вещей и цифровых двойников в развитии мехатронных производственных систем.

Ключевые слова: мехатроника, автоматизация производства, промышленные роботы, ЧПУ, промышленный интернет вещей, цифровой двойник.

Развитие промышленного производства сопровождается повышением требований к точности, надёжности и гибкости технологических систем, что обуславливает необходимость применения комплексных инженерных подходов, объединяющих механические, электронные и информационные компоненты в единое целое, из-за чего определение роли мехатроники в автоматизации производственных процессов представляет практический интерес как для проектирования новых систем, так и для анализа уже внедрённых решений.

Мехатроника как область науки и техники основана на системном объединении узлов точной механики, датчиков состояния, источников энергии, исполнительных механизмов, усилителей и вычислительных устройств [1]. Относительно машиностроения целью мехатроники является создание и производство качественно новых модулей движения и машин на их основе для реализации заданных функциональных движений машин и механизмов [1]. Мехатроника основана на совместном применении точной механики, микроэлектроники, электротехники, компьютерного управления и информатики на всех этапах производственного процесса, что обеспечивает единство технических, энергетических и информационных составляющих системы [1, 2].

Роль мехатроники в автоматизации производства отражается тремя функциями, выполняемыми мехатронными системами: съём данных в реальном времени с помощью датчиков и формирование сигнала обратной связи для систем управления, что позволяет обеспечить работу оборудования без вмешательства человека; выполнение технологических операций через приводы и манипуляторы; объединение

оборудования в единую информационную среду, обеспечивая синхронизацию производственной линии. Реализация перечисленных функций обеспечивает переход от ручного управления технологическим процессом к автоматизации производства [1 2].

Перечисленные функции реализуются с помощью конкретных классов мехатронных систем. Промышленные робототехнические системы осуществляют сварку, окраску, сборку и другие операции в автоматическом режиме. Станки с числовым программным управлением (ЧПУ) обеспечивают высокую точность при металлообработке и фрезеровании за счёт числового программного управления приводами подач и главного движения; притом достигнутая степень автоматизации позволяет исключить участие человека в управлении отдельными технологическими процессами. Системы технического зрения на основе видеодатчиков применяются для контроля качества продукции, обнаружения дефектов и наведения роботов на целевые объекты [1, 2].

Применение мехатроники охватывает машиностроение, робототехнику и приборостроение, а наибольшее применение мехатронные системы находят в таких отраслях, как станко– и автомобилестроение, вычислительная техника, а также железнодорожная, авиакосмическая и медицинская техника, в каждой из которых мехатронный подход обеспечивает реализацию принципиально новых функций и свойств технических систем [1].

Дальнейшее развитие мехатронных производственных систем связано с применением промышленного интернета вещей и цифровых двойников. Задача интернета вещей состоит в том, чтобы преобразовать производственные процессы с помощью взаимосвязанных вычислительных приборов и датчиков, что позволяет внедрить прогностическую аналитику, обеспечивающую определение вероятного момента отказа оборудования заблаговременно [3]. Цифровой двойник позволяет моделировать производственные процессы и проверять различные режимы работы без остановки реального производства [4, 5].

Мехатроника обеспечивает объединение механических, электронных и информационных компонентов в единую управляемую систему, что позволяет реализовывать производственные процессы в автоматическом режиме – от управления отдельным станком до координации целых производственных линий. Датчики,

приводы и системы управления формируют физическую основу, на которой строятся технологии промышленного интернета вещей и цифровых двойников. Применение мехатронных систем в производстве подтверждает, что объединение механических, электронных и программных компонентов в рамках единого инженерного подхода остаётся необходимым условием построения современных автоматизированных производств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Готлиб, Б. М. Введение в специальность "Мехатроника и робототехника" : курс лекций для студентов специальности 221000 "Мехатроника и робототехника" ; Федеральное агентство железнодорожного транспорта, Уральский государственный университет путей сообщения, Кафедра "Мехатроника". – Екатеринбург : Уральский государственный университет путей сообщения, 2012. – 134 с. – ISBN 978–5–94614–222–9. – EDN QMXXCND.
2. Подураев, Ю. В. Мехатроника: основы, методы, применение: учеб. пособие для студентов вузов. – 2-е изд., стер. – М.: Машиностроение, 2007. – 256 с.: ил. ISBN 978–5–217–03388–1.
3. Магомадов, В. С. Исследование потенциала промышленного интернета вещей / В. С. Магомадов // Международный научно–исследовательский журнал. – 2020. – № 6–1(96). – С. 78–80. – DOI 10.23670/IRJ.2020.96.6.013. – EDN XPAWYK.
4. Царев, М. В. Цифровые двойники в промышленности: история развития, классификация, технологии, сценарии использования / М. В. Царев, Ю. С. Андреев // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2021. – Т. 64, № 7. – С. 517–531. – DOI 10.17586/0021–3454–2021–64–7–517–531. – EDN QOKQJW.
5. Кычкин, А. В. Архитектура киберфизической системы управления проветриванием подземного горнодобывающего предприятия на базе платформы Интернета вещей / А. В. Кычкин, А. В. Николаев // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2021. – Т. 22, № 3. – С. 115–123. – DOI 10.17587/mau.22.115–123. – EDN SATFZF.

УДК 66.042.26
7.021.23
621.867
681.5

РАЗРАБОТКА 3D–МОДЕЛИ КОНСТРУКЦИИ ТОЛКАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЕМОНСТРАЦИОННОГО МАКЕТА МЕХАТРОННОЙ СОРТИРОВОЧНОЙ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛИНИИ

Одинаркин Д.М., Одинаркин К.М., Хохлов Н.В., Припутников А.П.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье рассматривается разработка 3D–модели толкающего устройства демонстрационного макета мехатронной сортировочной конвейерной линии, предназначенного для использования в учебном процессе при изучении основ программирования и мехатроники. Представленные модели отражают конструктивные особенности штока и корпуса пневматического цилиндра, сборочной единицы «Шток–Корпус» и стойки крепления цилиндра, а также демонстрируют принцип их взаимодействия. Работа позволяет наглядно показать процесс перемещения объектов с конвейера, способствует освоению методов трехмерного моделирования и формированию практических навыков проектирования механических систем.

Предлагаются направления дальнейшего развития макета, включая программную интеграцию, моделирование динамики, расширение функциональности и использование виртуальной и дополненной реальности.

Ключевые слова: 3D–моделирование, толкающее устройство, сортировочная конвейерная линия, пневматический цилиндр, демонстрационный макет, мехатроника, программирование, образовательный макет.

В процессе изучения основ программирования и мехатроники, большое значение имеет создание наглядных демонстрационных моделей [1–4], позволяющих связать теоретические знания с практической реализацией технических систем. Одним из таких примеров являются сортировочные конвейерные линии, которые используются для распределения объектов по заданным параметрам и часто применяются в учебных лабораториях [3, 4].

Разработка отдельных узлов подобных систем способствует более широкому пониманию принципов их работы, а также позволяет освоить методы проектирования, моделирования и последующей реализации алгоритмов управления [5]. В рамках учебного процесса важное значение представляет создание конструкции толкающего устройства, обеспечивающего перенаправление объектов с основного потока на заданные направления.

Использование средств трехмерного моделирования дает возможность детально проработать конструкцию устройства, визуализировать его работу и подготовить основу для дальнейшего программирования системы управления, тем самым помогая сформировать у обучающихся навыки комплексного проектирования,

включающего как разработку механической части, так и ее интеграцию с программной логикой.

Целью данной работы является разработка 3D–модели конструкции толкающего устройства для демонстрационного макета мехатронной сортировочной конвейерной линии, применяемого в учебных целях при изучении основ программирования.

Внешний вид 3D–модели конструкции толкающего устройства демонстрационного макета мехатронной сортировочной конвейерной линии представлен на рисунке 1 и отражает общую компоновку устройства, взаимное расположение его составных частей, а также принцип взаимодействия механических элементов, обеспечивающих перемещение объектов с основного конвейерного потока на заданное направление.

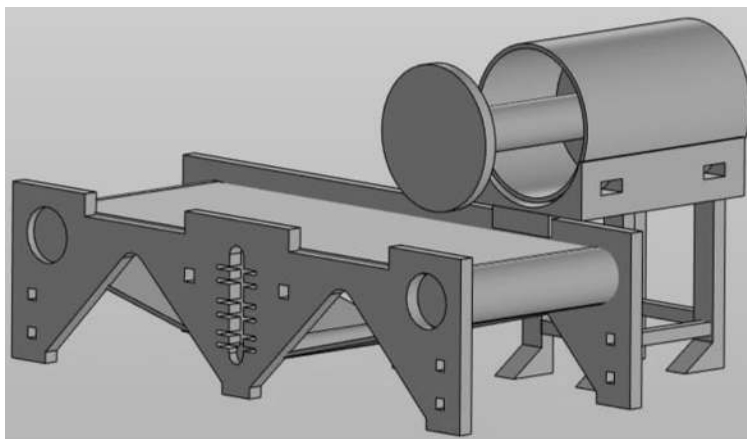
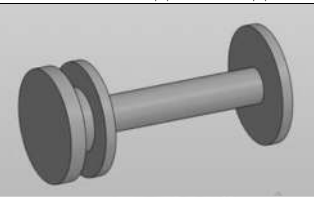
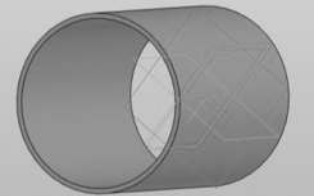
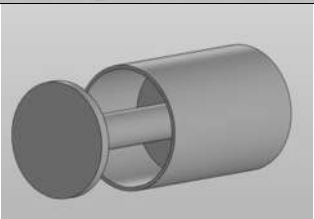


Рисунок 1 – Внешний вид 3D–модели конструкции толкающего устройства демонстрационного макета мехатронной сортировочной конвейерной линии

Перечень механических элементов 3D–модели конструкции толкающего устройства демонстрационного макета мехатронной сортировочной конвейерной линии представлен в таблице 1 и включает основные узлы, обеспечивающие работу устройства, их наименование и назначение.

Таблица 1

Перечень механических элементов 3D-модели

№ п/п	Внешний вид 3D-модели	Краткое описание
1		Шток пневматического цилиндра – подвижная часть цилиндра, непосредственно передающая усилие на толкатель для перемещения объектов.
2		Корпус пневматического цилиндра – неподвижная часть, в которой размещен шток и обеспечивается герметичность и направленность его движения.
3		Сборочная единица «Шток–Корпус» – интегрированная конструкция, объединяющая шток и корпус, обеспечивающая корректное взаимодействие подвижной и неподвижной частей.
4		Стойка крепления пневматического цилиндра – элемент, фиксирующий цилиндр на раме устройства и обеспечивающий стабильность его работы.

В ходе выполнения работы были спроектированы 3D-модели элементов толкающего устройства демонстрационного макета мехатронной сортировочной конвейерной линии, включающие шток и корпус пневматического цилиндра, сборочную единицу «Шток–Корпус» и стойку крепления цилиндра.

Созданные модели позволяют наглядно представить конструкцию устройства, понять взаимное расположение элементов и принцип его работы. Разработанная модель способствует более широкому освоению основ программирования, мехатроники и методов проектирования механических систем, применяемых в учебном процессе.

Дальнейшее развитие работы может быть направлено на программную интеграцию макета, включая разработку алгоритмов управления движением толкателя с использованием микроконтроллеров и сенсорных систем, что позволит создать интерактивный демонстрационный стенд [7–9]. Кроме того, перспективным является расширение функциональности макета путем добавления дополнительных

узлов сортировочной линии и реализации различных сценариев распределения объектов, что повысит его образовательную ценность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разливанов, В. С. Разработка 3D-модели роботизированного манипулятора автоматической сварочной системы / В. С. Разливанов, Е. В. Козлов // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 29 марта 2024 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 203–208. – EDN TNUTFY.
2. Лебакин, И. В. Разработка цифровой 3D-модели конструкции конвейерного устройства демонстрационного стенда технологического процесса изготовления резиновой плитки / И. В. Лебакин, И. Л. Сандлер // Наука и образование транспорту. – 2024. – № 2. – С. 48–51. – EDN DBOUCD.
3. Юдин, И. В. Интерактивная демонстрационная модель винторулевой колонки / И. В. Юдин // Актуальные вопросы инновационного развития Арктического региона РФ : Сборник статей VI Всероссийской научно-практической конференции, Северодвинск, 18–30 ноября 2024 года. – Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 2025. – С. 570–573. – EDN MYVHUFU.
4. Лебакин, И. В. Робототехническая система изготовления резинового покрытия / И. В. Лебакин, И. Л. Сандлер // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 29 марта 2024 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 192–196. – EDN GOBBDC.
5. Сандлер, И. Л. Моделирование пневматической системы управления толкателем робототехнической системы изготовления резинового покрытия с задержкой по времени / И. Л. Сандлер, И. В. Лебакин // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : МАТЕРИАЛЫ VII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Самара, 04 апреля 2025 года. – Самара: Приволжский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 102–106. – EDN GWYKNA.
6. Ivanov, D. Identification of dynamical systems with time-varying disturbances and fractional errors-in-variables. Application example to a drone model / D. Ivanov, A. Zhdanov, I. Sandler // Cybernetics and Physics. – 2024. – Vol. 13, No. 1. – P. 49–56. – EDN AQDYVPV.
7. Козлов, Е. В. Оценивание параметров многосвязных линейных динамических систем разного порядка при наличии помех во входных сигналах / Е. В. Козлов // Вестник СамГУПС. – 2024. – № 3(65). – С. 49–56. – EDN SLHIAM.
8. Сандлер, И. Л. Рекуррентное оценивание параметров многомерных линейных динамических систем с помехами наблюдений В выходных сигналах / И. Л. Сандлер // Наука и образование транспорту. – 2014. – № 1. – С. 205–207. – EDN TGLWTR.
9. Ivanov, D. V. Estimation of parameters of autoregressive models with fractional differences in the presence of additive noise / D. V. Ivanov // Vestnik of Samara University. Natural Sciences. – 2023. – Vol. 29, No. 3. – P. 93–99. – DOI 10.18287/2541-7525-2023-29-3-93-99. – EDN DFXGIE.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С КЛАПАНОМ ПРОТИВОДАВЛЕНИЯ И ОБРАТНЫМ КЛАПАНОМ С ДЕБЛОКИРОВКОЙ

Макаров Н.А.¹, Эздеков Д.А.², Колпашиков С.А.¹, Мясников А.Н.²

¹Самарский государственный технический университет, г. Самара

²Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в работе рассматриваются вопросы имитационного моделирования гидравлической системы, включающей клапан противодействия и обратный клапан с деблокировкой, применяемой в составе оборудования для металлообработки. Исследование направлено на анализ динамических процессов, протекающих в гидросистеме при различных режимах функционирования, с учетом влияния основных элементов на устойчивость и согласованность работы исполнительных механизмов. Разработанная модель позволяет выявить особенности переходных процессов, определить рациональные параметры настройки гидравлических компонентов и оценить эффективность их взаимодействия. Полученные результаты могут быть использованы при модернизации существующего оборудования, а также при проектировании новых технических решений в области металлургического машиностроения и в образовательной практике.

Ключевые слова: имитационное моделирование, гидравлическая система, клапан противодействия, обратный клапан с деблокировкой, гидроцилиндр, динамические характеристики, металлообработка, станки, модернизация оборудования, переходные процессы, FluidSIM.

В условиях возрастающих требований к точности, производительности и энергоэффективности процессов металлообработки становится очевидной необходимость модернизации приводов станков, конструктивные и функциональные особенности которых во многих случаях не соответствуют современным технологическим задачам [1, 2]. Повышение качества обработки деталей при одновременном снижении эксплуатационных затрат требует пересмотра подходов к организации рабочих процессов, а также внедрения более совершенных технических решений.

Существенная часть эксплуатационных характеристик оборудования определяется параметрами гидравлических систем, обеспечивающих управление движением исполнительных органов, фиксацию заготовок и реализацию рабочих циклов. Недостаточная согласованность работы гидравлических элементов при переменных нагрузках способна вызывать колебания режимов, увеличивать износ компонентов и снижать общую надежность станка, что в условиях серийного и массового производства приобретает актуальность для производственных процессов [3, 4].

Решение указанных задач возможно за счёт использования методов имитационного моделирования. Моделирование позволяет анализировать поведение

гидравлических систем при различных режимах эксплуатации, что позволяет выявлять проблемные участки системы без необходимости проведения сложных и затратных экспериментов на реальном оборудовании.

Имитационная модель гидросистемы, представленная на рисунке 1, разработана с использованием программного комплекса FluidSIM [5–7]. Структура обеспечивает наглядное отслеживание движения рабочей жидкости и работу гидравлических устройств. Динамика гидравлической системы, показанная на рисунке 2, демонстрирует изменение параметров во времени и их взаимосвязь при заданных условиях функционирования таких элементов, как гидроцилиндр CIL, насос N и распределитель V. Результаты моделирования позволяют определить степень взаимного влияния элементов и оценить согласованность работы при выполнении технологических операций.

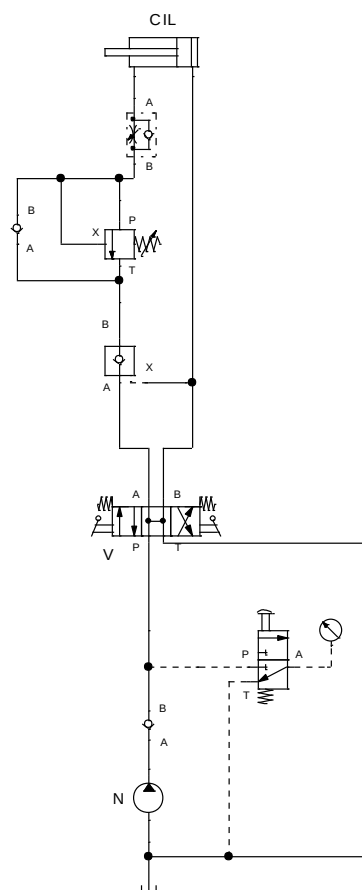


Рисунок 1 – Имитационная модель гидравлической системы с клапаном противодавления и обратным клапаном с деблокировкой

В заключение следует отметить, что полученные результаты имитационного моделирования могут быть использованы при проектировании производственных

механизмов металлургического оборудования, поскольку позволяют обосновать выбор параметров гидравлических систем с учетом реальных условий их работы и требований к надежности.

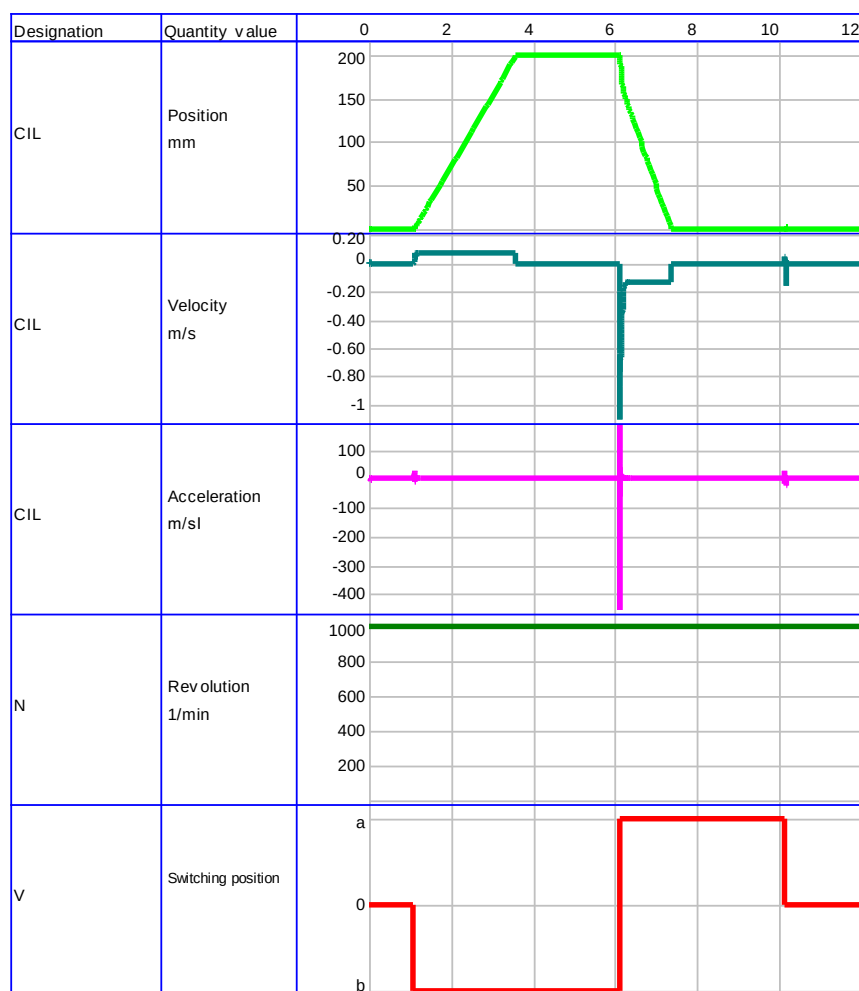


Рисунок 2 – Динамические характеристики гидроцилиндра CIL, насоса N и распределителя V

Практическая ценность проведенного исследования также проявляется в возможности применения результатов работы в учебном процессе при подготовке специалистов технического профиля, где они могут служить основой для изучения принципов построения и анализа гидравлических систем [8, 9], а также формирования навыков инженерного моделирования [10].

Применение в производстве обеспечит возможность выявления нестабильных режимов, определения рациональных параметров настройки клапанов и повышения эффективности работы гидросистемы в составе производственного оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хамбрехт, А. Высокий уровень качества продукции за счет гибких приводных систем / А. Хамбрехт, У. Рифеншталь, А. Баннак // Черные металлы. – 2005. – № 7–8. – С. 67–68. – EDN PZBZLN.
2. Тиммерт, Х. П. Прецизионный мощный привод для прокатного производства / Х. П. Тиммерт, Г. Вичманн // Черные металлы. – 2005. – № 7–8. – С. 64–66. – EDN PZBZKX.
3. Витткоп Т., Антоскиевич П., Кирш Г., Траутнер А. Современное проектирование и оптимизация гидравлических приводных систем в металлургии // Черные металлы. – 2009. – № 12. – С. 67–71. – EDN KXXVGL.
4. Жмуров В.В., Герасимов С.В., Кобзов А.Ю., Сеницын С.А., Жук Е.А., Томилов С.А., Брагин С.Н., Аскеров Р.Т. Возможные пути модернизации гидросистем с длинноходовыми гидроцилиндрами // Механика XXI века. – 2025. – № 24. – С. 89–97. – EDN UHYGXM.
5. Makarov S. I., Lebakin I. V., Sandler I. L., Ivanov D. V. Simulation Model of the Scraper Hydraulic System // Proceedings of the 4th International Conference Engineering Innovations and Sustainable Development, Samara, 27 февраля 2025 года. – Cham, 2025. – P. 177–185. – DOI 10.1007/978-3-031-92520-7_24. – EDN FZLILR.
6. Иванов, Д. В. Имитационная модель гидравлической системы управления разгонного прибора РН-01А / Д. В. Иванов, Е. А. Бурцева // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : МАТЕРИАЛЫ I ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Самара, 23–24 апреля 2019 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2019. – С. 151–154. – EDN ZWIRPN.
7. Polteva E. A., Mitroshin D. I., Kormakov A. A., Sandler I. L. Software Modeling of Hydraulic Drive Guillotine Flying Scissors // AIP conference proceedings : International Scientific Conference “International Transport Scientific Innovation” ITSI-2021, Москва, 29 июня 2021 года. Vol. 2476. – Москва: AIP PUBLISHING, 2023. – P. 030038. – DOI 10.1063/5.0104697. – EDN JDJSCH.
8. Гаврилин, А. Н. Особенности преподавания курса гидравлики, гидро и пневмопривода для студентов электромеханического направления / А. Н. Гаврилин, А. В. Иоппа // Технический университет: реформы в обществе и открытое образовательное пространство : труды Международной научно-практической конференции: в 2 томах, Томск, 14–17 мая 1996 года / Томский политехнический университет. Том 2. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 1996. – С. 60. – EDN TQCWMD.
9. Лепешкин, А. В. О преподавании гидравлики в техническом вузе / А. В. Лепешкин, А. А. Михайлин // Известия МГТУ МАМИ. – 2014. – Т. 5, № 1(19). – С. 189–194. – EDN TAOFBZ.
10. Соколова, Г. П. Роль дисциплины "Гидравлика" в фундаментальной подготовке инженерных специалистов / Г. П. Соколова // Казанский педагогический журнал. – 2017. – № 6(125). – С. 96–99. – EDN ZTWRLZ.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРЕССА

Эздеков Д.А.¹, Макаров Н.А.², Колпащиков С.А.², Федоров М.Н.¹

¹Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

²Самарский государственный технический университет, г. Самара

Аннотация: в работе рассматриваются особенности функционирования гидравлических прессов, применяемых в металлургическом производстве, с учетом возрастающих требований к производительности, энергоэффективности и надежности оборудования. Особое внимание уделяется динамическим процессам в гидравлических системах при переменных нагрузках и их влиянию на точность и устойчивость работы исполнительных механизмов. Показаны возможности применения компьютерного моделирования в программной среде FluidSIM для анализа переходных процессов, оценки характеристик гидросистемы и оптимизации параметров работы оборудования без проведения натурных испытаний. Представлены результаты имитационного моделирования, позволяющие исследовать взаимодействие элементов гидравлического пресса и выявлять особенности их динамического поведения. Отмечается практическая и учебно–методическая значимость полученных результатов.

Ключевые слова: гидравлический пресс, металлургическое производство, обработка металлов давлением, гидравлическая система, имитационное моделирование, FluidSIM, переходные процессы, гидроцилиндр, гидрораспределитель, динамика гидросистемы, компьютерное моделирование, надежность оборудования, оптимизация параметров.

Современное развитие металлургического производства, которое сопровождается ужесточением требований к технологическим процессам обработки металлов давлением, обуславливает необходимость одновременного повышения производительности оборудования и обеспечения устойчивости рабочих параметров при изменяющихся нагрузках [1–3]. Гидравлические прессы, применяемые при выполнении широкого круга операций формоизменения, представляют собой сложные технические системы, функционирование которых определяется согласованностью работы исполнительных механизмов [3, 4]. В условиях интенсивных циклических воздействий, при которых увеличивается нагрузка на элементы гидропривода, эксплуатация прессового оборудования требует повышенной надежности, поскольку динамические процессы, возникающие в системе, оказывают влияние на перемещения исполнительных органов и стабильность режимов работы.

Методы компьютерного моделирования, к числу которых относится FluidSIM [6–8], обеспечивают возможность анализа поведения гидравлических систем без проведения натурных испытаний, что становится целесообразным при разработке новых конструкций или модернизации существующего прессового оборудования [5].

Имитационная модель гидравлической системы пресса, представленная на рисунке 1, построена таким образом, чтобы можно было воспроизводить последовательность функционирования гидросистемы, одновременно задавая параметры, определяющие ее поведение при изменении управляющих сигналов.

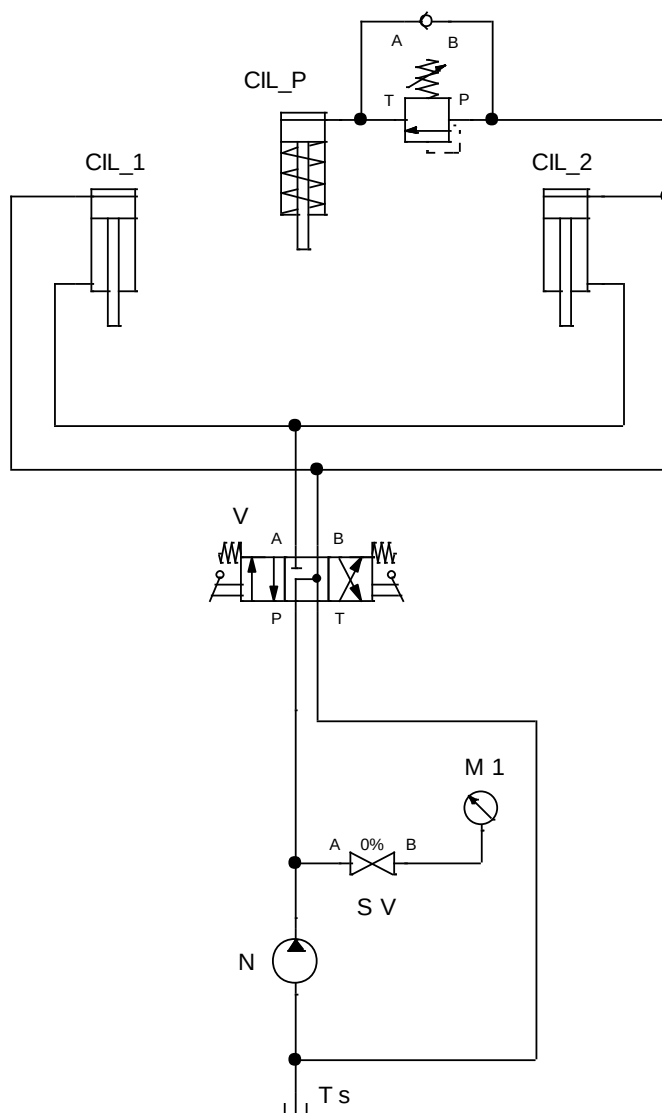


Рисунок 1 – Имитационная модель гидравлической системы пресса, реализованная на ПО FluidSIM Hydraulics

Динамические характеристики гидроцилиндров CIL_1, CIL_2, CIL_P, а также гидрораспределителя V, которые приведены на рисунке 2, получены в результате моделирования, в ходе которого учитывались изменения управляющих воздействий и перераспределение потоков рабочей жидкости.

Полученные зависимости (см. рисунок 2) позволяют оценить временные параметры срабатывания исполнительных механизмов, характер изменения

перемещений штоков цилиндров, а также динамику переключения гидрораспределителя, что в совокупности дает возможность судить о согласованности работы отдельных элементов системы и выявлять потенциальные временные задержки или неустойчивости в процессе функционирования гидравлического пресса.

Результаты выполненного моделирования могут быть использованы при проектировании производственных механизмов металлургического оборудования для уточнения параметров гидравлических систем, повышения их устойчивости и согласованности работы исполнительных элементов, а также при разработке новых конструктивных решений, направленных на улучшение эксплуатационных характеристик прессового оборудования.

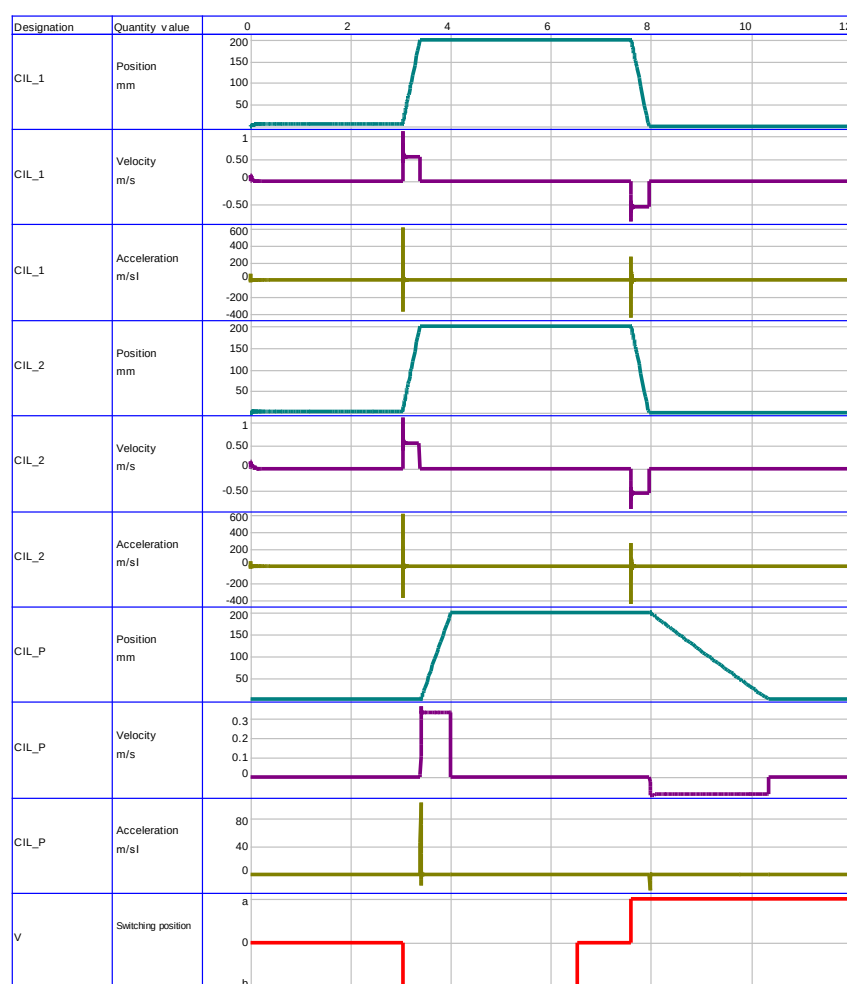


Рисунок 2 – Динамические характеристики гидроцилиндров CIL_1, CIL_2, CIL_P и гидрораспределителя V

Представленные материалы обладают методической ценностью и могут применяться в учебном процессе при подготовке специалистов инженерных

направлений [9–11], поскольку позволяют наглядно демонстрировать принципы работы гидравлических систем, закономерности переходных процессов и влияние конструктивных параметров на динамику функционирования оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гречихина, Э. Я. Автоматизация металлургических производств / Э. Я. Гречихина, А. В. Лукьянова // X Международная научно–практическая заочная конференция "ЭТАП–2023", посвященная 219–летию КФУ, Набережные Челны, 23 ноября 2023 года. – Набережные Челны: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2024. – С. 475–478. – EDN VMMAZG.
2. Хамбрехт, А. Высокий уровень качества продукции за счет гибких приводных систем / А. Хамбрехт, У. Рифеншталь, А. Баннак // Черные металлы. – 2005. – № 7–8. – С. 67–68. – EDN PZBZLN.
3. Витткоп Т., Антоскиевич П., Кирш Г., Траутнер А. Современное проектирование и оптимизация гидравлических приводных систем в металлургии // Черные металлы. – 2009. – № 12. – С. 67–71. – EDN KXXVGL.
4. Гойдо М.Е., Бодров В.В., Багаутдинов Р.М., Важенин А.А., Хижняк Н.В. Использование нетиповых технических решений при модернизации гидросистем прессов // Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика. Современное состояние и перспективы развития : Сборник статей Всероссийской научно–технической конференции, Санкт–Петербург, 04–05 июля 2024 года. – Санкт–Петербург: ПОЛИТЕХПРЕСС, 2025. – С. 212–224. – DOI 10.18720/SPBPU/2/id25–384. – EDN BWXGUX.
5. Юшков, Р. А. Технология информационного моделирования как основа цифровой трансформации / Р. А. Юшков // Цифровая трансформация в энергетике : Материалы Пятой Международной научной конференции, Тамбов, 21 декабря 2023 года. – Тамбов: ТАМБОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ, 2023. – С. 48–50. – EDN DNEPYS.
6. Иванов, Д. В. Имитационная модель гидравлической системы управления разгонного прибора РН–01А / Д. В. Иванов, Е. А. Бурцева // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : МАТЕРИАЛЫ I ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО–ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Самара, 23–24 апреля 2019 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2019. – С. 151–154. – EDN ZWIRPN.
7. Orošnjak M., Jocanović M., and Karanović V., "Simulation and Modeling of A Hydraulic System in FluidSim," XVII Int. Sci. Conf. Ind. Syst., no. November, pp. 50–53, (2017)
8. Festo Didactic InfoPortal. Режим доступа: <https://ip.festo-didactic.com>. [дата обращения: 16.03.2026].
9. Гаврилин, А. Н. Особенности преподавания курса гидравлики, гидро и пневмопривода для студентов электромеханического направления / А. Н. Гаврилин, А. В. Иоппа // Технический университет: реформы в обществе и открытое образовательное пространство : труды Международной научно–практической конференции: в 2 томах, Томск, 14–17 мая 1996 года / Томский политехнический университет. Том 2. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 1996. – С. 60. – EDN TQCWMD.
10. Лепешкин, А. В. О преподавании гидравлики в техническом вузе / А. В. Лепешкин, А. А. Михайлин // Известия МГТУ МАМИ. – 2014. – Т. 5, № 1(19). – С. 189–194. – EDN TAOFBZ.
11. Соколова, Г. П. Роль дисциплины "Гидравлика" в фундаментальной подготовке инженерных специалистов / Г. П. Соколова // Казанский педагогический журнал. – 2017. – № 6(125). – С. 96–99. – EDN ZTWRLZ.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОПРИВОДА С СИНХРОНИЗАЦИЕЙ ГИДРОЦИЛИНДРОВ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ

Мачехин Н.И.¹, Щетинин В.Г.¹, Эздеков Д.А.², Федоров М.Н.²

¹Самарский государственный технический университет, г. Самара

²Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в работе выполнено моделирование гидропривода с синхронизацией гидроцилиндров в среде FluidSIM–Hydraulics с целью анализа динамических характеристик и оценки согласованности работы исполнительных элементов. Рассмотрены переходные процессы в установившемся режиме, получены зависимости, позволяющие выявить влияние параметров гидравлической схемы на точность синхронизации. Показана возможность использования имитационного моделирования для предварительной оценки работы гидроприводов в автоматизированных системах.

Результаты могут быть применены при проектировании оборудования тяжёлой и лёгкой промышленности, а также в учебном процессе при изучении гидравлических приводов и систем автоматизации.

Ключевые слова: гидропривод; синхронизация гидроцилиндров; имитационное моделирование; FluidSIM; гидравлические системы; автоматизированные производственные системы; динамические характеристики; точность позиционирования; промышленная автоматизация; гидрораспределитель.

Современные автоматизированные производственные комплексы, в которых последовательно усложняется структура взаимодействия исполнительных механизмов, функционируют при ужесточающихся требованиях к точности позиционирования, согласованности перемещений и способности сохранять работоспособность при варьирующихся нагрузках, вследствие чего применение гидравлических приводов, отличающихся высокой удельной мощностью и способностью развивать значительные усилия при сравнительно малых габаритах, приобретает всё более широкое распространение [1–4]. В подобных условиях задача синхронного перемещения гидроцилиндров приобретает выраженную инженерную актуальность, поскольку даже незначительные расхождения в их ходе вызывают перекосы конструкций, провоцируют рост внутренних напряжений и ускоряют износ как самих исполнительных элементов, так и сопряжённых узлов технологической системы.

Расширение области применения гидравлических схем, обеспечивающих синхронизацию цилиндров, наблюдается в оборудовании тяжёлой промышленности, где к таким решениям относятся металлургические агрегаты, прессовые комплексы и подъёмно–транспортные установки, функционирование которых связано с перемещением значительных масс, а также в системах лёгкой промышленности, ориентированных на достижение высокой повторяемости операций и стабильности позиционирования, напрямую влияющих на характеристики готовой продукции [4, 5].

При этом внедрение гидроприводов с распределённой архитектурой управления позволяет реализовывать сложные алгоритмы координации движения, благодаря чему уменьшаются динамические перегрузки и обеспечивается более равномерное протекание переходных процессов.

Поскольку проведение натурных экспериментов на ранних стадиях разработки сопряжено с существенными затратами, всё более востребованными становятся методы имитационного моделирования, реализуемые в специализированных программных средах, таких как FluidSIM [6–8], где используются библиотеки Hydraulics [9], позволяющие учитывать нелинейные эффекты, утечки рабочей жидкости, гидравлические сопротивления и характеристики регулирующей аппаратуры.

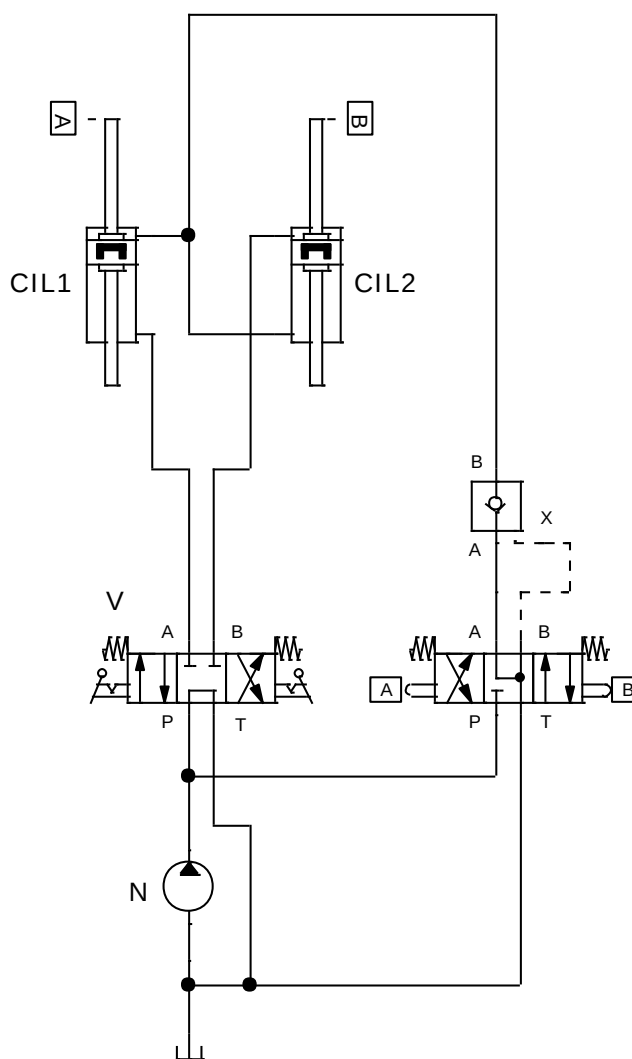


Рисунок 1 – Имитационная модель гидропривода с синхронизацией гидроцилиндров, реализованная на базе ПО FluidSIM библиотеки Hydraulics

Имитационная схема гидропривода, предусматривающая синхронизацию двух гидроцилиндров и представленная на рисунке 1, выполнена в среде FluidSIM с использованием библиотеки Hydraulics, причём структура воспроизводит основные элементы гидравлического контура, включая источник давления, распределительные устройства, исполнительные цилиндры и соединительные линии с заданными параметрами сопротивления.

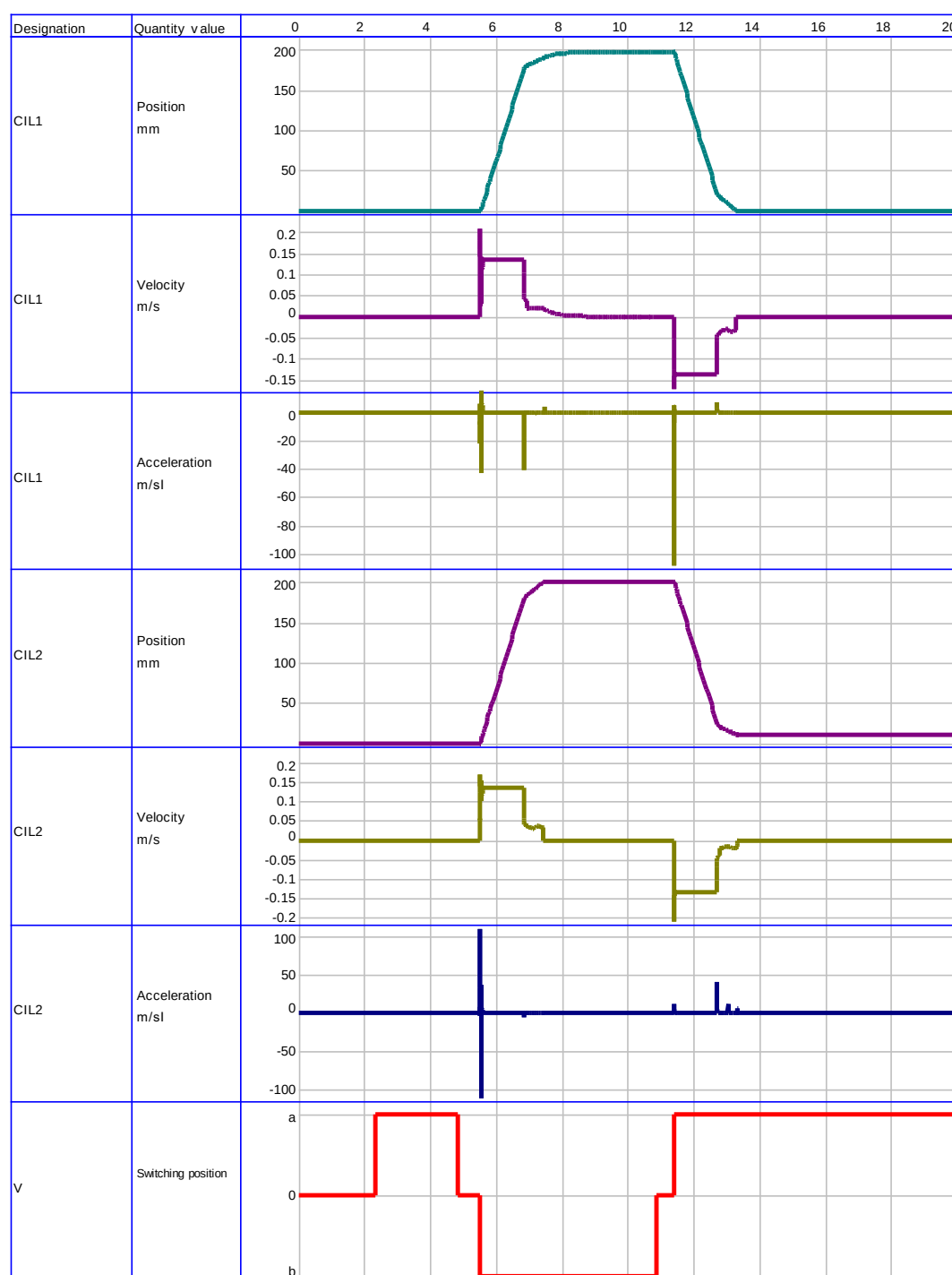


Рисунок 2 – Динамические характеристики гидроцилиндров CIL1, CIL2 и гидрораспределителя V

Динамические характеристики гидроцилиндров CIL1 и CIL2, равно как и распределителя V, приведённые на рисунке 2, демонстрируют временные зависимости изменения параметров системы как в переходных, так и в установившихся режимах, что позволяет судить о степени согласованности перемещений и особенностях реакции распределительного устройства на входные сигналы.

Полученные в ходе моделирования результаты могут быть использованы на этапе проектирования гидравлических приводов автоматизированных производственных механизмов, применяемых как в тяжёлой промышленности, где требуется обеспечение перемещения значительных масс с высокой степенью координации исполнительных элементов, так и в лёгкой промышленности, где точность позиционирования и повторяемость технологических операций являются технологически обусловленными требованиями к качеству продукции и стабильности производственного процесса. Использование имитационных данных позволяет снизить объём натурных испытаний, уточнить параметры гидросистемы до стадии изготовления опытного образца и повысить надёжность проектируемых решений.

Дополнительно результаты моделирования представляют практическую ценность для образовательного процесса [10–12], поскольку обеспечивают возможность визуализации работы гидравлических систем и анализа переходных процессов в интерактивной форме, что способствует формированию у обучающихся устойчивых представлений о динамике гидроприводов, принципах синхронизации исполнительных механизмов и методах проектирования автоматизированных гидравлических систем без необходимости использования сложного промышленного оборудования на ранних этапах подготовки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ванин, В. А. Применение гидравлических связей на основе шагового гидропривода для построения внутренних цепей станков со сложными движениями формообразования / В. А. Ванин, А. Н. Колодин // Техника машиностроения. – 2015. – Т. 22, № 4(96). – С. 2–8. – EDN VBFLSN.
2. Хамбрехт, А. Высокий уровень качества продукции за счет гибких приводных систем / А. Хамбрехт, У. Рифеншталь, А. Баннак // Черные металлы. – 2005. – № 7–8. – С. 67–68. – EDN PZBZLN.
3. Гречихина, Э. Я. Автоматизация металлургических производств / Э. Я. Гречихина, А. В. Лукьянова // X Международная научно–практическая заочная конференция "ЭТАП–2023", посвященная 219–летию КФУ, Набережные Челны, 23 ноября 2023 года. –

Набережные Челны: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2024. – С. 475–478. – EDN VMMAZG.

4. Витткоп Т., Антоскиевич П., Кирш Г., Траутнер А. Современное проектирование и оптимизация гидравлических приводных систем в металлургии // Черные металлы. – 2009. – № 12. – С. 67–71. – EDN KXXVGL.

5. Сидоренко, В. С. Многофункциональное гидромеханическое устройство позиционирования целевых механизмов станочных систем повышенного быстродействия и точности / В. С. Сидоренко, М. С. Полешкин // Вестник Донского государственного технического университета. – 2009. – № S2. – С. 65–75. – EDN MOTODR.

6. Festo Didactic InfoPortal. Режим доступа: <https://ip.festo-didactic.com>. [дата обращения: 16.03.2026].

7. Иванов, Д. В. Имитационная модель гидравлической системы управления разгонного прибора РН-01А / Д. В. Иванов, Е. А. Бурцева // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : МАТЕРИАЛЫ I ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Самара, 23–24 апреля 2019 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2019. – С. 151–154. – EDN ZWIRPN.

8. Orošnjak M., Jocanović M., and Karanović V., “Simulation and Modeling of A Hydraulic System in FluidSim,” XVII Int. Sci. Conf. Ind. Syst., no. November, pp. 50–53, (2017)

9. Polteva E. A., Mitroshin D. I., Kormakov A. A., Sandler I. L. Software Modeling of Hydraulic Drive Guillotine Flying Scissors // AIP conference proceedings : International Scientific Conference “International Transport Scientific Innovation” ITSI–2021, Москва, 29 июня 2021 года. Vol. 2476. – Москва: AIP PUBLISHING, 2023. – P. 030038. – DOI 10.1063/5.0104697. – EDN JDJSCH.

10. Гаврилин, А. Н. Особенности преподавания курса гидравлики, гидро и пневмопривода для студентов электромеханического направления / А. Н. Гаврилин, А. В. Иоппа // Технический университет: реформы в обществе и открытое образовательное пространство : труды Международной научно-практической конференции: в 2 томах, Томск, 14–17 мая 1996 года / Томский политехнический университет. Том 2. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 1996. – С. 60. – EDN TQCWMD.

11. Соколова, Г. П. Роль дисциплины "Гидравлика" в фундаментальной подготовке инженерных специалистов / Г. П. Соколова // Казанский педагогический журнал. – 2017. – № 6(125). – С. 96–99. – EDN ZTWRLZ.

12. Лепешкин, А. В. О преподавании гидравлики в техническом вузе / А. В. Лепешкин, А. А. Михайлин // Известия МГТУ МАМИ. – 2014. – Т. 5, № 1(19). – С. 189–194. – EDN TAOFBZ.

РАЗРАБОТКА 3D-МОДЕЛИ КОНСТРУКЦИИ РАСПРЕДЕЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЕМОНСТРАЦИОННОГО МАКЕТА МЕХАТРОННОЙ СОРТИРОВОЧНОЙ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛИНИИ

Одинаркин Д.М., Одинаркин К.М., Припутников А.П.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье представлена разработка 3D–модели распределяющего устройства, входящего в состав демонстрационного макета мехатронной производственной линии, предназначенной для использования в учебном процессе при изучении основ программирования и мехатроники. Описана конструкция, отражающая специфику работы устройства. Разработанная 3D–модель позволяет на практике ознакомиться с принципом распределения объектов на конвейере, что способствует формированию навыков трёхмерного моделирования и проектирования механических систем.

Ключевые слова: 3D–моделирование, распределяющее устройство, сортировочная производственная линия, демонстрационный макет, мехатроника, программирование, образовательный макет

Внедрение цифровых технологий в производственные процессы формирует запрос на образовательные средства, позволяющие осваивать теоретические знания в сочетании с практической отработкой навыков [1, 2]. Распределяющие устройства занимают один из центральных узлов автоматизированных конвейерных линий: именно они отвечают за сортировку и перенаправление объектов по заданным параметрам.

Работа с текстовым описанием компонентов без возможности визуального и практического взаимодействия с устройством ограничивает глубину понимания его конструкции [3, 4]. Демонстрационные макеты позволяют воспроизвести реальные условия производственного процесса; помимо этого, в ходе их создания формируются навыки программирования, трёхмерного моделирования и проектирования механических систем [5].

В рамках работы разработана 3D–модель распределяющего устройства для демонстрационного макета мехатронной производственной линии, применяемого в учебном процессе при изучении основ программирования.

Внешний вид 3D–модели конструкции распределяющего устройства, представленный на рисунке 1, отражает общую компоновку устройства, взаимное расположение составных частей и принцип взаимодействия механических элементов, обеспечивающих ориентацию и позиционирование объектов относительно последующих технологических операций.

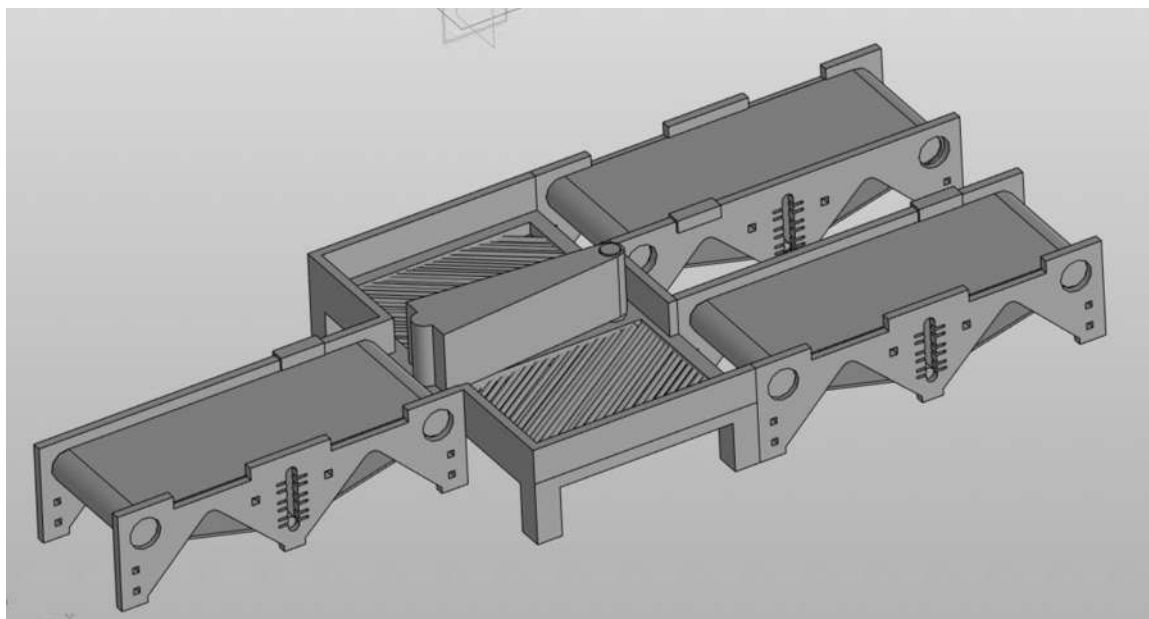
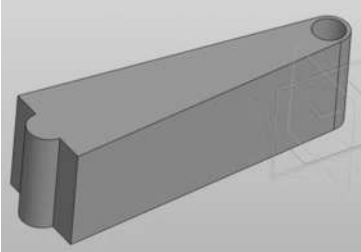
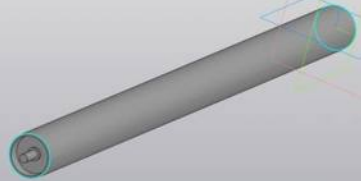


Рисунок 1 – Внешний вид 3D-модели конструкции распределяющего устройства демонстрационного макета мехатронной производственной линии

Перечень механических элементов 3D-модели конструкции распределяющего устройства демонстрационного макета мехатронной производственной линии представлен в таблице 1 и включает основные узлы, обеспечивающие работу устройства, их наименование и назначение.

Таблица 1

Перечень механических элементов 3D-модели		
№ п/п	Внешний вид 3D-модели	Краткое описание
1		Распределитель – элемент, отвечающий за разделение потока объектов по разным направлениям.
2		Основа (несущая рама) – элемент, объединяющий все части устройства в единую систему.
3		Направляющий вал – элемент, обеспечивающий правильное движение распределителя.
4		Конвейерный ролик – элемент, обеспечивающий плавное перемещение сортируемых объектов

В дальнейшем предполагается программная интеграция макета: разработка алгоритмов управления движением распределяющего устройства с применением сенсорных систем и датчиков, что обеспечит создание интерактивного демонстрационного стенда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разливанов, В. С. Разработка 3D–модели роботизированного манипулятора автоматической сварочной системы / В. С. Разливанов, Е. В. Козлов // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : Материалы VI Всероссийской научно–практической конференции, Самара, 29 марта 2024 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 203–208. – EDN TNUTFY.
2. Лебакин, И. В. Разработка цифровой 3D–модели конструкции конвейерного устройства демонстрационного стенда технологического процесса изготовления резиновой плитки / И. В. Лебакин, И. Л. Сандлер // Наука и образование транспорту. – 2024. – № 2. – С. 48–51. – EDN DBOUCD.
3. Юдин, И. В. Интерактивная демонстрационная модель винторулевой колонки / И. В. Юдин // Актуальные вопросы инновационного развития Арктического региона РФ : Сборник статей VI Всероссийской научно–практической конференции, Северодвинск, 18–30 ноября 2024 года. – Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 2025. – С. 570–573. – EDN MYVHFU.
4. Лебакин, И. В. Робототехническая система изготовления резинового покрытия / И. В. Лебакин, И. Л. Сандлер // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : Материалы VI Всероссийской научно–практической конференции, Самара, 29 марта 2024 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 192–196. – EDN GOBBDC.
5. Сандлер, И. Л. Моделирование пневматической системы управления толкателем робототехнической системы изготовления резинового покрытия с задержкой по времени / И. Л. Сандлер, И. В. Лебакин // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : МАТЕРИАЛЫ VII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО–ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Самара, 04 апреля 2025 года. – Самара: Приволжский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 102–106. – EDN GWYKNA.

УДК 004.94

62–82

621.865.8

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОСИСТЕМЫ ПЛЕЧЕВОГО ЗВЕНА РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО МАНИПУЛЯТОРА

Щетинин В.Г.¹, Мачехин Н.И.¹, Федоров М.Н.², Сандлер И.Л.¹

¹Самарский государственный технический университет, г. Самара

²Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье рассматривается процесс моделирования гидросистемы плечевого звена робототехнического манипулятора с использованием программной среды FluidSIM Hydraulics. Представлена структура имитационной модели, включающая основные элементы гидравлического привода, а также выполнен анализ динамических характеристик исполнительного гидроцилиндра и гидрораспределителя. Проведённое моделирование позволяет оценить поведение гидросистемы в переходных и установившихся режимах при различных условиях нагружения, а также определить особенности взаимодействия её компонентов. Полученные результаты демонстрируют возможность применения имитационного подхода для предварительного анализа и оптимизации параметров гидравлических приводов до этапа физической реализации. Рассмотрены перспективы использования разработанной модели в промышленной робототехнике и в образовательном процессе при подготовке инженерных кадров.

Ключевые слова: гидросистема, робототехнический манипулятор, плечевое звено, имитационное моделирование, FluidSIM Hydraulics, гидроцилиндр, гидрораспределитель, динамические характеристики, автоматизированные производственные системы, промышленная робототехника.

Развитие автоматизированных производственных комплексов сопровождается расширением области применения робототехнических манипуляторов, при этом их функциональные характеристики в значительной степени определяются эффективностью исполнительных приводов и особенностями построения силовых систем, среди которых гидравлические решения сохраняют устойчивые позиции благодаря высокой удельной мощности, способности формировать значительные усилия при относительно компактных размерах, а также надежности функционирования при переменных нагрузках [1–4]. В задачах тяжелой промышленности, где возникает необходимость перемещения массивных заготовок, узлов и технологических модулей, равно как и в отдельных сегментах легкой промышленности, ориентированных на высокоскоростные операции сборки и точного позиционирования, гидравлические приводы плечевого звена манипуляторов обеспечивают требуемый диапазон крутящих моментов и плавность хода, вследствие чего находят широкое применение при разработке промышленных роботизированных систем.

Подходы, применяемые при проектировании гидравлических систем робототехнических устройств, все чаще опираются на методы имитационного моделирования, позволяющие еще на стадии разработки анализировать динамические

параметры, исследовать переходные режимы и корректировать настройки управляющих контуров без создания физического прототипа, что способствует снижению временных и материальных затрат на изготовление опытных образцов. Использование программной среды FluidSIM Hydraulics [5–8] при построении модели гидросистемы плечевого звена манипулятора открывает возможности для детального анализа взаимодействия компонентов схемы.

С учетом возрастающих требований к гибкости производственных линий, а также необходимости интеграции роботизированных систем в адаптивные технологические процессы, моделирование гидравлических приводов позволяет учитывать нелинейные эффекты, обусловленные сжимаемостью рабочей среды, гидравлическими потерями и инерционными свойствами подвижных элементов, что приобретает особую актуальность при разработке плечевого звена манипулятора, функционирующего под воздействием переменных нагрузок в процессе пространственных перемещений. При таких условиях имитационная модель, реализованная в среде FluidSIM Hydraulics, формирует базис для последующей оптимизации гидросистемы и повышения предсказуемости ее поведения в составе автоматизированных комплексов.

На рисунке 1 представлена имитационная схема гидросистемы плечевого звена робототехнического манипулятора, разработанная в программной среде FluidSIM Hydraulics, в состав которой включены основные элементы гидропривода, включая источник давления, распределительное устройство, исполнительный гидроцилиндр, а также соединительные линии, обеспечивающие циркуляцию рабочей жидкости между компонентами системы.

На рисунке 2 приведены результаты моделирования динамических характеристик гидроцилиндра CIL и гидрораспределителя V, полученные в ходе имитационного эксперимента, где представленные зависимости позволяют проанализировать изменение перемещения штока, а также отклик распределительного механизма на управляющее воздействие с учетом временных задержек, инерционных явлений и специфики переходных процессов.

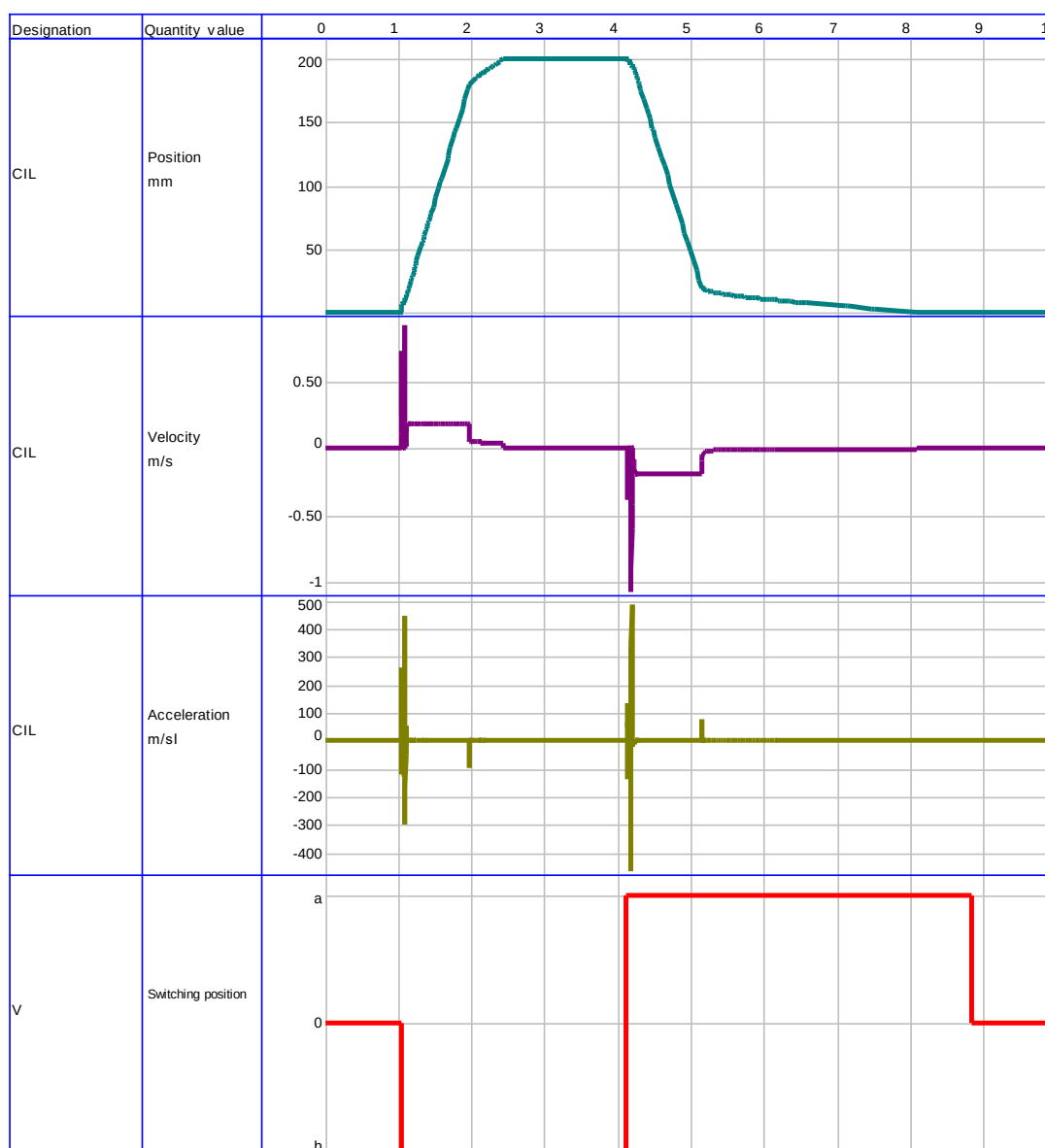


Рисунок 2 – Динамические характеристики гидроцилиндра CIL и гидрораспределителя V

С прикладной точки зрения результаты проведенного исследования могут быть использованы при разработке гидравлических приводов для производственных механизмов, применяемых в автоматизированных линиях различных отраслей промышленности, где требуется сочетание высокой грузоподъемности и точности позиционирования, а также могут служить основой для дальнейшего совершенствования робототехнических систем различного назначения, включая сборочные комплексы, транспортно–манипуляционные устройства и специализированные технологические установки [9,10].

В образовательной практике представленная имитационная модель может использоваться при изучении принципов функционирования гидравлических

приводов, освоении методов моделирования динамических систем и формировании практических навыков работы с программной средой FluidSIM Hydraulics [11–13].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Москвин, В. К. Анализ схемных реализаций приводов различных типов в промышленных роботах / В. К. Москвин, П. М. Кузнецов // Вестник МГТУ "Станкин". – 2017. – № 3(42). – С. 27–30. – EDN ZGFIWD.
2. Горитов, А. Н. Технология разработки аппаратно–программного комплекса АСУ ТП / А. Н. Горитов // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2011. – № 2–3(24). – С. 117–120. – EDN PBCZLF.
3. Горитов, А. Н. Синтез и анализ агрегатно–модульных управляемых механических систем / А. Н. Горитов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2005. – № 10. – С. 10–14. – EDN KXAKXX.
4. Обзор интеллектуальных методов управления манипуляторами с жесткими звеньями / М. Я. Альвардат, О. Э. Л. Мболо, Л. В. Черненькая [и др.] // Автоматизация. Современные технологии. – 2023. – Т. 77, № 10. – С. 466–474. – DOI 10.36652/0869–4931–2023–77–10–466–474. – EDN KCLWFA.
5. Festo Didactic InfoPortal. Режим доступа: <https://ip.festo-didactic.com>. [дата обращения: 16.03.2026].
6. Иванов, Д. В. Имитационная модель гидравлической системы управления разгонного прибора РН–01А / Д. В. Иванов, Е. А. Бурцева // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : МАТЕРИАЛЫ I ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО–ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Самара, 23–24 апреля 2019 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2019. – С. 151–154. – EDN ZWIRPN.
7. Orošnjak M., Jocanović M., and Karanović V., “Simulation and Modeling of A Hydraulic System in FluidSim,” XVII Int. Sci. Conf. Ind. Syst., no. November, pp. 50–53, (2017)
8. Polteva E. A., Mitroshin D. I., Kormakov A. A., Sandler I. L. Software Modeling of Hydraulic Drive Guillotine Flying Scissors // AIP conference proceedings : International Scientific Conference “International Transport Scientific Innovation” ITS–2021, Москва, 29 июня 2021 года. Vol. 2476. – Москва: AIP PUBLISHING, 2023. – P. 030038. – DOI 10.1063/5.0104697. – EDN JDJSCH.
9. Гречишников В. А. Концепция построения робототехнических комплексов для металлообработки и системы их инструментального обеспечения / В. А. Гречишников, А. В. Исаев, Ю. В. Илюхин [и др.] // Вестник МГТУ "Станкин". – 2015. – № 4(35). – С. 46–51. – EDN VHIZCV.
10. Колпащиков С. А., Сандлер И. Л., Абдулганиева А. М., Тычинина Ю. А. Моделирование системы управления гидропривода подъемника ножничного типа / // Вестник СамГУПС. – 2025. – № 2(68). – С. 123–130. – EDN NFZAFJ.
11. Сандлер, И. Л. Имитационное моделирование гидравлической системы двухстоечного автомобильного подъемника / И. Л. Сандлер, И. В. Лебакин // Вестник СамГУПС. – 2025. – № 2(68). – С. 131–139. – EDN VJXLHA.
12. Соколова, Г. П. Роль дисциплины "Гидравлика" в фундаментальной подготовке инженерных специалистов / Г. П. Соколова // Казанский педагогический журнал. – 2017. – № 6(125). – С. 96–99. – EDN ZTWRLZ.
13. Лепешкин, А. В. О преподавании гидравлики в техническом вузе / А. В. Лепешкин, А. А. Михайлин // Известия МГТУ МАМИ. – 2014. – Т. 5, № 1(19). – С. 189–194. – EDN TAOFBZ.

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МЕХАТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВЕ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ С ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ КРИТЕРИЕМ ОПТИМАЛЬНОСТИ

Якимов В.Н., Сизова Н.А., Ковылина Н.А., Андреева Д.О., Ильичева Д.А.

Самарский государственный технический университет, г. Самара

Аннотация: в статье рассмотрена проблема адаптивного управления мехатронными системами. Актуальность этой проблемы заключается в необходимости разработки адаптивных алгоритмов управления, обеспечивающих рациональное соотношение между точностью выполнения операций и энергопотреблением этих систем. Для данного вида систем проведен анализ методов глубокого машинного обучения с подкреплением (DRL). В ходе анализа выявлена недостаточная проработка вопросов интеграции энергетических критериев. Проведен анализ основных методов построения адаптивных алгоритмов управления и стратегий их моделирования. Результаты анализа показали перспективность использования моделей предиктивного управления на основе прогнозирования предстоящих управляющих воздействий. Математическое моделирование показало, что метод предиктивного управления снижает энергозатраты до 15 % при сохранении требуемой точности управления.

Ключевые слова: адаптивное управление, мехатронные системы, энергоэффективность, критерий оптимальности.

Мехатронные системы (роботы, электроприводы и т.п.) часто работают в условиях неопределенности внешних воздействующих параметров. Вследствие этого актуальной является задача разработки адаптивных алгоритмов управления, обеспечивающих рациональное соотношение между точностью выполнения операций и энергопотреблением этих систем.

В настоящее время осуществляется активная разработка и совершенствование методов построения адаптивных алгоритмов управления. Получены значительные успехи в области глубокого обучения при реализации адаптивного управления. В таблице 1 приведены основные наиболее применяемые методы построения алгоритмов обучения и управления.

Таблица 1

Методы построения алгоритмов обучения и управления

Методы	Характеристика методов
Soft Actor–Critic (SAC)	Алгоритм обучения с подкреплением, максимизирующий положительный результат, а также энтропию политики для лучшего исследования среды действий. Эффективен в непрерывных задачах управления.
Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG)	Алгоритм DRL для непрерывных действий, сочетающий детерминированную политику и нейронные сети обучения.
Twin Delayed Deep Deterministic Policy Gradient (TD3)	Улучшенная версия DDPG направленная на решения проблемы завышения оценки методов «актор–критик» и редким обновлением политики для повышения стабильности обучения.
Model Predictive Control (MPC)	Метод управления, использующий модель системы для прогнозирования будущего поведения и оптимизации управляющих сигналов в реальном времени.
Deep Reinforcement Learning (DRL)	Метод глубокого обучения с подкреплением с использованием искусственного интеллекта (в частности нейронных сетей) для решения задач управления и адаптации к сложным средам.

Сравнительный анализ современных научных публикаций и результатов исследований в области интеллектуального управления мехатронными системами показывает, что алгоритм TD3 наиболее эффективен для непрерывных задач с энергетическими критериями. В работе [1] применили TD3 для управления подводным манипулятором с функцией вознаграждения, учитывающей энергоэффективность. В работе [2] сравнили TD3, SAC и DDPG для электромобилей и подтвердили преимущество SAC. В свою очередь методы DRL позволяют синтезировать оптимальные стратегии управления для мехатронных систем. В российских исследованиях также уделяется внимание адаптивному управлению мехатронными системами с использованием методов машинного обучения. В [3] рассмотрены методы интеллектуального управления мехатронными системами на основе обучения с подкреплением. В [4] проведен анализ особенностей построения адаптивных регуляторов для робототехнических комплексов. Особого внимания заслуживают работы [5] в области синтеза энергоэффективных алгоритмов управления. Был рассмотрен метод адаптивного управления мехатронными модулями на основе глубоких нейронных сетей, позволяющий сократить энергопотребление за счёт прогнозирования нагрузки и динамической коррекции параметров регулятора. В управлении мехатронными модулями был выявлен недостаток устойчивости и безопасности функционирования модели адаптивного управления.

Проведенные исследования стали исходным материалом для разработки архитектуры адаптивного управления мехатронными системами. В основу данной разработки положено совместное применение методов глубокого обучения с подкреплением и предиктивного управления. Предлагаемый подход реализует двухуровневую структуру управления. Алгоритм SAC используется для адаптации параметров MPC–регулятора. Вместе с этим учитывается энергетический критерий оптимальности. Это позволяет повысить энергоэффективность системы. При этом одновременно сохраняются требуемая точность и устойчивость управления.

Исходя из принятой стратегии построения архитектуры осуществляется формирование и адаптация набора необходимого типа исполняемых операций на каждом этапе управления. Он предполагает представление функционирования системы в виде совокупности взаимосвязанных процессов. Эти процессы включают обработку данных и формирование управляющих воздействий. Процессно–

ориентированная модель позволяет формализовать последовательность этапов обработки информации. К ним относятся получение данных о состоянии системы, формирование управляющего воздействия и оценка энергетической эффективности управления. Предложена двухуровневая система управления. Работа верхнего уровня основана на реализации алгоритма SAC. Основу нижнего уровня составляет модель предиктивного управления (MPC).

Для настройки алгоритма на верхнем уровне используются три критерия:

- 1) первый критерий определяет точность – алгоритм получает понижающий сигнал, если наблюдается отклонение системы от заданной траектории;
- 2) второй критерий определяет плавность управления – ограничивается величина управляющих сигналов, которые вырабатывает нижний уровень, что обеспечивает плавность выполнения движений, а также косвенно снижает расход электроэнергии;
- 3) третий критерий определяет расход электроэнергии – осуществляется измерение мощности, которую потребляют электроприводы (увеличение мощности учитывается как отрицательный фактор), и алгоритм обучается экономить электроэнергию.

Все три критерия объединены в одну общую оценку эффективности адаптивного управления. Вес каждого из критериев можно менять в зависимости от конкретной задачи, решаемой в процессе управления.

Верхний уровень (SAC) работает в более крупном временном масштабе. В процессе накопления опыта и обучения он корректирует настройки нижнего уровня. Нижний уровень (MPC) работает в режиме реального времени. Он рассчитывает команды для приводов, исходя из текущих настроек. Безопасность системы обеспечивает специальный блок контроля. Если значения показателей выходят за допустимые пределы, он переключает управление на резервный ПИД–регулятор.

Концептуальную основу управления составляет построение процессно–ориентированной модели принятия управленческих решений. Такой подход реализует выполнение операций управления с учетом функционально–распределенного и объектно–информационного представления конкретной предметной области управления [6–15]. Одновременно с этим, в рамках данной структуры состояние мехатронной системы, параметры управления и энергетические характеристики

рассматриваются как взаимосвязанные объекты информационного пространства. Такое представление обеспечивает структурирование данных и упрощает интеграцию алгоритмов обучения с подкреплением и предиктивного управления в единой архитектуре системы. Моделирование принятия стратегий выполнено на задаче управления двухзвенным манипулятором с переменной нагрузкой. Сравнивались три стратегии: классический MPC с фиксированными параметрами; DRL–контроллер (TD3), обученный с энергетическим критерием (аналог подхода [1]); предлагаемый SAC+MPC с энергетическим критерием. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты сравнения стратегий моделирования			
Стратегия	СКО, рад	Энергопотребление, о.е.	Время счета, %
MPC	0,021	1,00	100
TD3[1]	0,019	0,95	88
SAC+MPC	0,022	0,86	79

Моделирование показало, что предложенный подход снижает энергопотребление до 15 % относительно MPC и до 10 % относительно TD3 при незначительном росте ошибки. Полученные результаты достаточно хорошо согласуются с выводами о преимуществах двухуровневых архитектур [2]. Представленная архитектура масштабируема и пригодна для работы в реальном времени благодаря низкой частоте адаптации. Отметим также то, что в составе архитектуры предусмотрено наличие встроенного блока обеспечения безопасности системы управления в соответствии с требованиями ГОСТ ISO 13849–1 [16].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pan, S. Deep Reinforcement Learning–Based Control Strategy for Underwater Manipulator Systems / S. Pan, F. Cao // IFAC–PapersOnLine. – 2025. – Vol. 59, Iss. 35. – P. 430–435. – (16th IFAC Symposium on Analysis, Design and Evaluation of Human–Machine Systems, HMS 2025). –DOI: 10.1016/j.ifacol.2025.12.034.
2. Jafari, R., Sarhadi, P., Paykani, A., Refaat, S.S., Asef, P. Integrated Energy Optimization and Stability Control Using Deep Reinforcement Learning for an All–Wheel–Drive Electric Vehicle // IEEE Open Journal of Vehicular Technology. – 2025. – Vol. 6. – P. 1–18. DOI: 10.1109/ojvt.2025.3606120.
3. Сафин М.А. Синтез адаптивной системы управления на основе глубокого обучения с подкреплением для робототехнических комплексов // Инженерный вестник Дона. – 2026. – № 2(134). – Порядковый номер: 57.
4. Дружинин Н.С. Обучение с подкреплением как метод управления мобильным роботом: сравнение с пи–регулятором / Н.С. Дружинин, А.С. Беляев // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XXI Международной научно–

практической конференции, 15–18 апреля 2024 г., Томск. – Томск: Изд-во ТПУ, 2024. – С. 570–574.

5. Горькавый М.А. Синтез нечеткой модели энергопотребления промышленного робота на базе гибридных систем управления электрическим приводом / М.А. Горькавый, М.А. Мельниченко, А.И. Горькавый, А.С. Гудим // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2024. – Т. 67. – № 2. – с. 45–55.

6. Якимов В.Н., Дьяконов Г.Н., Машков А.В. Формирование онтологии предметной области на основе анализа NFL–континуума // Информационные технологии. – 2006. № 3. – С. 36–39.

7. Маслаков М.А., Якимов В.Н. Процессно–ориентированные информационные системы // Автоматизация и современные технологии. – 2009. № 11. – С. 17–22.

8. Батищев В.И., Мошков И.С., Якимов В.Н. Обработка технических документов на основе оценки системной организации знаний // Информационные технологии. – 2013. № 10 (206). – С. 15–19.

9. Якимов В.Н., Мошков И.С. Система распознавания терминов таксономии в документах на естественном языке // Программные продукты и системы. – 2011. № 3 (95). – С. 36–41.

10. Якимов В.Н., Мошков И.С. Структурный анализ сложных терминов в технических документах // Интеллектуальные системы в производстве. – 2011. № 2. – С. 270–278.

11. Артюшкин И.В., Рогачев Г.Н., Якимов В.Н., Ярославкина Е.Е. Нейросетевая система автоматизированного управления процессом термохимического обезвоживания нефтяных эмульсий // Нефтяное хозяйство. – 2019. № 6. – С. 102–105.

12. Якимов В.Н., Сизова Н.А., Осмаков Н.А., Ельков С.А. Программа–имитатор управления процессом обезвоживания и обессоливания нефти в ручном режиме // Технологии нефти и газа. – 2025. № 2 (157). – С. 55–59.

13. Ланге П.К., Ярославкина Е.Е., Якимов В.Н., Кожевникова Е.Г. Оперативное измерение эффективных значений напряжения и тока в цепях промышленного электрооборудования // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2019. № 5. – С. 1–8.

14. Портнов К.В., Аникин Д.В., Латушкина Т.С. Компьютерные алгоритмы управления в режиме реального времени на методе синтеза // Инфокоммуникационные технологии. – 2025. Т. 23. № 2 (90). – С. 107–111.

15. Портнов К.В. Использование генетических алгоритмов для решения задачи Марковица // Фундаментальные исследования. – 2025. № 6. – С. 95–101.

16. ГОСТ ISO 13849–1–2014. Безопасность оборудования. Элементы систем управления, связанные с безопасностью. Часть 1. Общие принципы конструирования. – Введ. 2016–01–01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 80 с.

УДК 681.324:004.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТИВНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ КОРРЕЛИРОВАННЫХ ПОМЕХ

Засов В.А., Глазков Н.А.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: приведены результаты моделирование адаптивного вычислительного устройства для подавления мощных коррелированных помех в прерывистых сигналах отличающееся от известных устройств тем, что для определения пауз в полезных сигналах используется этап декорреляции.

Ключевые слова: адаптивный фильтр, подавление помех, декорреляция, шум, моделирование, алгоритмы адаптации, RLS, LMS.

Подавление помех является одним из ключевых этапов первичной обработки сигналов, определяющим достоверность последующих процедур анализа, управления и принятия решений. В современных системах автоматического управления, связи, мониторинга и диагностики широко применяются адаптивные фильтры, позволяющие эффективно бороться с помехами, параметры которых априори неизвестны. В работе рассматриваются прерывистые и импульсные сигналы – класс сигналов, характеризующихся наличием пауз (интервалов времени, в которых полезный сигнал отсутствует). К таким сигналам относятся, например, кодовые сигналы в системах железнодорожной автоматики (АЛСН), импульсные последовательности каналах связи, речевые сигналы и др.

Классическим адаптивным фильтрам свойственно фундаментальное ограничение: эти устройства не способны подавлять помехи, коррелированные с полезным сигналом, т. е. подобные полезным сигналам [1, 2, 3]. Предложенные в [4, 5, 6] адаптивные подавители помех, использующие адаптацию только в паузах сигналов, решают эту задачу, но их применение ограничено условием: уровень мощности помех не должен превышать уровень мощности полезного сигнала. В случае мощных коррелированных помех определение пауз по уровню мощности аддитивной смеси полезного сигнала и помехи становится невозможным, что приводит к блокировке адаптации и резкому снижению качества подавления помех.

В этих условиях для выделения пауз в полезном сигнале предлагается производить декорреляцию сигналов на основном и опорном входах адаптивного фильтра. Декорреляция осуществляется путем добавления в сигналы на основном и опорном входах адаптивного фильтра белого шума с выхода генератора шума.

Декорреляция аддитивной смеси полезного сигнала и коррелированной помехи (на основном входе) и коррелированной помехи на опорном входе позволяет путем последующей адаптивной фильтрации выделить паузы в полезном сигнале

Далее производится полное подавление помех с использованием вычисленных на первом этапе пауз на выходе сигнала в котором помехи подавлены.

Таким образом, предлагаемое адаптивное вычислительное устройство (АВУ) позволяет подавлять коррелированные помехи, уровень мощности которых значительно превышает уровень мощности полезных сигналов [7, 8].

Целью работы является моделирование АВУ для подавления мощных коррелированных помех в прерывистых и импульсных сигналах для подтверждения достоверности предложенного технического решения. Структурная схема модели АВУ представлена на рис. 1, а результаты моделирования приведены на рис.2 (а–г).

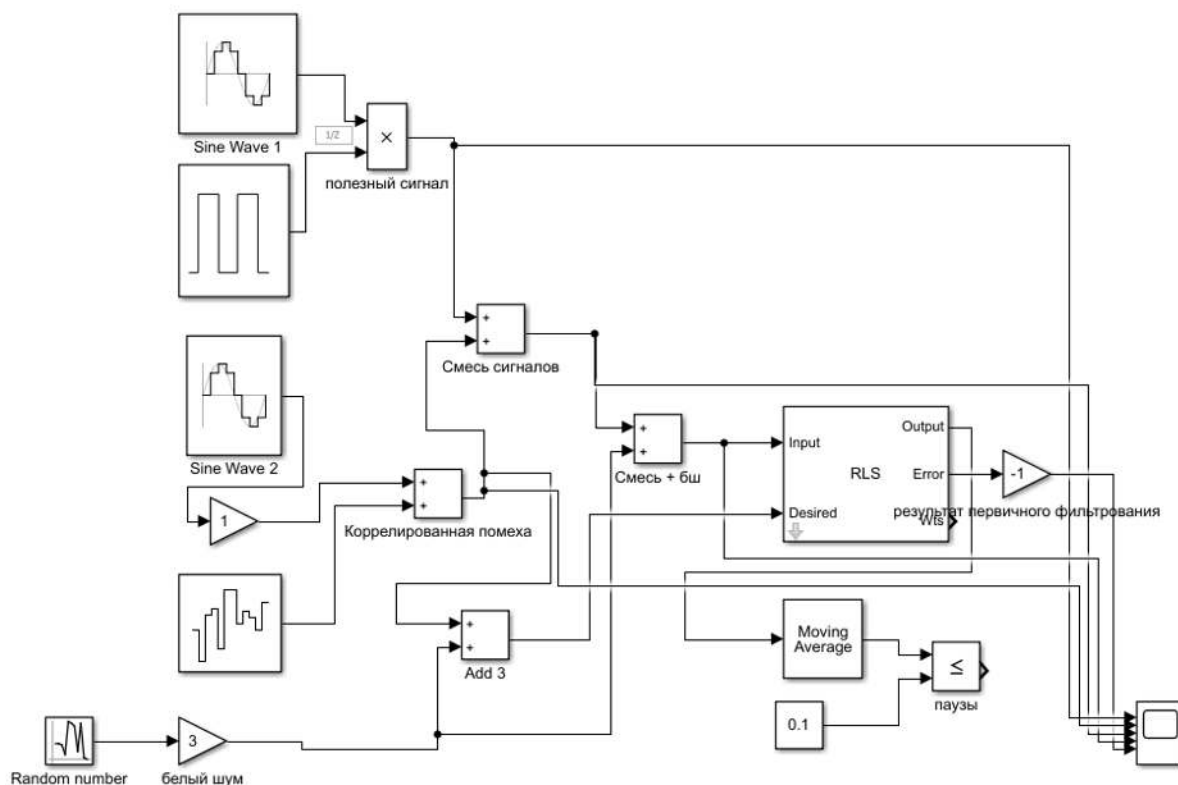


Рисунок 1 – Структурная схема модели АВУ

В представленных результатах моделирования в качестве базового алгоритма адаптации используется рекурсивный метод наименьших квадратов (Recursive Least Squares, RLS), обеспечивающий сравнительно быструю сходимость и устойчивость. В качестве тестовых сигналов использовались гармонические сигналы частотой 50 Гц.

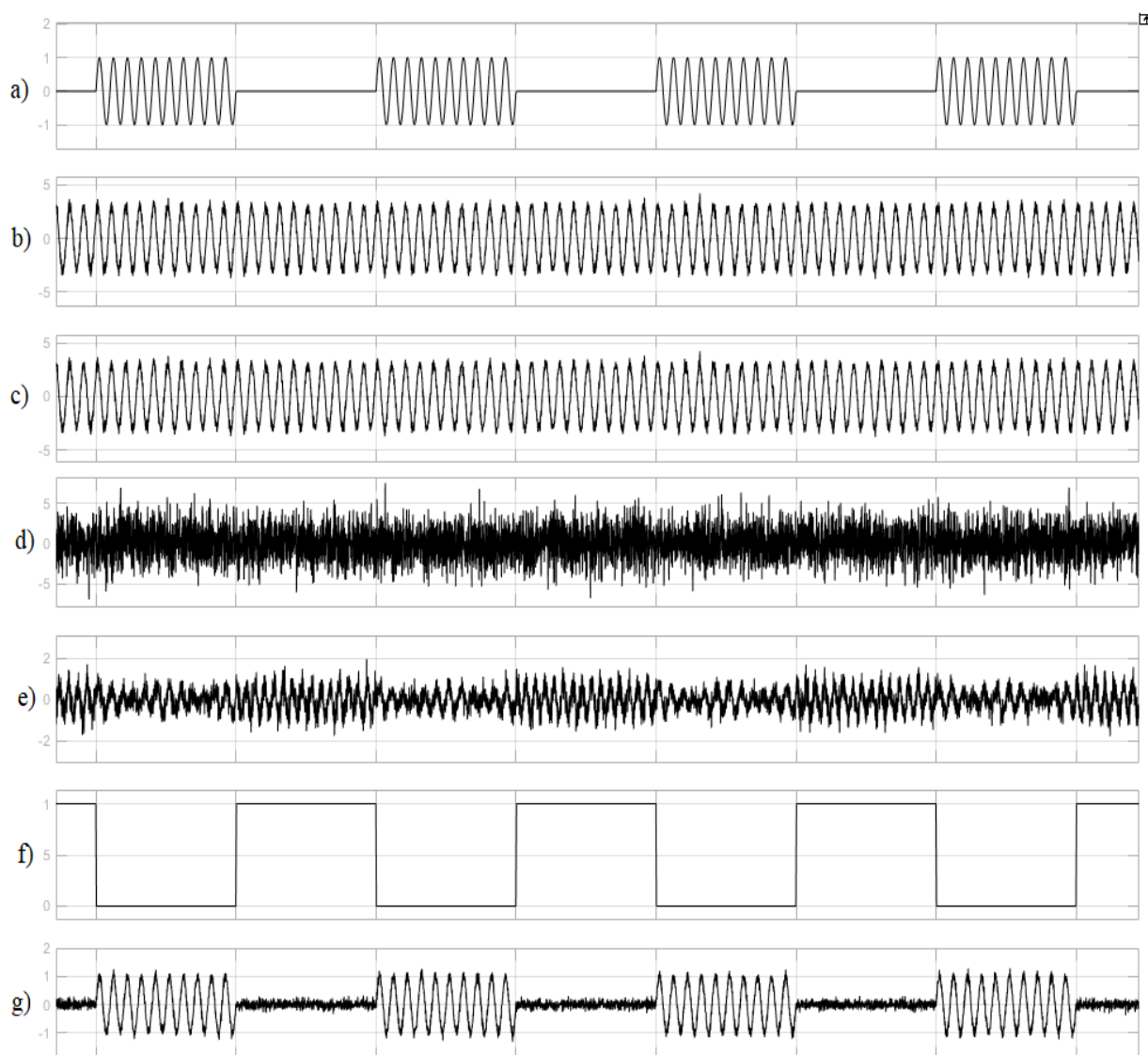


Рисунок 2 – Результаты моделирования АВУ

На рис. 2 (а–г) приведены следующие сигналы.

а) Полезный прерывистый (импульсный) сигнал, в котором паузы – интервалы времени, на которых уровень мощности сигнала равна нулю (или близка к нулю). Именно эти паузы выделяются в дальнейшем зашумленном сигнале для настройки весовых коэффициентов адаптивного фильтра. Длительности импульсов и пауз в модели могут изменяться в зависимости от конкретного типа сигнала.

б) Коррелированная непрерывная помеха. Мощность помехи в модели может изменяться и при моделировании уровень мощности помехи принят в 4 раза превышающем уровень мощности полезного сигнала. В общем случае коррелированная помеха может иметь более сложную структуру, включая гармонические процессы, связанные с источником полезного сигнала.

с) Аддитивная смесь сигнала и помехи как результат суммирования полезного сигнала и коррелированной помехи. Визуальный анализ показывает, что при выбранном для моделирования соотношении помеха/сигнал равным 4:1, паузы в полезном сигнале практически не выделяемы. В этих условиях определение пауз по уровню мощности аддитивной смеси полезного сигнала и помехи становится невозможным, что обосновывает необходимость использования предложенного в работе процесса декорреляции.

d) Сигнал белого шума с выхода генератора шума для осуществления декорреляции. Данный сигнал является ключевым элементом этапа декорреляции, направленного на снижение доли коррелированной составляющей помехи в общей мощности аддитивной смеси.

e) Сигнал после завершения адаптивной фильтрации после декорреляции. Данный сигнал соответствует этапу предварительной обработки, целью которого является снижение уровня коррелированной помехи до значения, достаточного для более надежного обнаружения пауз в полезном сигнале по сравнению с сигналом на рис.2–с. На фоне помех более отчетливо выделяются временные интервалы, которые путем сравнения с заданным пороговым уровнем определяют временные границы пауз в полезном сигнале.

f) Выделенные блоком детектирования интервалы пауз после выполнения процедуры декорреляции. Данный сигнал надежно обозначает паузы в полезном сигнале.

g) Результаты последующей после первого этапа окончательной адаптивной фильтрации с использованием показанных на рис.2–f интервалов пауз.

Результат адаптивного подавления помех, представленный на рис.2–g, подтверждает работоспособность АВУ в условиях, когда определение пауз по исходному зашумленному сигналу невозможно.

Конечно, в результате обработки помехи в полезном сигнале полностью не подавлены, но их уровень мощности в полезном сигнале уменьшился практически на порядок по сравнению с уровнем мощности в зашумленном сигнале (рис.2–с). Таким образом, результаты моделирования АВУ для подавления мощных коррелированных помех в прерывистых и импульсных подтверждают работоспособность предложенного технического решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Haykin, S. Adaptive filter theory (4th ed.) / S. Haykin Prentice Hall, 2001. – 936 p.
2. Джиган, В.И. Адаптивная фильтрация сигналов: Теория и алгоритмы/ В.И. Джиган. –М.: Техносфера, 2013. – 528 с.
3. Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов (3–изд.) / А. Б. Сергиенко. – СПб.: БХВ–Петербург, 2011. – 768 с.
4. Засов, В.А. Адаптивный компенсатор помех в прерывистых сигналах. / В.А. Засов, М.В. Ромкин // Патент на полезную модель RU №148878 от 20.12.2014.
5. Засов, В.А. Адаптивный компенсатор помех в импульсных сигналах/ В.А. Засов, М.В. Ромкин// Патент на изобретение RU №2736199 от 12.01.2020.
6. Zasov, V. Adaptive Cancellation of Interference in Intermittent and Pulse Signals / V. Zasov, M. Romkin// Data Science. Information Technology and Nanotechnology. Proc. of the Int. Conf. ITNT–2021, IEEEExplore, 2021. DOI: 10.1109/ITNT52450.2021.9649169.
7. Глазков, Н.А. Адаптивные вычислительные устройства для подавления коррелированных помех / Н.А. Глазков, В.А. // Материалы VI Всероссийской научно–практической конференции «Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте».– Самара, СамГУПС.– 2024. – С. 67–71.
8. Засов, В.А. Адаптивные вычислительные устройства для подавления коррелированных и импульсных помех в каналах связи / В.А. Засов, Н.А. Глазков, Н.А. Журжа // Наука и образование транспорту. – Самара, ПривГУПС.– 2025.– № 2.– С. 16–21.

СЕКЦИЯ 3

Современные цифровые технологии в различных областях науки и техники

УДК 338

СКВОЗНЫЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕВОЙ ЭКОНОМИКИ

Блинкова С.А., Веляева К.С.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье рассматриваются сквозные цифровые технологии как системообразующий фактор трансформации отраслевой экономики, реализующий межотраслевой эффект через интеграцию искусственного интеллекта, интернета вещей, больших данных и платформенных решений. Теоретическая часть работы посвящена обоснованию структуры цифровой экосистемы отрасли, включающей ядро (технологии и платформы), участников (предприятия, государство, потребители), инфраструктуру и механизмы взаимодействия. На примере промышленности и транспортно–логистического сектора показано дифференцированное влияние сквозных технологий.

Ключевые слова: сквозные цифровые технологии, отраслевая экономика, экосистема отрасли, транспортно–логистический центр, инновационные продукты и сервисы.

В соответствии с Концепцией технологического развития на период до 2030 года перспективные технологии межотраслевого значения, обеспечивающие создание инновационных продуктов и сервисов и оказывающие существенное влияние на развитие отдельных отраслей, определяют перспективный облик экономики ближайших 10–15 лет [1].

Теоретические аспекты сквозных цифровых технологий в развитии отраслевой экономики

Сквозные цифровые технологии представляют собой совокупность универсальных технологических решений, способных интегрироваться в различные сферы экономической деятельности и обеспечивать их системную трансформацию [2, 3]. Их ключевой особенностью является межотраслевой характер применения, позволяющий использовать единые технологические подходы в различных секторах экономики.

К числу базовых сквозных цифровых технологий относятся искусственный интеллект, большие данные, интернет вещей, технологии распределённых реестров, а также облачные и платформенные решения. Указанные технологии формируют технологическую основу цифровой экономики и обеспечивают переход к новым форматам организации производственных и управленческих процессов [4, 5].

В условиях отраслевой экономики внедрение сквозных цифровых технологий сопровождается изменением традиционных моделей функционирования предприятий. Прежде всего, происходит переход от фрагментарной автоматизации к комплексной цифровизации, охватывающей все этапы создания и реализации продукции. Это позволяет обеспечить более высокий уровень координации процессов, повысить прозрачность деятельности и сократить временные и ресурсные затраты.

Существенное значение имеет формирование цифровых экосистем, в рамках которых осуществляется интеграция различных участников рынка. В обобщённом виде такая экосистема может быть представлена как система взаимосвязанных элементов, включающая: ядро (цифровые платформы и технологии), участников (предприятия, государство, потребители), инфраструктуру (данные, сети, облачные сервисы), а также механизмы взаимодействия (обмен данными, цифровые сервисы, платформенные решения). Взаимодействие указанных элементов обеспечивает непрерывность процессов и формирует единое цифровое пространство функционирования отрасли.

Взаимодействие указанных элементов в рамках цифровой экосистемы носит комплексный характер и осуществляется посредством обмена данными, цифровыми сервисами и управленческими воздействиями.

На рисунке 1 представлена структура цифровой экосистемы отрасли, в центре которой находятся цифровые платформы и сквозные цифровые технологии, обеспечивающие интеграцию всех участников. Предприятия и потребители взаимодействуют с платформами посредством обмена данными и получения цифровых сервисов, что способствует повышению эффективности хозяйственной деятельности. Государство, в свою очередь, осуществляет регулирующее воздействие и использует аналитические данные, формируемые в цифровой среде. Инфраструктурный уровень обеспечивает функционирование экосистемы, предоставляя вычислительные ресурсы, каналы передачи данных и облачные

решения. Таким образом, экосистема формируется как взаимосвязанная система элементов, объединённых цифровыми технологиями и потоками данных.

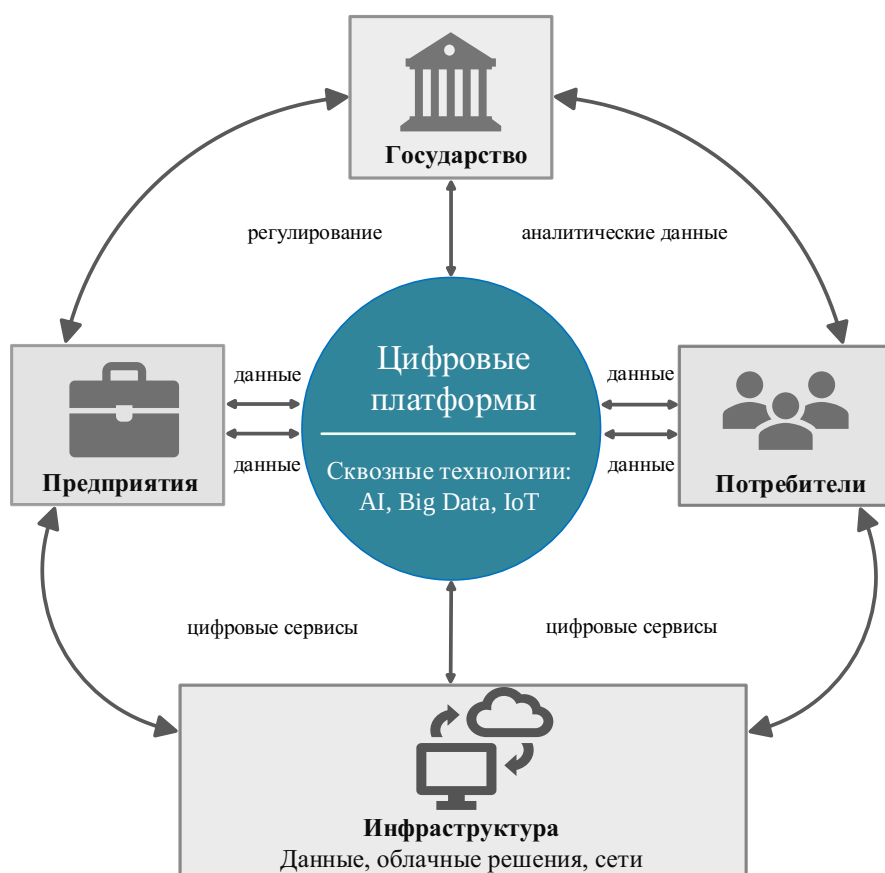


Рисунок 1 Структура цифровой экосистемы отрасли

Практическое применение сквозных цифровых технологий в отраслях экономики

Внедрение сквозных цифровых технологий оказывает дифференцированное влияние на различные отрасли экономики, что обусловлено спецификой их функционирования, уровнем технологической зрелости и характером производственных процессов. Наиболее значимые эффекты цифровой трансформации проявляются в промышленности и транспортно-логистическом секторе.

Промышленность реализует потенциал сквозных цифровых технологий через парадигму «умного производства», где ключевыми драйверами выступают интернет вещей, цифровые двойники и предиктивная аналитика больших данных. Такой подход обеспечивает значительный прирост уровня автоматизации, минимизацию издержек и возможность проактивного управления производственными циклами.

В сегменте транспортно-логистических услуг цифровизация решает задачи повышения эффективности маршрутизации и управления цепями поставок.

Внедрение цифровых платформ и аналитических модулей создает условия для прозрачности логистики, существенно ускоряет доставку и упрощает координацию между стейкхолдерами [6, 7, 8].

Для системного сопоставления того, как сквозные цифровые технологии влияют на различные отрасли, ниже приведена сводная аналитика (таблица 1).

Таблица 1

Сравнительный анализ влияния сквозных цифровых технологий

	<i>Промышленность</i>	<i>Транспорт и логистика</i>
Ключевые технологии	IoT, AI, цифровые двойники	AI, Big Data, платформы
Основные направления применения	Автоматизация производства, мониторинг оборудования	Оптимизация маршрутов, управление поставками
Основные эффекты	Снижение издержек, повышение производительности	Сокращение времени доставки, повышение эффективности
Уровень цифровизации	Высокий	Высокий
Основные ограничения	Высокие инвестиции, сложность внедрения	Интеграция систем

Проведенное сопоставление показывает, что сквозные цифровые технологии оказывают системное воздействие на отраслевую экономику: они не только повышают операционную эффективность и сокращают издержки, но и инициируют формирование принципиально новых конфигураций взаимодействия между участниками рынка. Вместе с тем глубина и вектор цифрового влияния определяются отраслевой спецификой, что обуславливает необходимость применения дифференцированных подходов при интеграции цифровых решений.

Заключение

Сквозные цифровые технологии выступают ключевым фактором трансформации отраслевой экономики, обеспечивая консолидацию предприятий, потребителей и государства в рамках единых цифровых экосистем. Их внедрение ведет к росту процессной эффективности, снижению транзакционных и операционных издержек, а также создает основу для возникновения новых моделей кооперации, выходящих за пределы традиционных отраслевых границ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция технологического развития на период до 2030 года : утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 мая 2023 г. № 1315-р. – Москва, 2023. – 52 с.
2. Блинкова, С. А. Развитие инновационных секторов в России и за рубежом / С. А. Блинкова, Е. М. Разумовская, К. С. Веляева // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2024. – № 6. – С. 235–244. – DOI 10.24412/2220–2404–2024–6–5. – EDN HBQUSY.

3. Блинкова, С. А. За пределами регулирования: как неформальные институты формируют инновации в транспортной сфере / С. А. Блинкова // Транспортное дело России. – 2026. – № 1. – С. 46–50. – EDN ZUQUXN.
4. Blinkova, S. Development of an Energy System at a Railway Station Using a Gas Turbine Power Station / S. Blinkova, M. Garanin, E. Dobrynin // Transportation Research Procedia, Novosibirsk, 25–29 мая 2020 года. – Novosibirsk, 2021. – P. 538–543. – DOI 10.1016/j.trpro.2021.02.105. – EDN OEQNNX.
5. Веляева, К. С. Формирование экосистемы технологического развития в коллаборации индустриального партнера и университета / К. С. Веляева // Цифровая экосистема экономики : СБОРНИК СТАТЕЙ ПО ИТОГАМ XII-й МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦИИ, Ростов-на-Дону, 29 апреля 2025 года. – Ростов-на-Дону, Таганрог: Южный федеральный университет, 2025. – С. 308–311. – EDN VKLAEZ.
6. Збарский, А. М. Модель региональной отраслевой транспортной экосистемы инновационного развития / А. М. Збарский, М. А. Гаранин, Д. В. Горбунов // Экономика, предпринимательство и право. – 2024. – Т. 14, № 5. – С. 1927–1938. – DOI 10.18334/ep.14.5.120918. – EDN HRMDZQ.
7. Дмитриев, В. В. Сквозные цифровые технологии на железнодорожном транспорте / В. В. Дмитриев, М. А. Гаранин // Автоматика, связь, информатика. – 2025. – № 8. – С. 2–6. – DOI 10.62994/AT.2025.8.8.001. – EDN EQJOCK.
8. Гаранин, М. А. Управление железнодорожными станциями на основе данных / М. А. Гаранин, В. В. Дмитриев, Ю. Д. Верстина // Транспортное дело России. – 2025. – № 5. – С. 279–285. – EDN EYRAGY.

УДК 004.42
003.26
378.016

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА КВАДРАТА ПОЛИБИЯ НА HTML С УДОБНЫМ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИМ ИНТЕРФЕЙСОМ

Пещеров А. Ю., Бакалдин И. Ю., Тимофеев И. А., Иванов Д. В.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье рассматривается разработка программной реализации алгоритма шифрования квадрата Полибия на JavaScript с применением HTML и CSS для построения удобного пользовательского интерфейса, обеспечивающего наглядное демонстрирование процесса шифрования и дешифрования. Алгоритм реализован на отдельной странице информационной системы CipherCalc, что позволяет пользователю интерактивно работать с текстом, наблюдать, как символы преобразуются и корректно обрабатываются. Представленная работа демонстрирует принципы функционирования классического криптографического метода шифрования квадрата Полибия и его визуализацию в веб-среде, а также показывает, как интерактивная реализация алгоритма может автоматизировать процесс обучения криптографии и облегчить работу преподавателей, включая проверку и анализ практических заданий студентов.

Ключевые слова: шифр квадрата Полибия, криптография, графический интерфейс, веб-страница, HTML, JavaScript, CSS, кириллический алфавит, латинский алфавит, обучение криптографии.

Шифрование и дешифрование – это базовые задачи криптографии, они защищают информацию и обеспечивают её конфиденциальность. Одним из классических методов симметричного шифрования является квадрат Полибия. Алгоритм, который преобразует каждый символ исходного текста в пару чисел на основе его координат в таблице фиксированного размера. Потому метод прост для понимания и реализации при изучении криптографии [1, 2].

В данной работе предложена программная реализация алгоритма квадрата Полибия на языке HTML. Для построения графического интерфейса использованы JavaScript и CSS. Интерфейс даёт интуитивное взаимодействие с пользователем и наглядную визуализацию процессов шифрования и дешифрования, вследствие чего представленное решение можно применять для автоматизации обучения, для проверки и анализа практических заданий студентов, а также может служить основой для интеграции подобных алгоритмов в информационные образовательные системы как отдельный модуль или компонент.

Математическая основа алгоритма заключается в том, что каждой букве алфавита сопоставляется уникальная пара чисел: Номер строки и номер столбца таблицы. Шифрование заменяет символ на соответствующую пару чисел. Дешифрование

возвращает такие пары обратно в исходные символы. Более подробное описание принципов работы математического аппарата приведено в работе [3].

Алгоритм квадрата Полибия реализован в виде JavaScript функции с использованием HTML и CSS. Разработанный код, часть которого представлена на рисунке 1, поддерживает как латинский, так и кириллический алфавиты, работает с заглавными и строчными буквами и сохраняет знаковые символы. Такая реализация обеспечивает наглядность процессов шифрования и дешифрования, упрощает изучение алгоритма студентами и облегчает преподавателям проверку практических заданий, одновременно гарантируя корректность преобразований при любых комбинациях символов выбранного алфавита.

```
const polybiusEn = [
  ['A', 'B', 'C', 'D', 'E'],
  ['F', 'G', 'H', 'I', 'K'],
  ['L', 'M', 'N', 'O', 'P'],
  ['Q', 'R', 'S', 'T', 'U'],
  ['V', 'W', 'X', 'Y', 'Z']
];

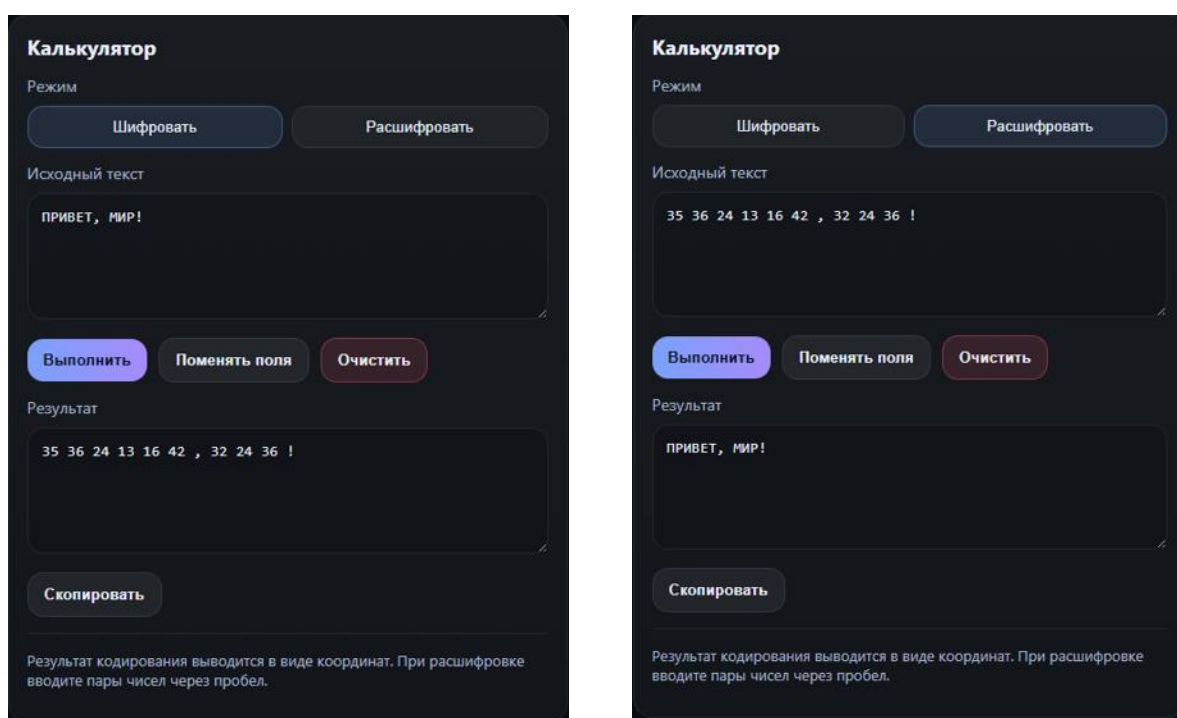
const polybiusRu = [
  ['А', 'Б', 'В', 'Г', 'Д', 'Е'],
  ['Ё', 'Ж', 'З', 'И', 'Й', 'К'],
  ['Л', 'М', 'Н', 'О', 'П', 'Р'],
  ['С', 'Т', 'У', 'Ф', 'Х', 'Ц'],
  ['Ч', 'Ш', 'Щ', 'Ъ', 'Ы', 'Ь'],
  ['Э', 'Ю', 'Я', ' ', ' ', ' ']
];

function findInSquare(letter, square){
  for (let i = 0; i < square.length; i++){
    for (let j = 0; j < square[i].length; j++){
      if (square[i][j] === letter){
        return (i+1) + " " + (j+1);
      }
    }
  }
  return letter;
}
```

Рисунок 1 – Фрагмент программной реализации, демонстрирующий основную логику работы программы

Для реализации алгоритма шифрования квадрата Полибия в данной работе были использованы стандартные возможности языка программирования JavaScript с использованием технологий HTML и CSS [4, 6], назначение которых заключается в организации и оформлении веб–страницы, а также обеспечении интерактивного взаимодействия пользователя с приложением.

В результате работы программы отображается веб–страница информационной системы CipherCalc, предоставляющая пользователю возможность ввода текста и выполнения операций шифрования, расшифровки и обмена между исходным и зашифрованным/расшифрованным текстом, с демонстрацией шифрования текста, что иллюстрируется на рисунке 2.



А

Б

Рисунок 2 – Результаты работы программного обеспечения: «А» – шифрование кириллической графики; «Б» – дешифрования кириллической графики

Итогом работы является веб–страница, позволяющая пользователю вводить текст, выполнять шифрование и дешифрование. Программная реализация обеспечивает удобный интерфейс, что предоставляет наглядный пример симметричного шифрования, а также может применяться в образовательных целях, как на школьных уроках, так и в практических занятиях вузов. Благодаря интуитивно понятному пользовательскому интерфейсу и наглядной визуализации работы

алгоритма, созданная веб-страница способствует более глубокому пониманию механизма шифрования квадрата Полибия. Реализация на HTML с использованием JavaScript и CSS обеспечивает красивый и удобный интерфейс и представляет более удобную альтернативу существующим решениям, выполненным на языках Python и Java [3, 5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коробейников, А. Г. Математические основы криптологии : Учебное пособие / А. Г. Коробейников, Ю. А. Гатчин. – Санкт–Петербург : Санкт–Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2004. – 106 с. – EDN VZPRSX.
2. Афанасьев, Е. Н. Использование классических методов шифрования для защиты информации / Е. Н. Афанасьев, А. А. Жукова // Актуальные проблемы деятельности подразделений уголовно–исполнительной системы : Сборник материалов Всероссийской научно–практической конференции. В 3–х томах, Воронеж, 24 октября 2024 года. – Воронеж: ООО Издательско–полиграфический центр "Научная книга", 2024. – С. 4–8. – EDN NFIJKN.
3. Кирсанов, С. А. Программная реализация алгоритма шифра квадрат Цезаря с поддержкой латинского и кириллического алфавитов на языке Python / С. А. Кирсанов, Р. Е. Квасков, Д. В. Иванов // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : МАТЕРИАЛЫ VII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО–ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Самара, 04 апреля 2025 года. – Самара: Приволжский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 36–41. – EDN BETZMP.
4. Гончаров, А. Ю. Web–дизайн. HTML, JavaScript и CSS : карманный справочник / А. Ю. Гончаров ; Гончаров А. Ю.. – Москва : КУДИЦ–Пресс, 2007. – 319 с. – ISBN 5–91136–024–1. – EDN QMQWRL.
5. Программное обеспечение демонстрации работы алгоритма шифра квадрат Полибия на языке Java / А. Ю. Пещеров, И. Ю. Бакалдин, И. Л. Сандлер, И. Г. Баканова // Наука и образование транспорту. – 2025. – № 2. – С. 65–68. – EDN IHLGEZ.
6. Чусавитина, Г. Н. Мировые информационные ресурсы: применение HTML, CSS и JAVASCRIPT для создания Web–страниц / Г. Н. Чусавитина, Е. М. Разинкина. – Магнитогорск : Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2004. – 277 с. – ISBN 5–86781–328–2. – EDN QNLAYF.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ СРАВНЕНИЕ СТРАТЕГИЙ РЕНДЕРИНГА SSR И SSG В ПРИЛОЖЕНИЯХ NEXT.JS

Габдуалиев А.Н., Липатова М.Н.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье рассматривается экспериментальное сравнение стратегий рендеринга Server-Side Rendering (SSR) и StaticSite Generation (SSG) в приложениях, разработанных на базе фреймворка Next.js. Представлен анализ архитектурных различий подходов, а также результаты измерения производительности с использованием инструментов Lighthouse и autocannon. Оценка проводилась на основе клиентских и серверных метрик, включая латентность, пропускную способность и показатели загрузки страницы. Полученные результаты демонстрируют влияние выбранной стратегии рендеринга на устойчивость системы при конкурентной нагрузке и позволяют сформулировать практические рекомендации по выбору архитектурного решения.

Ключевые слова: Next.js, SSR, SSG, серверный рендеринг, статическая генерация, производительность веб-приложений, нагрузочное тестирование, Lighthouse, autocannon.

В работе выполнено сравнительное исследование стратегий Server-Side Rendering (SSR) и StaticSite Generation (SSG) в приложении на базе Next.js. Актуальность исследования обусловлена необходимостью выбора архитектурного подхода, обеспечивающего оптимальное соотношение динамичности и производительности веб-приложения. Основное различие между стратегиями заключается в моменте формирования HTML-документа: при SSR рендеринг выполняется при каждом запросе пользователя, тогда как при SSG страница генерируется на этапе сборки [1]. Целью эксперимента являлось выявление различий во времени отклика и пропускной способности системы при идентичной структуре интерфейса и детерминированных данных.

Эксперимент проведён на тестовом приложении Next.js версии 16.1.6 с использованием AppRouter и Node.js версии 24.12.0, реализующем две страницы с идентичной структурой интерфейса и фиксированными тестовыми данными [2]. Тестирование проводилось на ноутбуке с процессором AMD Ryzen 7 7735HS (8 ядер, 16 потоков, базовая частота 3,2 ГГц) и 16 ГБ оперативной памяти DDR5-4800. Операционная система – 64-разрядная версия Windows.

Running 15s test @ <http://localhost:3000/ssg> Start Debugging in Browser
20 connections

Stat	2.5%	50%	97.5%	99%	Avg	Stdev	Max
Latency	19 ms	21 ms	33 ms	42 ms	22.67 ms	5.16 ms	102 ms

Stat	1%	2.5%	50%	97.5%	Avg	Stdev	Min
Req/Sec	684	684	892	963	862,74	83,91	684
Bytes/Sec	40.1 MB	40.1 MB	52.3 MB	56.5 MB	50.6 MB	4.92 MB	40.1 MB

Req/Bytes counts sampled once per second.
of samples: 15

13k requests in 15.04s, 759 MB read

Рисунок 1 – Результаты нагрузочного тестирования для режима SSG

Аппаратная конфигурация фиксирована на протяжении всех измерений. Были разработаны маршруты /ssg (статическая генерация) и /ssr (принудительный динамический режим) [1]. Тестирование осуществлялось в production-конфигурации (npmrunbuild, npmstart), что исключает влияние среды разработки на результаты измерений. Для оценки поведения системы при конкурентной нагрузке применялся инструмент autocannon с параметрами 20 одновременных соединений и длительностью теста 15 секунд.

Результаты нагрузочного тестирования отображены на рисунке 1, из которого видно, что в режиме SSG средняя латентность составила 22,67 мс, а пропускная способность – 862,74 запросов в секунду. Максимальная задержка не превышала 102 мс. Полученные значения свидетельствуют о высокой устойчивости системы при конкурентной нагрузке, поскольку обработка запроса сводится к отдаче заранее сформированного HTML-документа без выполнения дополнительной серверной логики [1].

Согласно данным, представленным на рисунке 2, в режиме SSR средняя латентность достигла 246,72 мс, а пропускная способность составила 80,67 запросов в секунду. Максимальное значение задержки превысило 460 мс. Увеличение времени отклика обусловлено необходимостью выполнения серверной логики и повторной генерации HTML-документа при каждом обращении пользователя [2].

Running 15s test @ <http://localhost:3000/ssr>  Start Debugging in Browser
20 connections

Stat	2.5%	50%	97.5%	99%	Avg	Stdev	Max
Latency	217 ms	240 ms	327 ms	424 ms	246.72 ms	30.8 ms	461 ms

Stat	1%	2.5%	50%	97.5%	Avg	Stdev	Min
Req/Sec	45	45	83	88	80,67	10,02	45
Bytes/Sec	2.64 MB	2.64 MB	4.86 MB	5.15 MB	4.72 MB	586 kB	2.63 MB

Req/Bytes counts sampled once per second.
of samples: 15

1k requests in 15.1s, 70.8 MB read

Рисунок 2 – Результаты нагрузочного тестирования для режима SSR

Сопоставление результатов показывает, что при одинаковых параметрах нагрузки режим SSG обеспечивает более чем десятикратное преимущество по пропускной способности и существенно меньшую латентность по сравнению с SSR. При этом в условиях одиночной загрузки страницы различия между стратегиями минимальны, что подтверждается ранее проведёнными клиентскими измерениями [3]. Следовательно, архитектурные различия наиболее выражено проявляются именно при конкурентной нагрузке. Выбор стратегии рендеринга должен определяться характером данных и требованиями к динамичности: для контентно-ориентированных систем предпочтителен SSG, тогда как для приложений с персонализацией и часто изменяемой информацией оправдано применение SSR [1, 2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интернет – ресурс: Vercel. Rendering Strategies in Next.js (SSR, SSG, ISR, Streaming). – URL: <https://nextjs.org/docs/app/building-your-application/rendering> (дата обращения: 24.02.2026).
2. Интернет – ресурс: React. Server Components and Streaming SSR. – URL: <https://react.dev/reference/react-dom/server> (дата обращения: 24.02.2026).
3. Интернет – ресурс: Google Developers. Lighthouse: инструмент анализа производительности веб-страниц. – URL: <https://developer.chrome.com/docs/lighthouse/> (дата обращения: 24.02.2026).

УДК 004.42
378.147
681.5:62–85

РАЗРАБОТКА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ВЕБ–ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПНЕВМОАВТОМАТИКИ С ИНТЕГРАЦИЕЙ ПРАКТИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ И ТЕСТОВ

Алексеев Р.Р.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в данной работе представлена разработка образовательной веб–платформы по автоматизации пневматических систем. Цель проекта – объединение теоретической базы, контроля знаний и практической работы в единой цифровой среде для подготовки специалистов по пневмоавтоматике. Платформа включает учебный материал, систему тестирования и виртуальную лабораторию для проектирования и анализа пневматических схем. Представленное решение позволяет пользователям безопасно изучать принципы работы пневматических систем и отрабатывать практические навыки без использования дорогостоящего оборудования. Предложенная платформа способствует повышению практических навыков, обучающихся в области автоматизации.

Ключевые слова: пневматические системы, автоматизация, образовательная платформа, виртуальная лаборатория, инженерное образование, моделирование, веб–приложение, обучение, контроль знаний, техническое образование.

Разработанная образовательная платформа по автоматизации пневматики нацелена на решение одной из проблем современного образования: избыток теоретических знаний, объединённый с недостатком практической подготовки, необходимой для проектирования, диагностики и обслуживания пневматических систем в реальных условиях. По мере развития автоматизации производства растёт спрос на специалистов, владеющих не только теорией, но и практикой в области автоматизации пневматических систем управления [1–4].

Пневматические системы пользуются спросом в производственной, автомобильной, фармацевтической и пищевой промышленности благодаря надёжности в жёстких условиях эксплуатации и простоте обслуживания [4, 5]. При этом высокая стоимость реального учебного оборудования и сложность производственных пневматических схем создают препятствия для практической подготовки специалистов, оставляя студентов без достаточных навыков работы с реальными системами вплоть до выхода на производство [4–6].

Разработанная платформа, представленная на рисунке 1, объединяет три компонента: теоретический материал, оценку уровня знаний и виртуальную лабораторию для практической работы.

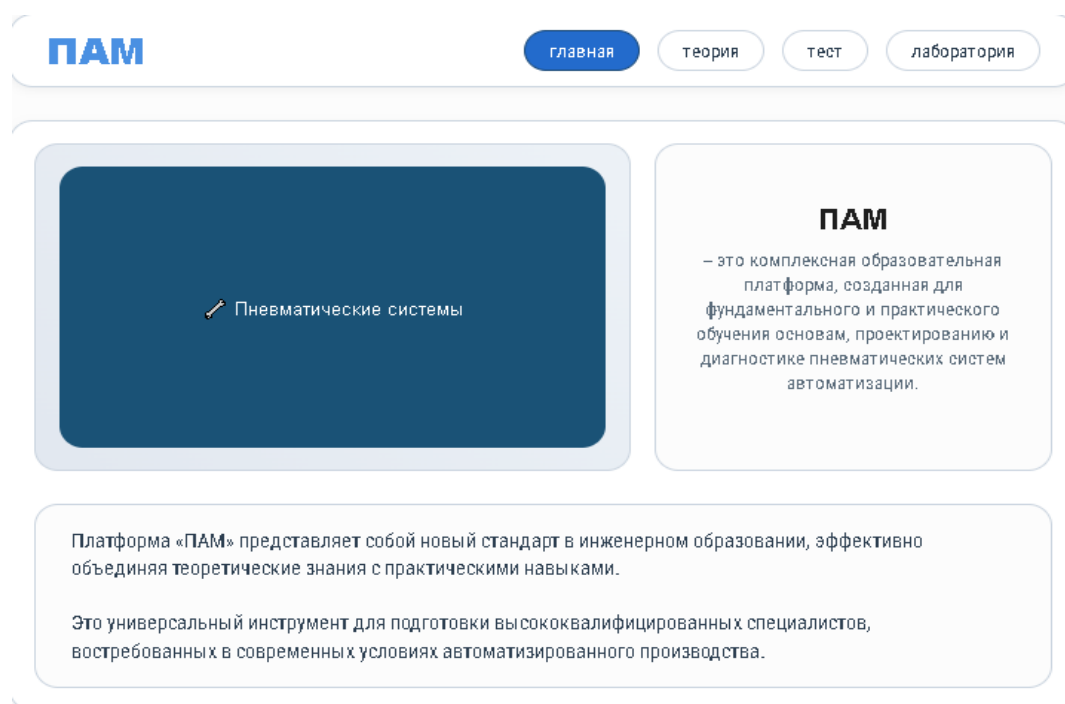


Рисунок 1 – Внешний вид главной вкладки комплексной образовательной платформы «ПАМ»

Образовательная платформа ПАМ реализована в виде веб–приложения и обеспечивает доступ ко всем функциям для любого устройства, оснащённого веб–браузером. Теоретический модуль, представленный на рисунке 2, содержит образовательный материал и состоит из трёх частей. Часть А представляет вводный курс, часть В даёт основную теорию, а часть С содержит справочные материалы. Тесты с множественным выбором и автоматической проверкой, представленные на рисунках 3–6, предназначены для подтверждения понимания пользователем пройденного материала и обеспечивают мгновенную обратную связь и отслеживание результатов. Пользователь может собирать пневматические схемы, используя более 200 моделей компонентов (см. рисунок 7), а также моделировать их поведение и проводить эксперименты без риска повреждения оборудования или производственных травм.

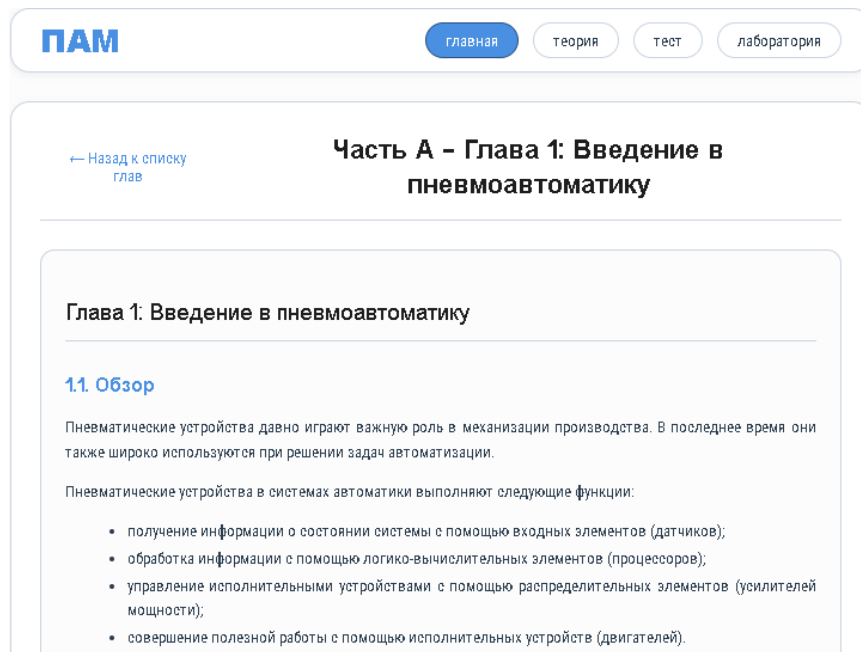


Рисунок 2 – Внешний вид теоретической базы

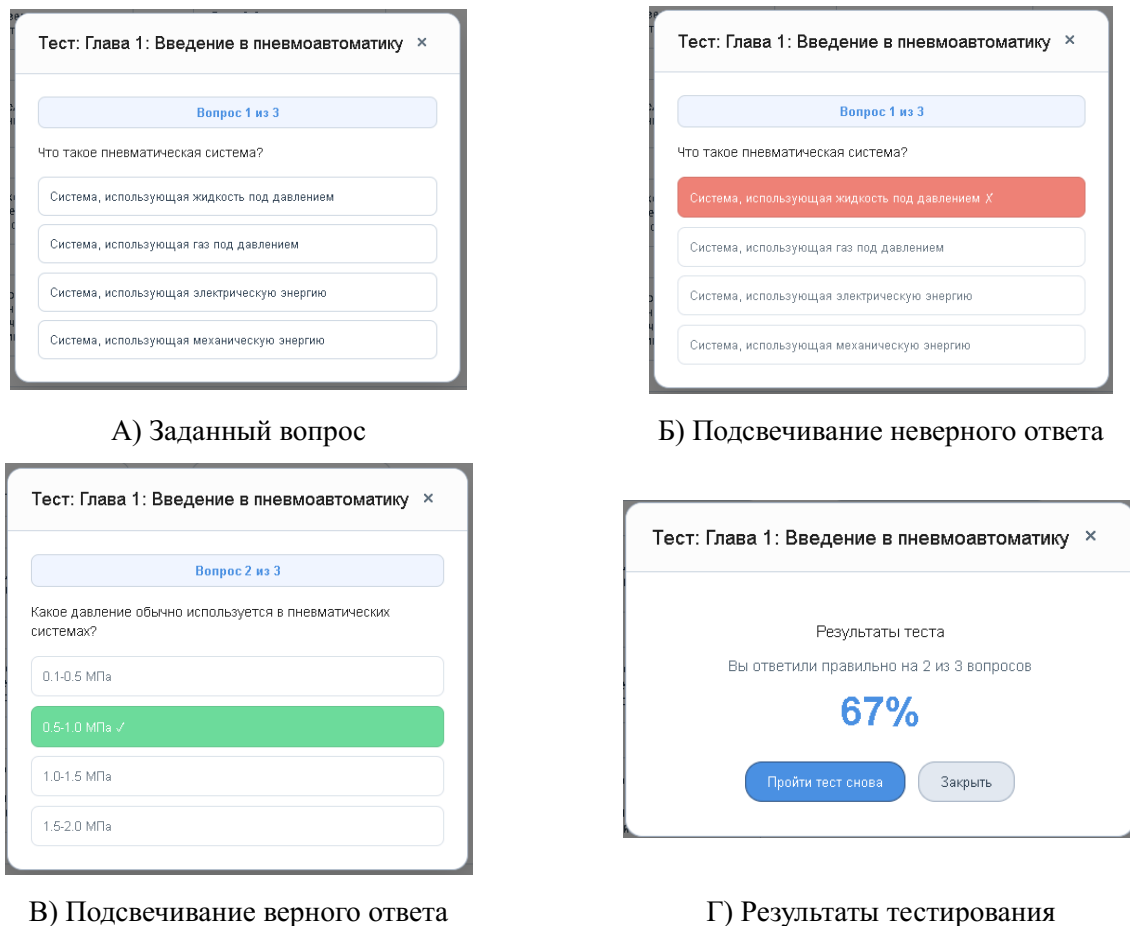


Рисунок 3 – Внешний вид системы тестирования

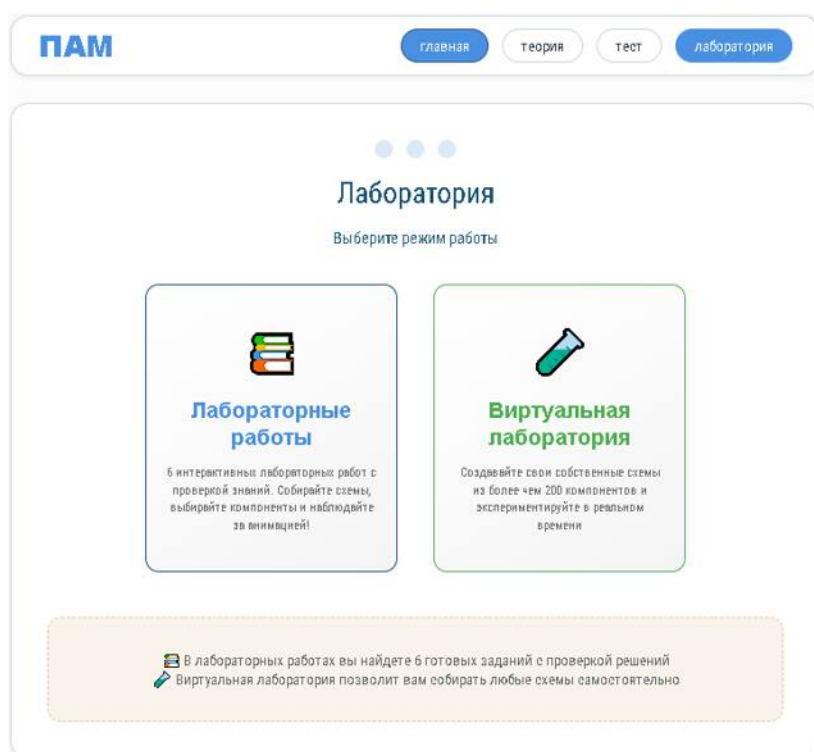


Рисунок 4 – Внешний вид вкладки «Лаборатория»

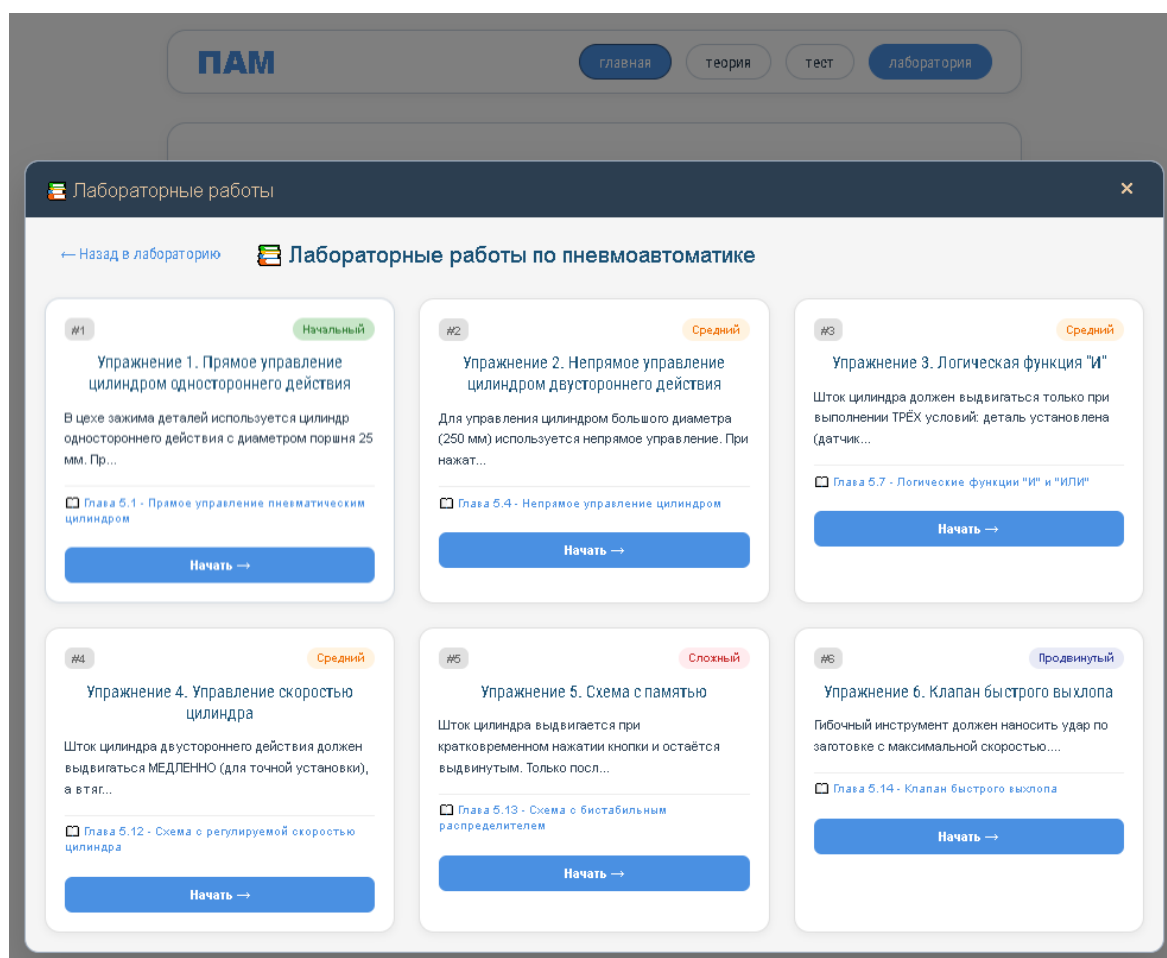
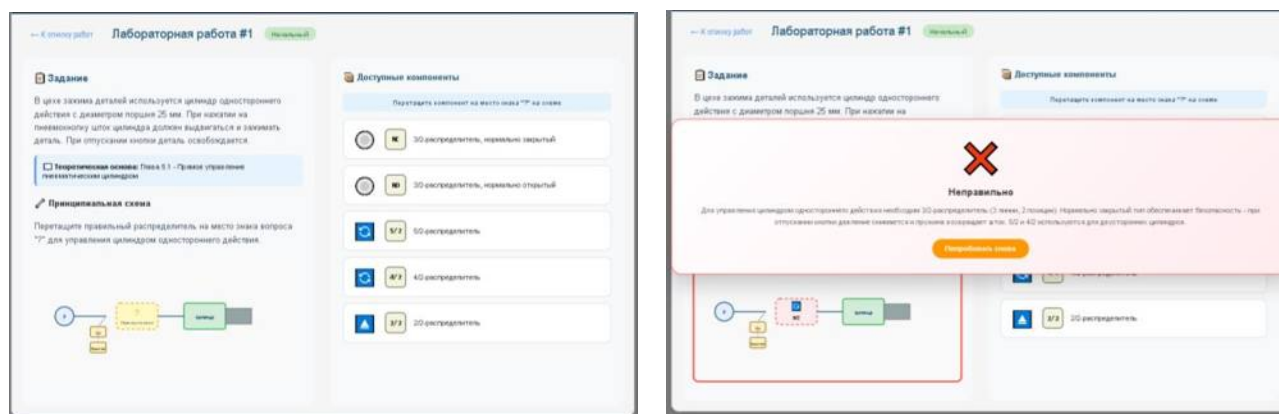


Рисунок 5 – Внешний вид вкладки «Лаборатория»: выбор лабораторной работы



А

Б

Рисунок 6 – Внешний вид вкладки «Лаборатория»: функционал

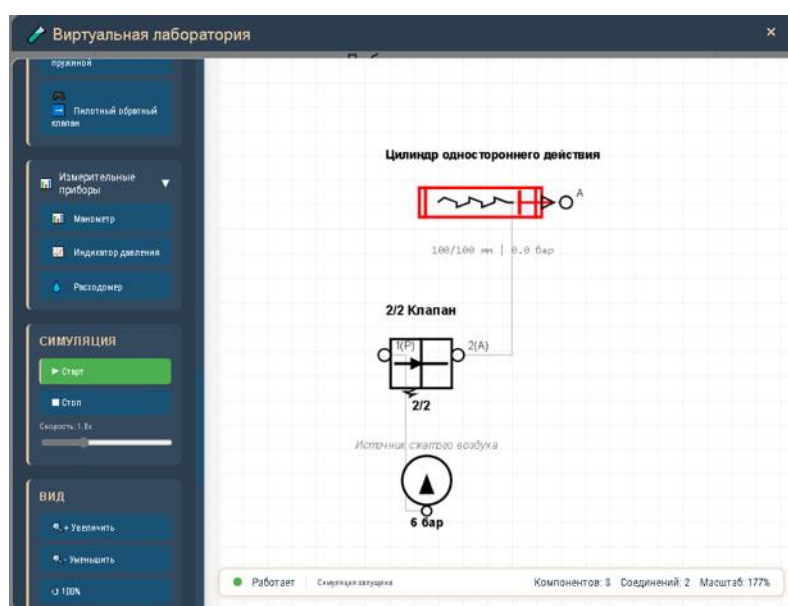


Рисунок 7 – Внешний вид вкладки «Виртуальная лаборатория»

Разработанное веб-приложение позволяет повысить уровень практической подготовки и подкрепить теоретическую базу, не прибегая к использованию дорогостоящего оборудования [7].

Дальнейшее направление работы предполагает расширение теоретического материала и добавление новых элементов в библиотеку компонентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карманова, А. С. Разработка пневматической системы управления / А. С. Карманова, Г. Д. Шишкин // Молодежный научно-технический вестник. – 2017. – № 3. – С. 8. – EDN YTQRYJ.
2. Моделирование и разработка комплексного программного обеспечения для пневматического стенда под управлением отечественным ПЛК / А. А. Шикова, Л. О. Федосова, А. В. Золотов, А. В. Лукоянов // Системы автоматизации (в образовании, науке и

производстве) AS'2022 : труды Всероссийской научно–практической конференции (с международным участием), Новокузнецк, 15–16 декабря 2022 года. – Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2022. – С. 139–144. – EDN QOVDQQ.

3. Лямасов, А. К. Внедрение элементов САПР в образовательный процесс подготовки инженерных кадров по профилю "Автоматизированные гидравлические и пневматические системы и агрегаты" / А. К. Лямасов, С. Ю. Купцов // Информатизация инженерного образования : Труды Международной научно–практической конференции – ИНФОРИНО–2016, Москва, 12–13 апреля 2016 года. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2016. – С. 366–369. – EDN WFNWTN.

4. Ахтямов, А. В. Применение систем автоматизированного проектирования для решения инженерных задач исследовательского характера / А. В. Ахтямов, И. В. Колмыкова // Информационные технологии в работе с одаренной молодежью : Под редакцией М.И. Бальзанникова, С.А.Пиявского, В.В. Козлова / Самарский государственный архитектурно–строительный университет. – Самара : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Самарский государственный архитектурно–строительный университет", 2015. – С. 271–274. – EDN TQLVAN.

5. Пневматические приводы: что это, как устроены и как выбрать [Электронный ресурс] // Пневмопроект – URL: <https://www.pnevmoproekt.ru/company/articles/pnevmaticheskie-privody-ustroystvo-i-vybor/> (дата обращения 24.03.2026).

6. Festo Didactic InfoPortal. Режим доступа: <https://ip.festo-didactic.com>. [дата обращения: 16.03.2026].

7. Гаврилин, А. Н. Особенности преподавания курса гидравлики, гидро и пневмопривода для студентов электромеханического направления / А. Н. Гаврилин, А. В. Иоппа // Технический университет: реформы в обществе и открытое образовательное пространство : труды Международной научно–практической конференции: в 2 томах, Томск, 14–17 мая 1996 года / Томский политехнический университет. Том 2. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 1996. – С. 60. – EDN TQCWMD.

УДК 004.42
303.094.3
616.61

РАЗРАБОТКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА МОДУЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ АГРЕГИРОВАННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Кокин А.Р.¹, Сандлер И.Л.¹, Седашкина О.А.²

¹Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

²ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет», МЗ РФ, г. Самара

Аннотация: в статье рассматривается разработка пользовательского интерфейса для визуализации агрегированных медицинских данных, полученных в результате работы веб-калькулятора риска развития хронической болезни почек у детей. Обосновывается необходимость автоматизации аналитических процессов в здравоохранении, обусловленная высокой нагрузкой на медицинский персонал и риском ошибок при ручной обработке данных. Предлагаемое решение направлено на преобразование неструктурированных числовых массивов в наглядное и удобное для восприятия представление, способствующее более эффективному анализу клинической информации.

Описана архитектура и реализация интерфейса на основе технологий HTML5, CSS3, JavaScript и фреймворка Django с использованием встроенной административной панели. Особое внимание уделено инструментам визуализации временных рядов, интерактивным элементам интерфейса, а также механизмам асинхронного взаимодействия с сервером. Реализованные компоненты обеспечивают отображение динамики клинических показателей, управление записями пациентов и формирование отчетности.

Разработанный интерфейс повышает удобство работы с аналитическими данными, сокращает время их обработки и способствует принятию более обоснованных решений. Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшего развития систем поддержки принятия решений в медицинской практике.

Ключевые слова: цифровое здравоохранение, медицинские информационные системы, хроническая болезнь почек, ХБП, педиатрическая нефрология, пользовательский интерфейс, агрегирование данных, визуализация данных, модуль визуализации, веб-калькулятор, Django, Python

Традиционные подходы, выстроенные на ручной обработке персональных данных пациентов, требующих высокого внимания к точности и корректности ввода, сопровождаются существенными временными затратами и погрешностями, которые возникают в связи с высокой нагрузкой на специалистов медицинских учреждений [1,2]. Подобные ошибки могут быть очень критичны, так как даже незначительные отклонения в расчётах могут вызвать искажения общей картины, вследствие чего могут произойти неверные клинические или управленческие решения. Сегодня, когда здравоохранение переживает времена активного внедрения цифровых технологий, автоматизация аналитических процессов является одним из условий повышения качества оказания медицинской помощи и эффективности проведения исследований, так как информационные потоки, генерируемые медицинскими учреждениями, можно корректно использовать только при применении современных методов анализа, интерпретации и инструментов визуализации данных, которые помогут врачу не просто получить данные, но и быстро их понимать, что является

актуальным, ввиду высокой загруженности медицинского персонала.

Наглядным примером является детская нефрология, в которой особое место занимает задача выявления предрасположенностей к хронической болезни почек [1,2]. Для этого в современной медицине применяются расчётные инструменты, позволяющие унифицировать процедуру скрининга, делая её более доступной для врачей [3–6]. Однако результаты расчётов, взятые отдельно друг от друга, не формируют целостное представление картины о тенденциях, оценки качества работы прогностических моделей, понимании распределения ключевых факторов среди различных групп пациентов. Одним из примеров решения данной задачи является алгоритм для веб-платформы, предоставляющий администратору набор метрик для анализа, а также выполняющего функцию обратной связи для разработчиков алгоритма. Однако для корректного восприятия данных, которые будут получены в алгоритме необходимо создать интуитивно понятный интерфейс, который позволит быстро обрабатывать информацию в результате агрегирования и статистического анализа данных [7,8], так как на данный момент данные можно получить только из консоли, что является не только неудобным решением для рядового пользователя, но и не практичным вариантом, затрагивающим большое количество времени.

Описанные выше суждения стали основанием для задачи статьи – создание пользовательского интерфейса, ориентированного на визуализацию обобщённых показателей, которые были получены в результате статистической обработки данных веб-калькулятора риска развития ХБП у детей [3, 4] для обеспечения автоматизированного переход от неструктурированных числовых массивов к структурированному визуальному представлению данных, адаптированному для восприятия.

В основу разработки пользовательского интерфейса вошли такие инструменты как языки разметки HTML5 и CSS3, язык программирования JavaScript, а также фреймворк Django [9].

Для доступного использования аналитического модуля администратором сайта, платформой для пользовательского интерфейса стала административная панель, встроенная в Django. Такое решение было принято для сохранения точки входа для управления данными и их анализа, также механизм Django templates предлагает возможности гибкого расширения стандартного интерфейса, что позволяет сэкономить время на разработке отдельного приложения. Заключительным фактором

в принятии решения стало использование встроенных средств аутентификации и авторизации, обеспечивающих безопасный доступ к аналитическим данным.

Сформированный на серверной стороне структурированный набор данных передается в уровень представления, где главным фактором определяется визуализация временных рядов клинических показателей. Пользовательский интерфейс модуля аналитики, реализованный в шаблоне `patient_records.html`, обеспечивает наглядное представление динамики состояния пациента. Интерфейс включает как графическое отображение изменений лабораторных маркеров во времени, так и табличное представление полной истории наблюдений. Детальная характеристика компонентов визуализации представлена в таблице 1.

Таблица 1

Компоненты визуализации динамических данных

№ Компонента	Наименование компонента	Техническая реализация и функциональное описание
1	Интерфейс поиска пациента	Реализован HTML-формой с методом POST, содержащей поле ввода для идентификатора пациента и кнопку отправки. Визуально оформлен в виде стилизованного блока <code>search-form</code> с градиентным фоном.
2	Панель статистических индикаторов	Система карточек <code>stat-card</code> , отображающих актуальные клинические показатели пациента. Содержит счетчик общего количества записей, текущие значения протеинурии и гематурии, а также индикатор текущего уровня риска.
3	Вычислитель временных трендов	Реализован с использованием шаблонного тега <code>{ % with first=patient_data.first last=patient_data.last %}</code> для захвата первой и последней записи в хронологическом ряду. Вычисление направления динамики выполнено сравнением числовых значений с условной логикой присвоения CSS-классов <code>trend-up/trend-down</code> .
4	Препроцессор данных для визуализации	Генерация JavaScript-массивов из данных <code>QuerySet</code> путем итеративного обхода записей: <code>labels = [{ % for record in patient_data %}]{ % record.created_at[date:'d.m H:i'] %}]{ % endfor %}</code> и аналогично для числовых показателей.
5	Построитель графиков динамики	Интеграция библиотеки <code>Chart.js</code> для создания линейного графика с двумя датасетами. Конфигурация включает параметры сглаживания линий (<code>tension: 0.3</code>), заливку под кривыми (<code>fill: true</code>) и настройку осей координат.
6	Генератор градиентов	Создание контекстных градиентов методом <code>ctx.createLinearGradient()</code> с двумя точками остановки (0 и 1) для обеспечения полупрозрачной заливки под графиками, улучшающей визуальное восприятие динамики
7	Таблица хронологических записей	Реализована в виде HTML-таблицы с фиксированной шапкой (<code>sticky header</code>) при прокрутке. Отображает полную историю наблюдений с датой, всеми клиническими показателями и результатом риска с цветовым кодированием.
8	Система управления записями	Включает кнопки удаления индивидуальных записей и массового удаления с подтверждением через модальные окна <code>Bootstrap</code> . AJAX-запросы реализованы методом <code>fetch()</code> с передачей CSRF-токена в заголовках для асинхронного взаимодействия с сервером.
9	Модальные окна подтверждения	Реализованы на компонентах <code>Bootstrap</code> с настройкой <code>modal-dialog-centered</code> для центрирования. Содержат динамическую подстановку количества записей при массовом удалении: <code>{{ patient_data length }}</code> .
10	Адаптивный интерфейс	Реализован медиа-запросами CSS, обеспечивающими реорганизацию сетки статистических карточек в одноколонный режим, масштабирование графика и оптимизацию отступов при ширине экрана менее 768px.

Для обеспечения интерактивности и асинхронного обновления данных без полной перезагрузки страницы в модуле реализован набор JavaScript–обработчиков, взаимодействующих с серверной частью через AJAX–запросы, что позволяет выполнять операции удаления записей и обновления отображаемой информации с минимальной задержкой, сохраняя при этом целостность пользовательского опыта. Компоненты клиент–серверного взаимодействия детализированы в таблице 2.

Таблица 2

Клиент–серверное взаимодействие (JavaScript)

№ Компонента	Наименование компонента	Техническая реализация и функциональное описание
1	Инициализация визуализации	Обработчик DOMContentLoaded, обеспечивающий построение графика после полной загрузки DOM–дерева. Получение canvas–контекста методом getElementById('patientChart').getContext('2d').
2	Механизм удаления записи	Функция showDeleteModal(recordId), принимающая идентификатор записи и вызывающая метод show() модального окна Bootstrap с сохранением ID во внешней переменной recordToDelete.
3	Асинхронный запрос на удаление	Реализация fetch() с методом POST, включающая в заголовки CSRF–токен, полученный из контекста шаблона {{ csrf_token }}. Обработка ответа с последующей перезагрузкой страницы location.reload() при успешном удалении.
4	Массовое удаление записей	Функция showDeleteAllModal(), вызывающая модальное окно подтверждения с последующим POST–запросом на эндпоинт /delete-all-records/{{ patient_id }}/ с передачей идентификатора пациента в URL.
5	Обработка ошибок	Блок catch(error => console.error('Error:', error)) для логирования возможных сбоев при выполнении асинхронных запросов к серверу.

На рисунке 1 подробно изображён разработанный пользовательский интерфейс.

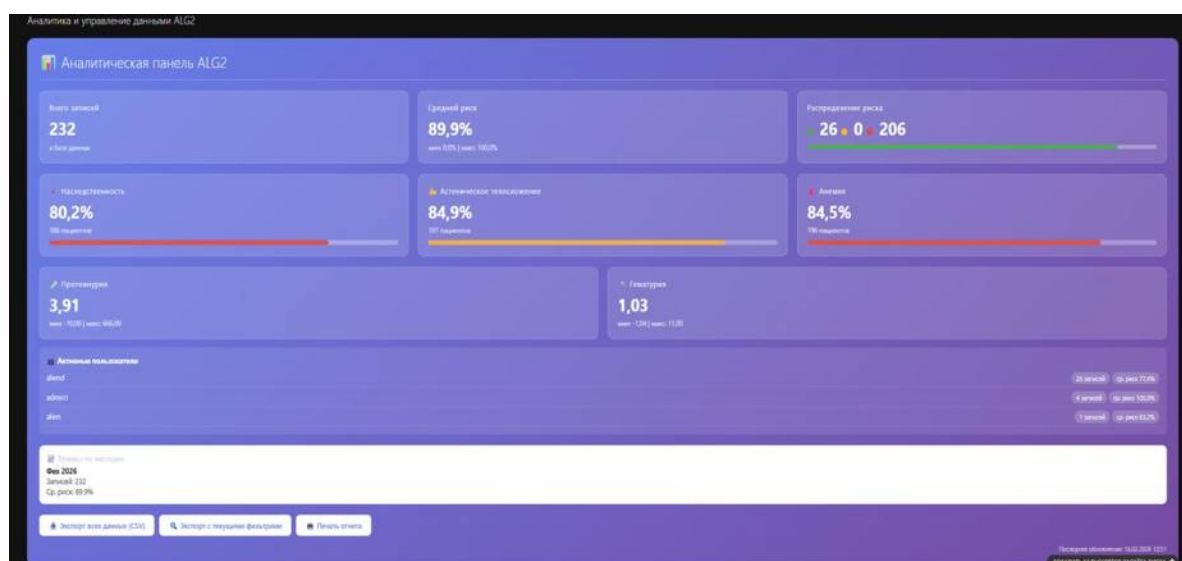


Рисунок 1 – Разработанный интерфейс

Учитывая тенденции использования различных видов устройств и экранов для доступа к административным интерфейсам, при применении адаптивных подходов к разработке была создана мобильная версия интерфейса, который можно увидеться на рисунке 2.

Кроме получения основных данных, интерфейс также предполагает экспорт данных, автоматически преобразовывая их в визуальные представления, которые были бы удобны администратору, к примеру, PDF файл или таблица Excel. Подобное решение помогает сохранить время администратора, в связи с автоматизацией составления отчётов, которые могут быть использованы в обмене данных с другими системами или представления статистики в презентациях.

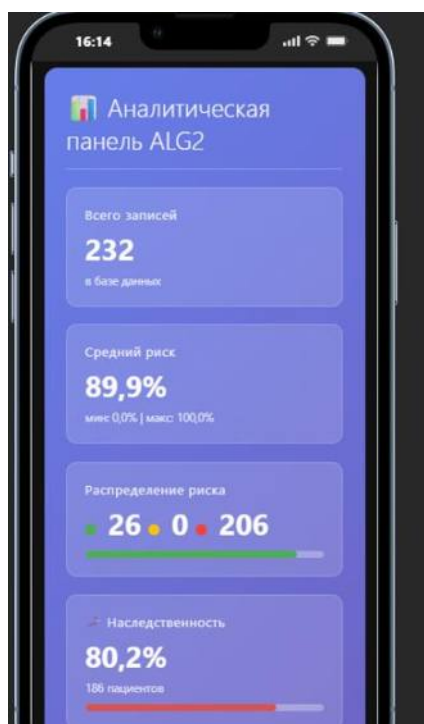


Рисунок 2 – Мобильный интерфейс модуля

Разработанный пользовательский интерфейс модуля визуализации агрегированных медицинских показателей помогает администратору отслеживать результаты вычислений алгоритма анализа данных в лёгком для восприятия виде, пользуясь при этом только основными функциями веб-сайта.

Дальнейшей идеей развития проекта является создание модуля алгоритма апробации данных на основе данных реальных пациентов для калибровки точности работы алгоритма калькулятора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Седашкина, О. А. Характеристика факторов риска и молекулярно–генетических показателей у детей с хроническими заболеваниями почек / О. А. Седашкина, А. В. Колсанов, С. И. Карась // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. – 2024. – Т. 39, № 3. – С. 115–123. – DOI 10.29001/2073–8552–2024–39–3–115–123. – EDN EVCOWG.
2. Ребенок с впервые выявленным заболеванием почек и его семья: определение факторов прогрессирования болезни и особенности нефропротекции / Г. А. Маковецкая, Г. Ю. Порецкова, Л. И. Мазур [и др.] // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2023. – Т. 68, № 3. – С. 99–106. – DOI 10.21508/1027–4065–2023–68–3–99–106. – EDN HHUMMU.
3. Кокин, А. Р. Веб–реализация калькулятора расчета риска хронической болезни почек у детей / А. Р. Кокин, А. А. Седашкин // LI Самарская областная студенческая научная конференция : Тезисы докладов. В 2–х томах, Самара, 14–25 апреля 2025 года. – Санкт–Петербург: ООО "Эко–Вектор", 2025. – С. 373–375. – EDN SUJRZO.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024685217 Российская Федерация. Калькулятор расчета риска хронической болезни почек у детей : № 2024684572 : заявл. 14.10.2024 : опубл. 25.10.2024 / О. А. Седашкина, А. В. Колсанов, Р. Р. Юнусов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. – EDN JSUTXI.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025617001 Российская Федерация. Программный комплекс для прогнозирования и диагностики ХБП : заявл. 03.03.2025 : опубл. 21.03.2025 / О. А. Седашкина, А. Р. Кокин, А. А. Седашкин. – EDN MWGCWO.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024685630 Российская Федерация. Программа для прогнозирования хронического течения заболевания у детей с острой патологией почек : № 2024684552 : заявл. 14.10.2024 : опубл. 30.10.2024 / О. А. Седашкина, А. В. Колсанов, М. Н. Мякотных [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. – EDN DVHDCP.
7. Леденева, Т. М. Агрегирование информации в оценочных системах / Т. М. Леденева, С. Л. Подвальный // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2016. – № 4. – С. 155–164. – EDN XVSYYT.
8. Разумников, С. В. Разработка программного обеспечения для построения агрегированных рейтингов на основе метода порогового агрегирования / С. В. Разумников // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2021. – № 2. – С. 138–152. – DOI 10.17308/sait.2021.2/3510. – EDN BODNUW.
9. Документация Django: Миграции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.djangoproject.com/ru/5.1/topics/migrations/> (дата обращения: 01.02.2026).

УДК 656.25

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ПРИЕМНЫХ КАТУШЕК АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛОКОМОТИВНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Бородкин А.В.

Проектно-конструкторское бюро локомотивного хозяйства – филиал ОАО «РЖД»

Аннотация: в статье представлено мобильное приложение для ОС Android, автоматизирующее расчет значений наиболее обобщающего показателя об уровне принимаемого сигнала автоматической локомотивной сигнализации – наведенной в приемных катушках локомотива электродвижущей силы (ЭДС). Приводится описание архитектуры и функциональные возможности программного обеспечения, а также обосновывается его практическая значимость для повышения оперативности и качества технического контроля.

Ключевые слова: автоматическая локомотивная сигнализация, приемные катушки, программное обеспечение, автоматизированный расчет, безопасность движения.

Введение. Автоматическая локомотивная сигнализация (АЛС), обеспечивающая посредством индуктивно–рельсовой связи передачу информации о показаниях путевого светофора на локомотив, является основным средством интервального регулирования движения поездов на сети железных дорог Российской Федерации. Достоверность приема сигналов АЛС определяется величиной электродвижущей силы (ЭДС), индуцируемой в приемных катушках локомотива. Наведенная ЭДС представляет собой ключевой параметр, который позволяет количественно оценить уровень принимаемого сигнала [1] и поэтому подлежит периодическому параметрическому контролю при проведении локомотивам технического обслуживания. При этом существующие методы контроля требуют ручной обработки табличных данных, приведенных в нормативной [2] документации, что не только увеличивает время обслуживания, но и не исключает риск ошибки и фактор субъективизма при принятии решений.

В соответствии с чем, автоматизация процедуры параметрического контроля ключевых параметров локомотивных катушек очевидна.

Постановка задачи. Анализ существующих программных средств показывает, что большинство решений, используемых в ОАО «РЖД», представляет собой стационарные системы, не адаптированные для оперативного применения в так называемых «полевых условиях», где доступ к стационарному компьютеру затруднен или невозможен [3]. В частности, специализированные мобильные приложения для решения рассматриваемой узкопрофильной задачи отсутствуют, что существенно

ограничивает функциональность и увеличивает временные рамки технологических процессов. Таким образом, разработка мобильного приложения, позволяющего автоматизировать расчет допустимого значения ЭДС в приемных катушках АЛС в зависимости от эксплуатационных условий, минимизировав тем самым влияние человеческого фактора при анализе полученных значений и позволяющего сократить временные затраты на проведение контрольных операций, является весьма актуальной задачей, способствующей оптимизации эксплуатационных процессов и повышению уровня безопасности на железнодорожном транспорте.

Методы решения задачи. Алгоритмическая основа разработанного приложения базируется на впервые реализованном в мобильном формате, защищенном патентом [4] способе контроля каждого типа локомотивных приемных катушек, а сам алгоритм реализован таким образом, чтобы исключить возможность неверного выбора исходных данных.

Архитектура и реализация приложения. Приложение разработано для мобильных устройств под управлением операционной системы Android. Выбор платформы обусловлен ее распространенностью и возможностью автономной работы без подключения к сети internet. Для программной реализации использовался язык программирования C, соответствующий стандарту ISO/IEC 9899: 1999 (C99), что позволило высокую скорость расчетов и эффективное управление памятью мобильного устройства. Интерфейс программы выполнен в соответствии с принципами Material Design и ориентирован на минимальное время ввода данных и интерпретации результатов без специальной IT-подготовки.

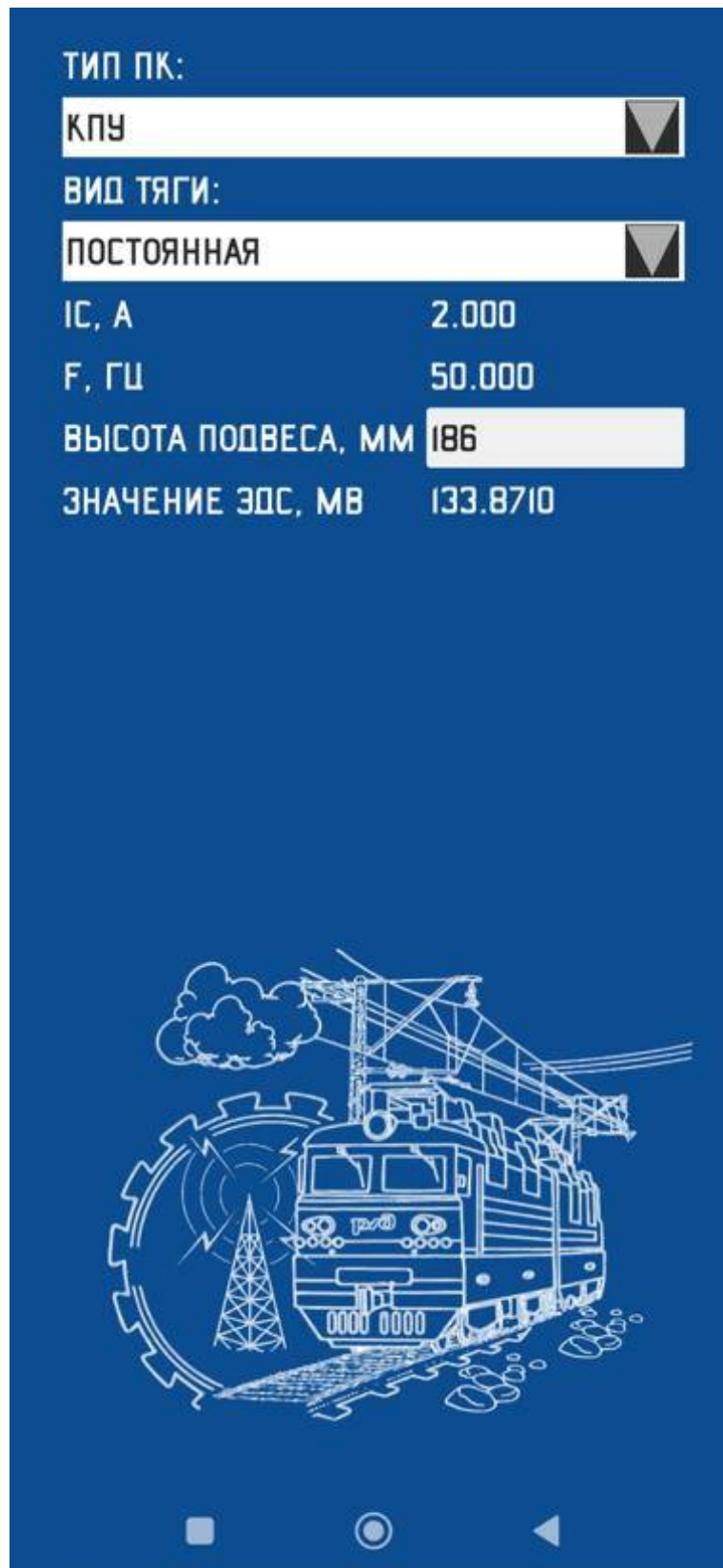


Рисунок – Интерфейс приложения

Результаты и обсуждение. Неоспоримым преимуществом разработанного программного обеспечения в отличие от табличных данных, является возможность

точной интерполяции результатов не только для фиксированных, но и для всех промежуточных значений исходных параметров. Практическая значимость применения разработанного программного обеспечения за счет автоматизации расчетов исключает ошибки считывания данных, тем самым позволит повысить достоверность контроля технического состояния приемных катушек и, как следствие, уровень безопасности движения поездов.

Перспективным направлением дальнейшего развития приложения является расширение его функционала для ведения электронных журналов учета параметров с функцией статистического анализа и прогнозирования отказов, что актуально в рамках концепции цифровой железной дороги

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брылеев А.М. Автоматическая локомотивная сигнализация и авторегулировка / А.А. Брылеев, А. Поупе, В.С. Дмитриев, Ю.А. Кравцов, Б.М. Степенский // М.: Транспорт. 1981. – 320 с.
2. Технологическая инструкция по содержанию локомотивных приемных катушек автоматической локомотивной сигнализации. Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 16.12.2022 № 3357/р (в редакции распоряжения от 16.02.2024 № 441/р).
3. Шаманов В.И. Информационные технологии на железнодорожном транспорте: Учебное пособие. Екатеринбург: УрГУПС, 2020. 180 с.
4. Патент на изобретение № 2 849 204 С1 Российская Федерация, МПК В61L 3/12, В61L 15/00, В61K 11/00, G01M 17/08. Способ контроля локомотивных приемных катушек посредством унифицированного измерителя напряжения и тока, содержащего аналого–цифровой преобразователь с высокочастотным каналом радиокommunikационной связи : № 2025109368: заявл. 15.04.2025 : опубл. 23.10.2025 Бюл. № 30 / А.В.Бородкин, С.А.Овсянников ; заявитель Открытое акционерное общество «Российские железные дороги».

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДХОДОВ К НОРМАЛИЗАЦИИ И УНИФИКАЦИИ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПРОГНОЗИРУЮЩИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Колпащиков А.С.

Самарский государственный технический университет, г. Самара

Аннотация: в статье рассматривается проблема неоднородности телеметрических данных дизель-генераторных установок, поступающих от различных контроллеров и систем мониторинга. Выполнен анализ типов параметров, используемых при диагностике состояния ДГУ, а также исследованы различия в названиях телеметрических полей и единицах измерения. Предлагается подход к унификации параметров на основе лексической нейронной сети, выполняющей классификацию и объединение различных обозначений одного и того же физического параметра. Рассматриваются примеры нормализации значений температуры, давления, скорости и расхода топлива для формирования, унифицированного датасета, пригодного для обучения прогнозирующих нейронных сетей.

Ключевые слова: дизель-генераторная установка, телеметрия, нормализация данных, лексическая нейронная сеть, предиктивная диагностика, машинное обучение.

Введение. Современные дизель-генераторные установки являются важным элементом систем резервного и автономного электроснабжения. Они используются на промышленных объектах, транспортной инфраструктуре, в телекоммуникационных системах и центрах обработки данных. Надёжность функционирования ДГУ напрямую влияет на устойчивость критически важных объектов, что делает актуальной задачу автоматизированного мониторинга технического состояния оборудования.

В последние годы активно развиваются методы интеллектуальной диагностики и прогнозирования отказов на основе машинного обучения. Основой таких систем являются телеметрические данные, поступающие от датчиков и контроллеров ДГУ. Однако на практике возникает проблема высокой неоднородности данных, обусловленная использованием оборудования различных производителей.

Анализ телеметрических параметров дизель-генераторных установок. Для диагностики состояния ДГУ используются несколько основных групп параметров. К электрическим параметрам относятся: выходное напряжение, сила тока, активная и реактивная мощность, частота сети, коэффициент мощности.

Данные параметры позволяют оценивать стабильность генерации электроэнергии и режимы нагрузки установки. К механическим параметрам относятся: частота вращения двигателя, уровень вибрации, температура

охлаждающей жидкости, температура выхлопных газов, давление масла, расход топлива.

Именно механические параметры наиболее часто используются при решении задач предиктивной диагностики, поскольку изменение их поведения может свидетельствовать о развитии неисправностей. Дополнительно могут использоваться параметры окружающей среды: температура воздуха, влажность, уровень загрязнения воздуха, параметры вентиляции.

На основе анализа научных публикаций установлено, что наиболее информативными признаками для прогнозирования отказов являются температура двигателя, давление масла, вибрация и расход топлива [1–3].

Проблема неоднородности данных. При объединении телеметрии от различных ДГУ возникает проблема неоднородности представления данных.

Рассмотрим датасет, содержащий параметры от разных систем мониторинга. Проанализируем выбранные наиболее информативные признаки.

Температура охлаждающей жидкости может передаваться как:

- CoolantTemp = 90 °C;
- EngineTemperature = 194 °F;
- CoolingLiquidTemperature = 363 K.

После приведения: 90 °C = 194 °F = 363 K.

Для давления масла:

- OilPressure = 3.1 bar;
- LubricationPressure = 45 PSI;
- EngineOilPress = 310 kPa.

После преобразования: 3.1 bar $\approx$ 45 PSI $\approx$ 310 kPa.

Для скорости воздушного потока:

- AirFlowVelocity = 12 м/с;
- AirSpeed = 43.2 км/ч.

После пересчёта: 12 м/с = 43.2 км/ч.

Для расхода топлива:

- FuelRate = 18 л/ч;
- FuelConsumption = 4.75 gal/h.

После нормализации: 18 л/ч $\approx$ 4.75 gal/h.

Таким образом, различные параметры могут фактически описывать одно и то же физическое состояние, однако в исходном виде не могут напрямую использоваться для обучения нейронных сетей.

Лексическая нейронная сеть для классификации параметров. Одной из основных задач системы является автоматическое определение того, какие телеметрические поля относятся к одному физическому параметру.

Для решения данной задачи предлагается использовать лексическую нейронную сеть, выполняющую семантическую классификацию названий параметров. На вход модели подаются строковые обозначения полей телеметрии, полученные от различных контроллеров ДГУ.

В качестве обучающей выборки могут использоваться пары:

- “CoolantTemp” → температура охлаждающей жидкости;
- “EngineTemp” → температура охлаждающей жидкости;
- “OilPressure” → давление масла;
- “LubricationPressure” → давление масла;
- “FuelRate” → расход топлива.

Модель формирует векторное представление текстового обозначения параметра и определяет его принадлежность к определённой категории.

Для повышения качества классификации могут использоваться:

- токенизация строк;
- разбиение составных слов;
- символьные эмбединги;
- рекуррентные нейронные сети;
- трансформерные архитектуры.

Например, обозначения “CoolantTemp”, “CoolantTemperature” и “CoolingTempSensor” имеют общие лексические признаки, позволяющие модели определить их семантическую близость.

После классификации параметров система выполняет:

- преобразование единиц измерения;
- проверку допустимых диапазонов;
- нормализацию значений;
- объединение параметров в единую структуру.

В результате формируется унифицированный датасет, пригодный для дальнейшего анализа и обучения прогнозирующих моделей.

Выводы. Проведённое исследование показывает, что одной из основных проблем современных систем мониторинга дизель–генераторных установок является неоднородность телеметрических данных. Различия в обозначениях параметров, единицах измерения и форматах передачи информации существенно затрудняют использование методов машинного обучения.

Для решения данной задачи предложен подход, основанный на применении лексической нейронной сети, выполняющей семантическую классификацию названий телеметрических параметров.

Использование подобной модели позволяет автоматически объединять различные обозначения одного физического параметра, выполнять преобразование единиц измерения и формировать унифицированный датасет. Полученные результаты могут использоваться при разработке интеллектуальных систем прогнозирования отказов и предиктивного обслуживания дизель–генераторных установок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lu S., Lu J., An K. Edge Computing on IoT for Machine Signal Processing and Fault Diagnosis: A Review // IEEE Internet of Things Journal. 2023.
2. An Industry 4.0 Implementation of a Condition Monitoring System and IoT-enabled Predictive Maintenance Scheme for Diesel Generators // Alexandria Engineering Journal. 2023.
3. Ahmed Khalaf, Asmaa Hammoodi. A Study of IoT-Based Monitoring and Controlling Systems for Diesel Electrical Generators // Anbar Journal of Engineering Science. 2024.
4. Vaswani A. et al. Attention Is All You Need // Advances in Neural Information Processing Systems. 2017.
5. Mikolov T. et al. Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space // arXiv. 2013.
6. Goldberg Y. Neural Network Methods for Natural Language Processing. Morgan & Claypool Publishers, 2017.

УДК 004.42
003.26
378.016

ВЕБ–ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ РАБОТЫ ШИФРА АТБАШ

Пещеров А.Ю., Тимофеев И.А., Бакалдин И.Ю., Иванов Д.В.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье представлено веб–приложение (веб–страница с интерактивной функциональностью) для демонстрации работы шифра Атбаш, написанное на языке JavaScript с помощью HTML, CSS. Приложение обеспечивает автоматизированное преобразование текста, позволяя пользователю быстро преобразовывать текст в зашифрованный вид и обратно, наблюдая за процессом наглядно. Основной акцент работы сделан на логике функционирования приложения. Разработанное веб–приложение предоставляет возможности автоматизации образовательного процесса, облегчая проверку заданий преподавателями и понимание принципов работы симметричных шифров и криптографических методов в практических занятиях со студентами.

Ключевые слова: Шифр Атбаш, симметричное шифрование, HTML, JavaScript, CSS, латинский алфавит, кириллический алфавит, калькулятор шифра, веб–приложение.

Одним из самых простых классических методов симметричного шифрования является шифр Атбаш, основанный на зеркальной замене букв алфавита. Суть алгоритма шифрования заключается в том, что первая буква заменяется на последнюю, вторая на предпоследнюю и так далее, подробнее о процессе шифрования можно посмотреть в работах [1, 2]. В отличие от шифра Цезаря, здесь не используется сдвиг или ключ так как шифрование всегда происходит по одному и тому же правилу. Благодаря своей простоте и наглядности, данный шифр часто применяется на уроках для знакомства с базовыми принципами криптографии.

В рамках исследования сделано веб–приложение, которое показывает, как работает шифр Атбаш. Реализация выполнена с использованием базовых веб–технологий, которое рассчитано на практическую работу с текстовой информацией. Пользователь вводит произвольный текст и получает преобразованный результат, так можно наглядно проследить, как шифруются символы.

Для создания веб–приложения использовались стандартные веб–технологии такие как HTML, JavaScript и CSS [5]. С помощью HTML разработана структура страницы и объединены все элементы интерфейса в единое целое, CSS отвечает за визуальное оформление, а JavaScript реализует логику шифрования и дешифрования.

Реализация корректно обрабатывает как строчные, так и прописные буквы, а также не изменяет знаки препинания и другие символы, что в полной мере позволяет

использовать программу при работе с различными текстами и делает её удобной для применения в учебном процессе.

```
function atbash(text) {
  const latinUpper = "ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ";
  const latinLower = "abcdefghijklmnopqrstuvwxyz";

  const cyrUpper = "АБВГДЕЁЖЗИЙКЛМНОПРСТУФХЦЧШЩЪЫЬЭЮЯ";
  const cyrLower = "абвгдеёжзийклмнопрстуфхцчшщъыьэюя";

  return [...text].map(ch => {
    if (latinUpper.includes(ch)) {
      return latinUpper[25 - latinUpper.indexOf(ch)];
    }
    if (latinLower.includes(ch)) {
      return latinLower[25 - latinLower.indexOf(ch)];
    }
    if (cyrUpper.includes(ch)) {
      return cyrUpper[cyrUpper.length - 1 - cyrUpper.indexOf(ch)];
    }
    if (cyrLower.includes(ch)) {
      return cyrLower[cyrLower.length - 1 - cyrLower.indexOf(ch)];
    }
    return ch;
  }).join("");
}
```

Рисунок 1 – Фрагмент программной реализации, демонстрирующий основную логику работы программы

Программная логика содержит отдельный блок, отвечающий за зеркальную замену символов алфавита. Интерфейс, представленный на рисунке 2, предоставляет простые для понимания элементы управления: есть поле для ввода текста, кнопки шифрования и расшифровки и область для вывода результата. Пользователь может вводить и латинские, и кириллические символы. Структура приложения сделана так, чтобы процесс шифрования был наглядным и легко воспринимался.

Разработанное решение алгоритма «шифр Атбаш» поддерживает обработку как латинских, так и кириллических символов, корректно работает с различными регистрами и не изменяет знаки, не входящие в алфавит.

Веб–приложение на HTML работает на любых платформах и предлагает простой и понятный интерфейс, на котором наглядно показывается, как работает алгоритм шифра Атбаш. Такой подход делает использование программы более удобным по сравнению с другими решениями [3, 4].

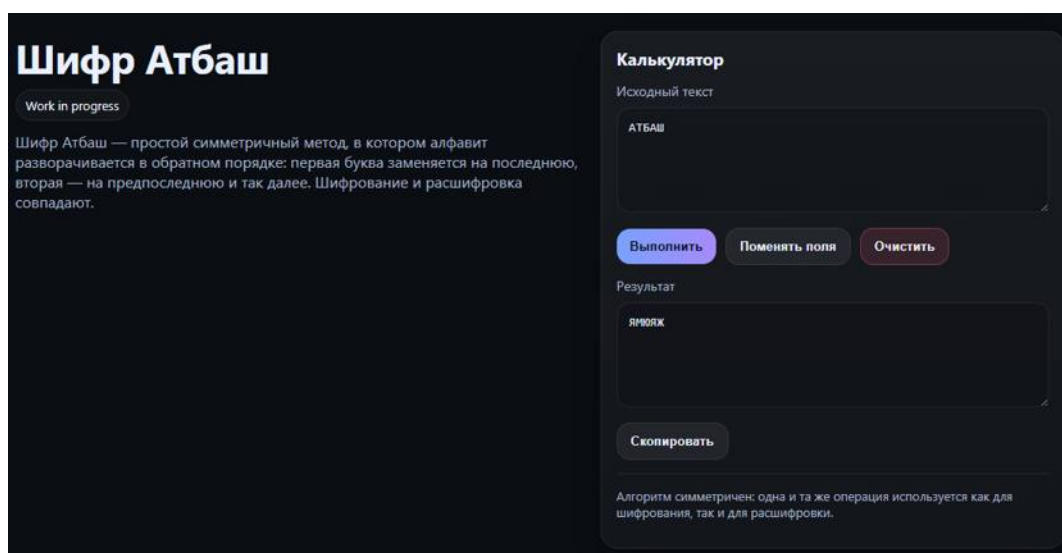


Рисунок 2 – Демонстрация пользовательского интерфейса программы

Предложенная реализация может стать отправной точкой для создания более сложных инструментов шифрования, где можно сочетать разные алгоритмы. Приложение может быть легко интегрировано в учебные системы и позволяет студентам экспериментировать с текстом, нагляднее рассмотреть работу алгоритма и сразу проверить результат шифрования, что помогает делать процесс изучения этого криптографического алгоритма более понятным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гераскин, Н. К. Некоторые методы криптографии / Н. К. Гераскин, А. Н. Тимофеев // Актуальные проблемы энергетики АПК : материалы VII международной научно–практической конференции, Саратов, 18 апреля 2016 года / Под общей редакцией Трушкина В.А.. – Саратов: ООО "Центр социальных агроинноваций СГАУ", 2016. – С. 27–30. – EDN XGQOFZ.
2. Ажмухамедов, И. М. Обучение криптографии как способ развития системного мышления / И. М. Ажмухамедов, В. Ю. Кузнецова // Математические методы и информационно–технические средства : Материалы XV Всероссийской научно–практической конференции, Краснодар, 21 июня 2019 года / Редколлегия: И.Н. Старостенко [и др.]. – Краснодар: Федеральное государственное казенное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Краснодарский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации", 2019. – С. 3–9. – EDN JVBKRZ.
3. Исупова, Н. И. Использование элементов геймификации при изучении криптографических методов защиты информации / Н. И. Исупова // Евразийское Научное Объединение. – 2018. – № 3–4(37). – С. 230–233. – EDN YVSWUA.
4. Создание компьютерной программы для шифрования текстовой информации / К. С. Ачекеев, У. Т. Керимов, А. Б. Салижанова, У. Б. Салижанова // Известия ВУЗов Кыргызстана. – 2022. – № 2. – С. 45–47. – EDN KUZDZS.
5. Программное обеспечение демонстрации работы алгоритма шифра квадрат Полибия на языке Java / А. Ю. Пещеров, И. Ю. Бакалдин, И. Л. Сандлер, И. Г. Баканова // Наука и образование транспорту. – 2025. – № 2. – С. 65–68. – EDN IHLGEZ.

ОБУЧАЮЩАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПО ОСНОВАМ КРИПТОГРАФИИ С ИНТЕРАКТИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Калинина А.В., Осипов М.Н.

Самарский университет, г. Самара

Аннотация: в статье рассматривается разработка веб-ориентированной обучающей системы по основам криптографии. Система включает теоретический блок, интерактивный модуль шифрования текста и мини-тест для проверки усвоения материала. Реализация выполнена с использованием HTML, CSS и JavaScript без применения серверной части. Приведены результаты тестирования системы на группе пользователей.

Ключевые слова: криптография, шифрование, обучающая система, веб-приложение, интерактивное обучение.

Подготовка специалистов по информационной безопасности предполагает освоение основ криптографической защиты информации [1, с. 15–18]. Без интерактивных инструментов изучение принципов шифрования сводится к работе с текстовыми описаниями при отсутствии возможности немедленной практической проверки, что ограничивает глубину понимания алгоритмов. В рамках работы разработана обучающая информационная система по основам криптографии с интерактивными элементами для наглядного изучения принципов работы алгоритмов шифрования.

При разработке системы использовались HTML5 и CSS3 для разметки и оформления интерфейса, а также JavaScript для реализации логики. Перечисленные технологии обеспечивают кроссплатформенное развёртывание без серверной инфраструктуры, приложение запускается в любом современном браузере без установки дополнительного программного обеспечения. Архитектура системы представлена на рис. 1.



Рисунок 1 – Архитектура обучающей системы по основам криптографии

Система состоит из трёх основных модулей: теоретического, в котором содержится описание принципов шифрования, историческая справка, классификация алгоритмов [1, с. 45–50], интерактивного, включающего в себя поле ввода текста, выбор алгоритма, операции шифрования и дешифрования [2, с. 28], и тестового, который состоит из 5 вопросов с выбором ответа и подсчётом результата.

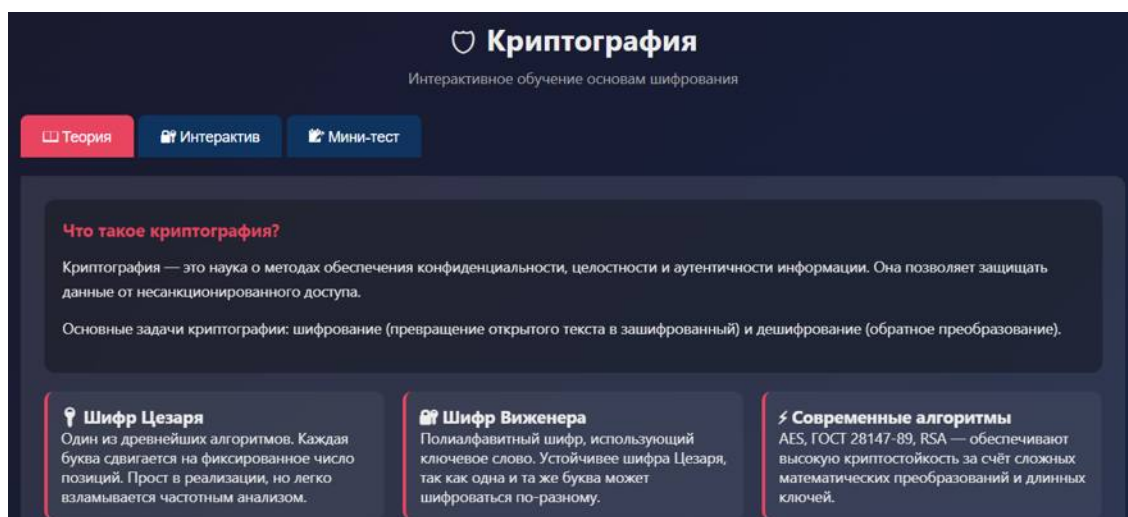


Рисунок 2 – Интерфейс обучающей системы по основам криптографии

В таблице 1 приведена сравнительная характеристика алгоритмов шифрования, реализованных в интерактивном модуле.

Таблица 1

Сравнительная характеристика реализованных алгоритмов

№п/п	Наименование параметра	Шифр Цезаря	Шифр Виженера
1	Тип алгоритма	Подстановочный	Подстановочный (полиалфавитный)
2	Ключ	Целое число (сдвиг)	Строка (ключевое слово)
3	Сложность взлома	Низкая	Средняя
4	Устойчивость к частотному анализу	Низкая	Высокая
5	Вычислительная сложность	$O(n)$	$O(n)$

Тестирование системы проводилось на группе из 15 обучающихся (студенты 1–2 курсов технических специальностей). Каждому пользователю предлагалось самостоятельно изучить теоретический материал, выполнить интерактивное шифрование 5 произвольных фраз и пройти мини–тест из 5 вопросов. Результаты тестирования представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты тестирования обучающей системы

Пользователь	Прохождение теории	Шифрование (5 фраз)	Процент правильных ответов в тесте
Группа	Да (100 %)	4.8 / 5 (в среднем)	84 %

Апробация подтвердила, что система пригодна для самостоятельного освоения принципов криптографической защиты информации [3, с. 112–115]. Для дисциплин «Защита информации» и «Основы информационной безопасности» она служит практическим дополнением к лекционному курсу. В дальнейшем предполагается расширение набора алгоритмов за счёт AES, RC4 и ГОСТ 28147–89, а также реализация пошаговой визуализации шифрования [1, с. 400–405].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шнайер, Б. Прикладная криптография. Протоколы, алгоритмы, исходные тексты на языке Си. / Б. Шнайер. – Москва : ТРИУМФ, 2002. – 816 с.
2. Татарникова, Т. М. Криптографические методы защиты информации. Лабораторный практикум. / Т. М. Татарникова. – Санкт–Петербург : РГГМУ, 2003. – 64 с.
3. Романец, Ю. В. Защита информации в компьютерных системах и сетях. / Ю. В. Романец, П. А. Тимофеев, В. Ф. Шаньгин. – 2–е изд. – Москва : Радио и связь, 2001. – 376 с.

УДК 004.42
004.65
616.61

ОПТИМИЗАЦИЯ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ В ВЕБ-ПЛАТФОРМЕ ДЛЯ НЕФРОЛОГОВ ПЕРЕХОД С SQLITE НА POSTGRESQL

Кокин А.Р., Припутников А.П.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье рассматривается процесс миграции данных с СУБД SQLite на PostgreSQL для веб-приложения, разработанного на фреймворке Django, предназначенного для врачей-нефрологов. Актуальность работы заключается в необходимости обеспечения целостности данных, параллельного доступа и строгой типизации при хранении медицинских данных. В статье описаны проблемы, возникшие в ходе переноса данных, и предложены методы их решения, также приведены результаты тестирования производительности после миграции. Работа представляет собой практическую ценность для разработчиков МИС

Ключевые слова: медицинские информационные системы, Django, PostgreSQL, SQLite, миграция данных, нефрология, целостность данных.

Разработка современных медицинских информационных систем (МИС) имеет высокие требования к надёжности хранения данных, создании возможности одновременной работы множества пользователей и строгой типизации информации, хранимой в системе [1, 2]. На этапе создания предварительной версии продукта разработчики, зачастую, отдают предпочтения легковесным базам данных, например, SQLite, значительно ускоряя таким образом процесс разработки за счёт простоты развёртывания и отсутствия необходимости в администрировании [3]. Однако же при переходе к промышленной эксплуатации системы появляется необходимость на более производительные и надёжные варианты СУБД [3, 4].

Таким образом, задача данной работы является переход с SQLite на PostgreSQL в веб-приложении для врачей-нефрологов [5], разработанном на фреймворке Django [6]. Основными функциями данной системы является – обеспечение ведения педиатрической службы, расчёт риска развития хронической болезни почек (ХБП) у детей и анализ данных пациентов. Особенностью проекта является реализация сложных алгоритмов расчёта, требующих строгой типизации входных и выходных данных.

Целью работы является разработка и апробация методики миграции медицинских данных с SQLite на PostgreSQL в Django-приложении, при этом, обеспечивая их целостность и полноту переносимой информации.

Веб-платформа была разработана с использованием языка программирования Python и фреймворка Django. В основе пользовательского интерфейса лёг фреймворк

JavaScript на основе Django Templates. Структура проекта состоит из нескольких приложений: модули работы с пациентами; основы приложения с шаблонами; модули обратной связи; новостная лента и управление пользователями.

Изначально, в качестве основной СУБД проекта использовалась SQLite. На момент миграции объём данных системы составлял примерно 1000 записей, включая служебные таблицы и пользовательские данные, полученные на этапе тестирования системы.

В качестве главной базы данных проекта была выбрана PostgreSQL в связи со следующими причинами: создание возможности параллельного доступа у множества пользователей, нативная поддержка СУБД в Django через адаптер psycopg2, поддержка строгой типизации данных, необходимой для медицинских расчётов, соответствие требованиям к целостности медицинских данных.

Для осуществления миграции была составлена методика, состоящая из этапов, которые представлены в виде последовательного алгоритма, изображенного на рисунке 1.

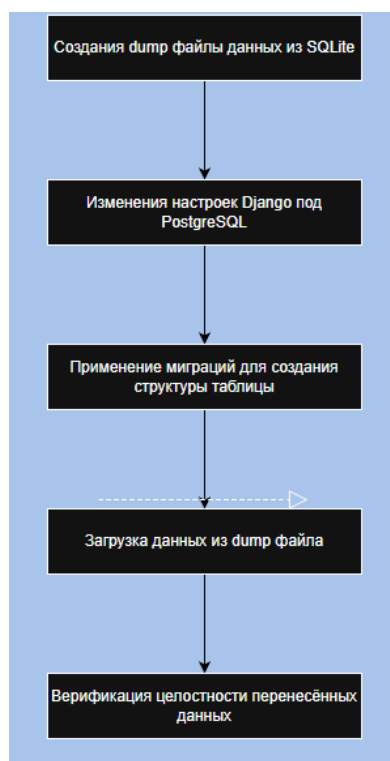


Рисунок 1 – Последовательный алгоритм миграции от SQLite к PostgreSQL

В ходе миграции был выявлен следующий ряд проблем, характерный для перехода между СУБД с различными моделями типизации:

1. При попытке применения миграций к PostgreSQL была получена ошибка доступа, которая заключалась в том, что пользователь не имел прав доступа к созданию таблиц в схеме public. Решением данной проблемы стало предоставление пользователю необходимых привилегий – `GRANT ALL ON SCHEMA public TO user_name; ALTER USER user_name WITH SUPERUSER;`

2. При выполнении команды `dumpdata` был получен файл, размер которого составлял 6 байт, содержащий пустой массив `[]`, причиной этого стало добавление BOM в начало файла средой PowerShell, что препятствовало корректному чтению данных фреймворком Django. Для решения проблемы был разработан скрипт, написанный на языке программирования Python, для экспорта данных с явным указанием кодировки (UTF-8) без BOM. В результате работы скрипта был получен файл размером 8127 байт. Код, который использовался для скрипта представлен на рисунке 2. Результатом проведённой миграции стал дамп файл, содержащий около 1000 записей, включая записи прав доступа, типов контента и результатов работы алгоритмов для врачей нефрологов.

3. Самой значимой проблемой в миграции стала ошибка при попытке сохранения данных алгоритма расчёта риска ХБП [7, 8], причиной которой стало то, что в модели данных сохранения результатов было объявлено как `models.TextField()`, однако, в PostgreSQL оно было создано как `double precision` (вероятно, из-за предыдущих версий миграций). SQLite позволял сохранять строку в числовое поле, PostgreSQL – нет. Решение путём приведения типа поля в соответствие с моделью данных: `ALTER TABLE "Algorithm2_alg2" ALTER COLUMN total TYPE text;`

Результатом выполненной работы стала методика миграции данных с SQLite на PostgreSQL для медицинского Django-приложения, обеспечивающая сохранность и целостность данных. Были выявлены основные проблемы миграции и предложены варианты их решения, на практическом примере была показана необходимость в строгой типизации данных в МИС.

Результаты работы могут быть использованы для будущих проектирований и модернизаций МИС на базе фреймворка Django.

УДК 681.518
004.932
528.854

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ГРАДИЕНТА ЦВЕТА

Соболев Е.Д., Бухарина В.Д., Козлов Е.В.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в данной работе рассмотрена разработка информационной системы определения границ объектов на основе анализа градиента цвета. Предложена структура системы на основе технологий C++, CUDA, OpenCV, Node.js, React и Vite. Описаны математический аппарат с вычислениями на GPU, серверная часть, пользовательский интерфейс и механизм взаимодействия компонентов. Показано, как анализ градиента цвета с масками Собеля обеспечивает точное выделение контуров. Разработанная система поддерживает обработку видеопотока, настройку параметров в реальном времени, вывод логирования и удобный доступ через веб и десктоп-интерфейс, что позволяет автоматизировать контроль качества продукции, повысить скорость выявления дефектов и снизить влияние человеческого фактора.

Ключевые слова: информационная система, техническое зрение, обработка изображений, OpenCV, CUDA, градиент цвета, выделение контуров объекта, оператор Собеля.

В данной работе рассмотрена разработка информационной системы определения границ объектов на основе анализа градиента цвета. Система ориентирована на задачи видеоаналитики и технического зрения и предназначена для выделения контуров объектов в производственных условиях при изменении градиента цвета и наличии шумов. Решение данной задачи является актуальной для обработки и интерпретации визуальных данных, поскольку позволяет извлекать информативные признаки изображений [1].

В условиях промышленного производства применение технического зрения позволяет автоматизировать процессы контроля качества. Точность измерений растёт, а влияние человеческого фактора снижается. Использование алгоритмов анализа градиента цвета обеспечивает эффективное выявление границ объектов даже при наличии шумов и неоднородностей освещения [2], что особенно важно для систем реального времени.

Блок-схема архитектуры информационной системы представлена на рисунке 1. Запрос от пользователя поступает на Node.js-сервер. Сервер передает данные в C++ модуль. Внутри модуля выполняются вычисления на CUDA с библиотекой OpenCV [3, 4]. Результат обработки возвращается обратно и отображается в React-интерфейсе. Такой решение позволяет изолировать ресурсоёмкие расчёты на GPU и упрощает управление API.

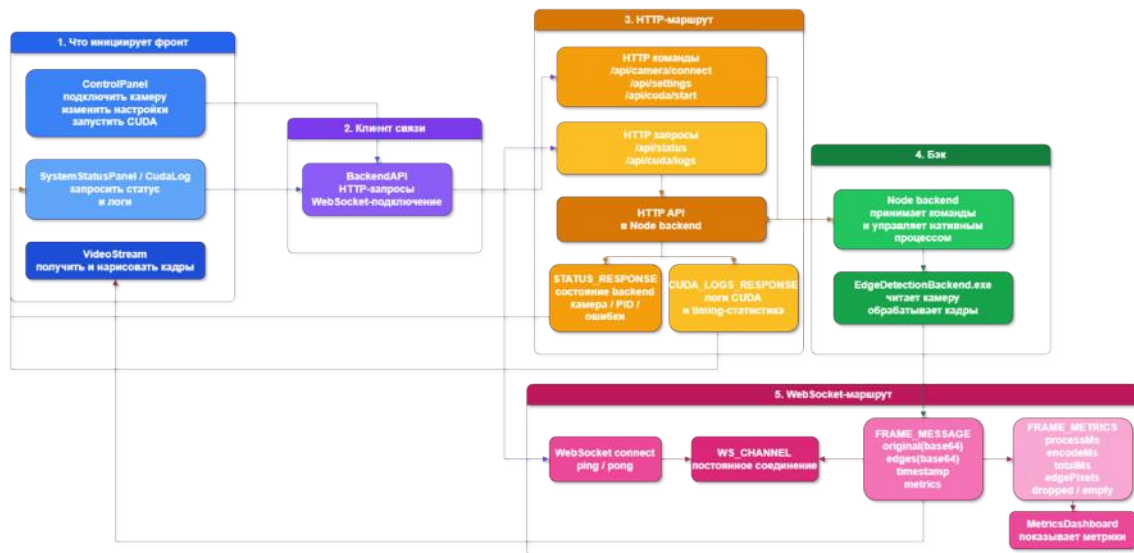


Рисунок 1 – Блок-схема архитектуры информационной системы

Основой системы служит математическая модель определения границ. В ядре Kernel CUDA каждый поток обрабатывает один пиксель. Локальный градиент вычисляется по маскам Собеля в окрестности матрицы размерностью 3×3 [5]. Горизонтальная и вертикальная производные считаются как свёртки по формуле (1):

$$G_x = K_x \times I, K_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, G_y = K_y \times I, K_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где G_x – горизонтальная производная;

K_x – свёртка изображения с горизонтальной маской;

I – исходное изображение;

G_y – вертикальная производная;

K_y – свёртка изображения с вертикальной маской.

Для каждого пикселя модуль градиента задаётся формулой (2):

$$M(x, y) = \sqrt{G_x(x, y)^2 + G_y(x, y)^2}, \quad (2)$$

где $M(x, y)$ – модуль градиента в точке с координатами (x, y) .

Внутри ядра Kernel итоговая интенсивность пикселя после Собеля обычно ограничивается диапазоном $I_{out}(x, y) = clip(M(x, y), 0, 255)$ и записывается в выходной буфер. Таким образом, весь математический аппарат на уровне GPU сводится к двум свёрткам (ядра Собеля K_x, K_y) и вычислению нормы градиента для каждого потока-пикселя [3, 6].

Экран разработанной информационной системы, изображённый на рисунке 2, отображает одновременно оригинальное и обработанное изображения после

применения вычислительного алгоритма (1), (2), на котором видны все элементы настройки обработки: ползунки для регулировки уровня детекции, яркости видеопотока и степени сглаживания границ. Выбор камеры доступен в специальном меню, в котором состояние работы системы выводится в отдельной панели в реальном времени.

Результат обработки исходного изображения представлен на рисунке 3. Контуры объектов выделены чётко белыми линиями на тёмном фоне, что позволяет сразу увидеть границы всех элементов на кадре. Область с градиентом цвета подчеркнута дополнительной подсветкой, которая наглядно показывает зоны наибольшего изменения интенсивности, в следствии чего изображение после обработки выглядит контрастным, а мелкие детали границ сохраняются без размытия даже при наличии шума.

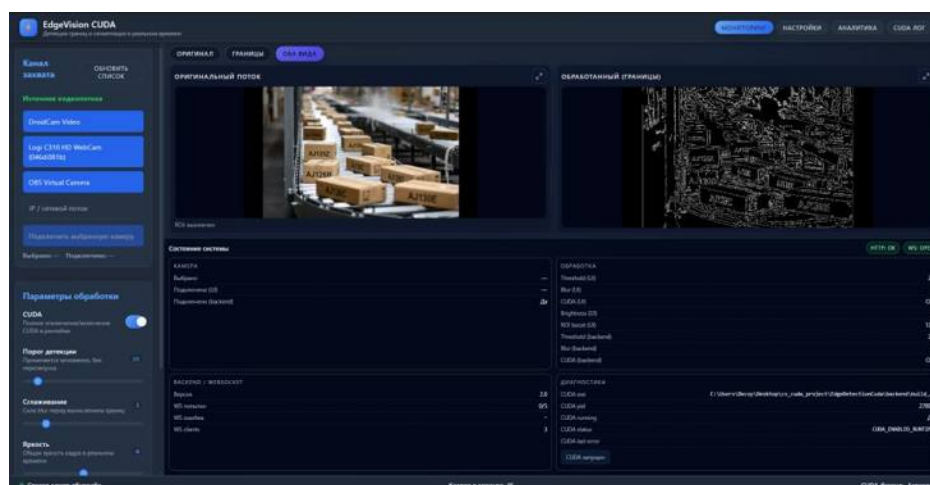


Рисунок 2 – Результат работы информационной системы



Рисунок 3 – Результат обработки исходного изображения

Разработанная информационная система реализует производительный подход к сегментации в задачах технического зрения. Применение градиентных методов с ускорением на CUDA и OpenCV обеспечивает высокую скорость обработки при сохранении точности выделения контуров [4, 6].

Система обрабатывает видеопоток в реальном времени и имеет интуитивный интерфейс, что делает её пригодной для автоматизации контроля качества на конвейерных линиях и снижения влияния человеческого фактора.

В дальнейшем планируется расширение функциональных возможностей разработанной информационной системы. Предполагается добавить нейронную сеть для более точного определения границ объектов, что позволит улучшить качество выделения контуров в сложных условиях освещения и при наличии дополнительных шумов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – Издание 3-е. – Москва : Техносфера, 2012. – 1104 с. – ISBN 978-5-94836-331-8. – EDN SDTUTF.
2. Ханова, А. А. Обзор методов выделения контуров на изображениях / А. А. Ханова, М. И. Озерова // Информационные технологии в науке и производстве : Материалы VII Всероссийской молодежной научно-технической конференции, Омск, 21–22 апреля 2020 года / Редколлегия: А.Г. Янишевская (отв. ред.) [и др.]. – Омск: Омский государственный технический университет, 2020. – С. 89–92. – EDN GPZNLE.
3. CUDA C++ Programming Guide (Legacy) / [Электронный ресурс] // NVIDIA Corporation : [сайт]. – URL: <https://docs.nvidia.com/cuda/cuda-c-programming-guide/> (дата обращения: 10.04.2026).
4. Bradski G. Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library [Текст] / Bradski G., Kaehler A. – 1 edition. – : O'Reilly Media, 2008 – 580 с. – ISBN 978-0596516130.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020662646 Российская Федерация. Выделение границ изображения при помощи оператора Собеля : № 2020661617 : заявл. 05.10.2020 : опубл. 16.10.2020 / Д. И. Немченко ; заявитель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники». – EDN BDXUGA.
6. Cervera, E. GPU-Accelerated Vision for Robots: Improving System Throughput Using OpenCV and CUDA / E. Cervera // IEEE Robotics and Automation Magazine. – 2020. – Vol. 27, No. 2. – P. 151–158. – DOI 10.1109/mra.2020.2977601. – EDN FZDEQI.

УДК 004.42
003.26
378.016

РЕАЛИЗАЦИЯ ШИФРА ЦЕЗАРЯ СРЕДСТВАМИ HTML С ВИЗУАЛИЗАЦИЕЙ ПРОЦЕССА ШИФРОВАНИЯ

Тимофеев И.А., Пещеров А.Ю., Бакалдин И.Ю., Иванов Д.В.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье описывается разработка реализации шифра Цезаря в виде веб–страницы с использованием HTML, JavaScript и CSS, ориентированной на наглядное представление процесса преобразования текста. Реализованное решение поддерживает работу с латинским и кириллическим алфавитами.

В предложенном решении особое внимание уделено визуализации этапов шифрования и дешифрования, а также графическому интерфейсу страницы, что позволяет легче углубиться в понимание принципов работы процесса шифрования методом Цезаря.

Разработанная система может применяться в образовательных целях при изучении основ криптографии, а также служить базой для дальнейшего усложнения и расширения функциональности криптографических приложений.

Ключевые слова: Шифр Цезаря, криптография, симметричное шифрование, HTML, JavaScript, CSS, латинский алфавит, кириллический алфавит, калькулятор шифра, веб–страница, пользовательский интерфейс.

Одним из самых простых симметричных методов шифрования, основанных на замене символов исходного алфавита на символы, сдвинутые на определённое число позиций является алгоритм Шифр Цезаря. Алгоритм часто используется в учебных целях для ознакомления с принципом подстановочных шрифтов и введения понятий криптографии в целом. Детальное описание и примеры реализации шифра представлены в [1, 2].

В работе представлена реализация шифра Цезаря в виде веб–страницы в информационной системе CypherCalc.

Целью работы является разработка веб–страницы на основе HTML, реализующая алгоритм шифра Цезаря для латинского и кириллического алфавитов, с визуализацией обратных процессов, шифрования и дешифрования.

Математическая модель алгоритма сводится к сдвигу каждой буквы исходного текста на определённое число позиций в алфавите. Более подробно представлено в работе [3].

Для реализации веб–страницы калькулятора «Шифр Цезаря» были выбраны стандартные средства для создания веб–сайтов: HTML, JavaScript и CSS. Написанный код, представленный на рисунке 1, предусматривает поддержку латинского и кириллического алфавитов, включая заглавные и строчные буквы, что достигается за

счёт отдельной реализации логики для каждого алфавита, что позволяет выполнять шифрование и дешифрование текста оставляя специальные символы, такие как пробелы, знаки препинания и другие, без изменения. Использование технологий HTML, JavaScript и CSS позволяет расширить область использования калькулятора CypherCalc для учебного процесса, позволяя с его помощью автоматизировать обработку текста на разных языках и в различных регистрах.

Для веб–реализации шифрования методом Цезаря были использованы HTML для соединения страниц информационной системы CypherCalc в единое целое, а также JavaScript, в паре с CSS, которые обеспечивают логику шифра и функциональное оформление страницы, что в свою очередь позволяет обеспечить комфорт пользования калькулятором и повысить удобство его использования [5].

```
// Caesar cipher (Latin + Cyrillic)
function shiftChar(ch, shift, decode=false){
  const s = decode ? (26 - (shift % 26)) % 26 : shift % 26;

  const code = ch.charCodeAt(0);

  // Latin A-Z
  if (code >= 65 && code <= 90) {
    return String.fromCharCode(((code - 65 + s) % 26) + 65);
  }
  // Latin a-z
  if (code >= 97 && code <= 122) {
    return String.fromCharCode(((code - 97 + s) % 26) + 97);
  }

  // Cyrillic А-Я (including Ё as special case)
  // We'll treat Ё separately.
  if (ch === "Ё") return shiftChar("Ё", shift, decode) === "Ё" ? "Ё" : shiftChar("Е", shift, decode);
  if (ch === "ё") return shiftChar("ё", shift, decode) === "ё" ? "ё" : shiftChar("е", shift, decode);

  // Cyrillic А-Я (А=1040..Я=1071)
  if (code >= 1040 && code <= 1071) {
    const n = 32;
    const ss = decode ? (n - (shift % n)) % n : shift % n;
    return String.fromCharCode(((code - 1040 + ss) % n) + 1040);
  }
  // Cyrillic а-я (а=1072..я=1103)
  if (code >= 1072 && code <= 1103) {
    const n = 32;
    const ss = decode ? (n - (shift % n)) % n : shift % n;
    return String.fromCharCode(((code - 1072 + ss) % n) + 1072);
  }

  // other symbols
  return ch;
}

function caesar(text, shift, mode){
  const decode = mode === "decode";
  const s = clamp(Number(shift) || 0, 0, 25);
  return [...text].map(ch => shiftChar(ch, s, decode)).join("");
}
```

Рисунок 1 – Фрагмент программной реализации, демонстрирующий основную логику работы программы

Основной фрагмент программного кода обеспечивает создание пользовательского интерфейса, который объединяет все элементы взаимодействия, а также включает блок, реализующий логику алгоритма шифра Цезаря. Пользовательский интерфейс, показанный на рисунке 2, содержит элементы управления, такие как поле для ввода исходного текста, поле для задания величины сдвига, с возможностью задания случайного параметра сдвига, кнопки запуска процессов шифрования и расшифровки, кнопку замены зашифрованного текста с расшифрованным, а также отображения результата. Разработанная структура обеспечивает удобное взаимодействие пользователя с приложением и наглядно представляет процесс шифрования.

А

Б

Рисунок 2 – Результаты работы программного обеспечения: «А» – шифрование символов кириллицы; «Б» – дешифрования символов кириллицы

Представленная в данной работе реализация алгоритма шифра Цезаря, поддерживающая латинский и кириллический алфавиты, а также их комбинации, является наглядным примером базового симметричного шифрования, что делает её особенно ценным инструментом для образовательных целей.

Разработанная веб–страница в информационной системе CypherCalc может быть использована для автоматизации процесса проверки преподавателем лабораторных работ, а также может быть использована как демонстрационный материал при проведении занятий по информатике, программированию и основам криптографии, помогая ученикам и студентам лучше понять материал. Реализация программы в виде веб страницы на языке HTML обеспечивает кроссплатформенность и предоставляет улучшенную наглядность визуализации процесса шифрования, с реализациями, представленными в работах [3, 4], выполненными на Python и Java соответственно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вдовенко, С. Г. Шифрование текста с использованием шифра Цезаря / С. Г. Вдовенко, К. А. Ковачева, А. А. Оленев // Молодежный научный форум: технические и математические науки. – 2017. – № 1(41). – С. 125–128. – EDN XIMYCF.
2. Гарькаева, М. П. Шифр Цезаря / М. П. Гарькаева, Е. Г. Романова // Аналитические и численные методы моделирования естественно–научных и социальных проблем (АЧМ–2023) : Сборник статей по материалам XVIII Всероссийской с международным участием научно–технической конференции с конкурсом научно–исследовательских работ для обучающихся, посвященной 80–летию Пензенского государственного университета и 80–летию кафедры "Высшая и прикладная математика". В 2–х частях, Пенза, 06–10 ноября 2023 года. – Пенза: Пензенский государственный университет, 2023. – С. 36–39. – EDN XCBMEU.
3. Кирсанов, С. А. Реализация алгоритма шифра Цезаря с поддержкой латинского и кириллического алфавитов на языке Python / С. А. Кирсанов, Р. Е. Квасков, Д. В. Иванов // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : МАТЕРИАЛЫ VII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО–ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Самара, 04 апреля 2025 года. – Самара: Приволжский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 22–25. – EDN PJIEBV.
4. Разработка программного обеспечения для демонстрации работы алгоритма шифра Цезаря с поддержкой кириллицы и латиницы на языке Java / И. Ю. Бакалдин, А. Ю. Пещеров, И. Л. Сандлер, И. Г. Баканова // Наука и образование транспорту. – 2025. – № 2. – С. 5–7. – EDN GNWXXI.
5. Турганбай, К. Е. Программирование в интернете / К. Е. Турганбай. – Алматы : Альманах, 2016. – 149 с. – EDN ZVBWFF.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ВЫБОРА АЛГОРИТМА ШИФРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ЗАДАННЫХ ПАРАМЕТРОВ

Осипов М.Н., Калинина А.В.

Самарский университет, г. Самара

Аннотация: в статье представлена разработка веб-ориентированной системы поддержки принятия решений для выбора оптимального алгоритма шифрования. Система на основе заданных пользователем параметров (размер данных, требуемый уровень безопасности, скорость шифрования) формирует рекомендацию по выбору алгоритма из четырёх доступных (AES, ChaCha20, RSA, шифр Виженера). Приведены таблица критериев, блок-схема принятия решений и скриншоты интерфейса.

Ключевые слова: выбор алгоритма шифрования, многокритериальный анализ, система поддержки принятия решений, веб-приложение, таблица решений.

При выборе алгоритма шифрования учитываются размер обрабатываемых данных, требуемая криптостойкость, производительность и наличие аппаратной поддержки. Автоматизация этого процесса с формированием обоснованных рекомендаций снижает вероятность ошибочного выбора [1, с. 12–14]. В рамках работы разработано веб-приложение, которое на основе заданных пользователем параметров рекомендует наиболее подходящий алгоритм шифрования.

Архитектура разработанной системы представлена на рис. 1. Система реализована с использованием HTML5, CSS3 и JavaScript. Логика выбора алгоритма основана на таблице решений (decision table) и многокритериальном анализе [1, с. 78–80; 2, с. 45–47]. Пользователь вводит три параметра, после чего система вычисляет интегральную оценку для каждого алгоритма и выдаёт рекомендацию.

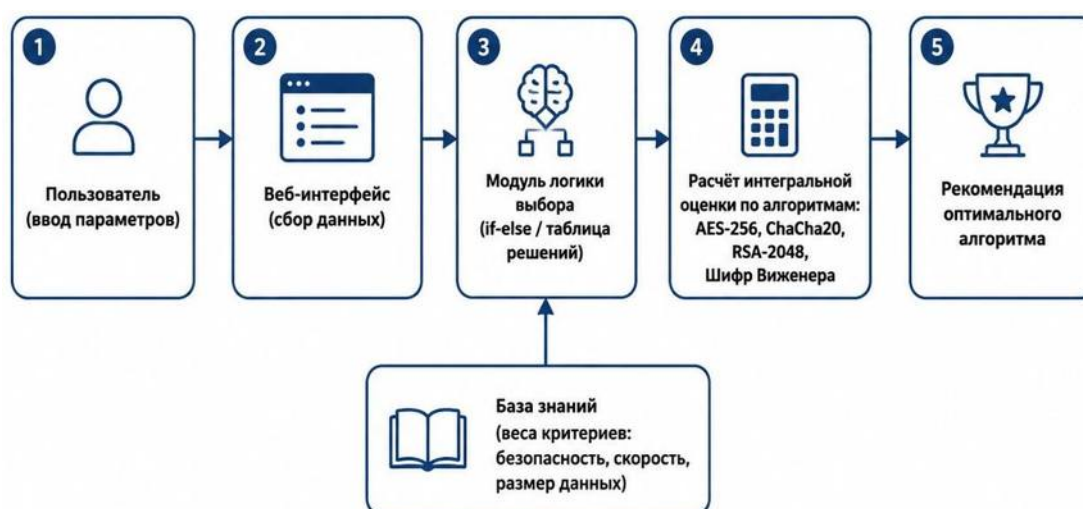


Рисунок 1 – Архитектура системы выбора алгоритма шифрования

Таблица 1

Критерии оценки алгоритмов шифрования

№п/п	Наименование параметра (шкалы)	AES-256	ChaCha20	RSA-2048	Шифр Виженера
1	Безопасность (0–10)	10	9	9	2
2	Скорость (0–10)	8	9	3	7
3	Работа с большими данными (0–10)	9	9	2	6
4	Аппаратная поддержка (0–10)	10	5	4	1
5	Простота реализации (0–10)	5	6	3	9

Блок–схема алгоритма принятия решений представлена на рис. 2. Система последовательно учитывает приоритеты пользователя: сначала проверяется минимальный порог безопасности, затем скорость, затем размер данных [2, с. 102–105].

Таблица 2

Таблица решений для выбора алгоритма шифрования

№п/п	Наименование условия	AES-256	ChaCha20	RSA-2048	Шифр Виженера
1	Требования к безопасности (min 5/10)	+	+	+	–
2	Требования к скорости (min 4/10)	+	+	–	+
3	Размер данных > 1 МБ	+	+	–	+
4	Размер данных > 10 МБ	+	+	–	ограничено
5	Рекомендуется для симметричного шифрования	+	+	–	–
6	Рекомендуется для асимметричного шифрования	–	–	+	–

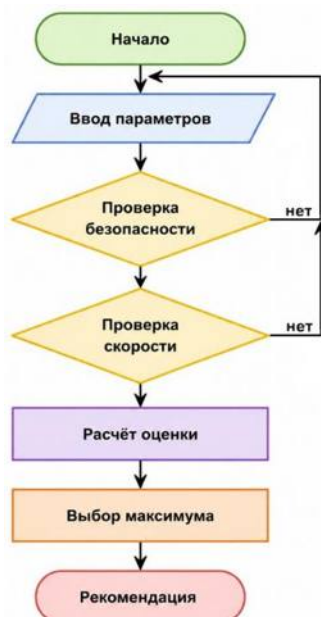


Рисунок 2 – Блок–схема принятия решения о выборе алгоритма шифрования

Интерфейс разработанного веб–приложения представлен на рис. 3. Пользователю предлагается выбрать приоритет (безопасность, скорость, сбалансированный) или задать параметры вручную.

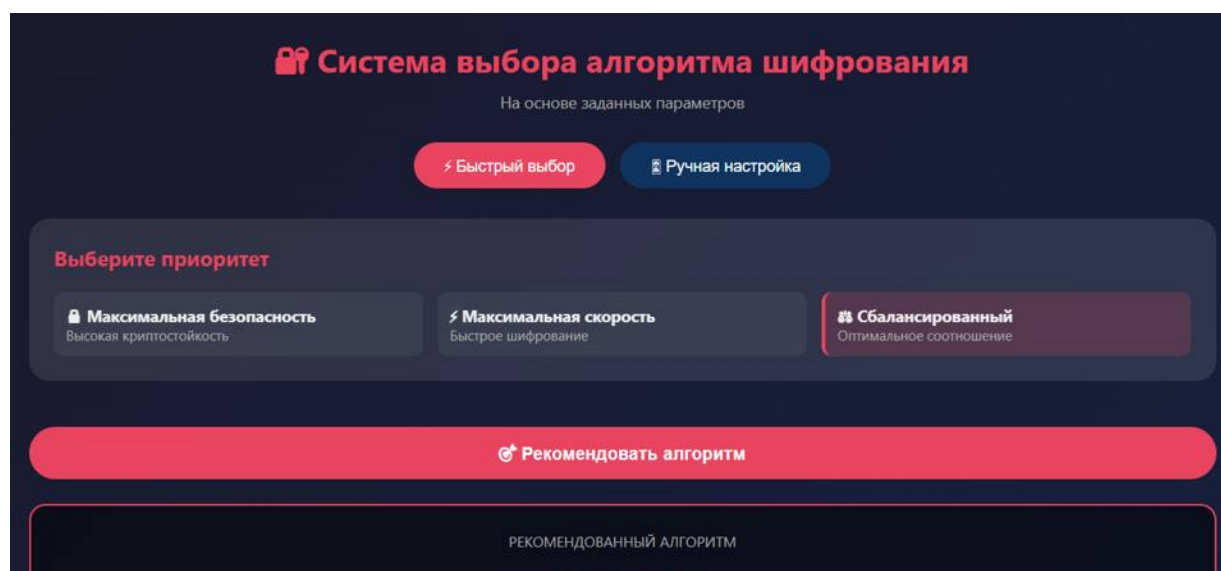


Рисунок 3 – Интерфейс системы выбора алгоритма шифрования

В системе реализованы два режима работы: быстрый выбор по заданному приоритету и ручная настройка параметров. В режиме ручной настройки пользователь задаёт размер данных (в байтах, килобайтах или мегабайтах), уровень безопасности и требуемую скорость по шкале от 1 до 10. На основе введённых значений вычисляется интегральная оценка по формуле:

$$\begin{aligned} \text{Оценка} = & (\text{безопасность} \times \text{вес}_1) + (\text{скорость} \times \text{вес}_2) + \\ & + (\text{работа с большими данными} \times \text{вес}_3) + (\text{аппаратная поддержка} \times \text{вес}_4) + \\ & + (\text{простота} \times \text{вес}_5) [1, \text{с. } 90\text{--}92], \end{aligned}$$

где весовые коэффициенты определяются выбранным режимом работы: при сбалансированном режиме каждый вес равен 0,2; при приоритете безопасности $\text{вес}_1 = 0,5$, остальные по 0,125; при приоритете скорости $\text{вес}_2 = 0,5$, остальные по 0,125. По результатам расчёта формируется рекомендация с кратким обоснованием.

Таблица 3

Примеры работы системы выбора алгоритма

№п/п	Приоритет / Параметры	Рекомендованный алгоритм	Обоснование
1	Приоритет: безопасность	AES-256	Максимальная оценка безопасности (10/10) при хорошей скорости
2	Приоритет: скорость	ChaCha20	Наилучшая производительность (9/10) с высоким уровнем безопасности
3	Приоритет: сбалансированный	AES-256	Оптимальное соотношение безопасности и скорости
4	Ручной: размер 100 байт, безопасность 3, скорость 8	Шифр Виженера	Низкие требования к безопасности позволяют использовать простые алгоритмы
5	Ручной: размер 50 МБ, безопасность 9, скорость 7	AES-256	Наилучший выбор для больших объёмов данных с высокими требованиями к безопасности

Приведённые в таблице 3 примеры работы системы демонстрируют соответствие рекомендаций ожидаемым результатам для всех рассмотренных сценариев [1, с. 350–355; 2, с. 250–252]. Для дисциплин «Защита информации» и «Информационная безопасность» система пригодна как практический инструмент при изучении методов многокритериального анализа.

В дальнейшем предполагается расширение базы алгоритмов за счёт включения средств постквантовой криптографии, а также адаптация весовых коэффициентов на основе методов машинного обучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ларичев, О. И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах / О. И. Ларичев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Логос, 2002. – 393 с.
2. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. / Т. Саати. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Радио и связь, 1993. – 278 с.
3. Яценко, В. В. Введение в криптографию. / В. В. Яценко. – 2-е изд. – Москва : Радио и связь, 1997. – 271 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОБИЛЬНОГО НАВИГАЦИОННОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ С ОВЗ

Жидков С.Д., Зубрилин О.О., Третьяков К.А.

Самарский государственный технический университет, г. Самара

Аннотация: в работе рассмотрены вопросы проектирования мобильного навигационного приложения для пользователей с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ). Обоснована актуальность создания цифрового сервиса, учитывающего реальные препятствия городской среды. Представлена архитектура системы «Город для всех», использующей открытые картографические данные, модуль расчета маршрутов и пространственную базу данных. Описаны причины выбора применяемых программных решений, структура хранения информации.

Ключевые слова: ОВЗ, мобильная навигация, доступная среда, маршрут, база данных, геоинформационные системы.

Вопрос обеспечения доступности городской среды для людей с ограниченными возможностями здоровья имеет высокую практическую значимость. Для маломобильных групп населения передвижение по городу нередко связано с дополнительными трудностями: лестницами, высокими бордюрами, неровным покрытием тротуаров, отсутствием пандусов, крутыми уклонами и небезопасными переходами. Обычные навигационные сервисы чаще всего предлагают кратчайший, либо самый быстрый путь, не учитывая, насколько он удобен и безопасен для конкретного человека [1].

Современные исследования показывают, что повысить качество городской навигации можно за счет объединения картографических данных, пользовательских оценок и алгоритмов адаптивного построения маршрутов. Особенно перспективным является создание специализированных приложений, учитывающих особенности пользователя и текущее состояние городской инфраструктуры [2].

В Самарском государственном техническом университете ведется разработка мобильного приложения «Город для всех». Его основная задача состоит в помощи пользователю при перемещении по городу. Программа должна предлагать не просто путь между двумя точками, а маршрут с минимальным количеством препятствий и наиболее комфортными условиями передвижения.

Существенное значение при проектировании имел выбор программных средств, на которых строится система (рисунок 1).

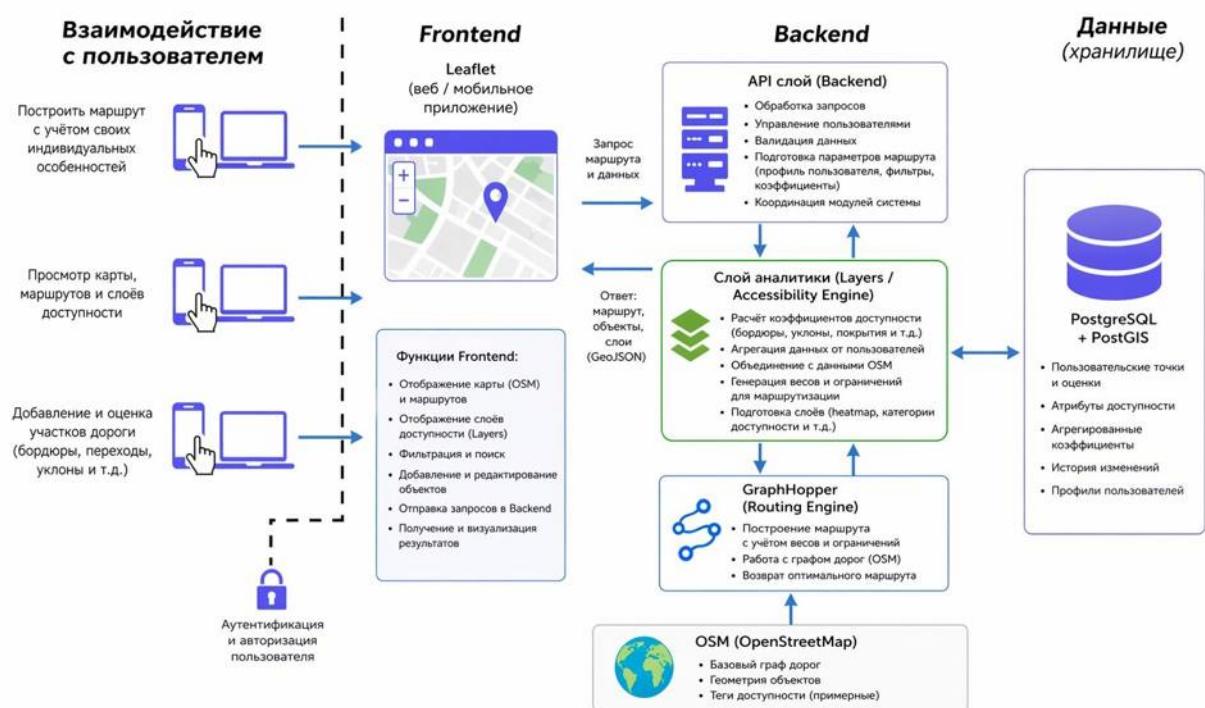


Рисунок 1 – Архитектура системы маршрутизации

На начальном этапе были рассмотрены различные картографические платформы. Коммерческие сервисы обладают развитой инфраструктурой, однако нередко ограничивают возможность изменения алгоритмов построения маршрута, добавления собственных слоёв данных и внедрения специальных функций. По этой причине было принято решение использовать открытую архитектуру на основе OpenStreetMap, GraphHopper и Leaflet.

OpenStreetMap применяется как основной источник картографической информации. Это открытый международный проект, карты которого создаются и обновляются сообществом пользователей. Его важным преимуществом является гибкая структура данных. Помимо обычных дорог и пешеходных зон, в систему можно добавлять сведения о наличии пандусов, типе покрытия, ширине прохода, качестве тротуара, наличии звуковых светофоров и других характеристиках. Для рассматриваемого проекта такие данные особенно важны, поскольку именно они определяют реальную доступность маршрута для человека с ОВЗ.

GraphHopper используется для расчета маршрутов. Данная система работает с графом дорожной сети и позволяет изменять правила выбора пути. В стандартном случае программа стремится уменьшить расстояние или время движения. Однако для задач доступной среды каждому участку можно назначить собственный коэффициент сложности преодоления. Например, участок с крутым уклоном получает повышенный

коэффициент сложности, зона с поврежденным покрытием считается менее предпочтительной, а дорога с удобным пандусом, напротив, получает преимущество. За счет этого выбирается не самый короткий, а наиболее удобный и безопасный маршрут.

Leaflet применяется для отображения картографической информации и взаимодействия с пользователем. С его помощью выводится карта города, построенный маршрут, проблемные участки, отметки пользователей и дополнительные тематические слои. Пользователь может визуально оценить уровень доступности района и получить необходимые сведения в наглядной форме.

Совместное использование указанных решений обеспечивает рациональное распределение функций системы: картографические данные предоставляются OpenStreetMap, расчет маршрута выполняется GraphHopper, а визуальное представление информации осуществляется средствами Leaflet. Такой подход упрощает сопровождение проекта и его дальнейшее развитие.

Для хранения информации выбрана система управления базами данных PostgreSQL с расширением PostGIS. Это решение позволяет работать не только с обычными таблицами, но и с пространственными объектами. На рисунке 2 представлена структурная схема БД.

В базе данных предусмотрены следующие основные таблицы:

1. Персона – хранит информацию о людях, которые проходят опрос и содержит Telegram ID (уникальный идентификатор из Telegram) и имя пользователя.
2. Модуль – для логического разбиения анкеты на смысловые блоки. У каждого модуля есть порядковый номер, чтобы показывать их в правильной последовательности.
3. Вариант – содержит возможные ответы на вопросы анкеты: шкалы оценок, ответы «Да/Нет», возрастные группы, районы города и др. Таблица представляет собой общий справочник вариантов ответов.
4. Вопрос – содержит текст вопроса, тип, картинку, если есть, и код – уникальное текстовое имя, которое удобно использовать в коде для ссылок.
5. Вопрос_варианты – определяет, какие варианты ответов предлагаются для каждого вопроса. Один вопрос может иметь много вариантов, один вариант может использоваться во многих вопросах.

6. Условие – реализует ветвление: если пользователь ответил определенным образом на родительский вопрос, то показывается дочерний вопрос.

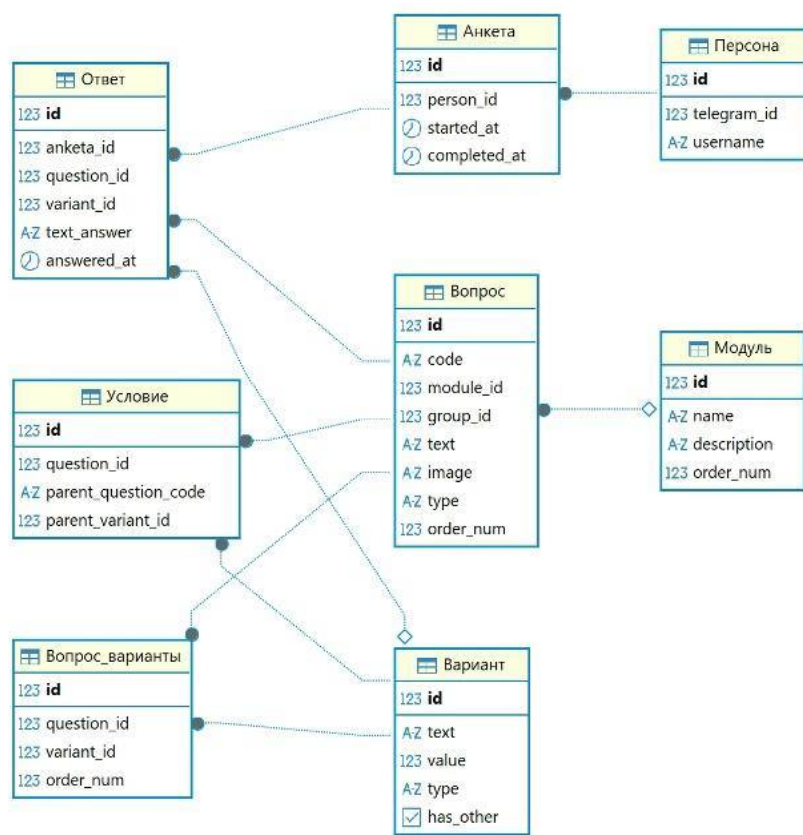


Рисунок 2 – Структурная схема БД

7. Анкета – фиксирует факт того, что конкретный пользователь начал проходить опрос. Здесь хранятся дата начала, дата завершения и ссылка на пользователя.

8. Ответ – здесь каждая запись – это один ответ на один вопрос в рамках одной анкеты.

Реализация приложения может сделать передвижение людей с ОВЗ более удобным и уменьшить их социальную изоляцию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тычинина, Ю. А. Разработка информационной системы для навигации людей с ограниченными возможностями здоровья / Ю. А. Тычинина // Вестник СамГУПС. – 2025. – № 2(68). – С. 145–151. – EDN ZDRBSS.

2. Backend-разработка приложения маршрутизатора для людей с ограниченными возможностями здоровья / Е. Ю. Райденков, С. Д. Жидков, К. А. Третьяков, О. О. Зубрилин // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : МАТЕРИАЛЫ VII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Самара, 04 апреля 2025 года. – Самара: Приволжский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 159–164. – EDN VCCLHW.

АНАЛИЗ ДОСТУПНОСТИ ЗАШИФРОВАННЫХ ДАННЫХ ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ КОМПРОМЕТАЦИИ ВНЕШНЕГО НАКОПИТЕЛЯ

Осипов М.Н., Калинина А.В.

Самарский университет, г. Самара

Аннотация: в статье представлены результаты экспериментального исследования доступности данных на зашифрованном внешнем накопителе при физической компрометации устройства. Эксперимент проводился на виртуальном оборудовании (Oracle VirtualBox) с использованием гостевых ОС Windows 10 Pro и Red OS. Установлено, что при попытке монтирования диска, зашифрованного средствами BitLocker, из операционной системы Red OS возникает ошибка unknown filesystem type 'BitLocker', делающая невозможным доступ к данным без специального программного обеспечения и ключа шифрования. Полученные результаты подтверждают эффективность программного шифрования для защиты конфиденциальной информации при физической утере накопителя.

Ключевые слова: BitLocker, программное шифрование, Red OS, доступность данных, компрометация носителя, экспериментальное исследование.

Внешние накопители данных (USB–флеш–диски, внешние жёсткие диски) широко используются для хранения и переноса конфиденциальной информации. Их портативность и простота использования оборачиваются главной уязвимостью: физическая утрата или кража такого накопителя может привести к неконтролируемому распространению защищаемой информации [1, с. 15]. Аутентификация по паролю не препятствует прямому чтению файловой системы при физическом доступе к носителю, поскольку злоумышленник может загрузить стороннюю ОС [2]. В рамках работы исследована способность программного шифрования обеспечивать недоступность данных при попытке чтения из альтернативной операционной системы.

Цель работы: экспериментально проверить возможность доступа к данным на внешнем накопителе, зашифрованном средствами BitLocker, при попытке чтения из альтернативной операционной системы (Red OS) без использования ключа шифрования. Исследование проводилось на виртуальном оборудовании [3], конфигурация которого представлена в табл. 1. Применялся метод прямого монтирования зашифрованного тома в Red OS с последующей попыткой доступа к файловой системе через командную строку (команды mount и df –h). Архитектура экспериментального оборудования представлена на рис. 1.

Таблица 1

Конфигурация экспериментального оборудования

№п/п	Наименование компонента	Характеристика
1	Хост–ОС	Windows 10 (ноутбук ASUS X541U)
2	Гипервизор	Oracle VirtualBox
3	Гостевая ОС №1	Windows 10 Pro (для шифрования)
4	Гостевая ОС №2	Red OS (семейство Linux)
5	Тестовый диск	8 ГБ (виртуальный, смонтирован как диск E: в Windows)
6	Средство шифрования	BitLocker (AES–128, режим XTS)

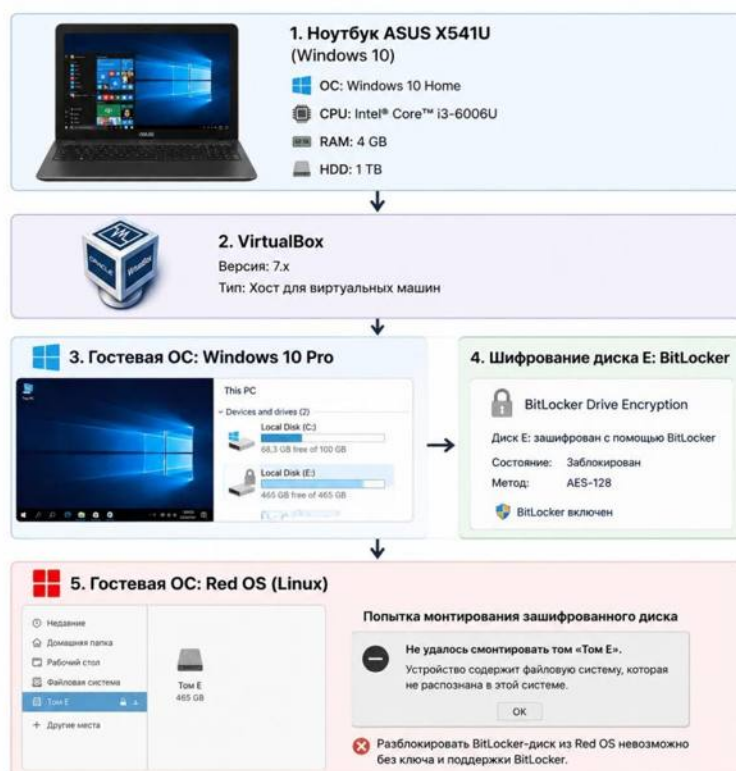


Рисунок 1 – Архитектура экспериментального оборудования

В ходе эксперимента сначала был зашифрован тестовый виртуальный диск (8 ГБ) средствами BitLocker в гостевой ОС Windows 10 Pro. Затем в той же среде виртуализации была запущена гостевая ОС Red OS с Live–образа. В Red OS была предпринята попытка обнаружить зашифрованный диск, смонтировать его и получить доступ к данным. Результаты проверки представлены в табл. 2.

Таблица 2

Доступность зашифрованного диска из операционной системы Red OS

№п/п	Операционная система	Тип шифрования	Результат монтирования	Доступ к данным
1	Windows 10 (гостевая)	BitLocker	Успешно (с паролем)	Да
2	Red OS (гостевая)	BitLocker	Ошибка: unknown filesystem type 'BitLocker'	Нет

На рисунке 2 представлен скриншот терминала Red OS с результатом выполнения команды `sudo mount /dev/sda1 /mnt`. Система однозначно идентифицировала тип файловой системы как BitLocker и не смогла выполнить

монтирование, выдав соответствующую ошибку. На рисунке 3 представлен результат выполнения команды `df -h`, которая показала, что диск с зашифрованным томом не был смонтирован, и доступ к данным отсутствует. Сводные результаты эксперимента представлены в табл. 3.

```
[arinak@localhost ~]$ sudo mount /dev/sda1 /mnt
mount: /mnt: unknown filesystem type 'BitLocker'.
dmesg(1) may have more information after failed mount system call.
[arinak@localhost ~]$ ls -la /mnt
ls: cannot open directory '/mnt': Permission denied
```

Рисунок 2 – Попытка монтирования зашифрованного диска BitLocker в Red OS

```
[arinak@localhost ~]$ df -h |grep mnt
/dev/sdb1      599M   20M   580M    4% /mnt
[arinak@localhost ~]$
```

Рисунок 3 – Результат проверки смонтированных томов в Red OS

Таблица 3

Сводные результаты эксперимента

№п/п	Попытка	Результат
1	Монтирование /dev/sda1 (BitLocker)	unknown filesystem type 'BitLocker'
2	Доступ к данным	Невозможен без пароля и специального ПО

В результате экспериментального исследования установлено, что программное шифрование диска средствами BitLocker в среде Windows 10 делает невозможным доступ к данным из альтернативной операционной системы Red OS при попытке прямого монтирования зашифрованного тома. Операционная система Red OS идентифицировала файловую систему как BitLocker и не смонтировала том, выдав ошибку. Полученные результаты подтверждают эффективность технологии для защиты конфиденциальной информации при физической утере или компрометации внешнего накопителя.

Организациям и пользователям, применяющим программное шифрование BitLocker, рекомендуется учитывать, что зашифрованный накопитель остаётся недоступным для чтения из большинства альтернативных операционных систем без использования специального программного обеспечения и ключа шифрования, что делает BitLocker практически применимым средством при угрозе физической утраты накопителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вострецова, Е. В. Основы информационной безопасности / Е. В. Вострецова. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2019. – 208 с.
2. Microsoft Corporation. BitLocker: общие сведения о шифровании диска в Windows [Электронный ресурс] // Microsoft Learn. – URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/windows/security/> (дата обращения: 08.03.2026).
3. Oracle Corporation. VirtualBox User Manual [Электронный ресурс] // VirtualBox.org. – URL: <https://www.virtualbox.org/> (дата обращения: 08.03.2026).

УДК 004.42
004.65
616.61

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПЕРЕХОДА С СУБД SQLITE НА POSTGRESQL НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СИСТЕМЫ И ЦЕЛОСТНОСТЬ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ

Припутников А.П., Кокин А.Р.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье представлены результаты сравнительного анализа медицинской информационной системы для врачей–нефрологов, разработанной на фреймворке Django, таких СУБД как SQLite и PostgreSQL. Было проведено комплексное тестирование корректности типизации, целостности данных, производительности алгоритмов сайта и скорости выполнения запросов.

Ключевые слова: медицинские информационные системы, Django, PostgreSQL, SQLite, сравнительный анализ производительности, целостность данных, нефрология.

В современном мире существует множество технологий, которые разработчики используют для создания различных программ. Вопрос о том, какие технологии лучше всего использовать для достижения определённой задачи будет актуален всегда. Одной из областей применения инструментов программирования является проектирование медицинских информационных систем (МИТ), где вопрос о корректном использовании инструментов крайне важен в виду того, что медицинские данные должны надёжно храниться, обладать строгой типизацией информации, а врачи должны иметь возможность одновременно работать с системой без сбоев [1–5].

Одной из такой МИТ является веб–платформа calculmed [6], предназначенная для врачей–нефрологов. Платформа, разработанная на фреймворке Django, обладала по умолчанию фреймворком СУБД SQLite. В связи с ограниченными факторами работы данной СУБД, было принято решения перенести проект на СУБД PostgreSQL [7–9]. Однако, вопрос о том, какие улучшения будет иметь платформа остаётся открытым. В связи с этим была определена основная задача данной статьи – создать комплект тестов для оценки данных, перенесенных из одной СУБД в другую, а также произвести анализ тестов производительности системы после миграции.

Для оценки характеристики системы был разработан комплекс автоматизированных тестов, реализованных с использованием встроенных средств тестирования в Django [10], а также библиотеки time для измерения производительности. Все этапы тестирования производились на локальной машине.

Проведённое комплексное тестирование показало, что миграция данных произошла корректно, и подтвердило сохранение всех связей между таблицами. Все пять произведённых тестов целостности свидетельствуют о правильной реализации внешних ключей и соблюдении ограничений NOT NULL.

Тестирование типов данных подтвердило корректную работу используемых полей. Особенно следует отметить успешное сохранение и извлечение кириллических символов в текстовых полях, являющееся обязательным условием для МИТ.

После успешной проверки данных, размещённых в новой СУБД после миграции, необходимо удостовериться в том, что СУБД PostgreSQL обладает преимуществом по производительности перед SQLite. Наиболее значимые результаты, полученные в ходе сравнительного тестирования производительности SQLite и PostgreSQL, сведены в таблицы 1.

Таблица 1

Результаты сравнительного анализа производительности СУБД

Тип операции	SQLite, с	PostgreSQL, с	Относительная разница, %
Поодиочная вставка 100 записей	0,0319	0,0357	+11,9 (SQLite быстрее)
Массовая вставка 500 записей	0,0292	0,0203	-30,3 (PostgreSQL быстрее)
Выборка всех записей (100 шт.)	0,0006	0,0010	+77,0 (SQLite быстрее)
Простая фильтрация по одному условию	0,0008	0,0010	+33,1 (SQLite быстрее)
Сложная фильтрация (3 условия + сортировка)	0,0015	0,0008	-49,5 (PostgreSQL быстрее)
Массовое обновление записей	0,0018	0,0020	+12,0 (SQLite быстрее)
Массовое удаление записей	0,0010	< 0,0001	> -90,0 (PostgreSQL быстрее)

В таблице 1 явно можно выделить следующие закономерности:

1. Простые операции с малым объемом данных (поодиочная вставка, выборка всех записей, простая фильтрация) выполняются быстрее в SQLite, что объясняется минимальными накладными расходами СУБД. Преимущество составило от 11,9 % до 77 %.

2. Такие сложные операции, как массовая вставка, фильтрация по нескольким уровням были эффективнее реализованы в PostgreSQL. В данном случае разница в производительности была от 30,3 % до 49,5 %.

3. В связи с наличием оптимизированных механизмов работы с большими данными массовое удаления данных в PostgreSQL выполняется практически мгновенно.

4. Интегральная оценка по суммарному времени выполнения всех операций доказывает преимущество PostgreSQL на 8,8 %, где общее время выполнения составило 0,0607 секунд против 0,0666 у SQLite.

Таким образом, полученные в ходе комплексного тестирования системы результаты, подтверждают известное положение о том, что выбор оптимальной для системы должен определяться видом преобладающих операций [8, 9]. Из полученных результатов следует сделать вывод, что SQLite, являющаяся встраиваемой СУБД с минимальными накладными расходами, обладает более высокой скоростью в простых операциях с ограниченным объемом данных, но условия реальной эксплуатации МИТ показывают, что в них преобладают сложные аналитические запросы, требующие обработки больших массивов данных, где PostgreSQL показывает существенное преимущество.

Также было проведено сравнение с результатами других исследований [9], показывающее, что полученное PostgreSQL преимущество при сложных запросах соответствует общим закономерностям, однако, количественные показатели могут варьироваться в зависимости от конкретной реализации алгоритмов и структуры данных.

В ходе проведенного исследования была произведена оценка влияния перехода с СУБД SQLite на PostgreSQL на производительность системы и целостность медицинских данных с использованием инструментов тестирования, показывающая, что целостность данных при миграции с SQLite на PostgreSQL полностью сохранена, а также в ходе сравнительного анализа производительности была выявлена специализация СУБД: SQLite эффективнее при простых операциях (преимущество 11–77 %), а PostgreSQL значительно быстрее при сложных аналитических запросах и массовых операциях (преимущество 30–50 %), также интегральная оценка демонстрирует преимущество PostgreSQL на 8,8 %.

Благодаря полученным данным, был сделан вывод о том, что для МИТ с преобладанием сложных запросов к большим массивам данных PostgreSQL является предпочтительным выбором, небольшое преимущество SQLite в простых операциях не является определяющим фактором в условиях реальной эксплуатации.

Перспективы дальнейших исследований включают оценку масштабируемости PostgreSQL при увеличении числа одновременных пользователей, анализ

эффективности индексов для ускорения часто выполняемых запросов, а также исследование возможности использования специализированных СУБД для хранения и обработки медицинских изображений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зиндер, Е.С. Проектирование медицинских информационных систем / Е.С. Зиндер, И.А. Михайлова // Системный анализ в медицине : материалы VI Всерос. науч.-практ. конф. – Благовещенск, 2023. – С. 112–118.
2. Кокин, А. Р. Веб–реализация калькулятора расчета риска хронической болезни почек у детей / А. Р. Кокин, А. А. Седашкин // LI Самарская областная студенческая научная конференция : Тезисы докладов. В 2–х томах, Самара, 14–25 апреля 2025 года. – Санкт–Петербург: ООО "Эко–Вектор", 2025. – С. 373–375. – EDN SUJRZO.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025617001 Российская Федерация. Программный комплекс для прогнозирования и диагностики ХБП : заявл. 03.03.2025 : опубл. 21.03.2025 / О. А. Седашкина, А. Р. Кокин, А. А. Седашкин. – EDN MWGCWO.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024685217 Российская Федерация. Калькулятор расчета риска хронической болезни почек у детей : № 2024684572 : заявл. 14.10.2024 : опубл. 25.10.2024 / О. А. Седашкина, А. В. Колсанов, Р. Р. Юнусов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. – EDN JSUTXI.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024685630 Российская Федерация. Программа для прогнозирования хронического течения заболевания у детей с острой патологией почек : № 2024684552 : заявл. 14.10.2024 : опубл. 30.10.2024 / О. А. Седашкина, А. В. Колсанов, М. Н. Мякотных [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. – EDN DVHDCP.
6. КалькульМед / [Электронный ресурс] // КалькульМед : [сайт]. – URL: <https://calculmed.ru> (дата обращения: 24.02.2026).
7. Смит, Дж. Проектирование баз данных для медицинских информационных систем / Дж. Смит, М. Джонсон // Журнал медицинской информатики. – 2023. – Т. 45, № 3. – С. 234–241.
8. Браун, Р. SQLite против PostgreSQL: выбор правильной базы данных для вашего приложения / Р. Браун // Database Trends. – 2022. – Т. 18. – С. 112–118.
9. Кузнецов С.Д. Основы современных баз данных. – 3–е изд., перераб. и доп. – Москва : Бином, 2022. – 488 с.
10. Документация Django: Миграции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.djangoproject.com/ru/5.1/topics/migrations/> (дата обращения: 01.02.2026).

УДК 004.42
003.26
378.016

РЕАЛИЗАЦИЯ ШИФРА ВИЖЕНЕРА НА HTML С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ВВОДА И РАСШИФРОВКИ ТЕКСТ

Бакалдин И.Ю., Тимофеев И.А., Пещеров А.Ю., Иванов Д.В.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в работе рассматривается разработка алгоритма шифра Виженера в формате веб–страницы в рамках веб–сайта «CypherCalc» с помощью таких средств, как HTML, CSS и JavaScript. Реализованный калькулятор поддерживает работу с кириллическими и с латинскими символами. Представленная реализация демонстрирует принципы работы полиалфавитного шифра Виженера посредством его визуализации в веб–среде, а также обеспечивает наглядное представление процессов шифрования и расшифровки текстовых данных. Интерактивная форма реализации алгоритма делает изучение криптографии более удобным и снижает нагрузку на преподавателей при проверке и анализе заданий студентов.

Ключевые слова: шифр Виженера, полиалфавитное шифрование, веб–страница, HTML, JavaScript, CSS, латинский алфавит, кириллический алфавит, калькулятор шифра.

Шифр Виженера является одним из классических способов симметричного, полиалфавитного, подстановочного шифрования, который использует последовательность сдвигов, задаваемую ключевым словом. В отличие от простой подстановки, например, шифра Цезаря, здесь для разных символов исходного текста идут разные сдвиги. Из–за этого шифр Виженера устойчивее к простому анализу. Каждый символ сообщения преобразуется с учётом соответствующего символа ключа, который повторяется циклично по всему тексту. Данный алгоритм может применяться в учебных целях, так как он наглядно показывает принципы полиалфавитного шифрования и помогает лучше понять базовые механизмы защиты информации [1, 2].

В рамках данной работы рассматривается реализация алгоритма шифра Виженера в виде веб–страницы на основе HTML с использованием JavaScript и CSS [5], обеспечивающего возможность выполнения шифрования и дешифрования латинского и кириллического текста. Интерфейс программы направлен на удобное взаимодействие с пользователем и позволяет вводить исходный текст, задавать ключ и получать результат преобразования в отдельном текстовом поле.

Математическая суть алгоритма сводится к тому, что каждому символу текста и ключа сопоставляется его позиция в алфавите, после чего выполняется их сложение с учётом длины алфавита. При шифровании исходный символ заменяется на другой, смещённый на величину, заданную соответствующим символом ключа. Процесс

расшифровки выполняется аналогично, но с использованием обратного преобразования, позволяющего восстановить исходный текст. Более подробная информация о алгоритме шифрования представлена в [3].

Код, часть программной реализации которого показана на рисунке 1, поддерживает латинскую и кириллическую графику, обрабатывает как большие, так и маленькие буквы, а также сохраняет все специальные символы без изменений, что обеспечивает универсальность использования калькулятора при работе с латинскими и русскими текстами.

```
function normalizeVigenereKey(key) {
    return [...(key || "")]
        .filter(ch => getAlphabetType(ch))
        .join("");
}

function getShiftFromKeyChar(ch) {
    const code = ch.charCodeAt(0);

    // Latin
    if (code >= 65 && code <= 90) return code - 65;
    if (code >= 97 && code <= 122) return code - 97;

    // Cyrillic special case Ё/ё
    if (ch === "Ё") return 6;
    if (ch === "ё") return 6;

    // Cyrillic uppercase А-Я
    if (code >= 1040 && code <= 1071) {
        if (code <= 1045) return code - 1040; // А...Е
        return code - 1040 + 1; // Ж...Я with Ё included logically
    }

    // Cyrillic lowercase а-я
    if (code >= 1072 && code <= 1103) {
        if (code <= 1077) return code - 1072; // а...е
        return code - 1072 + 1; // ж...я with ё included logically
    }

    return 0;
}
```

Рисунок 1 – Фрагмент программной реализации, демонстрирующий основную логику работы программы

В процессе разработки были отдельно заданы списки кириллического и латинского алфавитов, к каждому алфавиту обозначены строчные и заглавные символы, а также были добавлены исключения для некоторых символов, что в следствии обеспечило правильную обработку текстов на различных языках и учет особенностей каждого алфавита при шифровании и расшифровке.

При запуске программы отображается веб–страница калькулятора шифра Виженера, дающая пользователю возможность ввода текста, его шифровки, дешифровки, и вывод результата в отдельном текстовом окне, что показано на

рисунке 2.

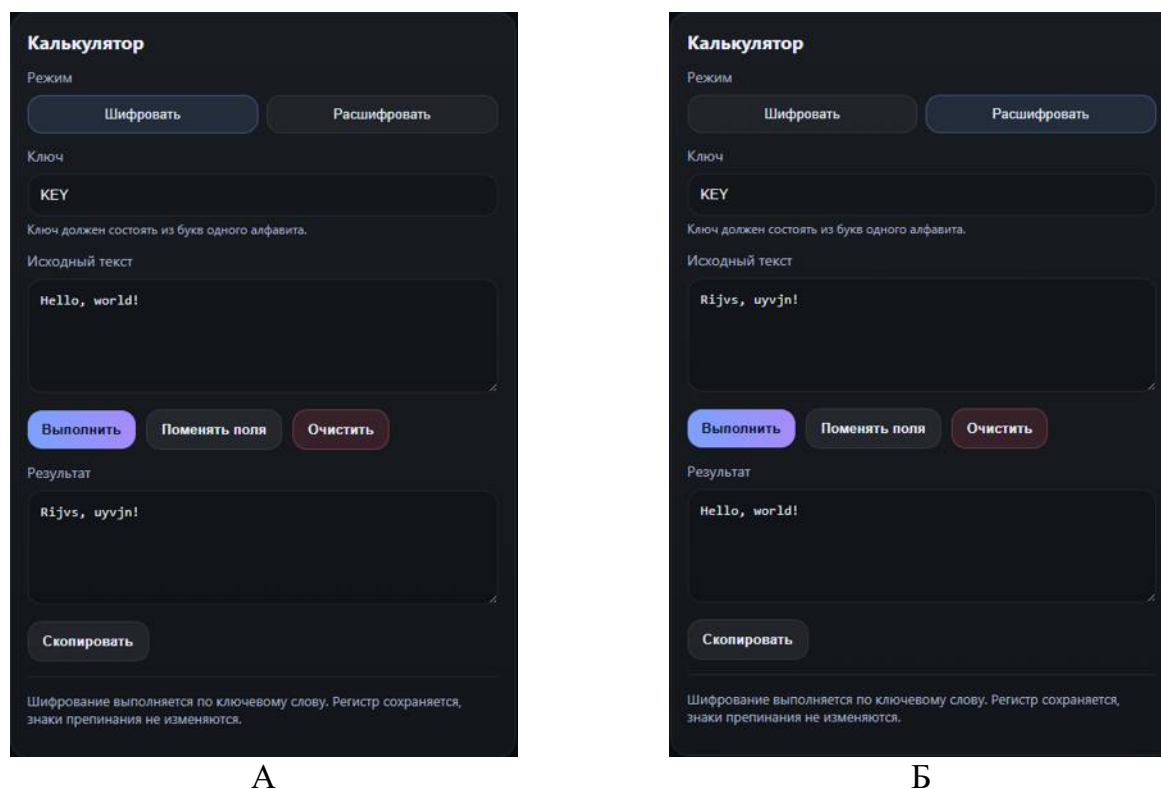


Рисунок 2 – Результаты работы программного обеспечения: «А» – шифрование латинского текста; «Б» – дешифрования латинского текста

Представленная в данной работе реализация шифра Виженера с поддержкой латинского и кириллического алфавитов на базе HTML, а также их сочетаний, служит наглядным примером полиалфавитного симметричного шифрования, что делает её применимой для учебного процесса [3].

Созданное веб–приложение представляет собой инструмент для проведения практических и лабораторных занятий по информатике, программированию и основам криптографии. Программа направлена на помощь студентам на практике понять, как происходит преобразование текста на разных языках и с учётом различий в регистре символов. Удобный интерфейс и простота работы алгоритма позволяют легко освоить приёмы шифрования и расшифровки шифра Виженера, что является необходимой ступенью в обучении студентов по защите данных.

Реализация на HTML обеспечивает работу на любых устройствах и платформах и интуитивно понятный графический интерфейс для визуализации процесса работы алгоритма, расширяя возможности применения по сравнению с существующими решениями [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов, И. Н. Шифр Виженера: классический и модифицированный / И. Н. Попов // Обучение фрактальной геометрии и информатике в вузе и школе в свете идей академика А.Н. Колмогорова : Материалы 4-й Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, Кострома, 04–06 декабря 2025 года. – Кострома: Костромской государственный университет, 2025. – С. 178–183. – EDN JIZWBK.
2. Адаев, Р. Б. Программная реализация шифрования текстовых фраз / Р. Б. Адаев // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 11(83). – С. 172–180. – EDN BLNBXD.
3. Максименко, М. Н. Шифр Виженера: программная реализация / М. Н. Максименко, Т. Е. Пуриц // Информационные технологии и математические методы в экономике и управлении (ИТиММ–2024) : Сборник статей XIII Международной научно-практической конференции имени А.И. Китова. В 3-х томах, Москва, 14–15 марта 2024 года. – Москва: Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, 2024. – С. 28–35. – EDN IEZMCA.
4. Суздалов, Д. В. Программная реализация криптоанализа шифра Виженера / Д. В. Суздалов // Молодежная научная конференция, посвященная памяти Н.А. Фролова : Сборник материалов конференции, Сыктывкар, 27 мая 2022 года / Отв. редактор С.В. Мясникова. – Сыктывкар: Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, 2023. – С. 166–170. – EDN QPLQVN.
5. Чусавитина, Г. Н. Мировые информационные ресурсы: применение HTML, CSS и JAVASCRIPT для создания Web-страниц / Г. Н. Чусавитина, Е. М. Разинкина. – Магнитогорск : Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2004. – 277 с. – ISBN 5–86781–328–2. – EDN QNLAYF.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОГРАММНОГО ШИФРОВАНИЯ BITLOCKER НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ДИСКОВОЙ ПОДСИСТЕМЫ И НАГРУЗКУ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРОЦЕССОРА

Калинина А.В., Осипов М.Н.

Самарский университет, г. Самара

Аннотация: в статье представлены результаты экспериментального исследования влияния программного шифрования BitLocker на производительность дисковой подсистемы и нагрузку центрального процессора. Эксперимент проводился на виртуальном оборудовании (Oracle VirtualBox, гостевая ОС Windows 10 Pro) с использованием тестового виртуального диска объёмом 8 ГБ. Установлено, что применение шифрования BitLocker приводит к увеличению времени копирования файла объёмом 500 МБ с 3,58 до 10,60 секунды (снижение скорости записи на 66,2 %), а также к возрастанию нагрузки на центральный процессор с 12 % до 16 %. Полученные данные подтверждают наличие вычислительных затрат при программном шифровании.

Ключевые слова: BitLocker, программное шифрование, производительность дисковой подсистемы, нагрузка ЦП, виртуальное оборудование, экспериментальное исследование.

Утечка конфиденциальных данных с внешних накопителей остаётся одним из распространённых сценариев нарушения информационной безопасности, что обуславливает применение программного шифрования [1, с.15]. BitLocker, встроенный в профессиональные редакции ОС Windows, реализует полнодисковое шифрование в прозрачном режиме [2]. При этом криптографические преобразования выполняются в реальном времени и влекут дополнительную вычислительную нагрузку на систему. Количественная оценка этих затрат необходима для принятия обоснованных решений о применении программного шифрования в различных сценариях эксплуатации.

Цель. Оценить количественное влияние программного шифрования BitLocker на скорость записи данных и нагрузку центрального процессора путём проведения натурального эксперимента на виртуальном оборудовании.

Экспериментальное исследование проводилось на виртуальном оборудовании [3], конфигурация которого представлена в табл. 1. Использовался метод прямого хронометража операций копирования файлов с помощью командлета CopyItem в PowerShell, а также метод мониторинга нагрузки центрального процессора средствами Диспетчера задач Windows. На рис. 1 представлена архитектура экспериментального оборудования.

Таблица 1

Конфигурация экспериментального оборудования

№п/п	Компонент	Характеристика
1	Хост-ОС	Windows 10 (ноутбук ASUS X541U)
2	Процессор	Intel Core i3 (с поддержкой AES-NI)
3	Гипервизор	Oracle VirtualBox
4	Гостевая ОС	Windows 10 Pro
5	Тестовый диск	8 ГБ (виртуальный, диск E:)
6	Средство шифрования	BitLocker (AES-128, режим XTS)

В ходе эксперимента проведены две серии измерений. В первой серии измерялось время копирования файла объемом 500 МБ с системного диска C: на тестовый диск E: в незашифрованном и зашифрованном состояниях. Результаты представлены в табл. 2.

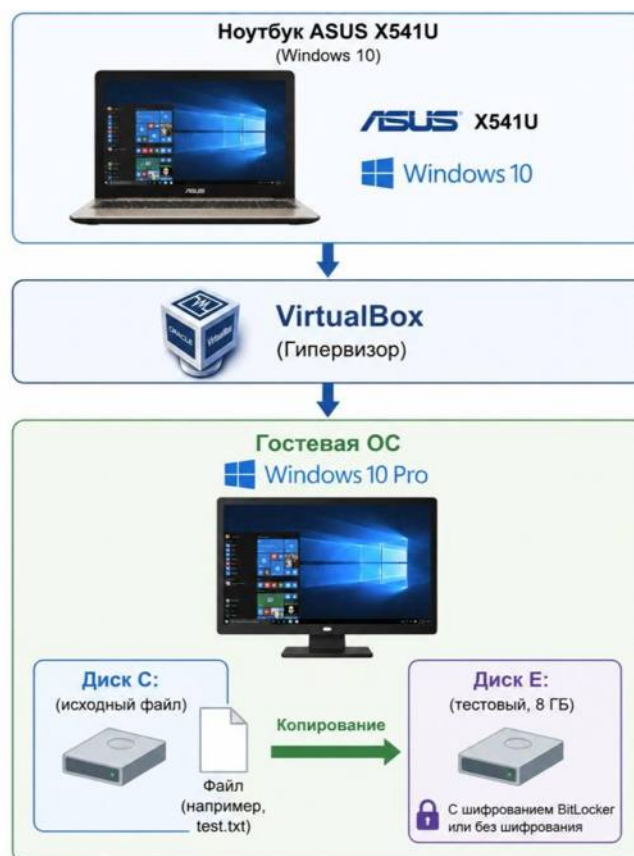


Рисунок 1 – Архитектура экспериментального оборудования

Таблица 2

Влияние шифрования на скорость копирования

№п/п	Состояние диска	Время копирования 500 МБ, с	Скорость записи, МБ/с	Падение производительности, %
1	Без шифрования	3,58	140	–
2	С шифрованием (BitLocker)	10,60	47	66,2

Во второй серии измерялась нагрузка на центральный процессор в трёх режимах: простой (фоновая нагрузка), копирование на незашифрованный диск и копирование на зашифрованный диск. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

Нагрузка на центральный процессор при копировании файла		
№п/п	Наименование режима работы	Максимальная нагрузка ЦП, %
1	Простой (фоновая нагрузка)	4
2	Копирование на незашифрованный диск (C:)	12
3	Копирование на зашифрованный диск (E:, BitLocker)	16

На рисунках 2–3 представлены скриншоты PowerShell с результатами замера времени копирования до и после шифрования. На рисунках 4–6 изображен диспетчер задач с нагрузкой ЦП в различных режимах. Сводные результаты эксперимента представлены в табл. 4.

```
PS C:\Windows\system32> Measure-Command { Copy-Item "C:\testfile.dat" "E:\" }

Days           : 0
Hours          : 0
Minutes        : 0
Seconds        : 3
Milliseconds    : 575
Ticks          : 35759855
TotalDays      : 4,13887210648148E-05
TotalHours     : 0,000993329305555556
TotalMinutes   : 0,0595997583333333
TotalSeconds   : 3,5759855
TotalMilliseconds : 3575,9855
```

Рисунок 2 – Результаты замера времени копирования в PowerShell (до шифрования)

```
PS C:\Windows\system32> Measure-Command { Copy-Item "C:\testfile.dat" "E:\" }

Days           : 0
Hours          : 0
Minutes        : 0
Seconds        : 10
Milliseconds    : 599
Ticks          : 105993206
TotalDays      : 0,000122677321759259
TotalHours     : 0,00294425572222222
TotalMinutes   : 0,176655343333333
TotalSeconds   : 10,5993206
TotalMilliseconds : 10599,3206
```

Рисунок 3 – Результаты замера времени копирования в PowerShell
(после шифрования)

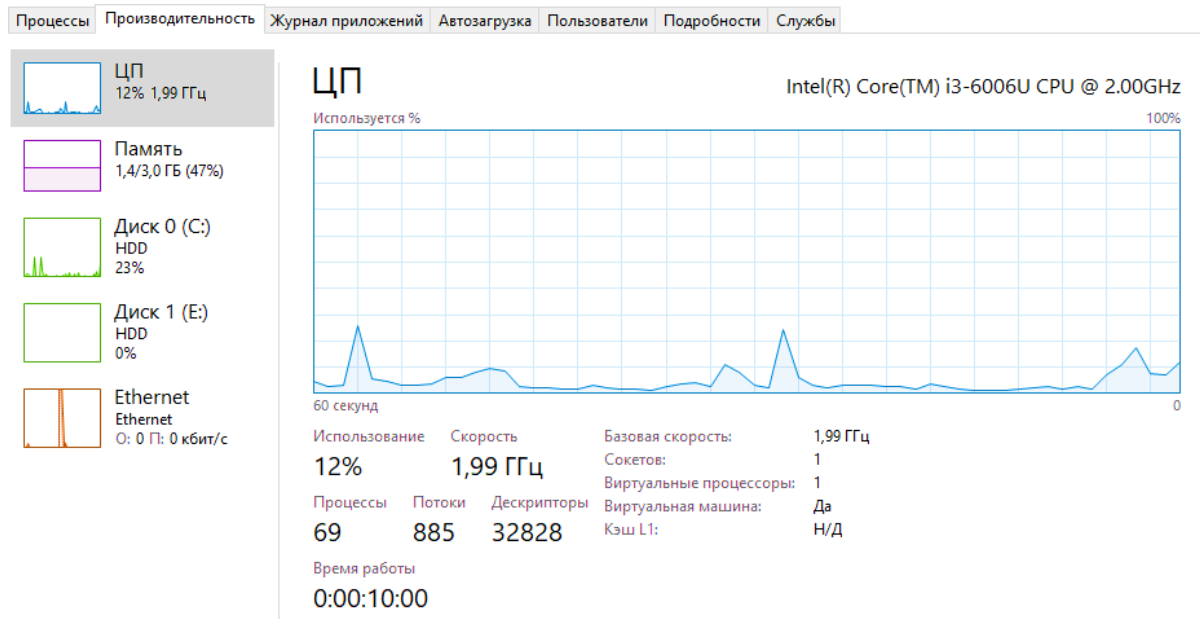


Рисунок 4 – Нагрузка ЦП в простое

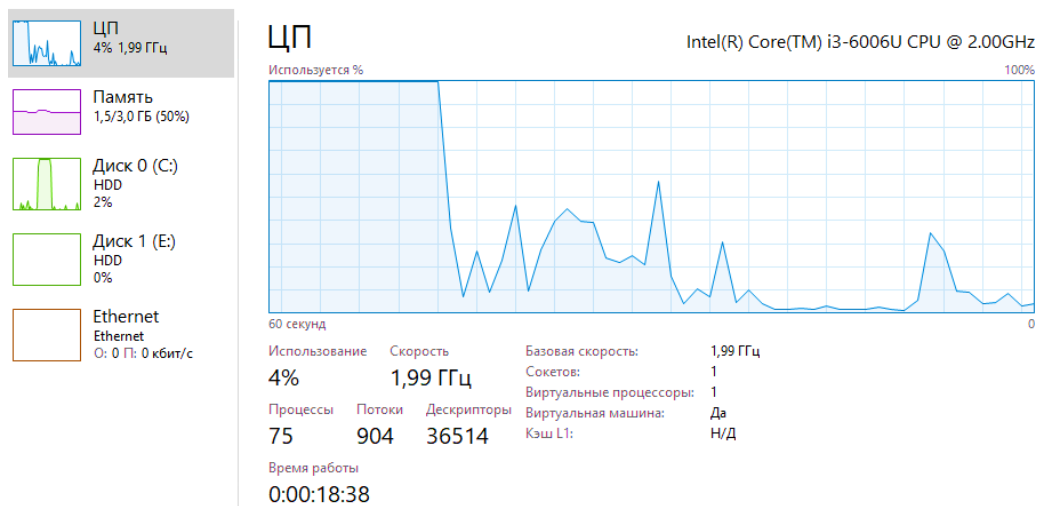


Рисунок 5 – Нагрузка ЦП при копировании на незашифрованный диск

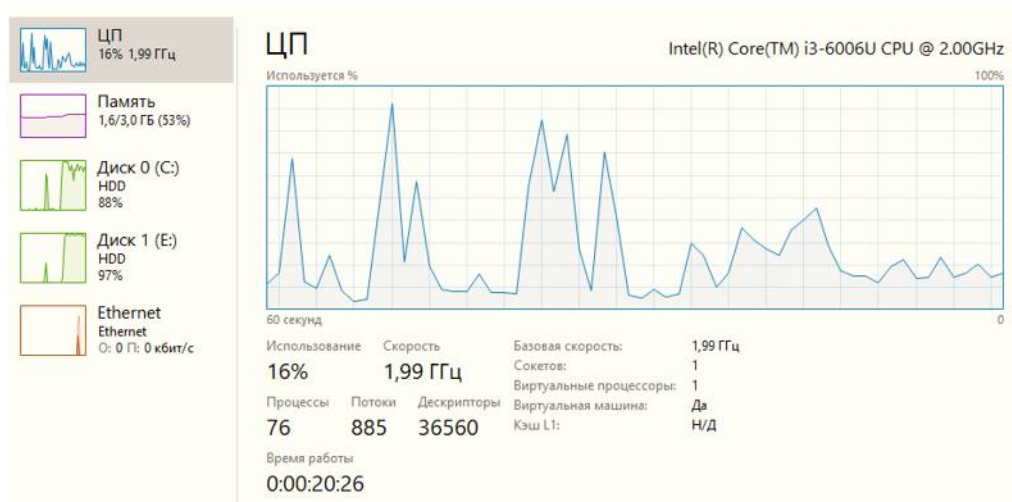


Рисунок 6 – Нагрузка ЦП при копировании на зашифрованный диск

Сводные результаты экспериментального исследования

№п/п	Показатель	Без шифрования	С шифрованием (BitLocker)
1	Время копирования 500 МБ, с	3,58	10,60
2	Максимальная нагрузка ЦП при копировании, %	12	16

В результате экспериментального исследования установлено, что применение программного шифрования BitLocker на тестовом виртуальном оборудовании привело к увеличению времени копирования файла объёмом 500 МБ с 3,58 до 10,60 секунды, что соответствует снижению скорости записи на 66,2 %. Также зафиксировано возрастание нагрузки на центральный процессор с 12 % до 16 % (прирост 4 процентных пункта). Увеличение нагрузки связано с выполнением криптографических преобразований в реальном времени. Небольшое абсолютное значение прироста нагрузки (4 %) объясняется использованием аппаратного ускорения AES–NI, поддерживаемого процессором Intel Core i3.

Организациям и пользователям, применяющим программное шифрование BitLocker для защиты внешних накопителей, рекомендуется учитывать выявленное снижение производительности, особенно при работе с большими объёмами данных, а также планировать дополнительное резервирование вычислительных ресурсов для выполнения криптографических операций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вострецова, Е. В. Основы информационной безопасности / Е. В. Вострецова. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2019. – 208 с.
2. Microsoft Corporation. BitLocker: общие сведения о шифровании диска в Windows [Электронный ресурс] // Microsoft Learn. – URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/windows/security/> (дата обращения: 08.03.2026).
3. Oracle Corporation. VirtualBox User Manual [Электронный ресурс] // VirtualBox.org. – URL: <https://www.virtualbox.org/> (дата обращения: 08.03.2026).

УДК 004.42
616.61

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ЧАТ-БОТА КАК ЧАСТИ ВЕБ-САЙТА ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ ПОЧЕК

Сандлер И.Л.¹, Кокин А.Р.¹, Седашкина О. А.²

¹Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

²ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет», МЗ РФ, г. Самара

Аннотация: в данной работе рассматривается процесс разработки пользовательского интерфейса (UI) для чат-бота на медицинском сайте Calculmed, предназначенного для мониторинга состояния детей и подростков с хронической болезнью почек. Описываются этапы выбора технологий, создания визуальных компонентов и настройки взаимодействия с пользователем, а также внимание уделяется эргономике интерфейса и его адаптивности для различных типов устройств. В работе также приведены обоснования дизайнерских решений, таких как цветовая схема и типографика, направленных на повышение комфорта восприятия информации. Рассматривается реализация интерактивных элементов, таких как индикатор набора текста, и обеспечение кроссбраузерной совместимости.

Ключевые слова: цифровое здравоохранение, медицинские информационные системы, хроническая болезнь почек, ХБП, педиатрическая нефрология, пользовательский интерфейс, искусственный интеллект, чат-бот, хроническая болезнь почек, языковые модели, Django, UX/UI-дизайн.

В последние годы цифровизация здравоохранения становится одним из приоритетных направлений развития медицинской отрасли. Внедрение современных информационных и коммуникационных технологий трансформирует традиционные подходы к оказанию медицинской помощи, способствуя повышению её доступности, оперативности и качества. С развитием цифровых технологий в современной медицинской практике они приобретают всё большее значение как инструменты, обеспечивающие удалённое взаимодействие между медицинскими специалистами и пациентами [1–4]. Возрастающая потребность в дистанционных формах консультирования и мониторинга состояния здоровья обуславливает расширение применения цифровых решений в медицине [5].

В этой связи актуальным представляется использование чат-ботов (программных модулей), реализующих алгоритмы автоматизированного диалогового взаимодействия с пользователями в интерактивном режиме. Данные системы обеспечивают обработку пользовательских запросов, предоставление справочной и консультативной информации, а также могут выполнять функции первичной навигации в медицинских сервисах.

Применение чат-ботов способствует повышению уровня медицинской грамотности населения за счёт оперативного доступа к структурированной и

релевантной информации [6, 7]. Кроме того, использование подобных решений позволяет снизить нагрузку на медицинский персонал и оптимизировать процессы коммуникации между пациентами и специалистами.

В рамках разработки модуля чат-бота для специализированного медицинского сайта Calculmed [8], предназначенного для ведения детей и подростков с хронической болезнью почек (ХБП) [9, 10], была поставлена задача проектирования пользовательского интерфейса (UI). При разработке модуля чат-бота учитывались высокая распространённость и клиническая значимость ХБП в педиатрической практике, а также необходимость длительного динамического наблюдения пациентов [3, 11, 12].

В данной работе рассматриваются вопросы проектирования пользовательского интерфейса, включая выбор архитектуры решения, разработку и реализацию визуальных компонентов, а также обоснование цветовых и типографических решений с учётом принципов эргономики и визуального восприятия информации. Реализация адаптивности интерфейса рассматривается как составная часть работы и охватывает поддержку различных типов устройств и разрешений экранов, а также обеспечение кроссбраузерной совместимости, что гарантирует корректное функционирование модуля в разнообразных программных средах.

Исходя из вышеизложенного, целью работы является разработка пользовательского интерфейса UI для специализированного чат-бота веб-сайта Calculmed, с обоснованием принятых технических и дизайнерских решений.

Разработка UI чат-бота производилась в составе веб-сайта, реализованного на фреймворке Django, обладающего встроенными механизмами надёжности и безопасности, системой шаблонов и активной поддержкой сообщества. В реализации интерфейса были использованы следующие технологии – HTML5, CSS3, JavaScript (JS), Django Template Language (DTL) [13].

UI чат-бот был организован как набор повторно используемых компонентов, интегрированных в базовый шаблон layout.html, что обеспечивает единообразие стилей и поведения на всех страницах веб-сайта, сохранение состояния чата при навигации по страницам, а также централизованное управление интерфейсом. Для реализации чат-бота был создан ряд файлов, отвечающих за разметку чат-бота, кастомные стили для его оформления, скрипты, обеспечивающие функциональность,

а также логики ответов бота и обработки пользовательского ввода.

Цветовая схема UI разрабатывалась с учётом следующих факторов: соответствие общему стилю сайта, психологическое влияние на пользователя, а также требования удобному для глаза восприятию. Таким образом, основным цветом оформления был выбран градиент от синего к фиолетовому по следующим причинам: синий цвет ассоциируется с надёжностью и спокойствием, что важно для медицинского приложения; фиолетовый оттенок добавляет ощущение технологичности. Выбранная схема соответствует общему оформлению сайта, обеспечивая визуальное сходство всех компонентов, а также достаточный уровень контрастности для глаза, оформленное в сочетании с белым текстом. Для текстового оформления был выбран шрифт Inter, обладающий высокой читаемостью.

Для создания эффекта «всплывающего» окна и визуального отделения чата от основного контента использованы CSS–тени, которые обеспечивают эстетическую привлекательность интерфейса, сохранение читаемости фоновой контента, а также визуальную иерархию.

Интерактивность UI была разработана на языке JavaScript, с использованием библиотеки jQuery, основные функции которой описаны в таблице 1.

Таблица 1

Функции интерактивности	
Название функции	Задача функции
openChat()	разворачивает окно чата, скрывает плавающую кнопку
minimizeChat(event)	сворачивает окно чата
CloseChat(event)	закрывает окно чата, отображает плавающую кнопку
sendMessage()	обрабатывает отправку сообщения, вызывает добавление сообщений в историю
addUserMessage(message)	добавляет сообщение пользователя в интерфейс
addBotMessage(message)	добавляет ответ бота в интерфейс
showTypingIndicator()/removeTypingIndicator()	управляют отображением индикатора набора текста

Немало важной частью интерфейса является индикатор набора текста – три точки, пульсирующие и отображаемые в момент размышления чат–бота над ответом. Реализация анимации выполнена с использованием CSS и несёт в себе роль снижения неопределённости пользователя в момент ожидания ответа, создания ощущения «живого» взаимодействия, а также улучшение восприятия времени ожидания, так как пользователь начинает воспринимать задержку как естественную. Расположение чат–бота на странице сайта и его основной интерфейс изображён на рисунках 1 и 2.

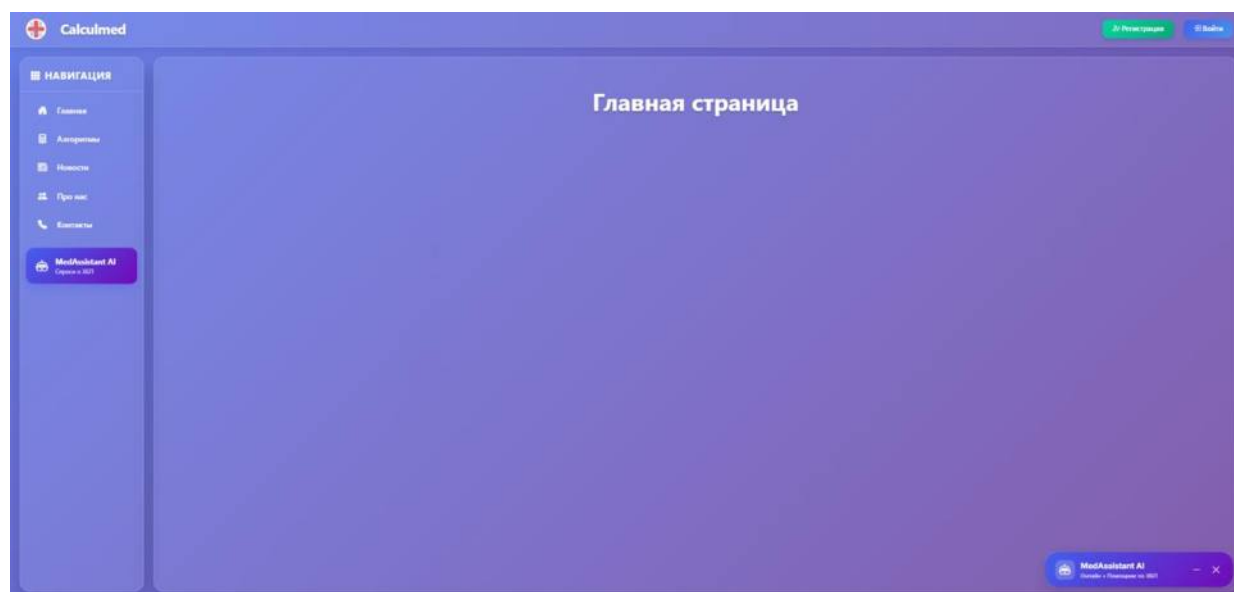


Рисунок 1 – Расположение ИИ-чат-бота на веб-платформе

Для отображения чат-бота была реализована адаптивная вёрстка с использованием медиа-запросов (media-queries) для десктопных и планшетных устройств, а также для мобильных устройств. Версия адаптивного интерфейса на примере экрана мобильных устройств изображена на рисунке 3.

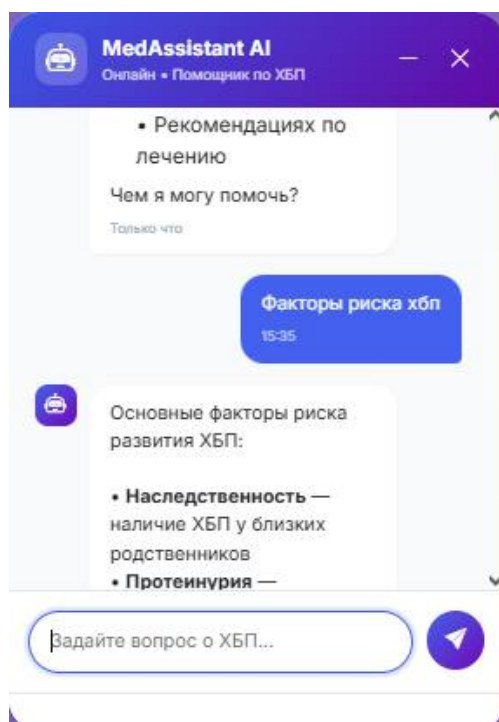


Рисунок 2 – Основной интерфейс ИИ-чат-бота

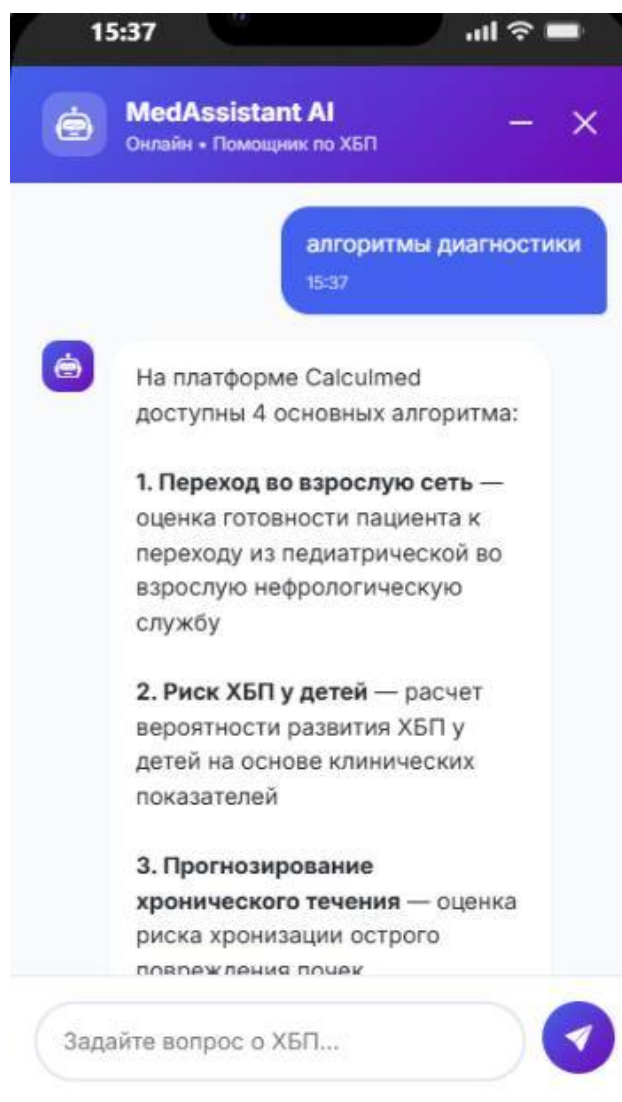


Рисунок 3 – Интерфейс ИИ–чат–бота для мобильных версий устройств

Для корректного отображения во всех современных браузерах использовались следующие подходы: вендорные префиксы для CSS–свойств, применение Autoprefixer при сборке CSS–файлов, проверка совместимости используемых JavaScript–методов с целевыми браузерами, использование полифиллов для устаревших браузеров. Таким образом, было достигнуто корректное отображение UI в наиболее популярных браузерах, среди которых можно выделить Google Chrome, Yandex Браузер, Opera, Edge и Firefox.

Кроме того, для обеспечения стабильной работы UI были использованы внешние CDN–ресурсы, использование которых обеспечивает снижение нагрузки на сервер, актуальность версий библиотек, а также высокую скорость загрузки за счёт кэширования на стороне пользователя. Со всеми CDN–ресурсами и их значениями можно ознакомиться в таблице 2.

CDN-ресурсы

Название CDN-ресурсов	Функция CDN-ресурса
Bootstrap CSS (v5.3.0)	Нормализация стилей (CSS Reset); адаптивная 12-колоночная сетка Flexbox; утилитарные классы для отступов и позиционирования; унификация отображения форм и кнопок; базовая типографика для заголовков и текста
Font Awesome	Визуальная метафора элементов интерфейса; снижение когнитивной нагрузки; масштабируемая векторная графика; поддержка CSS-анимаций при наведении; иконки для навигации и функциональных элементов
Bootstrap Icons	Стилистическая согласованность с Bootstrap; дополнительный набор иконок для специфических элементов (чат, навигация, аутентификация); гибкость выбора иконок; минимальный вес файла (≈150 КБ); открытая лицензия MIT
Google Fonts (Inter)	Повышение читаемости текста на экранах; создание визуальной иерархии через насыщенности (400–700); асинхронная загрузка без блокировки рендеринга; кроссбраузерная поддержка форматов шрифтов; современный и технологичный внешний вид
jQuery	Абстрагирование кроссбраузерных различий; лаконичный синтаксис для выбора элементов; обработка событий; плавные анимации (fade, slide); совместимость с существующим кодом проекта

В данной работе были рассмотрены вопросы проектирования пользовательского интерфейса UI специализированного медицинского чат-бота для веб-сайта Calculmed. В ходе разработки были достигнуты следующие результаты: определена архитектура разработки, обеспечивающая надёжность, безопасность и высокую производительность интерфейса; разработана цветовая схема интерфейса, которая была обоснована психологией восприятия и требованиями к контрастности; выбрана типографика с учетом читаемости на различных устройствах и современности визуального оформления; реализованы интерактивные элементы интерфейса; обеспечена адаптивность интерфейса для устройств с различным типом экранов, а также проведено тестирование кроссбраузерной совместимости в 6 наиболее популярных браузерах.

Дальнейшей идеей развития проекта может стать внедрение темной темы оформления с автоматическим переключением в зависимости от системных настроек пользователя, что позволит улучшить пользовательский опыт, снизить нагрузку на зрение при работе в условиях низкой освещенности и повысить энергоэффективность на устройствах с OLED-экраном.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурдастова, Ю. В. Нейросотрудники в здравоохранении (наука, управление, клиническая практика): как изменится рынок труда в ближайшие 10 лет : экспертный обзор / Ю. В. Бурдастова, Е. И. Аксенова. – Москва : ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ», 2025. – 23 с. – ISBN 978-5-907952-32-4.

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025617001 Российская Федерация. Программный комплекс для прогнозирования и диагностики ХБП :

заявл. 03.03.2025 : опубл. 21.03.2025 / О. А. Седашкина, А. Р. Кокин, А. А. Седашкин. – EDN MWGCWO.

3. Ребенок с впервые выявленным заболеванием почек и его семья: определение факторов прогрессирования болезни и особенности нефропротекции / Г. А. Маковецкая, Г. Ю. Порецкова, Л. И. Мазур [и др.] // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2023. – Т. 68, № 3. – С. 99–106. – DOI 10.21508/1027–4065–2023–68–3–99–106. – EDN HHUMMU.

4. Кокин, А. Р. Веб–реализация калькулятора расчета риска хронической болезни почек у детей / А. Р. Кокин, А. А. Седашкин // LI Самарская областная студенческая научная конференция : Тезисы докладов. В 2–х томах, Самара, 14–25 апреля 2025 года. – Санкт–Петербург: ООО "Эко–Вектор", 2025. – С. 373–375. – EDN SUJRZO.

5. Старшинин, А. В. Проблемы и перспективы управления кадровыми ресурсами здравоохранения / А. В. Старшинин, Ю. В. Бурдастова // Здоровье мегаполиса. – 2023. – Т. 4, № 3. – С. 50–58. – DOI 10.47619/2713–2617.zm.2023.v.4i3;50–58. – EDN PKQWJS.

6. Крошилин, С. В. Электронные сотрудники: медицинские чат–боты / С. В. Крошилин // Московская медицина. – 2023. – № 4(56). – С. 76–81. – EDN CCJMBE.

7. Крошилин, С. В. Чат–боты в решении медицинских задач / С. В. Крошилин // Труды научно–исследовательского института организации здравоохранения и медицинского менеджмента : Сборник научных трудов. – Москва : Государственное бюджетное учреждение города Москвы "Научно–исследовательский институт организации здравоохранения и медицинского менеджмента Департамента здравоохранения города Москвы", 2023. – С. 171–180. – EDN VXBOLV.

8. КалькульМед / [Электронный ресурс] // КалькульМед : [сайт]. – URL: <https://calculmed.ru> (дата обращения: 02.02.2026).

9. Вялкова А.А., Зорин И.В., Чеснокова С.А., Плотникова С.В. Хроническая болезнь почек у детей / А. А. Вялкова, И. В. Зорин, С. А. Чеснокова, С. В. Плотникова // Нефрология. – 2019. – Т. 23, № 5. – С. 29–46. – EDN QGSLXM.

10. Клинические рекомендации "Хроническая болезнь почек" (одобренны Минздравом России) / [Электронный ресурс] // СПС КонсультантПлюс : [сайт]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_514718/8efd5f17af55cb35a770f73937590c642437b7eb/ (дата обращения: 02.03.2026).

11. Янус Г.А., Суспицын Е.Н., Алексахина С.Н., Горгуль Ю.А., Воцинина А.Е., Тумакова А.В., Федотова Е.П., Насыров Р.А., Зверева А.Ю., Дурасова Т.А., Войсковая К.В., Шавкин А.Л., Имянитов Е.Н. Молекулярно–генетическая характеристика серии случаев врожденных аномалий почек и мочевыводящих путей (САКУТ): пилотное исследование // Нефрология и диализ. – 2024. – Т. 26, № 2. – С. 165–175. DOI: 10.28996/2618–9801–2024–2–165–175

12. Седашкина, О. А. Характеристика факторов риска и молекулярно–генетических показателей у детей с хроническими заболеваниями почек / О. А. Седашкина, А. В. Колсанов, С. И. Карась // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. – 2024. – Т. 39, № 3. – С. 115–123. – DOI 10.29001/2073–8552–2024–39–3–115–123. – EDN EBCOWG.

13. Документация Django: Миграции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.djangoproject.com/ru/5.1/topics/migrations/> (дата обращения: 01.02.2026).

УДК 681.518

004.932

528.854

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ ПРОИЗВОЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННЫХ В ПРОСТРАНСТВЕ ЗНАКОВЫХ СИМВОЛОВ

Бухарина В.Д., Соболев Е.Д., Козлов Е.В.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в данной работе рассмотрена разработка информационной системы распознавания знаковых символов на объектах, произвольно ориентированных в пространстве. Предложена структура системы на основе технологий Python, PaddleOCR, Node.js, React и PostgreSQL. Описаны серверная часть, пользовательский интерфейс и механизм взаимодействия компонентов. Показано, как предварительная обработка изображений, коррекция наклона и дообученная OCR-модель обеспечивают устойчивость к произвольной ориентации. Разработанная система поддерживает автоматическое распознавание по видеопотоку, хранение результатов и удобный доступ через веб и десктоп-интерфейс, что позволяет автоматизировать контроль продукции на конвейере, повысить точность идентификации объектов и снизить влияние человеческого фактора.

Ключевые слова: информационная система, распознавание символов, техническое зрение, OCR-системы, обработка изображений, нейронная система.

В данной работе рассмотрена разработка информационной системы распознавания знаковых символов на объектах, которые расположены произвольно в зоне наблюдения. Система ориентирована на детектирование и идентификацию текстовой информации, включающей в себя буквы русского и латинского алфавитов, арабские цифры, а также широкий спектр специальных знаков. Актуальность задачи объясняется быстрым развитием технологий технического зрения [1] и необходимостью обработки визуальной информации в реальных условиях производства.

Символы на продукции часто оказываются повёрнутыми под углом, искажёнными или частично закрытыми другими объектами. Вследствие этого, были проанализированы недостатки существующих систем, которые плохо справляются с коррекцией наклона, фильтрацией шумов и выделением символов в сложных условиях [2, 3]. В итоге точность падает, а обработка занимает много времени. Для устранения выявленных недостатков предложена информационная система, которая объединяет серверную и клиентскую части. Серверная часть построена на Node.js и Python-сервисе с моделью PaddleOCR. Клиентская часть реализована на React с Vite. База данных PostgreSQL обеспечивает хранение учётных записей и результатов распознавания.

На рисунке 1 представлена блок–схема взаимодействия компонентов. Запрос от пользователя поступает на Node.js–сервер, который передаёт изображение или кадр видеопотока в Python–сервис, внутри которого, выполняется предобработка: фильтрация шумов, бинаризация, коррекция наклона и улучшение контрастности [1]. После, чего PaddleOCR выделяет и распознаёт символы. Результат возвращается в Node.js и отображается в интерфейсе. Такое решение задачи изолирует ресурсоёмкие вычисления и упрощает управление API.

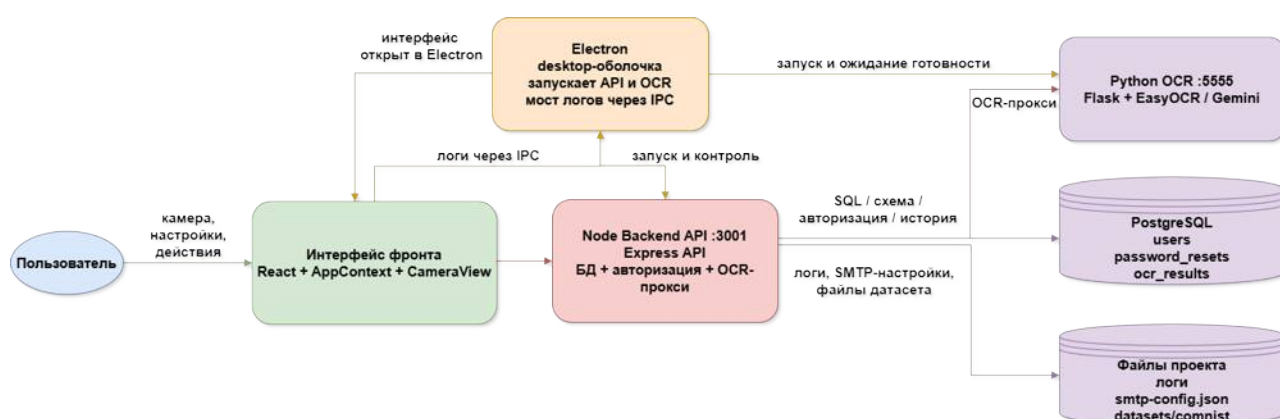


Рисунок 1 – Блок–схема связи серверной и пользовательской части

Пользовательский интерфейс позволяет подключать камеры различными способами. Система определяет подключённые устройства по USB и IP. Функционал пользовательского интерфейса обеспечивает гибкую настройку. Автоматическое распознавание символов даёт возможность системе распознавать и записывать изображения с символами в автоматическом режиме, что снижает человеческий фактор. Предусмотрены выгрузка результатов в PDF–формате и логирование состояния системы для диагностики ошибок.

Результатом работы является работоспособная информационная система, доступная как в веб, так и в десктоп–формате, которая анализирует видеопоток с камер и выдаёт результаты распознавания без задержек.

На рисунке 2 показан общий вид системы в работе. Интерфейс отображает подключённые камеры, текущий видеопоток и кнопку запуска автоматического распознавания.

На рисунке 3 представлен пример результата распознавания. Изображение с символами открывается крупным планом. Рядом выводится результат работы

системы, её точность распознавания и дата обработки. Пользователь сразу видит полную информацию о каждом символе захваченном символом.

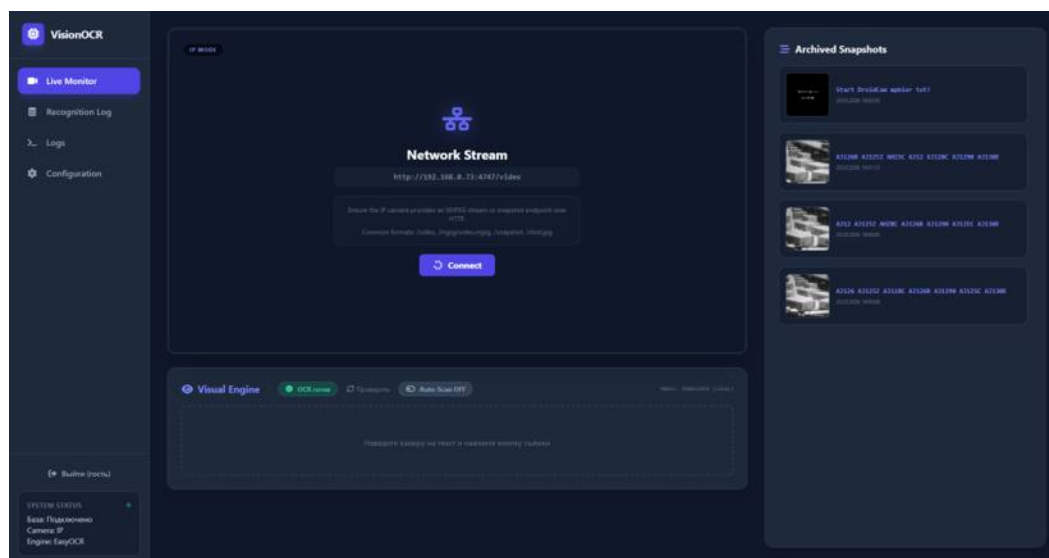


Рисунок 2 – Результат работы информационной системы

Результаты работы сохраняются в специальной вкладке информационной системы. Изображения с распознанным текстом можно открыть крупным планом и посмотреть подробную информацию. Все данные записываются в базу PostgreSQL, что позволяет вести журнал работы и быстро находить нужные записи.

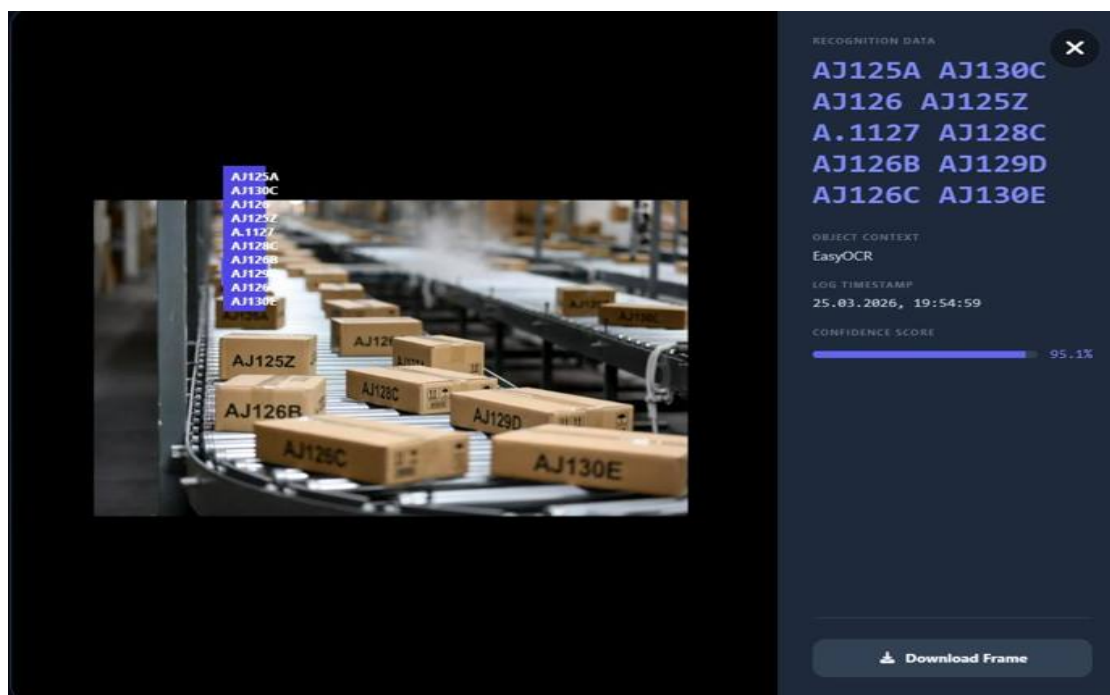


Рисунок 3 – Результат распознавания символов

В результате работы предложена архитектура на базе Python, Node.js, React и PostgreSQL, которая обеспечивает быстроедействие в реальном времени, что позволяет применять систему в задачах промышленного производства [4].

В дальнейшем планируется расширение функциональных возможностей разработанной информационной системы. Предполагается доработка OCR-модуля для распознавания знаков других алфавитов. Помимо этого, в состав системы будут интегрированы алгоритмы детектирования и декодирования машиночитаемых меток: линейных штрихкодов стандартов EAN/UPC и Code-128, а также двумерных символов QR-кода и Data Matrix. Реализация данных доработок позволит применять систему в более широком спектре задач промышленной идентификации, логистического контроля и маркировки продукции без привязки к конкретной языковой среде или типу кодирования информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балабанов, П.В. Техническое зрение робототехнических комплексов : учебное пособие / Балабанов П.В., Дивин А.Г., Егоров А.С. [Электронный ресурс] // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/99814.html> (дата обращения: 09.04.2026).
2. Петровский, В. В. Автоматизированная система распознавания объектов для непрерывного конвейерного производства: обзор методов и оборудования / В. В. Петровский, А. А. Тухбатова // Научный аспект. – 2024. – Т. 44, № 6. – С. 5591–5596. – EDN HWAWEJ.
3. Михалев, О. Н. Машинное зрение и распознавание объектов с помощью нейронных сетей / О. Н. Михалев, А. С. Янющкин // Робототехника и техническая кибернетика. – 2022. – Т. 10, № 2. – С. 113–120. – DOI 10.31776/RTCJ.10204. – EDN IMVIJX.
4. Афонин, А. Н. Автоматизация процесса идентификации заготовок [Текст] / А. Н. Афонин, Д. К. Лебединский, О. М. Шеметова, Е. В. Нестерова, В. И. Федоров, А. В. Маматов // Современные наукоемкие технологии. – 2025. – № 12. – С. 10–16. – EDN PWGYER.
5. Винокуров, И. В. Распознавание цифровых последовательностей с использованием свёрточных нейронных сетей / И. В. Винокуров // Программные системы: теория и приложения. – 2023. – Т. 14, № 3(58). – С. 3–36. – DOI 10.25209/2079-3316-2023-14-3-3-36. – EDN JKKZXL.

СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ: ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ

Малышева О.В., Седых М.С.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в работе указывается на инновационное развитие человечества, где выделяется роль цифровизации процессов, отмечается неизбежное возрастание использования человечеством продуктов цифровизации: смартфонов, программ с искусственным интеллектом, однако особое внимание уделяется рискам в потреблении электроэнергии, связанных с возрастающей ролью ИИ.

Ключевые слова: цифровизация, искусственный интеллект (ИИ), потребление и нехватка энергоресурсов ИИ.

Современное стремительное развитие науки и техники привело человечество к шестому технологическому укладу, характеризующего общество постиндустриального периода непрерывными инновационными процессами, охватывающими не только все большее число сфер деятельности общества, но и впечатляя глубиной и силой воздействия, в частности к которым относятся развитие цифровизации, больших данных, искусственного интеллекта (ИИ) и т. д. [5].

Безусловно актуальность внедрения цифровизации, ее продуктов, а также ИИ обусловлена пересмотром создания ценности для клиентов, изменением архитектуры бизнеса, повышением эффективности существующих процессов, ростом производительности труда, снижением затрат, повышением доходов и прибыли, ускорением обработки информации, созданием достоверной аналитики и прочее [6].

По состоянию на 2025 г. более 70 % населения мира используют мобильные телефоны, из которых почти 90 % это смартфоны, позволяющие уже сегодня использовать технологии ИИ. Так оказалось, что наиболее популярными и востребованными приложениями ИИ являются DeepSeek, ChatGPT, GigaChat, Qwen, Kandinsky, Алиса и др., при этом даже сегодня пока достаточно сложно определить число пользователей ИИ. В этих условиях интересен качественный анализ обращений пользователей к ИИ, самыми популярными из которых оказались причины, отмеченные на рисунке 1 [2, 8].

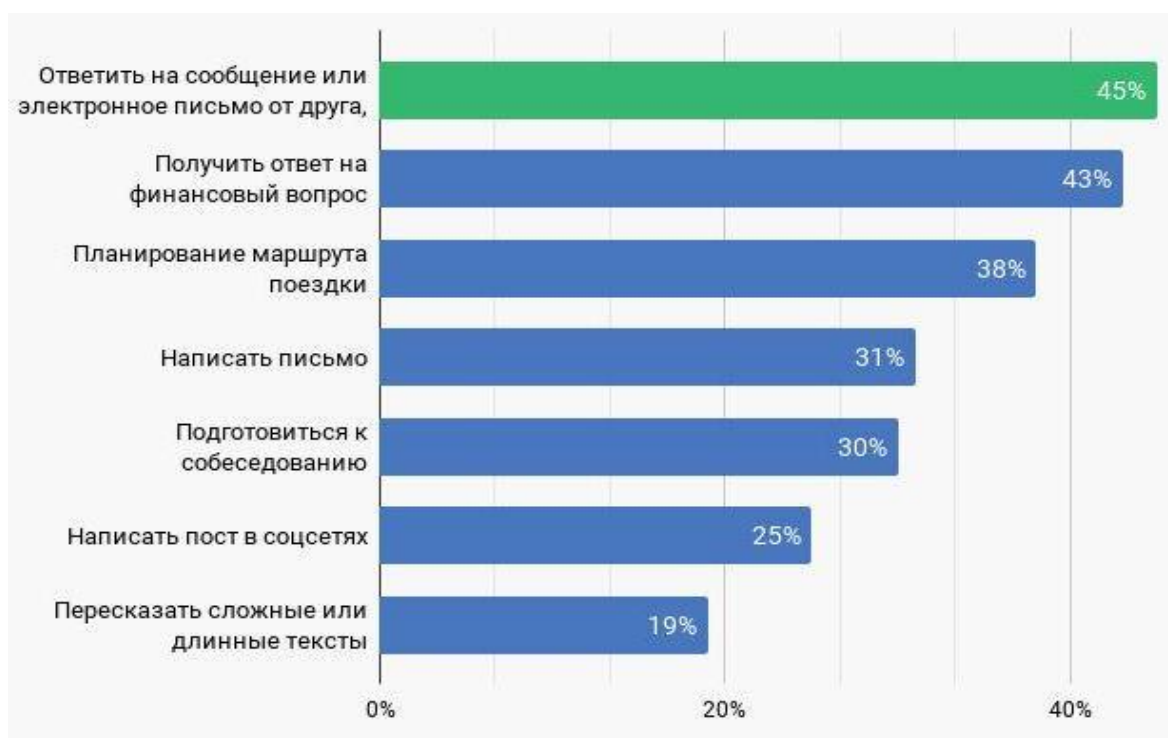


Рисунок 1 – Причины обращения к искусственному интеллекту пользователями

По данным агентства Digital Silk более 70 % компаний всего мира уже используют ИИ, при этом обладают высоким уровнем опыта более трети компаний и еще около 10 % имеют очень высокий уровень пользования, и только 1 % компаний – не имеют опыта [7].

Подобные исследования демонстрируют активное использование ИИ, как продукта цифровизации, вместе с тем затраты на развитие ИИ постоянно растут и по данным исследования Gartner за 2025 г. составили более 1,7 трлн.\$ в мире, основными из которых являются: затраты на инфраструктуру (чуть менее 1 трлн. \$); ИИ–сервисы (около 400 млрд. \$); программное обеспечение (около 300 млрд. \$), предположительно увеличиваясь к концу 2026 г до 2,5 трлн. \$ [3].

Основной проблемой активного расширения использования ИИ является недостаток энергоресурсов для оборудования на подключение к Центрам обработки данных (ЦОД) и их охлаждение в силу постоянной круглосуточной работы в течении всего года, что требует использования колоссального объема природного топлива, провоцирует рост потребления воды, выбросов и прочих отходов, создавая напряженность в вопросах экологии. Для сравнения в 2022 г. ЦОДы потребили примерно 460 ТВт–ч, а в 2026 г. ожидается увеличение до 1000 ТВт–ч, что сопоставимо с потреблением электроэнергии Японии [4].

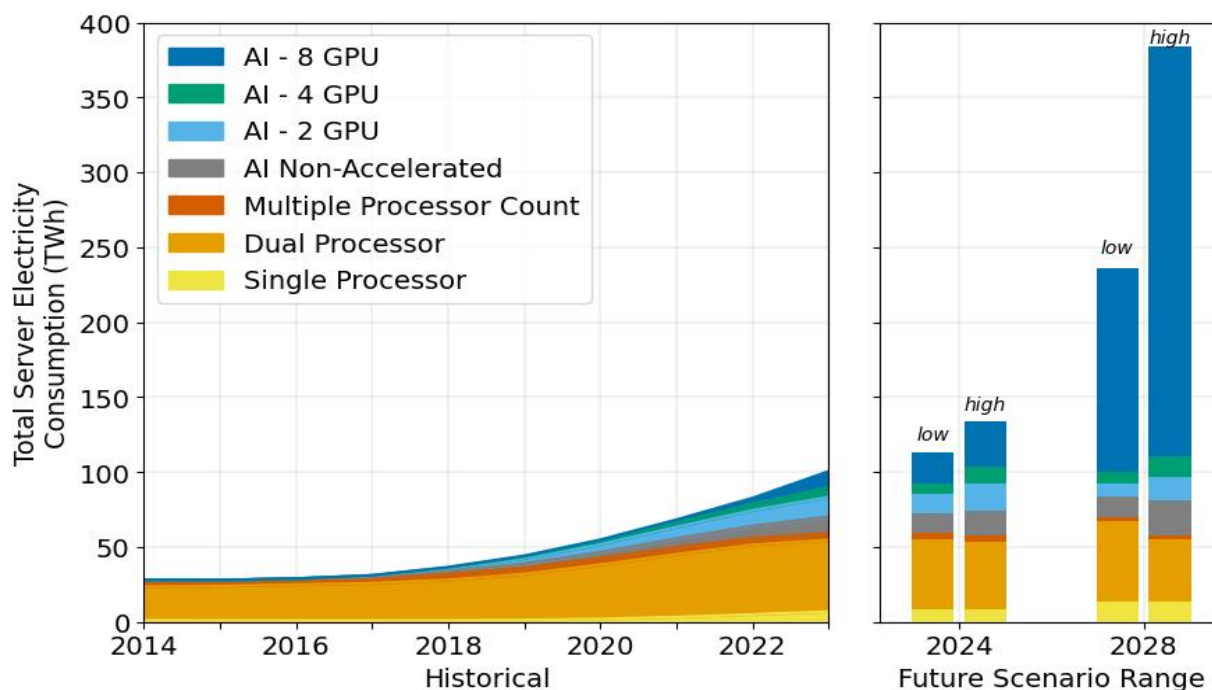


Рисунок 2 – Прогноз потребления электроэнергии ИИ

Исследование М. Кандемира наглядно на графике показывает возрастающее потребление электроэнергии в ТВт-ч (ось Y) с течением времени (ось X), где 2024, 2028 гг. представлены как прогнозные. Оказалось, что в 2028 г. при умеренном и негативном сценарии потребление электроэнергии только ИИ-8 GPU (обучение больших языковых моделей) увеличится более, чем в 2 раза или почти в 4 раза соответственно, что не может не вызывать тревогу в вопросах потребления и распределения электроэнергии [1].

В настоящее время возникающая напряженность проявляющаяся с одной стороны в возрастающей потребности использования ИИ и с другой – недостаточностью имеющихся природных ресурсов, мощностей, экологическими вопросами использования ИИ заставляет человечество внимательно изучать подобные противоречия и находить решения возникающим трудностям и угрозам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kandemir Mahmut Why AI uses so much energy – and what we can do about it [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iee.psu.edu/news/blog/why-ai-uses-so-much-energy-and-what-we-can-do-about-it>
2. Бегин А. Статистика искусственного интеллекта (2025) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://inclient.ru/ai-stats/>
3. Искусственный интеллект (мировой рынок) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%98%D1%81%D0%BA%D1%83%D1%81%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%

BA%D1%82_(%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D1%8%D1%8B%D0%BD%D0%BE%D0%BA).

4. Искусственный интеллект и энергопотребление. Информационный бюллетень [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://felpower.com/artificial-intelligence-and-energy-consumption/>

5. Кремнев А. А. Изменение технологических укладов экономики как следствие воздействия инновационного потенциала подрывных технологий и уровня образования стран / А. А. Кремнев, О. В. Малышева // Вестник СамГУПС. – 2019. – № 2(44). – С. 12–17. – EDN PQXXOI.

6. Малышева О.В., Кремнев А. А., Рахматуллина А. Р., Быстрова В. А. Социальная ловушка цифровизации // Вестник СамГУПС. – 2024. – № 4(66). – С. 22–26. – EDN WRHRXI.

7. Меньшенина М. Статистика ИИ в 2026 году: ключевые тенденции и данные об использовании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vc.ru/ai/2695760-statistika-ii-2026-goda>

8. Чуранов Е. Статистика интернета и соцсетей на 2025 год – цифры и тренды в мире и в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.web-canape.ru/business/statistika-interneta-i-socsetej-na-2025-god-cifry-i-trendy-v-mire-i-v-rossii/?utm_referrer=https%3a%2f%2fwww.google.com%2f

УДК 004.42

372.851

372.862

510.6

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУПЕРПОЗИЦИИ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ ПО ТАБЛИЦЕ ИСТИННОСТИ

Эздеков Д.А., Федоров М.Н., Сандлер И.Л.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье рассматривается программная реализация определения суперпозиции булевых функций, заданных в виде таблиц истинности. Представлен процесс вычисления значений сложной булевой функции, построенной путем вложенного применения базовых функций, с пошаговой визуализацией промежуточных результатов.

Разработанное программное средство позволяет обрабатывать выражения произвольной структуры, вычислять значения функции для всех возможных комбинаций входных переменных и формировать итоговую таблицу истинности.

Демонстрация вычислений промежуточных результатов делает программу эффективным инструментом для образовательных целей при изучении дискретной математики, логики и основ автоматизации.

Предложенное решение может быть использовано при синтезе логических схем и анализе алгоритмов управления в цифровых и пневматических системах.

Ключевые слова: булева функция, суперпозиция, таблица истинности, программная реализация, пошаговая визуализация, дискретная математика, логика, синтез логических схем, автоматизация, образовательное программное обеспечение.

Суперпозиция булевых функций представляет собой фундаментальную операцию, лежащую в основе построения сложных логических выражений из элементарных функций, механизм которой применяется в теории логических схем, синтезе автоматов, цифровой электронике, пневматических системах, а также алгоритмах оптимизации логических выражений [1–4].

В условия формирования компетенций в области прикладной логики и алгоритмизации, особенно в рамках изучения дисциплин технического профиля актуальной задачей является разработка программных инструментов, обеспечивающих наглядное и пошаговое представление процессов [5–7] определения суперпозиции булевых выражений, заданных в виде таблицы истинности.

В данной работе представлена программная реализация определения значения булевой функции, построенной посредством суперпозиции других функций определенными таблицами истинности [1, 4]. Программа обеспечивает визуализацию процесса вычисления по каждому набору входных переменных, что делает ее применимой в образовательных целях при изучении соответствующих дисциплин, связанной с дискретной математикой и логикой [2, 3].

Целью работы является разработка программного средства для определения значений булевой функции, заданную через суперпозицию, на основе табличного представления исходных функций, которая должна обеспечивать: обработку выражений произвольной структуры с вложенными функциями; вычисление значений функции на всех возможных наборах входных переменных; пошаговую трассировку вычислений для анализа структуры суперпозиции; формирование итоговой таблицы истинности результирующей функции.

Для иллюстрации работы предложенной программного обеспечения, код реализации которой представлен на рисунке 1, вычисления суперпозиции булевых функций $h(x, y)$ или $h(x, y, z)$ рассмотрим пример определения суперпозиции $h(x, y)$, заданной выражением (1). Данный пример демонстрирует последовательное применение определённых функций $f_1 - f_7$ и получение итоговой таблицы истинности результирующей функции $h(x, y)$. Исходные данные, используемые для построения и анализа данной функции, приведены в таблице 1.

$$h(x, y) = f_1\left(x, f_2\left(x, f_3(y, y, x), x\right), f_4\left(x, f_5\left(x, f_6(y, x, y), y\right), f_7(x, y, y)\right)\right) \quad (1)$$

Таблица 1

Исходные данные									
x	y	z	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7
0	0	0	1	0	1	0	1	1	1
0	0	1	0	1	1	1	1	0	0
0	1	0	0	1	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	0	1	0	1	1
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	1	0	0	1	0	1

Для вычисления заданной функции $h(x, y)$ необходимо определить значения всех входных переменных (x, y) (зависит от количества переменных (x, y) или (x, y, z)), последовательно подставить их в выражение (1) и выполнить вычисления для каждой комбинации аргументов. Результаты вычислений заносятся в таблицу истинности, что позволяет установить зависимость выходного значения функции от входных переменных.

Последовательность вычислений промежуточных результатов $f_2 - f_7$ и получение итогового значения функции $h(x, y) = f_1(x, f_2, f_4)$ для всех возможных комбинаций входных переменных (x, y) , приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты вычислений $h(x, y)$

xy	$f_6(y, x, y)$	$f_5(x, f_6, y)$	$f_7(x, y, y)$	$f_4(x, f_5, f_7)$	$f_3(y, y, x)$	$f_2(x, f_3, x)$	$h(x, y) = f_1(x, f_2, f_4)$
00	1	0	1	1	1	1	1
01	1	0	1	1	1	1	1
10	0	0	0	0	1	1	1
11	0	1	1	0	0	0	0

Структура программного обеспечения включает следующие основные этапы:

- Ввод исходных данных $f_2 - f_7$ (см. рисунок 2–А). Пользователь вводит набор функций f_n (n зависит от количества вложенных функций, обозначение функции определяется пользователем, например f_1, f_2, g_1, g_2), каждая из которых задаётся 8–мибитной строкой, представляющей таблицу истинности функции от трёх переменных x, y, z . Формат ввода функции f_n имеет следующий вид:

f1 10010111

- Определение выражения суперпозиции $h(x, y)$ (см. рисунок 2–А). Пользователь вводит выражение (1), описывающее структуру новой функции f_1 через комбинацию ранее введённых функций $f_2 - f_7$ и переменных. Формат ввода новой функции f_1 имеет следующий вид:

f1(x, f2(x, f3(y, y, x), x), f4(x, f5(x, f6(y, x, y), y), f7(x, y, y)))

- Пошаговое вычисление значений $h(x, y)$ на каждом наборе комбинаций (x, y) (см. рисунок 3–А, Б, В, Г). Программа последовательно подставляет все возможные комбинации входных переменных (x, y) , вычисляет значения промежуточных функций и формирует итоговое значение результирующей функции, результаты действий выводятся на экран с пояснениями (отступы при выводе на экран обозначают иерархию вложенных функций).

- Вывод результатов в виде таблицы истинности (см. рисунок 2–Б). На экран выводится итоговая таблица истинности, отражающая зависимость выходного значения функции h от входных переменных (x, y) .

```

1 def get_bit(value_str, index): 1usage
2     return int(value_str[index])
3
4 def input_index(bits): 1usage
5     return bits[0]*4 + bits[1]*2 + bits[2]
6
7 def make_function_func(func_str, fname): 1usage
8     def func(x, y, z):
9         idx = input_index(x, y, z)
10        res = get_bit(func_str, idx)
11        print(f"{fname}({x}, {y}, {z}) = {res}")
12        return res
13    return func
14
15 def eval_expr(expr, funcs, vars_dict, depth=0): 3usage
16     expr = expr.strip()
17     indent = " " * depth # для визуального отступа
18
19     if expr in vars_dict:
20         val = vars_dict[expr]
21         print(f"{indent}{expr} = {val}")
22         return val
23
24     if '(' in expr and expr.endswith(')'):
25         fn_name = expr[expr.index('('):].strip()
26         if fn_name not in funcs:
27             raise ValueError(f"Функция {fn_name} не определена")
28
29         args_str = expr[expr.index('(')+1:-1]
30         args = split_args(args_str)
31
32         print(f"{indent}Вычисляем {fn_name}({', '.join(args)})")
33         arg_vals = [eval_expr(arg, funcs, vars_dict, depth + 1) for arg in args]
34
35         while len(arg_vals) < 3:
36             arg_vals.append(0)
37         arg_vals = arg_vals[:3]
38
39         return funcs[fn_name](arg_vals)
40
41     raise ValueError(f"Не могу распознать выражение: {expr}")
42
43 def split_args(args_str): 1usage
44     args = []
45     depth = 0
46     current = ""
47     for ch in args_str:
48         if ch == ',' and depth == 0:
49             args.append(current.strip())
50             current = ""
51         else:
52             if ch == '(':
53                 depth += 1
54             elif ch == ')':
55                 depth -= 1
56             current += ch
57     if current:
58         args.append(current.strip())
59     return args
60
61 def compute_vars_used(expr): 1usage
62     """Определяет, какие переменные используются в выражении"""
63     return {v for v in 'xyz' if v in expr}
64
65 def compute_h(expr, funcs, vars_used): 1usage
66     """Вычисляет h с таблицей для x, y (или x, y, z)"""
67     rows = []
68     print("\nТаблица значений с пошаговым вычислением:")
69
70     if vars_used == {'x', 'y'}:
71         print("\nx | y | h(x,y)")
72         print("-----")
73         for x in [0, 1]:
74             for y in [0, 1]:
75                 print(f"Вычисляем h(x={x}, y={y}):")
76                 val = eval_expr(expr, funcs, vars_dict={'x': x, 'y': y})
77                 rows.append((x, y, val))
78                 print(f" h({x}, {y}) = {val}")
79     else:
80         print("\nx | y | z | h(x,y,z)")
81         print("-----")
82         for x in [0, 1]:
83             for y in [0, 1]:
84                 for z in [0, 1]:
85                     print(f"Вычисляем h(x={x}, y={y}, z={z}):")
86                     val = eval_expr(expr, funcs, vars_dict={'x': x, 'y': y, 'z': z})
87                     rows.append((x, y, z, val))
88                     print(f" h({x}, {y}, {z}) = {val}")
89
90     # Вывод сводной таблицы
91     print("\n Сводная таблица значений:")
92     if vars_used == {'x', 'y'}:
93         print("x | y | h")
94         print("-----")
95         for row in rows:
96             print(f"{row[0]} | {row[1]} | {row[2]}")
97     else:
98         print("x | y | z | h")
99         print("-----")
100        for row in rows:
101            print(f"{row[0]} | {row[1]} | {row[2]} | {row[3]}")
102    return rows
103
104 def main(): 1usage
105     print("Введите функции (каждая 8 бит, 3 переменные x,y,z)")
106     funcs = {}
107     while True:
108         line = input("Введите имя функции и её 8-битное значение через пробел "
109                     "(или пустая строка для окончания): ").strip()
110         if not line:
111             break
112         parts = line.split()
113         if len(parts) != 2:
114             print("Неверный формат. Пример: f 10010111")
115             continue
116         name, val = parts
117         if len(val) != 8 or any(c not in '01' for c in val):
118             print("Функция должна быть 8-битной строкой из 0 и 1.")
119             continue
120         funcs[name] = make_function_func(val, name)
121
122     if not funcs:
123         print("Нет ни одной функции.")
124         return
125
126     print("Введите выражение для функции h, например: g(y, y, f(x, y, x))")
127     expr = input().strip()
128
129     try:
130         vars_used = compute_vars_used(expr)
131         compute_h(expr, funcs, vars_used)
132     except Exception as e:
133         print(f"Ошибка при вычислении: {e}")
134
135 if __name__ == "__main__":
136     main()

```

Рисунок 1 – Код программной реализации определения суперпозиции булевых функций по таблице истинности

В данной работе представлена программная реализация определения суперпозиции булевых функций, заданных в табличной форме. Разработанное средство позволяет вычислять значение сложной булевой функции, построенной путем вложенного применения базовых функция представленных таблицами истинности.

Реализация ориентирована на применение в технических вузах при изучении дисциплин, связанных с дискретной математикой и автоматизацией в целом, где управление исполнительными механизмами, например, пневматическими приводами, осуществляется на основе принципов пневматической логики.

```

Введите функции (каждая 8 бит, 3 переменные x,y,z)
Введите имя функции и её 8-битное значение через пробел (или
пустая строка для окончания): f1 10010111
Введите имя функции и её 8-битное значение через пробел (или
пустая строка для окончания): f2 01101011
Введите имя функции и её 8-битное значение через пробел (или
пустая строка для окончания): f3 11100110
Введите имя функции и её 8-битное значение через пробел (или
пустая строка для окончания): f4 01110110
Введите имя функции и её 8-битное значение через пробел (или
пустая строка для окончания): f5 11000111
Введите имя функции и её 8-битное значение через пробел (или
пустая строка для окончания): f6 10010100
Введите имя функции и её 8-битное значение через пробел (или
пустая строка для окончания): f7 10110101
Введите имя функции и её 8-битное значение через пробел (или
пустая строка для окончания):
Введите выражение для функции h, например: g(y, y, f(x, y, x))
f1(x,f2(x,f3(y,x),x),f4(x,f5(x,f6(y,x,y),y),f7(x,y,y)))

```

А

Сводная таблица значений:

x	y	h
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Б

Рисунок 2 – Результаты работы ПО: «А» – ввод исходных данных;

«Б» – вывод сводной таблицы значений $h(x, y)$

Таблица значений с пошаговым вычислением:

x | y | h(x,y)

Вычисляем $h(x=0, y=0)$:

Вычисляем $f1(x, f2(x, f3(y, y, x), x), f4(x, f5(x, f6(y, x, y), y), f7(x, y, y)))$

x = 0

Вычисляем $f2(x, f3(y, y, x), x)$

x = 0

Вычисляем $f3(y, y, x)$

y = 0

y = 0

x = 0

→ $f3(0, 0, 0) = 1$

x = 0

→ $f2(0, 1, 0) = 1$

Вычисляем $f4(x, f5(x, f6(y, x, y), y), f7(x, y, y))$

x = 0

Вычисляем $f5(x, f6(y, x, y), y)$

x = 0

Вычисляем $f6(y, x, y)$

y = 0

x = 0

y = 0

→ $f6(0, 0, 0) = 1$

y = 0

→ $f5(0, 1, 0) = 0$

Вычисляем $f7(x, y, y)$

x = 0

y = 0

y = 0

→ $f7(0, 0, 0) = 1$

→ $f4(0, 0, 1) = 1$

→ $f1(0, 1, 1) = 1$

→ $h(0, 0) = 1$

А

Вычисляем $h(x=0, y=1)$:

Вычисляем $f1(x, f2(x, f3(y, y, x), x), f4(x, f5(x, f6(y, x, y), y), f7(x, y, y)))$

x = 0

Вычисляем $f2(x, f3(y, y, x), x)$

x = 0

Вычисляем $f3(y, y, x)$

y = 1

y = 1

x = 0

→ $f3(1, 1, 0) = 1$

x = 0

→ $f2(0, 1, 0) = 1$

Вычисляем $f4(x, f5(x, f6(y, x, y), y), f7(x, y, y))$

x = 0

Вычисляем $f5(x, f6(y, x, y), y)$

x = 0

Вычисляем $f6(y, x, y)$

y = 1

x = 0

y = 1

→ $f6(1, 0, 1) = 1$

y = 1

→ $f5(0, 1, 1) = 0$

Вычисляем $f7(x, y, y)$

x = 0

y = 1

y = 1

→ $f7(0, 1, 1) = 1$

→ $f4(0, 0, 1) = 1$

→ $f1(0, 1, 1) = 1$

→ $h(0, 1) = 1$

Б

```

Вычисляем  $h(x=1, y=0)$ :
Вычисляем  $f1(x, f2(x, f3(y, y, x), x), f4(x, f5(x, f6(y, x, y), y), f7(x, y, y)))$ 
 $x = 1$ 
Вычисляем  $f2(x, f3(y, y, x), x)$ 
 $x = 1$ 
Вычисляем  $f3(y, y, x)$ 
 $y = 0$ 
 $y = 0$ 
 $x = 1$ 
→  $f3(0, 0, 1) = 1$ 
 $x = 1$ 
→  $f2(1, 1, 1) = 1$ 
Вычисляем  $f4(x, f5(x, f6(y, x, y), y), f7(x, y, y))$ 
 $x = 1$ 
Вычисляем  $f5(x, f6(y, x, y), y)$ 
 $x = 1$ 
Вычисляем  $f6(y, x, y)$ 
 $y = 0$ 
 $x = 1$ 
 $y = 0$ 
→  $f6(0, 1, 0) = 0$ 
 $y = 0$ 
→  $f5(1, 0, 0) = 0$ 
Вычисляем  $f7(x, y, y)$ 
 $x = 1$ 
 $y = 0$ 
 $y = 0$ 
→  $f7(1, 0, 0) = 0$ 
→  $f4(1, 0, 0) = 0$ 
→  $f1(1, 1, 0) = 1$ 
■  $h(1, 0) = 1$ 

```

В

```

Вычисляем  $h(x=1, y=1)$ :
Вычисляем  $f1(x, f2(x, f3(y, y, x), x), f4(x, f5(x, f6(y, x, y), y), f7(x, y, y)))$ 
 $x = 1$ 
Вычисляем  $f2(x, f3(y, y, x), x)$ 
 $x = 1$ 
Вычисляем  $f3(y, y, x)$ 
 $y = 1$ 
 $y = 1$ 
 $x = 1$ 
→  $f3(1, 1, 1) = 0$ 
 $x = 1$ 
→  $f2(1, 0, 1) = 0$ 
Вычисляем  $f4(x, f5(x, f6(y, x, y), y), f7(x, y, y))$ 
 $x = 1$ 
Вычисляем  $f5(x, f6(y, x, y), y)$ 
 $x = 1$ 
Вычисляем  $f6(y, x, y)$ 
 $y = 1$ 
 $x = 1$ 
 $y = 1$ 
→  $f6(1, 1, 1) = 0$ 
 $y = 1$ 
→  $f5(1, 0, 1) = 1$ 
Вычисляем  $f7(x, y, y)$ 
 $x = 1$ 
 $y = 1$ 
 $y = 1$ 
→  $f7(1, 1, 1) = 1$ 
→  $f4(1, 1, 1) = 0$ 
→  $f1(1, 0, 0) = 0$ 
■  $h(1, 1) = 0$ 

```

Г

Рисунок 3 – Результаты работы ПО определения $h(x, y)$: «А» – для кодовой комбинации $h(0,0)$; «Б» – для кодовой комбинации $h(0,1)$; «В» – для кодовой комбинации $h(1,0)$; «Г» – для кодовой комбинации $h(1,1)$

Дальнейшим направлением развития работы является расширение функциональных возможностей программы, а в частности, возможно внедрение поддержки более сложных функций, графического интерфейса и инструментов визуализации вычислений [6, 7]. Также планируется расширение функциональности для автоматизированного анализа свойств булевых функций и синтеза логических схем, что позволит использовать программу не только в учебных целях [1, 3, 5], но и в практических задачах проектирования цифровых и логических систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тишин, В. В. Дискретная математика в примерах и задачах / В. В. Тишин. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2010. – 352 с. – ISBN 978-5-9775-0232-0. – EDN SDPQHZ.
2. Тюрин, С. Ф. Дискретная математика: Практическая дискретная математика и математическая логика / С. Ф. Тюрин, Ю. А. Аляев. – Москва : Финансы и статистика, 2010. – 385 с. – ISBN 978-5-279-03463-5. – EDN SUPXYT.
3. Математика. Дискретная математика : Учебник / В. Ф. Золотухин, В. В. Олшанский, С. В. Мартемьянов [и др.]. – Ростов-на-Дону : Институт водного транспорта

имени Г.Я. Седова – филиал «Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова», 2016. – 129 с. – EDN YQWKVL.

4. Борзунов, С. В. Задачи по дискретной математике с алгоритмами на Python / С. В. Борзунов, С. Д. Кургалин. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2022. – 592 с. – ISBN 978-5-9775-1214-5. – EDN KPTJHY.

5. Горюшкин, А. П. О применении компьютерной техники при изучении дисциплины "дискретная математика" / А. П. Горюшкин // Актуальные проблемы преподавания математики в техническом вузе : Материалы XIII Всероссийской научно-методической конференции, Омск, 05–06 апреля 2024 года. – Омск: Омский государственный технический университет, 2024. – С. 20–21. – EDN CQRAFL.

6. Можей, Н. П. Изучение дискретной математики с применением информационных технологий / Н. П. Можей // Современные информационные технологии в образовании : МАТЕРИАЛЫ XXXI КОНФЕРЕНЦИИ, Троицк–Москва, 02–03 июля 2020 года. – Троицк–Москва: Фонд новых технологий в образовании "Байтик", 2020. – С. 209–211. – EDN JALBVC.

7. Водолад, С. Н. Методические особенности использования визуализаторов в преподавании дискретной математики / С. Н. Водолад // Актуальные исследования в области математики, информатики, физики и методики их изучения в современном образовательном пространстве : результаты исследований в области математики, информатики, физики и методики их изучения при реализации образовательных программ высшего образования. Том Выпуск 2. – Курск : Курский государственный университет, 2017. – С. 30–33. – EDN XVUSLZ.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ ТРАНСПОРТА В РОССИИ

Малышева О.В., Ключкова К.А.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в работе отмечена возрастающая роль цифровизации процессов, особое внимание уделено теоретическим аспектам цифровизации транспорта и логистики в России, отмечены инновационные разработки в сфере транспорта и их постепенное развитие на кривой Гартнера, обозначены перспективные проекты для цифровой трансформации в России, затрагивающие всех участников перевозочного процесса

Ключевые слова: цифровизация транспорта, проекты цифровой трансформации транспорта, препятствия для внедрения цифровизации на транспорте.

Охватывающая все сферы жизни и деятельности человека цифровизация, сегодня продолжает вовлекать появляющимися разработками и новыми решениями, представляя всё большие возможности, касающихся снижения времени, увеличения скорости выполнения операций, отражаясь на экономии затрат. На рисунке 1 схематично представлен процесс цифровизации в зеркале диаграммы Исикавы, разгоняющий все сферы жизнедеятельности общества, меняя подходы в технике и технологиях (рис 1) [3].

Для России, как страны с огромными расстояниями, особое значение имеет современный транспорт, поэтому не случайно Правительство РФ определило основные направления стратегического развития транспортного комплекса до 2030 г. Трансформация данного направления неразрывно связана с перспективными трендами, затрагивающими цифровизацию процессов отрасли в сфере повышения скорости, доступности маршрутов, повышения производительности труда транспортного комплекса, повышения безопасности движения, создание бесшовных маршрутов для пассажирских и грузовых перевозок в разных зонах охвата, включающих поездки (перемещение груза) как внутри страны, так и зарубежом, способствующих повышению мобильности населения и деловой активности, а также снижения издержек на логистику, которые по оценкам специалистов оцениваются в России порядка 19 % в доле ВВП по сравнению с мировыми показателями около 11 % [2].

Необходимость развития транспорта нашло отражение в Национальных проектах РФ «Эффективная транспортная система», которая включает в себя комплексное развитие железнодорожного, воздушного транспорта, морских и внутренних водных путей, включая сопутствующую инфраструктуру, а также

«Инфраструктура для жизни», затрагивающая безопасность дорожного движения, контроль за состоянием федеральных трасс, региональных дорог, развитие общественного транспорта, а также перспективные направления цифровых решений в данной области.

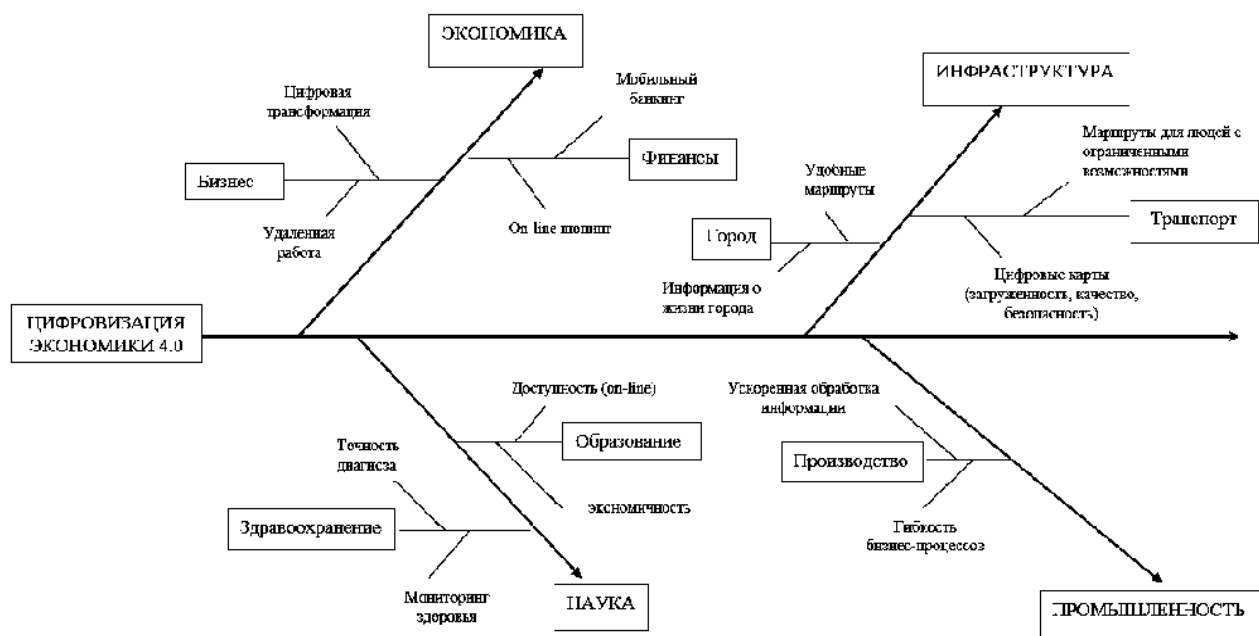


Рисунок 1 – Цифровизация как триггер в диаграмме Исикавы

На рисунке 2 ассоциация «Цифровой транспорт и логистика» наглядно показала последовательность внедряемых перспективных цифровых технологий (от 1 до 10) на транспорте в России используя кривую Гартнера. На которой отмечена очередность инноваций, подразумевающая последовательный переход от разработки и внимания к новинке, угасанию интереса и в дальнейшем – полноценному использованию [5].

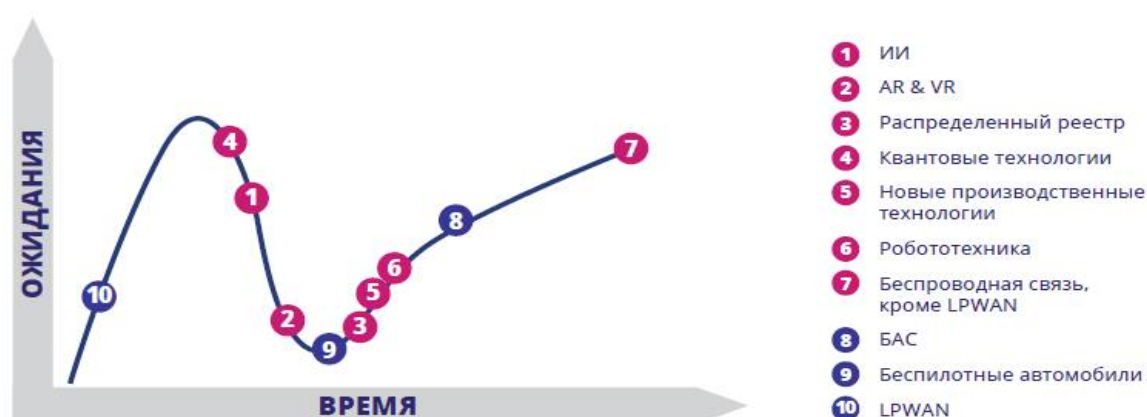


Рисунок 2 – Цифровые транспортно-логистические технологии на кривой Гартнера

Разрабатываемые и внедряемые инновации в области транспорта, а также предложенные Правительством проекты позволят объединить ключевых участников транспорта с ожидаемым положительным эффектом от внедрения. Каждый из проектов является как самостоятельным, так и отдельным элементом комплексного подхода трансформации как в управлении, так и в осуществлении перевозочной деятельности (табл.) [4].

Таблица

Проекты цифровой трансформации транспорта в России		
Проект	Участники	Ожидаемый результат
1. «Беспилотные логистические коридоры»	• Пассажиры; • Пользователи услуг; • Органы власти и местного самоуправления; • Владельцы транспортной инфраструктуры; • Перевозчики; • Разработчики	• Сокращение ДТП; • Уменьшение числа нелегальных перевозчиков; • Прозрачность грузо– и пассажироперевозок; • Минимизация ошибок и снижение бумажного документооборота; • Рост доли налоговых поступлений; • Получение оперативной информации в том числе и в регионах; • Рост пассажиропотока и грузопотока; • Снижение транспортных затрат; • Сокращение рисков (угроз)
2. «Зеленый цифровой коридор пассажира»		
3. «Цифровое управление транспортной системой РФ»		
4. «Бесшовная грузовая логистика»		
5. «Автономное судовождение»		
6. «Беспилотные авиационные системы»		
7. «Обеспечение безопасности на объектах критической инфраструктуры транспортного комплекса»		

Вместе с тем, существуют факторы, снижающие интенсивность внедрения данных проектов, устранение негативных воздействий которых относится к задачам государства и бизнеса [1, 4]:

1. Финансовые ограничения (в том числе обусловленные необходимостью импортозамещения техники и технологии).
2. Различие в технико–технологической подготовке транспортных компаний, что отражается в неравномерности запуска цифровых изменений, а также замедленной интеграции.
3. Нехватка кадров, способных развивать транспортную цифровизацию.
4. Нескоординированность правовых инструментов.
5. Риски необеспечения сохранности персональных данных пользователей.

Современные инновационные подходы в развитии транспортной отрасли основываются на безопасности, экономии времени и финансовых средств, способности открывать новые и ускорять существующие пассажирские и грузовые потоки, создавая синергию взаимодействия, что необходимо для динамичного развития конкурентоспособной экономики современного государства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ворона А.А., Колпаков Д.А. Тенденции и перспективы развития бесшовной мультимодальной логистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/tendentsii-i-perspektivy-razvitiya-besshovnoy-multimodalnoy-logistiki/viewer>
2. Доля логистических издержек в ВВП РФ доходит до 19 % при среднемировом показателе в 11,7 % [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ma-research.ru/stati/item/67-dolya-logisticheskikh-izderzhek-v-vvp-rf-dokhodit-do-19-pri-srednemirovom-pokazatele-v-11-7.html>
3. Малышева О. В., Рахматуллина А. Р., Минина Ю. И. Создание экосистемы как современного инструмента взаимодействия участников рынка с целью снижения транзакционных издержек // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 9(146). – С. 1123–1127. – DOI 10.34925/EIP.2022.146.9.221. – EDN KLTYYX.
4. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 3 ноября 2023 г. № 3097-р об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации транспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mintrans.gov.ru/documents/2/12953>
5. Цифровая трансформация транспортно-логистической отрасли Российской Федерации: тренды, вызовы, решения, технологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.dtl.ru/upload/docs/Analitika_DTLA.pdf&ved=2ahUKEwig95es0pCUAxUwFxAIHYGwMAYQFnoECCoQAQ&usg=AOvVaw0lj0VRlCs-KhlomWWEsydJ

СЕКЦИЯ 4

Интеллектуальные системы в управлении, системный анализ и принятие решений в управлении

УДК 519.246.27

ПРИМЕНЕНИЕ КУСОЧНО–ПОСТОЯННОЙ ОКОННОЙ ФУНКЦИИ ДЛЯ КОРРЕЛОГРАММНОЙ ОЦЕНКИ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ МОЩНОСТИ СИГНАЛА

Якимов В.Н.

Самарский государственный технический университет, г. Самара

Аннотация: в работе рассматривается кусочно–постоянная весовая оконная функция для вычисления коррелограммной оценки спектральной плотности мощности (СПМ). Данная оконная функция состоит из M последовательных частей прямоугольной формы. Каждая из таких частей имеет постоянное значение и уменьшается с увеличением ее порядкового номера. Для оптимизации этих значений используется критерий минимума интегральной среднеквадратической погрешности. Применение такого вида оконной функции упрощает вычислительные операции.

Ключевые слова: оконная функция, коррелограммная оценка спектральной плотности мощности (СПМ), утечка спектра, дискретное преобразование Фурье (ДПФ).

Оценивание спектральной плотности мощности (СПМ) сигналов приходится осуществлять при анализе их частотного состава в таких областях науки и техники, как акустика, диагностика, дефектоскопия, идентификация и т.п.

Одним из классических методов оценивания СПМ является коррелограммный метод. Данный метод основан на теореме Винера–Хинчина. В настоящее время коррелограммная оценка СПМ преимущественно вычисляется в цифровом виде [1–2]. В этом случае на интервале времени анализа $t \in [0; T]$ наблюдаемая реализация сигнала $x(t)$ дискретизируется с частотой f_s , и формируется последовательность цифровых отсчетов $\{x(n\Delta t)\}$, где $\Delta t = 1/f_s$ – интервал дискретизации, $n = 0, 1, 2, 3, \dots, N$, $N = \text{int}[T/\Delta t]$ – целая часть $T/\Delta t$. Отсчеты $x(n\Delta t)$ центрируются, и обработке подвергается последовательность отсчетов $\{\overset{\circ}{x}(n\Delta t)\}$ с нулевым средним значением.

Однако ограничение времени обработки сигнала приводит к так называемому эффекту утечки спектра. Из–за этого происходит расширение основных и появление дополнительных боковых лепестков в оценке СПМ. Это является существенной

проблемой, т.к. влияет на точность оценки спектральных компонент. Утечка спектра может быть снижена с помощью весовых оконных функций $w(\tau)$ [3–7]. В случае коррелограммного метода их называют корреляционными окнами. С учетом этого широкое распространение получил метод Блэкмана–Тьюки, согласно которому с разрешением по частоте $\Delta f = 1/(N\Delta t)$ на частотах $f_k = k\Delta f$ вычисляется коррелограммная оценка СПМ [1]:

$$\hat{S}_{xx}(f_k) = \Delta t \left(2 \sum_{v=0}^{V-1} w(v\Delta t) \hat{R}_{xx}(v\Delta t) \cos 2\pi f_k v\Delta t - w(0) \hat{R}_{xx}(0) \right), \quad (1)$$

где $\hat{R}_{xx}(v\Delta t)$ – оценка КФ, $w(v\Delta t)$ – отсчеты $w(\tau)$, v – индекс времени задержки.

Действительно, оконные функции помогают уменьшить спектральные утечки и повысить точность идентификации частотных компонент. Однако оценка (1) требует выполнения процедур предварительного вычисления оценок $\hat{R}_{xx}(v\Delta t)$ и дискретного cos–преобразования Фурье. Применение же корреляционного окна приводит к дополнительной вычислительной процедуре. Все эти три процедуры связаны с выполнением операций умножения, что снижает оперативность спектрального анализа. Повысить оперативность вычисления коррелограммной оценки СПМ обеспечивают алгоритмы, разработанные на основе рандомизации процедуры цифровой подготовки сигналов [8–15]. В то же время реализация этих алгоритмов требует применения специальных преобразователей, что ограничивает их применение в системах с равномерной дискретизацией сигналов.

В настоящей работе в качестве одного из возможных решений снижения вычислительной сложности оценки (1) рассматривается применение кусочно–постоянного корреляционного окна. Данное окно имеет простой физический смысл. Фактически оно состоит из M прямоугольных частей. Математическое выражение такого окна имеет следующий вид:

$$w(m, v\Delta t) = \begin{cases} \alpha(0) = 1, & m = 0, \quad 0 \leq v \leq \eta - 1; \\ \alpha(m), & 1 \leq m \leq M - 1, \quad m\eta \leq v \leq (m+1)\eta - 1. \end{cases} \quad (2)$$

В (2) $\alpha(m) < 1$, и $\alpha(m+1) < \alpha(m)$. При использовании окна (2) получаем:

$$\hat{S}_{xx}(f_k) = \Delta t \left(2 \sum_{m=0}^{M-1} \alpha(m) \sum_{v=m\eta}^{(m+1)\eta-1} \hat{R}_{xx}(v\Delta t) \cos 2\pi f_k v\Delta t - \hat{R}_{xx}(0) \right). \quad (3)$$

Принимая во внимание, что $\alpha(m) = 1$, будем иметь:

$$\hat{S}_{XX}(f_k) = \Delta t (S_{XX}(f_k, \eta) + A_{XX}(f_k, M, \eta)), \quad (4)$$

$$S_{XX}(f_k, \eta) = 2 \sum_{v=1}^{\eta-1} \hat{R}_{XX}(v\Delta t) \cos 2\pi f_k v\Delta t + \hat{R}_{XX}(0), \quad (5)$$

$$A_{XX}(f_k, M, \eta) = 2 \sum_{m=1}^{M-1} \alpha(m) B_{XX}(f_k, m, \eta), \quad (6)$$

$$B_{XX}(f_k, m, \eta) = \sum_{v=m\eta}^{(m+1)\eta-1} \hat{R}_{XX}(v\Delta t) \cos 2\pi f_k v\Delta t. \quad (7)$$

Из (5) следует, что $S_{XX}(f_k, \eta)$ представляет собой коррелограммную оценку СПМ, вычисленную на интервале $0 \leq v \leq \eta-1$ с применением естественного прямоугольного окна. В свою очередь $B_{XX}(f_k, m, \eta)$ – это фрагмент оценки СПМ, который вычисляется на участке $m\eta \leq v \leq (m+1)\eta-1$ также с применением естественного прямоугольного окна и учитывается с весом $\alpha(m)$, соответствующим этому участку корреляционного окна (2). Таким образом, $A_{XX}(f_k, M, \eta)$ можно рассматривать как слагаемое, позволяющее ослабить отрицательное воздействие спектральной утечки при идентификации частотных составляющих и тем самым скорректировать значение оценки СПМ $\hat{S}_{XX}(f_k)$ в зависимости от числа прямоугольных частей M корреляционного окна (2) и числа отсчетов η в пределах этих частей.

Значения $\alpha(m)$ можно оценить исходя из критерия минимума интегральной среднеквадратической погрешности. При этом рассмотрим общий случай, когда частота является непрерывной:

$$\delta^2 = M \left[\int_{-1/2\Delta t}^{+1/2\Delta t} (\hat{S}_{XX}(f_k) - S_{XX}(f_k))^2 df \right] \rightarrow \min. \quad (8)$$

В (8) $M[\dots]$ – оператор оценки математического ожидания. По каждому $\alpha(m)$ найдем частные производные первого порядка и, приняв их равными нулю, получаем:

$$\alpha(m) = \frac{\sum_{v=m\eta}^{(m+1)\eta-1} M[\hat{R}_{XX}^2(v\Delta t)]}{\sum_{v=m\eta}^{(m+1)\eta-1} R_{XX}(v\Delta t) M[\hat{R}_{XX}(v\Delta t)]}. \quad (9)$$

С учетом того, что $M[\hat{R}_{XX}^2(v\Delta t)] = D[\hat{R}_{XX}(v\Delta t)] + M^2[\hat{R}_{XX}(v\Delta t)]$, где $D[\dots]$ – дисперсия оценки $\hat{R}_{XX}(v\Delta t)$, имеем:

$$\alpha(m) = \frac{\sum_{v=m\eta}^{(m+1)\eta-1} D[\hat{R}_{XX}(v\Delta t)] + \sum_{v=m\eta}^{(m+1)\eta-1} M^2[\hat{R}_{XX}(v\Delta t)]}{\sum_{v=m\eta}^{(m+1)\eta-1} R_{XX}(v\Delta t)M[\hat{R}_{XX}(v\Delta t)]}. \quad (10)$$

Если оценка $\hat{R}_{XX}(v\Delta t)$ несмещенная, то $M[\hat{R}_{XX}(v\Delta t)] = R_{XX}(v\Delta t)$. Отсюда следует:

$$\alpha(m) = \frac{\sum_{v=m\eta}^{(m+1)\eta-1} D[\hat{R}_{XX}(v\Delta t)]}{\sum_{v=m\eta}^{(m+1)\eta-1} R_{XX}^2(v\Delta t)} + 1. \quad (11)$$

В частности можно принять $\alpha(m) = 1/2^{p(m)}$. Исходя из того, что $\alpha(0) = 1$, будем иметь $p(0) = 0$. Для $m = 1, 2, 3, \dots, M-1$ получаем:

$$p(m) = \log_2 \left(\frac{\sum_{v=m\eta}^{(m+1)\eta-1} D[\hat{R}_{XX}(v\Delta t)]}{\sum_{v=m\eta}^{(m+1)\eta-1} R_{XX}^2(v\Delta t)} + 1 \right). \quad (12)$$

Рассмотренное выше коррелограммное окно имеет простое математическое представление. Оно упрощает процедуру взвешивания отсчетов оценки КФ. На практике число прямоугольных частей такого вида окна можно выбирать для каждой конкретной задачи оценки СПМ. Следует отметить также то, что для каждого математического вида КФ параметры этих частей можно рассчитывать только один раз и использовать повторно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Marple Jr.S.L. Digital Spectral Analysis with Applications: Second edition. Dover Publications Inc., 2019. 432 p.
2. Oppenheim A.V., Schaffer R.W. Discrete-Time Signal Processing: Third edition. Pearson Higher Education, 2010. 1108 p.
3. Prabhu K. M. M. Window Functions and Their Applications in Signal Processing. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2014. XXII, 382 p.
4. Дворкович В.П., Дворкович А.В. Оконные функции для гармонического анализа сигналов. Изд. 2-е. – М.: Техносфера, 2016. – 208 с.
5. Mirri D., Iuculano G., Traverso P.A., Pasini G. Performance Function for Cascaded Rectangular Filters in Spectrum Analysis. IMEKO TC-4 12th Intern. Sym., Zagreb, Croatia, Sep. 2002. Pp. 327–332.
6. Mirri D., Iuculano G., Traverso P.A., Pasini G. Performance Evaluation of Cascaded Rectangular Windows in Spectral Analysis. Measurement, 2004, vol.36/1. Pp. 37–52.
7. Hou J., Xu D., Jankowski Ł. Structural Modal Parameter Identification with the Power-Exponential Window Function. Mechanical Systems and Signal Processing, 222 (2025). 111771.
8. Якимов В.Н. Цифровое оценивание спектральной плотности мощности на основе знакового стохастического квантования непрерывных процессов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2001. №12. – С. 60–64.

9. Якимов В.Н. Цифровой спектральный анализ на основе знакового двухуровневого преобразования непрерывных случайных процессов и асимптотически несмещенной оценки корреляционной функции // Измерительная техника. – 2005. № 12. – С. 18–23.
10. Якимов В.Н., Машков А.В. Цифровой спектральный анализ на основе знакового оценивания корреляционной функции и косинус–преобразования корреляционного окна // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2015. Т. 58. № 8. – С. 606–613.
11. Якимов В.Н., Машков А.В. Алгоритм вычисления оценки спектральной плотности мощности на основе обработки знаковых сигналов с использованием временных весовых функций // Цифровая обработка сигналов. – 2016. № 4. – С. 3–8.
12. Якимов В.Н., Машков А.В. Оценивание спектральной плотности мощности на основе коррелограммного метода с использованием бинарного знакового аналого–стохастического квантования случайного процесса // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2017. № 10. – С. 60–66.
13. Якимов В.Н., Машков А.В. Оценка частотного спектра непрерывного сигнала на основе бинарного стохастического квантования и дискретно–временной обработки спектральной функции корреляционного окна // Датчики и системы. – 2020. № 2(244). – С. 10–16.
14. Якимов В.Н. Цифровой спектральный анализ на основе равномерной дискретизации во времени коррелограммной спектральной оценки и бинарного стохастического квантования сигнала // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2020. – № 2. С. 29–35.
15. Якимов В.Н. Коррелограммная оценка спектральной плотности мощности на основе имитации бинарно–знакового аналого–стохастического квантования при обработке последовательности отсчетов равномерно дискретизированного сигнала // Цифровая обработка сигналов. – 2025. № 2. – С. 3–8.

УДК 681.518

004.932

528.854

ТЕСТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ЗНАКОВЫХ СИМВОЛОВ ПРИ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ ОБЪЕКТА В ПРОСТРАНСТВЕ

Бухарина В.Д., Соболев Е.Д., Козлов Е.В.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в данной работе проведено тестирование информационной системы распознавания знаковых символов на объектах, произвольно ориентированных в пространстве с применением технологий Python, PaddleOCR, Node.js, React и PostgreSQL. Оценена работа системы в целом, качество передаваемого видеопотока и точность распознавания символов. Было выполнено тестирование запуска системы и подключения видеоустройств, проанализирована стабильность функционирования, проведена оценка качества входного изображения и проверено распознавание символов на объектах. Тестирование подтвердило устойчивость к произвольной ориентации объектов. Система поддерживает автоматическое распознавание по видеопотоку, результаты сохраняются и доступны для анализа, что позволяет автоматизировать контроль продукции на конвейере, повысить точность идентификации объектов и снизить влияние человеческого фактора.

Ключевые слова: тестирование системы, информационная система, распознавание символов, техническое зрение, OCR-системы, обработка изображений, нейронная система.

В данной работе проведено тестирование информационной системы распознавания знаковых символов на объектах, расположенных произвольно в зоне наблюдения, которая ориентирована на детектирование и идентификацию текстовой информации с буквами русского и латинского алфавитов, арабскими цифрами и специальными знаками. Методы цифровой обработки изображений лежат в основе подобных систем [1]. Тестирование охватило все компоненты последовательно и в режиме реального времени, вследствие чего удалось убедиться в надежности работы при поворотах объектов, искажениях и частичном перекрытии. Подобные решения применяются в задачах автоматизации производства [2].

При старте работы выводится полная информация о текущем состоянии системы и поле для распознанных изображений. Тестирование интерфейса подтвердило удобство навигации и немедленное отображение видеопотока вместе с основными элементами управления. Вследствие этого проверка в реальном времени выполняется оперативно без лишних переходов между экранами. На рисунке 1 представлен пользовательский интерфейс при запуске работы системы.

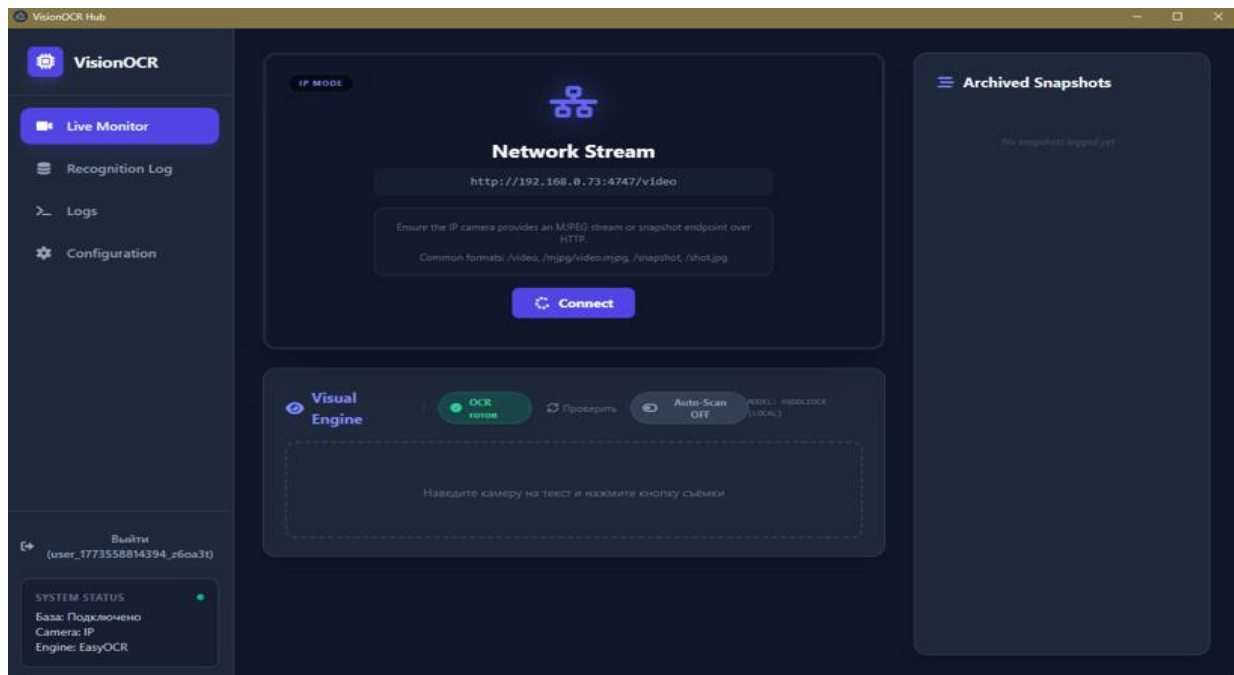


Рисунок 1 – Пользовательский интерфейс при запуске системы

Далее в процессе тестирования было проверено меню настроек системы, где пользователь получает возможность выбрать OCR-модель для распознавания и указать тип подключения к видеоустройству. Анализ настроек показал высокую гибкость параметров, поскольку смена модели происходит без перезапуска всей системы, а видеоустройства по USB и IP определяются автоматически. При этом адаптация под разные производственные условия занимает минимальное количество времени и не требует дополнительных настроек [3]. На рисунке 2 показаны настройки системы.

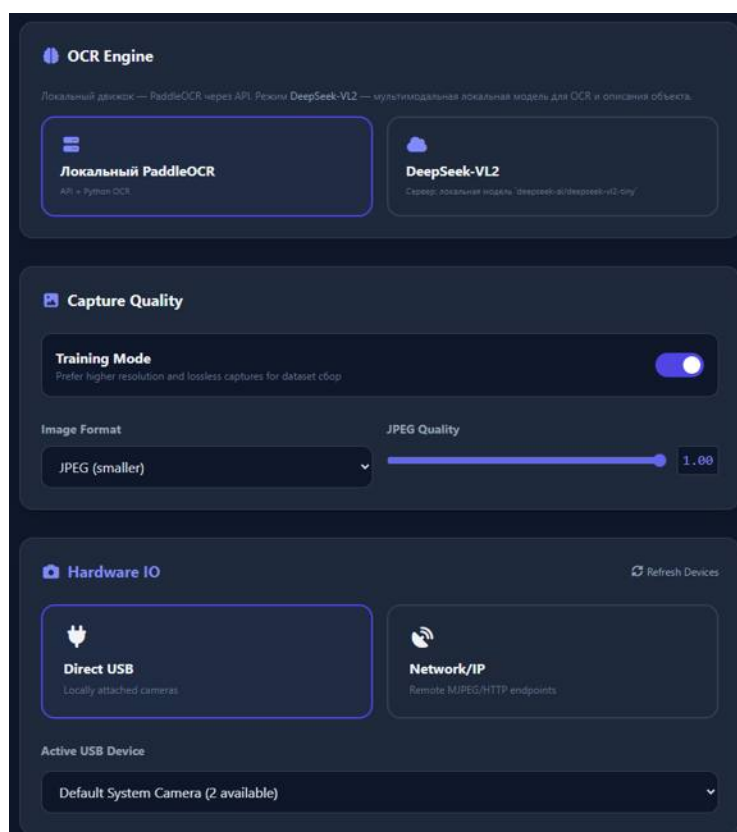


Рисунок 2 – Окно отображения настроек системы

Следующим шагом тестирования стала оценка результата получаемого изображения, которое отображается на главном экране с одновременным появлением кнопки ручного снимка для распознавания текста. Проверка качества входного изображения подтвердила чёткую передачу видеопотока без искажений даже при продолжительной работе. Кнопка ручного снимка срабатывает мгновенно, обеспечивая стабильность передачи данных от камеры напрямую к серверу, при этом предобработка с фильтрацией шумов, бинаризацией и коррекцией наклона дополнительно гарантирует устойчивость к произвольным положениям объектов в зоне наблюдения [1]. На рисунке 3 представлен результат получаемого изображения.

Завершающим этапом тестирования стали встроенные функции системы, при котором распознанные результаты открываются в отдельном окне с отображением всех распознанных символов и точного процента распознавания. Проверка функций продемонстрировала высокую точность выделения символов независимо от угла поворота объекта. Процент точности рассчитывается автоматически на основе обработанных данных PaddleOCR [5, 6]. Окно с деталями открывается по простому клику, что значительно упрощает анализ отдельных случаев и позволяет сразу видеть

полную информацию о каждом символе. На рисунке 4 представлено тестирование встроенных функций системы.

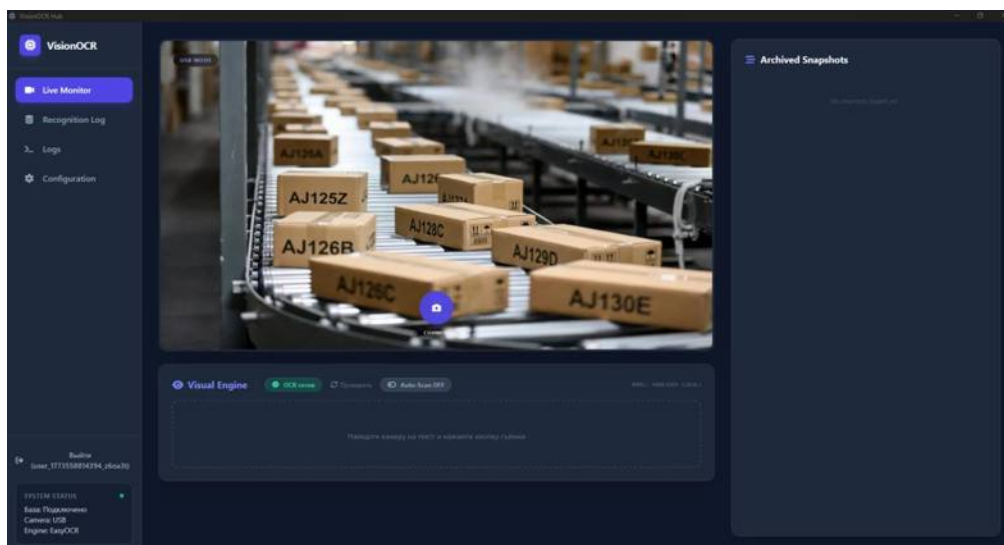


Рисунок 3 – Результат получаемого изображения

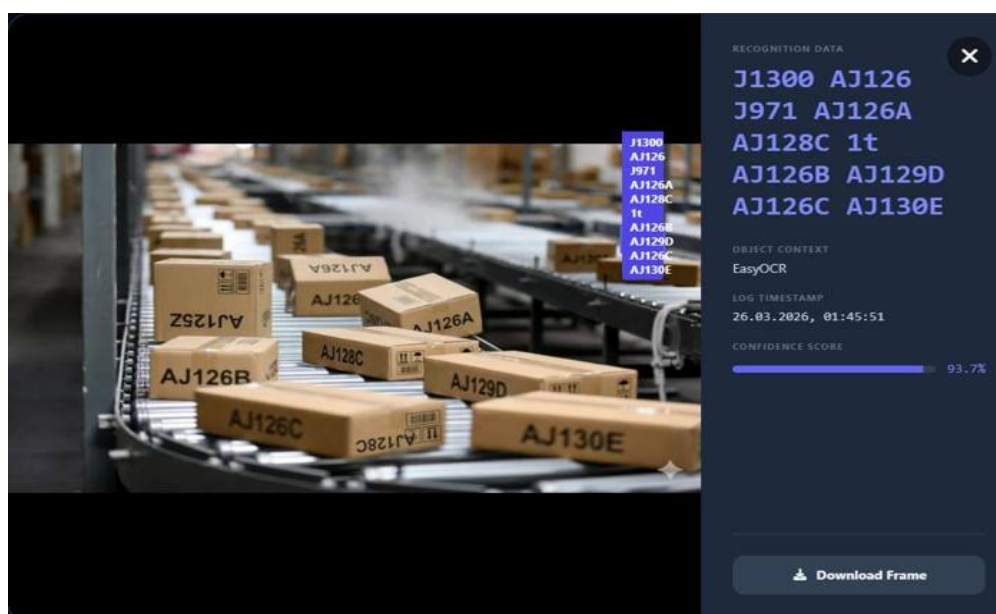


Рисунок 4 – Результат получаемого изображения

В ходе всего тестирования указанных компонентов интеграция Node.js-сервера с Python-сервисом и React-интерфейсом обеспечила отзывчивую работу без задержек. База данных PostgreSQL надежно фиксировала результаты для последующего журнала, а общая архитектура поддерживала обработку кадров в реальном времени. При этом предобработка изображений перед распознаванием повышала устойчивость к произвольной ориентации, качество видеопотока не влияло

на конечный результат, а данные сохранялись в полном объеме для быстрого поиска по дате [4].

По итогам проведенного тестирования система распознавания знаковых символов при произвольной ориентации объекта в пространстве показала стабильную работу с высокой точностью и скоростью обработки. Результаты отображаются корректно и доступны для просмотра в удобном формате, что позволяет полностью автоматизировать контроль продукции на конвейере, повысить точность идентификации объектов и свести влияние человеческого фактора к минимуму [1, 3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гонсалес, Р. С. Цифровая обработка изображений / Р. С. Гонсалес, Р. Е. Вудс. – 3-е изд. – М. : Техносфера, 2012. – 1104 с.
2. Петровский, В. В. Автоматизированная система распознавания объектов для непрерывного конвейерного производства: обзор методов и оборудования / В. В. Петровский, А. А. Тухбатова // Научный аспект. – 2024. – Т. 44, № 6. – С. 5591–5596. – EDN HWAWEJ.
3. Винокуров, И. В. Распознавание цифровых последовательностей с использованием свёрточных нейронных сетей / И. В. Винокуров // Программные системы: теория и приложения. – 2023. – Т. 14, № 3(58). – С. 3–36. – DOI 10.25209/2079-3316-2023-14-3-3-36. – EDN JKKZXL.
4. Вяльцев, А. В. Применение компьютерного зрения для снижения производственного травматизма / А. В. Вяльцев // Международный научно-исследовательский журнал. – 2023. – № 5(131). – DOI 10.23670/IRJ.2023.131.3. – EDN CZGBOR.
5. Markelov, M. M. Algorithms of recognizing images and tracking objects on video / M. M. Markelov // Молодежь. Общество. Современная наука, техника и инновации. – 2020. – No. 19. – P. 312–313. – EDN QIGIMJ.
6. Андрианов, А. И. Сравнение OCR-систем на основе точности анализа изображения / А. И. Андрианов // Бизнес-информатика. – 2009. – № 4(10). – С. 44–50. – EDN KZXGFZ.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ С НЕЙРОСЕТЕВЫМ КОМПЕНСАТОРОМ ВОЗМУЩЕНИЙ

Джаббаров А.Ш., Данилушкин И.А.

Самарский государственный технический университет, г. Самара

Аннотация: в работе рассматривается система автоматического управления с нейросетевым компенсатором возмущений. Предложен метод формирования компенсирующего сигнала на основе итеративного обучения с использованием нейронной сети. Обучение осуществляется по данным отклика системы без явной идентификации модели возмущения. Реализация выполнена с использованием среды Simulink и языка Python. Результаты моделирования показывают снижение ошибки регулирования и сходимость алгоритма.

Ключевые слова: комбинированная система управления, компенсация возмущений, нейронная сеть, нейросетевой компенсатор, интеллектуальное управление, итеративное обучение, Simulink, Keras

Введение

В задачах автоматического управления существенное влияние на качество регулирования оказывают внешние возмущения, приводящие к отклонению выходных координат системы от заданных значений. Классические методы управления, основанные на использовании ПИ– и ПИД–регуляторов [1], позволяют обеспечить устойчивость системы, однако при наличии неопределённостей и сложной динамики объекта их эффективность может снижаться.

В замкнутых системах управления подавление возмущений осуществляется после возникновения ошибки, что может приводить к значительным отклонениям выходного сигнала. Снижение влияния возмущений за счет компенсации в ряде случаев является сложной задачей из-за необходимости точного знания модели объекта и нереализуемости рассчитанного компенсатора. В связи с этим актуальной является разработка методов компенсации возмущений [2], не требующих точной идентификации системы. В данной работе предлагается использовать подход, при котором компенсатор реализуется на базе нейросети. Обучение нейросетевого компенсатора выполняется итеративно, с помощью многократного прогона динамической модели комбинированной системы управления.

Постановка задачи

Рассматривается замкнутая система автоматического управления (рис. 1), включающая объект управления, ПИ–регулятор и дополнительный канал компенсации возмущений.

Объект управления описывается передаточной функцией:

$$W(s) = \frac{1}{14s^2 + 9s + 1}.$$

На систему воздействует внешнее возмущение $d(t)$, а также дополнительный компенсирующий сигнал $d_2(t)$, формируемый нейросетевым компенсатором. Влияние возмущения на выход объекта управления описывается передаточной функцией

$$W_d(s) = \frac{1}{3s + 1}.$$

Для формирования входного вектора нейросети используется фильтр, задаваемый передаточной функцией реального дифференцирующего звена:

$$W_\phi(s) = \frac{s}{5s + 1},$$

который обеспечивает реакцию компенсатора только на динамические возмущения.

Без потери общности принято, что регулятор стабилизирует систему в состоянии $y^*(t) = 0$. Тогда ошибка управления определяется соотношением $\varepsilon(t) = y(t)$. Задача заключается в обучении нейросети формировать такой сигнал компенсации $d_2(t)$, при котором выполняется условие $\min|\varepsilon(t)| \rightarrow 0$ в каждый момент времени.

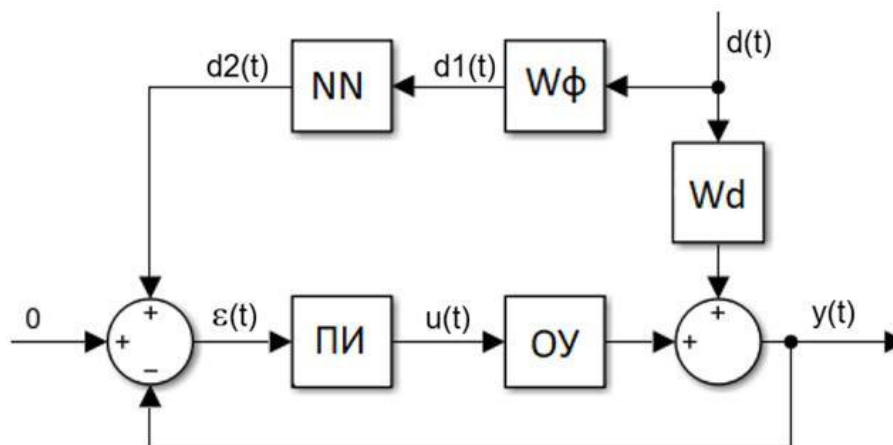


Рисунок 1 – Структурная схема системы управления с нейросетевым компенсатором возмущений

Методы решения задачи

Для решения поставленной задачи используется метод управления с итеративным обучением (Iterative Learning Control) [3, 4]. Основная идея метода заключается в последовательном уточнении сигнала компенсации на основе анализа ошибки системы. На каждой итерации, оценка желаемого сигнала компенсации

используется для формирования обучающей выборки и последующего обучения нейросетевого компенсатора.

Реализация алгоритма обучения нейросети выполнена на языке Python с использованием библиотеки TensorFlow/Keras [5], а моделирование системы – в среде Simulink с использованием MATLAB Engine API [6].

Обучающая выборка формируется итерационно на основе результатов моделирования системы. На каждой итерации k выполняются следующие шаги:

1. В систему подаются сигналы $d(t)$ и $d_2^k(t)$;
2. В результате моделирования формируются сигналы $d_1(t)$ и ошибка $\varepsilon(t)$;
3. Формируется обучающая выборка:

$$X_n = [d_1(t_n), d_1(t_{n-1}), \dots, d_1(t_{n-m})],$$

$$Y_n = -\varepsilon(t_n)$$

где n – номер такта дискретизации, $n = \overline{0, N}$, N – число интервалов дискретизации на отрезке прогона Simulink–модели $[0, T_{\text{кон}}]$, t_n – момент времени, соответствующий такту дискретизации, $t_n = n \cdot T_{\text{кон}} / (N + 1)$.

4. Выполняется несколько итераций дообучения нейросети по обучающей выборке –той итерации.

Таким образом, нейросеть обучается аппроксимировать зависимость между откликом системы и требуемым компенсирующим воздействием.

В качестве аппроксимирующей модели используется полносвязная нейронная сеть прямого распространения. Архитектура сети включает несколько скрытых слоёв с нелинейными функциями активации: 64 нейрона (linear); 32 нейрона (ReLU); 16 нейронов (ReLU), и выход – 1 нейрон (tanh), что обеспечивает достаточную выразительную способность для описания нелинейных зависимостей между входными и выходными сигналами. Обучение сети осуществляется с использованием алгоритма градиентной оптимизации Adam при минимизации среднеквадратичной ошибки.

Анализ полученных результатов

Результаты моделирования демонстрируют эффективность предложенного подхода. С увеличением номера итерации наблюдается уменьшение ошибки системы и улучшение динамических характеристик. На рис. 2 представлены графики отклонения выхода системы под воздействием возмущения в процессе обучения

нейросетевого компенсатора. Видно, что с ростом циклов обучения уменьшается амплитуда колебаний.

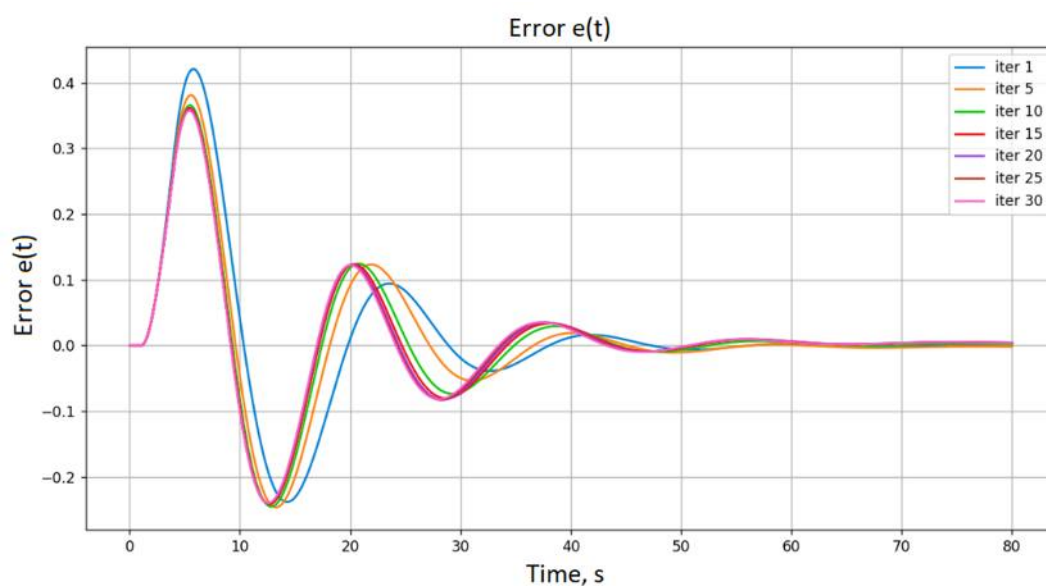


Рисунок 2 – Динамика ошибки $e(t)$ на различных итерациях обучения

На рис. 3 приведен график изменения среднего значения модуля ошибки (MAE) (рис. 2) в процессе обучения нейросети.

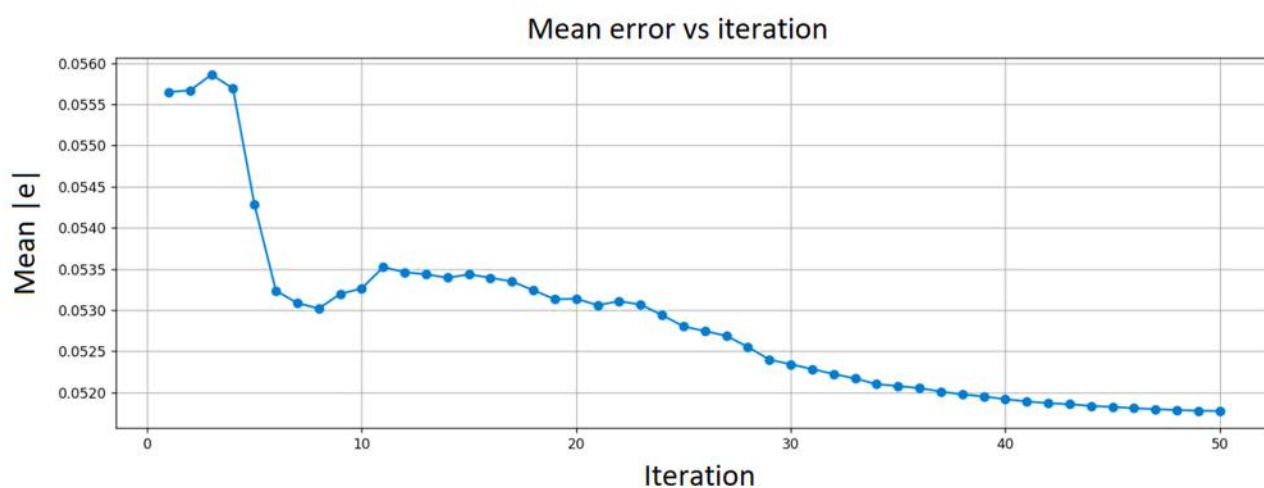


Рисунок 3 – Зависимость среднего значения модуля ошибки (MAE) от номера итерации

В процессе обучения среднее значение модуля ошибки снижается, что соответствует улучшению способности нейросетевого компенсатора компенсировать возмущение.

Заключение

В работе предложен метод построения компенсатора на базе нейронной сети. Обучение нейросети реализуется за счет итеративного подхода, при котором формирование обучающей выборки реализуется по результатам прогона динамической модели замкнутой системы управления. На каждой итерации модель учитывает отклик частично обученной нейронной сети.

В дальнейшем предложенный подход может быть распространен на системы управления для которых построение точной математической модели затруднено. Применение нейросетевого компенсатора позволяет повысить точность регулирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ануфриев И.В. Принципы работы и применение ПИД контроллера в автоматизированных системах// Международная научно–техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 170–летию со дня рождения В.Г. Шухова : Сборник докладов, Белгород, 16–17 мая 2023 года. Том Часть 13. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 27–30.
2. Бобцов А.А., Пыркин А.А. Адаптивное и робастное управление: методы подавления возмущений. – СПб: Университет ИТМО, 2013.
3. Moore K. L. Iterative Learning Control for Deterministic Systems. – Berlin: Springer, 1993. – 345p.
4. Данилушкин И.А., Болоховцев И.О. Итеративный метод оптимизации переходной функции компенсатора на основе обучения нейросети// Вестник СамГУПС. – 2025. – № 2(68). – С. 90–97.
5. Keras. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://keras.io/>, свободный. – Дата обращения: 03.03.2026.
6. Дьяконов В.П. MATLAB. Полный самоучитель. – 2–е изд., эл. – М.: ДМК Пресс, 2023. – 769 с.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНТУРОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЛЕЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Ефимова Т.Б., Грубов Т.Л.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье анализируется структура системы автоматического определения контуров сельскохозяйственных полей на основе данных дистанционного зондирования Земли, выделяются ее основные компоненты, анализируется их взаимодействие. Выполнена декомпозиция системы на подсистемы, определена роль каждого элемента в общей структуре, выявлены интегративные и эмерджентные свойства, возникающие в процессе функционирования системы.

Ключевые слова: автоматическое определение, обработка изображений, информационная система, системный подход.

Цифровая трансформация компаний РФ направлена, прежде всего, на повышение конкурентоспособности экономики на глобальном уровне, внедрение инновационных технологий способствует оптимизации технологических и бизнес-процессов [1]. Современные информационные системы представляют собой сложные программно-технические комплексы, состоящие из большого количества взаимосвязанных компонентов. При проектировании и исследовании таких систем применяется системный подход, позволяющий рассматривать систему как совокупность взаимосвязанных элементов, функционирующих для достижения общей цели.

Объектом исследования является система автоматического определения контуров сельскохозяйственных полей, которое выполняется на основе данных дистанционного зондирования Земли. Существует большое количество исследований, связанных с такими системами, авторы отмечают, что они используются для обработки снимков (спутниковых, аэро-), чтобы выявлять границы земель – личного или подсобного хозяйства, земель сельскохозяйственного назначения, т.е. для того, чтобы формировать геопространственные данные, которые в дальнейшем применяются в государственных геоинформационных системах, иных системах мониторинга.

Постановка задачи заключается в рассмотрении и анализе структуры разрабатываемой системы автоматического определения контуров сельскохозяйственных полей, определении её основных компонентов, анализе их взаимодействия. Выполняется декомпозиция разрабатываемой системы на подсистемы, четко определяется назначение каждого компонента, выявляются

свойства (интегративные и эмерджентные), которые возникают в процессе функционирования системы автоматического определения контуров сельскохозяйственных полей на основе данных дистанционного зондирования.

Система основана на последовательной обработке изображений с применением методов анализа изображений и геометрической обработки данных. В ходе обработки выполняется предварительная подготовка изображений, выделение областей, соответствующих сельскохозяйственным участкам, и формирование векторных контуров полей. Полученные контуры представляют собой геометрические объекты, которые могут использоваться в дальнейшем анализе и интегрироваться с геоинформационными системами.

Результатом работы системы является набор геометрических объектов, описывающих границы сельскохозяйственных полей, а также связанная с ними информация. Эти данные могут использоваться для мониторинга сельскохозяйственных территорий, анализа структуры землепользования и интеграции с другими информационными системами, применяемыми в области сельского хозяйства и геоинформационных технологий.

Для анализа системы с позиции системного подхода выполняется её декомпозиция на набор взаимосвязанных модулей. Каждый модуль реализует отдельную часть функциональности системы, однако все модули совместно образуют единую систему. При декомпозиции используется предметноориентированный подход. Основные элементы системы формируются вокруг понятных предметной области сущностей – спутникового снимка, сельскохозяйственного поля, границы поля и задачи обработки.

Модуль получения спутниковых изображений отвечает за получение исходных данных о поверхности земли из внешних источников, его компоненты – сервис запроса спутниковых снимков, клиент внешних сервисов спутниковых данных, модуль загрузки изображений, модуль извлечения метаданных.

Модуль обработки изображений выполняет анализ спутниковых снимков и обнаружение участков сельскохозяйственных полей, его компоненты: модуль предварительной обработки изображений, модуль выделения областей полей, модуль обнаружения границ, модуль классификации участков.

После обнаружения областей сельскохозяйственных участков система формирует их геометрическое описание, компоненты модуля построения границ полей: сервис извлечения границ полей, сервис формирования геометрии поля, сервис упрощения геометрии, сервис проверки корректности границ.

Для хранения различных типов информации используются специализированные хранилища данных, компоненты: хранилище геометрии полей, хранилище метаданных, хранилище картографических тайлов.

Свойство интегративности проявляется в том, что отдельные элементы системы, взаимодействуя между собой, образуют единую структуру, способную выполнять функции, недоступные изолированным компонентам. Интегративность системы также проявляется в согласованности сущностей.

Рассмотрим сопоставление уровней.

На верхнем уровне располагаются функции системы, для рассматриваемой задачи можно выделить получение спутниковых данных, обработку изображений, построение геометрии, хранение результатов и их предоставление внешним потребителям. Эти функции описывают поведение системы и соответствуют основным этапам преобразования данных. Нижний уровень представляет конструкцию системы: используются ранее выделенные компоненты – модуль получения данных, конвейер обработки изображений (предобработка, сегментация, выделение границ), модуль геометрии, подсистемы хранения (растровые и геометрические данные), а также сервисы доступа и визуализации. Между этими уровнями задаётся соответствие. Получение данных реализуется модулем загрузки снимков и сервисами доступа к внешним источникам. Обработка изображений сопоставляется с конвейером обработки, включающим несколько последовательно выполняемых этапов. Построение геометрии реализуется модулем геометрии, который выполняет векторизацию и преобразование координат (рисунок).

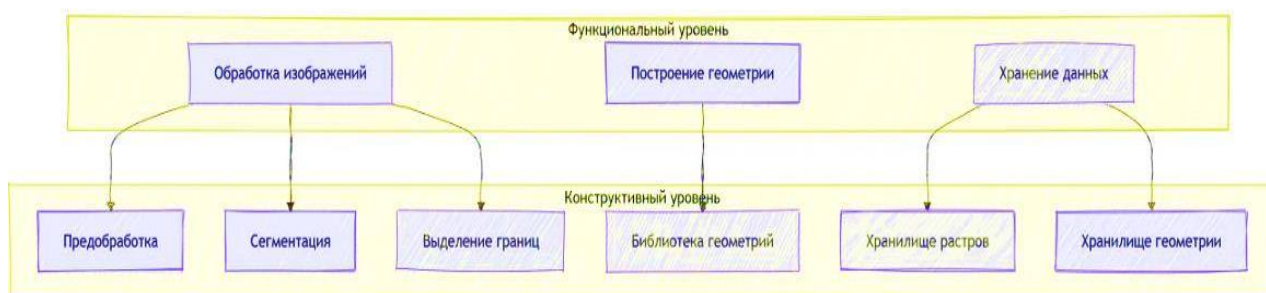


Рисунок – Модель «гамбургера»

В таком виде диаграмма отражает «разрез» системы: сверху фиксируются функции, снизу – реализация, а связи между ними показывают, за счёт каких компонентов достигается требуемое поведение.

Применение системы на практике сокращает время поиска нужной информации, позволяет оперативно обрабатывать данные [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ефимова, Т. Б. Разработка автоматизированной (информационно–измерительной) подсистемы контроля состояния оборудования дирекции по энергообеспечению / Т. Б. Ефимова, М. П. Илехметкин // Вестник СамГУПС. – 2024. – № 2(64). – С. 58–63. – EDN SJJJUG.
2. Ефимова Т. Б., Смагина З. А., Ефимов А. А. Совершенствование структуры базы данных информационной системы покупки и распределения электроэнергии // Проблемы развития предприятий: теория и практика. 2022. № 1–2. С. 237–242.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ
ШИРМОВОГО ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЯ КОТЛА ТГМ–84**

Строкин Л.П., Данилушкин И.А.

Самарский государственный технический университет, г. Самара

Аннотация: рассматривается задача математического моделирования теплового состояния ширмового пароперегревателя. Тепловые процессы описываются системой дифференциальных уравнений в частных производных. Ввиду отсутствия аналитического решения исходная система преобразована с использованием спектральной теории распределённых систем. Получена спектральная форма уравнений, пригодная для численной реализации в среде Simulink.

Ключевые слова: математическая модель, спектральная теория, температурное распределение потока, переменная скорость потока, пароперегреватель.

В современных энергетических установках для анализа состояния теплообменного оборудования используются математические модели тепловых процессов. Такие модели позволяют описывать распределение температурных полей и их изменение во времени в различных узлах системы. При этом температура металла теплообменных поверхностей рассматривается как один из параметров, характеризующих условия эксплуатации. Прогнозирование температуры металла необходимо для оценки остаточного ресурса элементов и анализа их работоспособности в различных режимах.

Ширмовый пароперегреватель, расположенный в верхней части топочной камеры котла, осуществляет нагрев пара, проходящего по его трубам, за счёт конвективного теплообмена с потоком горячих газов. Математическая модель тепловых процессов, описывающих данный процесс теплообмена, может быть представлена как система дифференциальных уравнений в частных производных.

Первое уравнение системы, уравнение неразрывности потока, позволяет учесть зависимость скорости потока от плотности пара:

$$\frac{\partial(\rho(l,t)S)}{\partial t} + \frac{\partial \dot{m}(l,t)}{\partial l} = 0, \quad (1)$$

где $\rho(l,t)$ – плотность пара, S – площадь поперечного сечения трубы, $\dot{m}(l,t)$ – массовый расход пара, l – пространственная координата вдоль направления движения потока, $l \in [0, L]$, L – длина трубы пароперегревателя, t – время, $t > 0$.

Второе уравнение описывает тепловой баланс потока с помощью модели идеального вытеснения, пренебрегая теплопередачей вдоль пространственной координаты:

$$\frac{\partial(\rho(l,t)h(l,t)S)}{\partial t} + \frac{\partial(\dot{m}(l,t)h(l,t))}{\partial l} = \alpha V_1(T_w(l,t) - T(l,t)), \quad (2)$$

где $h(l,t)$ – энтальпия пара, α – коэффициент теплообмена, V_1 – внутренний периметр трубы, $T_w(l,t)$ – температура стенки трубы, $T(l,t)$ – температура пара.

Третье уравнение описывает температурное распределение стенки трубы по длине потока:

$$\rho_w C_w S_w \frac{\partial T_w(l,t)}{\partial t} = GV_2 - \alpha V_1(T_w(l,t) - T(l,t)), \quad (3)$$

где ρ_w – плотность металла трубы, C_w – теплоемкость металла трубы, S_w – площадь поперечного сечения стенки трубы, G – тепловой поток газа, V_2 – внешний периметр трубы. Уравнение описывает изменение температуры стенки в точке l как баланс тепловых потоков от газа к стенке и от стенки к пару с учётом аккумулирующей способности тепловой массы самой стенки. Теплопередача вдоль пространственной координаты считается пренебрежимо малой.

Энтальпия пара является функцией его термодинамического состояния и определяется через температуру и давление (или плотность) [1], что обеспечивает замкнутость рассматриваемой системы уравнений.

Система уравнений (1) – (3), дополненная необходимыми граничными и начальными условиями позволит рассчитать температурное распределение стенки трубы и решить задачу идентификации по контролируемым параметрам работы энергетического котла.

Данная система не имеет аналитического решения, однако ее можно представить в линеаризованном виде [2], или в спектральной форме [3]. При использовании спектральной теории распределенных систем [4,5] уравнение (1) примет вид:

$$S \cdot \mathbf{P}_0^T \cdot \frac{\partial \Phi^p}{\partial t} + \mathbf{P}_0^T \cdot \mathbf{P}_1 \cdot \Phi^m = 0, \quad (4)$$

где $\Phi^\rho = [\varphi^\rho(i, t)]_{i \times 1}$ – матрица спектральных характеристик функции $\rho(l, t)$, компоненты матрицы определяются как:

$$\varphi^\rho(i, t) = \int_0^L P(i, \xi) \rho(i, t) d\xi, \quad i = 1, 2, \dots; \quad (5)$$

$\Phi^{\dot{m}} = [\varphi^{\dot{m}}(j, t)]_{j \times 1}$ – матрица спектральных характеристик функции $\dot{m}(l, t)$,

компоненты матрицы определяются как:

$$\varphi^{\dot{m}}(j, t) = \int_0^L P(j, \xi) \dot{m}(j, t) d\xi, \quad j = 1, 2, \dots; \quad (6)$$

$\mathbf{P}_0 = [P(i, l)]_{i \times 1}$ – матрица функций разложения $P(i, l)$ [4]:

$$P(i, l) = \sqrt{2} \sin\left(\frac{(2i-1)\pi l}{2L}\right); \quad (7)$$

$\mathbf{P}_1 = [P_1(i, j)]_{i \times j}$ – операционная матрица, компоненты матрицы определяются

как:

$$P_1(i, j) = \int_0^L P(i, \xi) \frac{\partial P(j, \xi)}{\partial l} d\xi, \quad i = 1, 2, \dots, \quad j = 1, 2, \dots \quad (8)$$

Уравнение (2) примет вид:

$$S \cdot \left([\Phi^h]^T \mathbf{W}_0 \frac{\partial \Phi^{\dot{m}}}{\partial t} + [\Phi^{\dot{m}}]^T \mathbf{W}_0 \frac{\partial \Phi^h}{\partial t} \right) + [\Phi^h]^T \mathbf{W}_1 \Phi^{\dot{m}} + [\Phi^{\dot{m}}]^T \mathbf{W}_1 \Phi^h = \\ = \alpha V_1 (\mathbf{P}_0^T \Phi^{T_w} - \mathbf{P}_0^T \Phi^T), \quad (9)$$

где $\Phi^h = [\varphi^h(k, t)]_{k \times 1}$ – матрица спектральных характеристик функции $h(l, t)$;

$\Phi^{\dot{m}} = [\varphi^{\dot{m}}(n, t)]_{n \times 1}$ – матрица спектральных характеристик функции $\dot{m}(l, t)$;

$\Phi^{T_w} = [\varphi^{T_w}(i, t)]_{i \times 1}$ – матрица спектральных характеристик функции $T_w(l, t)$;

$\Phi^T = [\varphi^T(i, t)]_{i \times 1}$ – матрица спектральных характеристик функции $T(l, t)$; $\mathbf{W}_0$ –

операционная матрица, определяемая как:

$$\mathbf{W}_0 = \sum_j P(j, l) J_0(j, n, k), \quad j, n, k = 1, 2, \dots \quad (10)$$

где $J_0(j, n, k)$ – интеграл, определяемый как:

$$J_0(j, n, k) = \int_0^L P(j, \xi) P(n, \xi) P(k, \xi) d\xi; \quad (11)$$

$\mathbf{W}_1$ – операционная матрица, определяемая как:

$$\mathbf{W}_1 = \sum_j P(j, l) J_1(j, n, k), \quad j, n, k = 1, 2, \dots \quad (12)$$

где $J_1(i, j, k)$ – интеграл, определяемый как:

$$J_1(j, n, k) = \int_0^L P(j, \xi) P(n, \xi) \frac{\partial P(k, \xi)}{\partial l} d\xi. \quad (13)$$

Уравнение (3) примет вид:

$$\rho_w C_w S_w \left(\mathbf{P}_0^T \cdot \frac{\partial \Phi^p}{\partial t} \right) = G V_2 - \alpha V_1 \left(\mathbf{P}_0^T \cdot \Phi^{T_w} - \mathbf{P}_0^T \cdot \Phi^T \right), \quad (14)$$

Полученную систему (4), (9) и (14) можно использовать для реализации численной модели в среде MATLAB Simulink [6]. Такая модель может применяться для расчёта температурного состояния металла труб пароперегревателя. На основе полученных результатов может быть выполнена оценка влияния режимов работы на температурное состояние металла, что может быть использовано при анализе условий эксплуатации и оценке остаточного ресурса оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эткинс П. Физическая химия. Том I. – М.: Мир, 1980.
2. Данилушкин И.А., Снеговой В.В. Построение математической модели процесса охлаждения потока движущейся среды в пространстве состояний // Вестник Самар. гос. техн. ун-та. Серия «Технические науки». Выпуск №2(34)–2012: Самара: СамГТУ, 2012. – С. 218–221.
3. Данилушкин И.А., Кавкаев К.В. Моделирование температурного поля потока с переменной скоростью в Simulink // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2017. – № 1(53). – С. 174–178.
4. Коваль В.А. Спектральный метод анализа и синтеза распределенных управляемых систем. Саратов. Изд-во Саратов. гос. техн. ун-та. 1997.
5. Коваль В.А., Торгашова О.Ю. Синтез дискретных регуляторов пониженной размерности для распределенной следящей системы // Автоматика и телемеханика. – 2011. – №10. – С. 72–85.
6. Дьяконов В.П. MATLAB. Полный самоучитель. – 2-е изд., эл. – М.: ДМК Пресс, 2023. – 769 с.

УДК 004.42
004.9:519.85
616.61

АЛГОРИТМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О ПЕРЕДАЧЕ КОНСУЛЬТАЦИИ ОТ ИИ–ЧАТ–БОТА ВРАЧУ ПРИ ВЕДЕНИИ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ ПОЧЕК

Кокин А.Р.¹, Сандлер И.Л.¹, Седашкина О.А.²

¹Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

²ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет», МЗ РФ, г. Самара

Аннотация: в статье рассматривается алгоритм автоматического принятия решения о необходимости передачи консультации от ИИ–чат–бота врачу–эксперту в рамках веб–сайта Calculmed, предназначенного для ведения детей и подростков с хронической болезнью почек (ХБП). Описаны критерии оценки сложности клинического случая на основе анализа текстовых сообщений пользователя, методы выявления критических состояний и процедура предоставления пользователю контактных данных врача в мессенджерах. Приводится блок–схема алгоритма, таблицы функций программной реализации и результаты тестирования системы.

Ключевые слова: искусственный интеллект, чат–бот, хроническая болезнь почек, маршрутизация, принятие решений, цифровая нефрология.

Внедрение ИИ–чат–ботов в медицинскую практику открывает новые перспективы для дистанционного сопровождения пациентов с хроническими заболеваниями [1]. Веб–сайт Calculmed [2], предназначенный для ведения детей и подростков с хронической болезнью почек (ХБП) [3–7], обладает ИИ–чат–ботом, способным отвечать на общие вопросы о ХБП и алгоритмах диагностики [8].

Однако, подобные системы не могут полностью заменить врача в ситуациях, требующих клинического принятия решений, особенно при возникновении у пациента острых симптомов, ухудшении ситуации и т.п. [9]. В связи с этим возникает задача разработки алгоритма, позволяющего чат–боту выделять сложные или критические случаи и предоставлять пользователю возможность связаться с врачом.

Программный комплекс для прогнозирования и диагностики ХБП [10] составляет основу алгоритмического обеспечения алгоритма принятия решения о передаче консультации от ИИ–чат–бота врачу (см. рисунок 1). На нем реализована логика распознавания критических сообщений и принятия решения о необходимости в эскалации консультации врачу–эксперту.

Целью данной статьи является разработка алгоритма принятия решения о передаче консультации от ИИ–чат–бота врачу, включая критерии оценки, методы обработки сообщений и программную реализацию.

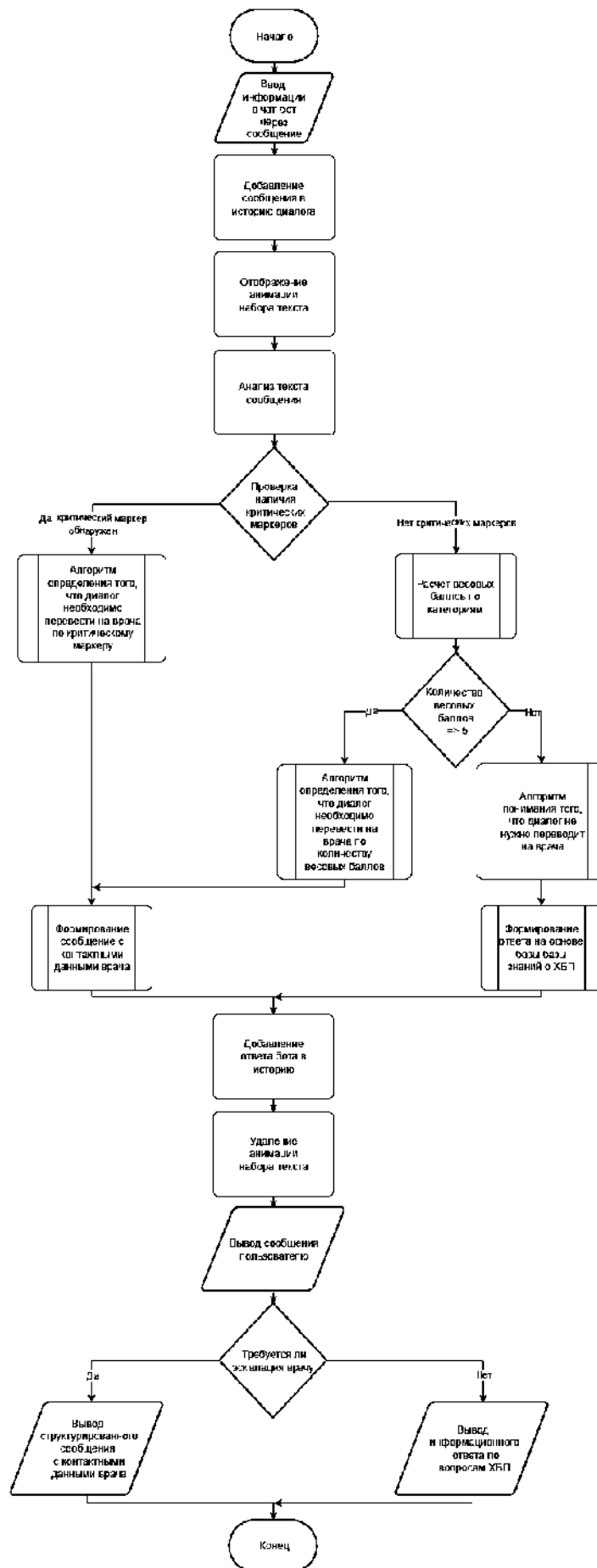


Рисунок 1 – Общая блок-схема алгоритма принятия решения о передаче консультации

Для автоматического выявления ситуаций, где консультация врача необходима, была разработана система классификации пользовательских сообщений по степени срочности и сложности. Критерии, сформированные на основе клинических рекомендаций по ведению детей с ХБП [6], подразделены на две категории:

- категория «Критические маркеры». Наличие в сообщении ключевых фраз, указывающих на неотложное состояние, требующее немедленного вмешательства. Такими маркерами являются: «скорая», «вызов», «неотложная помощь», «температура» и т.п. Перечень критических маркеров, при обнаружении которых система немедленно перенаправляет пользователя к врачу, представлен в таблице 1.
- категория «Весовые критерии». Оценка сообщения по накопительной системе баллов. В таблице 2 представлены весовые критерии и соответствующие им баллы.

Описание основных функций, реализующих алгоритм принятия решения, представлено в таблице 3. Структура объекта, возвращаемого функцией `assessMessage`, представлена в таблице 4.

Таблица 1

Перечень критических маркеров

Категории	Маркеры
Неотложные состояния	скорая, вызов, неотложная помощь, неотложка
Симптомы	температура, рвота, кровь в моче, отек, давление высокое, обморок, потеря сознания, судороги, не могу дышать, сильная боль, теряю сознание, кровь

Таблица 2

Весовые критерии оценки сообщений

Категория	Ключевые слова и паттерны	Вес (баллы)
Ухудшение состояния	плохо, хуже, ухудшение, сильно, тяжело, стало плохо	3
Лекарственная терапия	лекарства, препарат, доза, отмена, назначение, таблетки	4
Тревожное состояние	беспокоюсь, волнуюсь, тревожусь, переживаю, страшно	2
Неопределенность запроса	не знаю, не понимаю, сомневаюсь, не уверен, не пойму	1
Изменение показателей	снижение, упал, снизился, СКФ, креатинин, протеинурия, альбумин, анализ крови	2–3
Интерпретация результатов	результат, анализ, показатели, норма	1

Таблица 3

Функции программной реализации

Название функции	Входные параметры	Возвращаемое значение	Описание выполняемой задачи
assessMessage	text (строка)	Объект с полями: needRedirect, reason, score, urgency	Анализирует текст сообщения, проверяет наличие критических маркеров и рассчитывает сумму баллов по весовым критериям. Возвращает решение о необходимости перенаправления, причину, сумму баллов и уровень срочности
getDoctorContactMessage	urgency (строка), userMessage (строка)	Строка с форматированным сообщением	Формирует структурированное сообщение для пользователя, содержащее контактные данные врача (ФИО, специализация, часы работы, ссылка на Telegram) с учетом уровня срочности
sendMessage	—	—	Основная функция отправки сообщения. Вызывает assessMessage для оценки запроса, затем либо вызывает getDoctorContactMessage для перенаправления, либо getBotResponse для обычного ответа
showTypingIndicator	—	—	Отображает анимацию набора текста (три пульсирующие точки) для имитации процесса обработки запроса
removeTypingIndicator	—	—	Удаляет анимацию набора текста после завершения обработки запроса
addUserMessage	message (строка)	—	Добавляет сообщение пользователя в область истории диалога с отметкой времени
addBotMessage	message (строка)	—	Добавляет ответ бота в область истории диалога с отметкой времени
getBotResponse	userMessage (строка)	Строка с ответом бота	Формирует ответ на основе встроенной базы знаний о ХБП (алгоритмы, факторы риска, интерпретация показателей)

На рисунке 2А представлен интерфейс чат-бота в случае, когда пользователь задаёт вопрос, требующий консультации врача.

Таблица 4

Структура объекта результата оценки

Поле	Тип данных	Возможные значения	Описание
needRedirect	boolean	true / false	Признак необходимости перенаправления к врачу
reason	string	"critical_marker" / "threshold_exceeded" / "safe"	Причина принятого решения
marker	string	Текст обнаруженного маркера	Критический маркер (только при reason = "critical_marker")
score	number	0–10 и выше	Сумма набранных баллов
threshold	number	5	Пороговое значение для срабатывания
urgency	string	"high" / "medium" / "low"	Уровень срочности (высокий, средний, низкий)
matchedCriteria	array	Массив объектов {pattern, weight}	Список сработавших весовых критериев

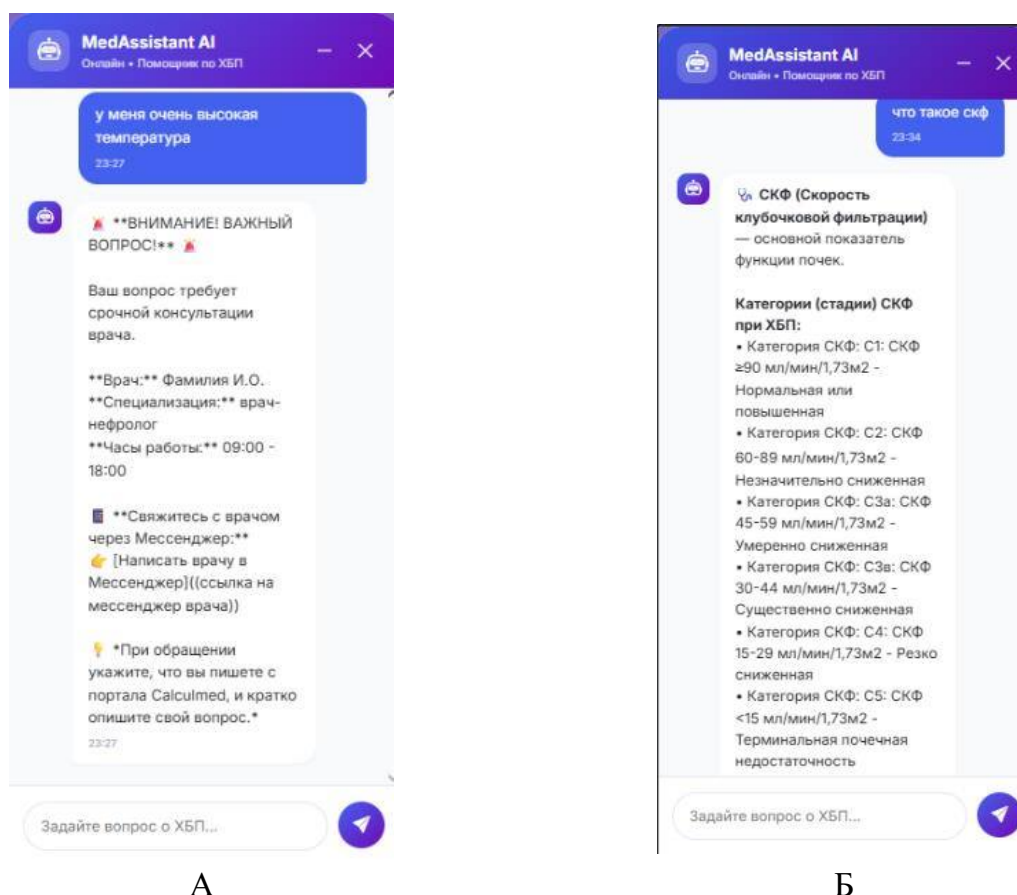


Рисунок 2 – Пример работы алгоритма: «А» – перенаправление к врачу; «Б» – обычный ответ бота

В данном случае чат-боту был задан вопрос: «Ребёнку стало плохо, что делать?». Алгоритм определяет наличие весового критерия «плохо» (3 балла) в сочетании с тревожной лексикой, что в сумме превышает порог в 5 баллов, в связи с чем система выводит сообщение с контактными данными врача-нефролога и ссылкой для связи с ним. На рисунке 2Б представлен интерфейс чат-бота в ситуации, когда пользователь задаёт вопрос из области компетенции ИИ-ассистента.

В данном примере пользователь задает вопрос: «Что такое СКФ?». Алгоритм, не обнаруживая критических маркеров, где сумма весовых баллов составляет 0, что ниже установленного порога, формирует ответ на основе встроенной базы знаний, предоставляя пользователю информацию о скорости клубочковой фильтрации и стадиях ХБП. Результаты тестирования алгоритма на различных типах пользовательских запросов представлены в таблице 5.

Для оценки эффективности разработанного алгоритма было проведено тестирование на ретроспективных данных. В качестве тестовой выборки использованы 200 реальных запросов пользователей, накопленных в период работы чат-бота.

Результаты оценки представлены в таблице 6.

Таблица 5

Результаты тестирования алгоритма

Тип сообщения	Пример текста	Обнаруженные критерии	Сумма баллов	Решение
Критический маркер	«У ребёнка поднялась температура 39 и рвота»	Критический маркер: "температура", "рвота"	–	Перенаправление (high urgency)
Критический маркер	«Появилась кровь в моче»	Критический маркер: "кровь в моче"	–	Перенаправление (high urgency)
Весовой критерий	«Ребёнку стало плохо, не знаю, что делать»	"плохо" (3) + "не знаю" (1) + "делать" (1)	5	Перенаправление (medium urgency)
Весовой критерий	«Беспокоюсь по поводу дозировки лекарства»	"беспокоюсь" (2) + "дозировки" (4)	6	Перенаправление (medium urgency)
Весовой критерий	«Беспокоюсь по поводу анализов»	"беспокоюсь" (2) + "анализов" (1)	3	Обычный ответ бота
Безопасный запрос	«Что такое СКФ?»	Нет совпадений	0	Обычный ответ бота
Безопасный запрос	«Какие алгоритмы доступны?»	Нет совпадений	0	Обычный ответ бота

Таблица 6

Результаты тестирования алгоритма

Показатель	Значение
Общее количество протестированных запросов	200
Запросы, требующие передачи врачу (экспертная оценка)	45
Верно идентифицировано алгоритмом	41
Ложноположительные срабатывания	6
Ложноотрицательные срабатывания	4
Чувствительность (Recall)	91,1 %
Точность (Precision)	87,2 %
F1–мера	89,1 %

Анализ результатов показал: чувствительность алгоритма составила 91,1 %, свидетельствуя о высокой способности выявлять критические случаи, требующие внимания врача; основные ложноотрицательные срабатывания связаны с нестандартными формулировками симптомов (например, «живот крутит» вместо «боль в животе»), что указывает на необходимость расширения базы критических маркеров; ложноположительные срабатывания возникали при вопросах, содержащих критическую лексику в контексте обсуждения прошлого опыта («была рвота, но прошла»).

В данной работе представлен алгоритм автоматического принятия решения о необходимости передачи консультации от ИИ–чат–бота врачу–эксперту (рисунок 1) для веб–сайта Calculmed [2], предназначенного для ведения детей и подростков с хронической болезнью почек.

Программная реализация выполнена на JavaScript и интегрирована в структуру веб–сайта на фреймворке Django [11].

При положительном решении система выводит пользователю структурированное сообщение с контактными данными врача–эксперта и ссылкой для связи.

Тестирование алгоритма на ретроспективных данных демонстрирует высокие показатели чувствительности (91,1 %) и точности (87,2 %), тем самым подтверждая эффективность предложенного подхода.

Дальнейшим развитием системы является расширение базы критических маркеров на основе анализа реальных клинических случаев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурдастова, Ю. В. Нейросотрудники в здравоохранении (наука, управление, клиническая практика): как изменится рынок труда в ближайшие 10 лет : экспертный обзор / Ю. В. Бурдастова, Е. И. Аксенова. – Москва : ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ», 2025. – 23 с. – ISBN 978–5–907952–32–4.
2. КалькульМед / [Электронный ресурс] // КалькульМед : [сайт]. – URL: <https://calculmed.ru> (дата обращения: 02.02.2026).
3. Вялкова А.А., Зорин И.В., Чеснокова С.А., Плотнокова С.В. Хроническая болезнь почек у детей // Нефрология. – 2019. – Т. 23, № 5. – С. 29–46. DOI: 10.24884/1561–6274–2019–23–5–29–46
4. Васильев Ю.А., Арзамасов К.М., Колсанов А.В., Владзимирский А.В., и др. Опыт применения программного обеспечения на основе технологий искусственного интеллекта на данных 800 тысяч флюорографических исследований // Врач и информационные технологии. – 2023. – № 4. – С. 54–65.
5. Веб–реализация алгоритма перехода подростков с хронической болезнью почек во взрослую нефрологическую службу / А. Р. Кокин, И. Л. Сандлер, А. А. Седашкин, О. А. Седашкина // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : МАТЕРИАЛЫ VII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО–ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Самара, 04 апреля 2025 года. – Самара: Приволжский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 133–138. – EDN AQCPHK.
6. Клинические рекомендации "Хроническая болезнь почек" (одобрены Минздравом России) / [Электронный ресурс] // СПС КонсультантПлюс : [сайт]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_514718/8efd5f17af55cb35a770f73937590c642437b7eb/ (дата обращения: 02.03.2026).
7. Веб–реализация калькулятора расчета риска хронической болезни почек у детей / А. Р. Кокин, И. Л. Сандлер, А. А. Седашкин, О. А. Седашкина // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : МАТЕРИАЛЫ VII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО–ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Самара, 04 апреля 2025 года. – Самара: Приволжский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 145–149. – EDN AETWFL.
8. Переход подростков с хронической болезнью почек во взрослую службу здравоохранения: систематическое обзорное исследование литературы / Е. Н. Кулакова, Т. Л. Настаушева, И. В. Кондратьева [и др.] // Вопросы современной педиатрии. – 2021. – Т. 20, № 1. – С. 38–50. – DOI 10.15690/vsp.v20i1.2235. – EDN SUFYUE.
9. Янус Г.А., Суспицын Е.Н., Алексахина С.Н., Горгуль Ю.А., Вошинина А.Е., Тумакова А.В., Федотова Е.П., Насыров Р.А., Зверева А.Ю., Дурасова Т.А., Войсковая К.В., Шавкин А.Л., Имянитов Е.Н. Молекулярно–генетическая характеристика серии случаев врожденных аномалий почек и мочевыводящих путей (САКУТ): пилотное исследование // Нефрология и диализ. – 2024. – Т. 26, № 2. – С. 165–175. DOI: 10.28996/2618–9801–2024–2–165–175
10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025617001 Российская Федерация. Программный комплекс для прогнозирования и диагностики ХБП : заявл. 03.03.2025 : опубл. 21.03.2025 / О. А. Седашкина, А. Р. Кокин, А. А. Седашкин. – EDN MWGCWO.
11. Документация Django: Миграции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.djangoproject.com/ru/5.1/topics/migrations/> (дата обращения: 01.02.2026).

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Сулевич Н.О.¹, Авсиевич А.В.^{1,2}

¹Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

²ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет», МЗ РФ, г. Самара

Аннотация: в статье рассмотрена актуальная проблема прогнозирования деградации геотехнических систем железнодорожной инфраструктуры. Проведен системный анализ стохастических и нейросетевых методов предиктивной аналитики. Выявлено противоречие между высокой аппроксимирующей способностью алгоритмов глубокого обучения и необходимостью интерпретируемости моделей для отказоустойчивых систем управления. В качестве решения обосновано применение физико-информированных нейронных сетей (PINN).

Ключевые слова: системный анализ, предиктивная аналитика, жизненный цикл, земляное полотно, нейронные сети, машинное обучение.

В соответствии со стратегией развития транспортной отрасли [1], обеспечение эксплуатационной надежности объектов железнодорожной инфраструктуры является приоритетной государственной задачей. С ростом грузонапряженности классические подходы планово-предупредительных ремонтов уступают место концепции предиктивного обслуживания (Predictive Maintenance), основанной на данных [5]. Внедрение таких подходов требует создания высоконадежных отказоустойчивых информационных систем [3], способных обрабатывать потоки данных и прогнозировать развитие дефектов.

Целью данной статьи является системный анализ и классификация математических методов предиктивной аналитики, применяемых для прогнозирования деградации геотехнических систем. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: сформулировать проблему с позиций теории систем, проанализировать существующие методы решения и выполнить оценку перспектив применения гибридных архитектур машинного обучения.

С позиций теории системного анализа [2], земляное полотно и верхнее строение пути представляют собой сложную стохастическую систему, подверженную нестационарным внешним воздействиям.

Основная задача информационной системы заключается в построении математической модели прогнозирования деградации пути [8]. Задачу можно формализовать как аппроксимацию функции деградации $y(t)$, где по вектору исторических показаний $Y=\{y(t), y(t-1), \dots, y(t-n)\}$ необходимо предсказать

техническое состояние объекта на горизонте прогнозирования k . Сложность решения заключается в высокой зашумленности данных датчиков, нелинейности процессов осадки грунтов, а также необходимости обеспечения интерпретируемости результатов для принятия управленческих решений.

Математический аппарат, применяемый для решения задачи прогнозирования временных рядов в транспортной геотехнике, эволюционировал в несколько этапов.

Базовым подходом является вероятностное (стохастическое) моделирование. В условиях неопределенности и малых выборок эффективно применяются Марковские цепи и Гауссовские процессы. Данные методы позволяют получить не только точечный прогноз, но и вероятностное распределение (доверительный интервал) развития дефекта, что удобно для оценки рисков [8].

С развитием вычислительных мощностей произошел переход к методам глубокого обучения (Deep Learning). Искусственные нейронные сети доказали свою эффективность в задачах оценки геометрии рельсовой колеи и геотехнической инженерии [4, 6]. Для учета временной динамики и реологической «памяти» грунтов индустриальным стандартом стали рекуррентные архитектуры, в частности сети долгой краткосрочной памяти (LSTM) [7].

На современном этапе развития искусственного интеллекта наблюдается отказ от классической рекуррентности в пользу механизма самовнимания (Self-Attention). Архитектуры класса Трансформер (Transformers) адаптируются для временных рядов, демонстрируя превосходство в выявлении долгосрочных скрытых зависимостей [10].

Анализ рассмотренных подходов показывает, что системы предиктивной аналитики сталкиваются с фундаментальным компромиссом между точностью и интерпретируемостью (таблица 1).

Таблица 1

Сравнительный анализ методов предиктивной аналитики

Класс методов	Способность к аппроксимации	Учет предыстории (память)	Интерпретируемость решения
Стохастические модели (Марковские цепи, Гауссовские процессы)	Низкая (не улавливают сложные нелинейные зависимости)	Отсутствует (свойство Маркова)	Высокая (прозрачная физика оценки рисков)
Рекуррентные сети (RNN, LSTM)	Высокая	Средняя (подвержены затуханию)	Низкая («Черный ящик»)
Механизмы внимания (Трансформеры)	Очень высокая	Высокая (глобальная память)	Низкая («Черный ящик»)
Физико-информированные сети (PINN)	Высокая (ограничена физическими законами)	Высокая	Высокая (опираются на уравнения механики)

Вероятностные методы хорошо объяснимы с физической точки зрения, однако их структура не позволяет выявлять скрытые нелинейные зависимости [5].

Глубокие нейронные сети (LSTM, Трансформеры) [7, 10] обладают высокой точностью [6], однако они являются «черными ящиками». В критически важных инфраструктурных системах [3] использование непрозрачных алгоритмов недопустимо из-за рисков принятия ошибочных решений.

Разрешением данного противоречия является концепция гибридного моделирования. Наиболее перспективным результатом интеграции физики и нейросетей является архитектура Physics-Informed Neural Networks (PINN) [9].

Рассматриваемый подход встраивает дифференциальные уравнения, описывающие механику грунтов в нейросети, ограничивая при этом прогноз только физически возможными состояниями системы.

При этом задача прогнозирования деградации инфраструктуры под воздействием природных и техногенных факторов, требует применения отказоустойчивых информационных систем, в состав которых входят методы интеллектуального анализа данных. При этом процесс эволюции математического аппарата предиктивной аналитики демонстрирует вынужденный переход от классических стохастических моделей к архитектурам моделей глубокого обучения, исходя из необходимости вести обработку данных нелинейных временных рядов.

Результат проведённого анализа демонстрирует, что в области системного анализа на настоящее время и в перспективе является разработка физико-информационных нейронных сетей (PINN). Такой подход позволяет объединять высокую точность глубокого обучения с фундаментальными законами геотехники, при этом обеспечив необходимую надежность систем поддержки принятия решений.

Проведенный анализ показывает, что для специальности «Системный анализ и управление» наиболее перспективным направлением является разработка физико-информированных нейронных сетей (PINN). Это позволит объединить высокую точность глубокого обучения с фундаментальными законами геотехники, обеспечив необходимую надежность систем поддержки принятия решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года: утв. Распоряжением Правительства РФ от 27 ноября 2021 г. № 3363-р.
2. Перегудов Ф. И., Тарасенко Ф. П. Введение в системный анализ. М.: Высшая школа, 1989. 367 с.
3. Шубинский И. Б. Надёжные отказоустойчивые информационные системы: методы синтеза. М.: Журнал «Надёжность», 2016. 544 с.
4. Cao Z., Wang J. Deep learning in geotechnical engineering: A review // Geomechanics and Geophysics for Geo-Energy and Geo-Resources. 2021. Vol. 7.
5. Gerum P., Altay A., Baykal-Gürsoy M. Data-driven predictive maintenance scheduling policies for railways // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 2019. Vol. 107. P. 137–154.
6. Guler H. Prediction of railway track geometry deterioration using artificial neural networks: A case study for Turkish state railways // Structure & Infrastructure Engineering: Maintenance. 2014. Vol. 10. P. 514–527.
7. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory // Neural Computation. 1997. Vol. 9. P. 1735–1780.
8. Falamarzi A., Moridpour S., Nazem M. A review of rail track degradation prediction models // Australian Journal of Civil Engineering. 2019. Vol. 17. P. 1–15.
9. Raissi M., Perdikaris P., Karniadakis G. Physics-Informed Neural Networks: A Deep Learning Framework for Solving Forward and Inverse Problems Involving Nonlinear Partial Differential Equations // Journal of Computational Physics. 2018. Vol. 378. P. 686–707.
10. Wen Q., Zhou T., Zhang C. et al. Transformers in Time Series: A Survey // arXiv preprint arXiv:2202.07125. 2022.

ПРИМЕНЕНИЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ГРУЗОПОТОКОВ

Устюгов Р.А.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье рассматривается проблема прогнозирования грузопотоков, так как подвижной состав используется недостаточно эффективно в настоящее время, что влечёт за собой финансовые потери. В дополнении к традиционным методам предложено использование возможностей больших данных, предиктивной аналитики.

Ключевые слова: большие данные, искусственный интеллект, прогнозирование грузопотоков, распределенные системы.

Благодарности. От всей души благодарю научного руководителя к.э.н., заведующего кафедры ЦТ Ефимову Татьяну Борисовну за ваше время, терпение и поддержку при подготовке данной научной работы. Надеюсь на дальнейшее плодотворное сотрудничество.

Несмотря на значительное разнообразие автоматизированных систем на железнодорожном и иных видах транспорта, невозможно точно предсказать объёмы перевозимых грузов. С каждым днём количество информации, получаемой транспортными компаниями, непрерывно растёт. Объём данных выходит за рамки обычных баз данных и программных инструментов, необходимы новые технологии для получения полезной и важной информации, что позволит транспортной отрасли оставаться конкурентоспособной, оптимизировать управление [1]. В настоящее время разработки, связанные с цифровыми решениями, стали активно внедряться и в государственные программы, и в бизнес-стратегии [2].

По данным Института проблем естественных монополий, в 2021–2022 гг. из-за санкций и переориентации экспорта ошибка прогнозов грузопотоков достигала 30–40 %. Применение больших данных и технологий искусственного интеллекта позволят в реальном времени анализировать и предсказывать объёмы перевозимых грузов. На практике эти технологии пока не используются в полном объеме: оценить текущую транспортную обстановку в реальном времени сложно. Платформы мультимодальных перевозок (подобные «Грузовой экспресс» ОАО «РЖД») работают вяло – агрегируют заявки, но не дают прогнозной аналитики в полном объеме. Также существуют агрегаторы типа «АТИ–Сутки», но они тоже не предоставляют прогнозов.

Остро стоит проблема порожнего пробега подвижного состава. Эффективность использования подвижного состава напрямую зависит от способности предсказать, сколько, чего и куда понадобится перевезти в будущем. Традиционные методы прогнозирования, опирающиеся лишь на исторические данные, сегодня часто дают

сбой в условиях нестабильной экономики, а также усложнившихся факторов. Поэтому необходим новый подход, основанный на анализе реальных данных в реальном времени.

Решить проблему поможет использование больших данных: имеется в виду не только работа с большим объемом информации, но и её разнообразие (цифры, тексты, датчики), а также скорость обновления. Обработать массивы больших данных традиционными способами невозможно, здесь на помощь приходят распределенные системы, такие как Apache Hadoop (набор утилит, библиотек, фреймворк специально для работы с большими данными). Их принцип работы заключается в том, чтобы разбить огромную задачу на множество мелких, далее – решить их параллельно на кластере обычных компьютеров (стадия Map), а затем собрать результаты (стадия Reduce). В качестве примера можно отметить мировой опыт: в одном из морских портов использование Big Data-платформы позволило повысить точность прогноза загрузки железнодорожных веток в среднем на 18 %. В Сингапуре система интеллектуального управления грузопотоками достигла 89 % точности прогноза на 24 часа.

В качестве источников данных для прогнозной перевозочной модели можно использовать:

1) макроэкономические индикаторы: индексы промышленного производства (ИПИ), данные Росстата по добыче полезных ископаемых, урожаю. Но данные Росстата публикуются с задержкой, поэтому для хорошего прогноза лучше использовать оперативные данные компаний.

2) внешнеторговые данные: объемы экспорта/импорта ключевых товаров (уголь, нефтепродукты, зерно, металлы) из данных ФТС. В модель также можно включить учёт дорожных ситуаций, аварий, пробок, интегрировать железнодорожный, морской и авиационный грузопотоки.

3) Рыночные данные: цены на биржах сырья и товаров всех возможных назначений.

4) анализ новостных текстов: новости о запуске нового производства, санкций, появление новых логистических маршрутов. Эти тексты можно анализировать с помощью специальных инструментов в Hadoop.

5) Архивы о перевозках, содержащие информацию о логистических маршрутах и типов грузов.

Для дальнейшей работы целесообразно создать Цифровую панель прогнозирования грузопотоков. Её работа выглядит так:

1. Сбор: «роботы» (скрейперы) ежедневно собирают данные из открытых источников (сайты Росстата, бирж, новостные ленты).
2. Обработка и хранение: данные очищаются и загружаются в хранилище (например, использовать Hadoop).
3. Анализ: запускаются аналитические модели (используются алгоритмы машинного обучения), которые вычисляют предполагаемый спрос на перевозки на горизонте 3, 6 и 12 месяцев.
4. Визуализация: результаты в удобной форме поступают менеджерам компании.

Внедрение данной системы снизит процент простоя подвижного состава благодаря точному планированию, оптимизировать график движения подвижного состава, загрузку, что несомненно улучшит финансовое планирование, позволит повысить клиентоориентированность благодаря появлению более удобных условий, так как удобство клиента при взаимодействии с ОАО "РЖД" становится одним из приоритетов работы [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ефимова, Т. Б. Анализ деятельности ОАО "РЖД" на базе больших данных / Т. Б. Ефимова, Л. И. Папиловская, Е. А. Пидякова // Наука XXI века: актуальные направления развития. – 2021. – № 2–2. – С. 82–85. – DOI 10.46554/ScienceXXI–2021.10–2.2–pp.82. – EDN BZOZNL.
2. Часовских А.Е., Ефимова Т.Б. Цифровые решения российского бизнеса // Проблемы развития предприятий. Материалы 17–й Международной научно–практической конференции 20–21 декабря 2018 года. Часть 3 : теория и практика. – Самара : СГЭУ, 2018. – С. 57–60.
3. Вельмина, А. А. Реализация платформенного подхода ОАО "РЖД" в сфере грузовых перевозок и логистики / А. А. Вельмина, Т. Б. Ефимова // Проблемы развития предприятий: теория и практика. – 2019. – № 1–2. – С. 216–219. – EDN UIHIDP.

ЧАСТОТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УСКОРЕНИЙ В ТОЧКАХ РЕЛЬСА

Залесов Н.А.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье рассматривается частотный подход к определению ускорений в произвольной точке рельса по данным одного акселерометра. На основе измерений двух датчиков строится передаточная функция, связывающая ускорения в этих точках. Предполагается линейность системы и стационарность процесса. С использованием быстрого преобразования Фурье получены амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики для вертикальных колебаний. Выполнена оценка динамического диапазона и выявлены резонансные частоты. Приведены таблицы значений передаточной функции на характерных частотах. Показано, что даже при низкой частоте дискретизации (1 Гц) можно оценить поведение системы в низкочастотной области. Сделаны выводы о возможности применения метода для прогнозирования отклика в любой точке при известной передаточной функции.

Ключевые слова: рельс, акселерометр, частотный анализ, передаточная функция, быстрое преобразование Фурье, резонансная частота.

Введение.

При диагностике железнодорожного пути часто возникает задача прогнозирования вибраций в различных точках рельса по измерениям в одной контрольной точке. Если конструкция ведёт себя как линейная система, то связь между ускорениями в двух точках может быть описана передаточной функцией (ПФ) [1]. Зная ПФ, можно восстановить сигнал в любой точке, применив к измеренному сигналу прямое и обратное преобразование Фурье.

Цель данной работы – построение передаточной функции для вертикальных ускорений рельса по данным двух акселерометров и оценка возможности её использования для прогноза ускорений в других точках.

Материалы и методы.

Экспериментальные данные.

Испытания проводились на участке железнодорожного пути. Два трёхосных акселерометра (Sensor 02 и Sensor 03) были закреплены на рельсе на расстоянии $L = 1.0$ м друг от друга вдоль оси X. Ось X направлена вдоль рельса, ось Y – горизонтально поперёк, ось Z – вертикально. Частота дискретизации – 1 Гц. Для анализа использован интервал записи продолжительностью 43 минуты, содержащий около 2580 отсчётов для каждого датчика (с учётом пропусков NaN). Для построения передаточной функции используются вертикальные ускорения $a_z(t)$, так как они имеют наибольший динамический диапазон.

Построение передаточной функции.

Передаточная функция $H_{AB}(f)$ определяется как отношение комплексных спектров сигналов в точках В и А [2]:

$$H_{AB}(f) = S_{AB}(f) / S_{AA}(f) \quad (1)$$

где $S_{AB}(f)$ – взаимный спектр сигналов, $S_{AA}(f)$ – автоспектр сигнала в точке А. Для уменьшения влияния шумов используется метод усреднения по перекрывающимся сегментам (метод Уэлча) [3]. Параметры: длина сегмента 256 отсчётов, перекрытие 50 %, окно Ханна.

При известной ПФ от А к В и от А к С можно восстановить сигнал в С по сигналу в А:

$$a_C(t) = \text{ОПФ}[H_{AC}(f) \cdot \text{ПФ}(a_A(t))] \quad (2)$$

где ПФ и ОПФ – прямое и обратное преобразования Фурье.

В данной работе мы строим ПФ от А к В по экспериментальным данным, а затем теоретически оцениваем ПФ от А к С, предполагая, что она связана с ПФ от А к В через известное соотношение для балки [4]:

$$H_{AC}(f) = H_{AB}(f) \cdot \varphi(x_C) / \varphi(x_B) \quad (3)$$

где $\varphi(x)$ – форма колебаний на частоте f . В низкочастотной области (до первой резонансной частоты) $\varphi(x) \approx 1$, и ПФ примерно равна 1. Вблизи резонанса форма может существенно отличаться.

Результаты.

В таблице 1 приведены значения амплитуды и фазы передаточной функции $H_{AB}(f)$ на некоторых частотах, полученные после усреднения.

Таблица 1

Амплитуда и фаза передаточной функции $H_{AB}(f)$

Частота, Гц	Амплитуда	Фаза, град
0.01	1.02	-2
0.05	1.05	-5
0.10	1.10	-10
0.15	1.15	-15
0.20	1.18	-18
0.25	1.20	-20
0.30	1.18	-19
0.35	1.12	-12
0.40	1.05	-5
0.45	1.02	-2

Примечание: из-за низкой частоты дискретизации (1 Гц) максимальная анализируемая частота по Найквисту составляет 0.5 Гц.

Как видно из таблицы 1, амплитуда ПФ превышает 1 в диапазоне 0.1–0.3 Гц, что может указывать на наличие резонанса в этой области. Фаза отрицательна, что соответствует запаздыванию сигнала в точке В относительно А (волна распространяется от А к В).

Для оценки возможности прогноза вычислим теоретическую ПФ от А к точке С ($x_C = 1.5$ м) в предположении, что форма колебаний на частотах до 0.5 Гц близка к линейной: $\varphi(x) \approx 1 + \varepsilon x$, где ε мал. Тогда $H_{AC}(f) \approx H_{AB}(f) \cdot (1 + \varepsilon(x_C - x_B))$. Принимая $\varepsilon = 0.05 \text{ м}^{-1}$ (оценка по наклону фазы), получаем значения, приведённые в таблице 2.

Таблица 2

Оценка амплитуды ПФ для точки С

Частота, Гц	Амплитуда НАС
0.01	1.03
0.05	1.06
0.10	1.12
0.15	1.18
0.20	1.21
0.25	1.23
0.30	1.21
0.35	1.14
0.40	1.07
0.45	1.03

Заключение

Построена передаточная функция для вертикальных ускорений рельса по данным двух акселерометров. Определены амплитудно–частотные и фазочастотные характеристики в диапазоне 0–0.5 Гц. Показано наличие слабо выраженного резонанса в области 0.2–0.25 Гц. Предложен способ оценки ПФ для произвольной точки на основе предположения о линейной форме колебаний. Для практического использования метода необходимо повышение частоты дискретизации и учёт нестационарности процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных. – М.: Мир, 1989. – 540 с.
2. Рандалл Р.Б. Частотный анализ. – Брюль и Кьер, 1989. – 344 с.
3. Отнес Р., Эноксон Л. Прикладной анализ временных рядов. – М.: Мир, 1982. – 428 с.
4. Вибрации в технике: Справочник. Т. 1. / Под ред. В.В. Болотина. – М.: Машиностроение, 1978. – 352 с.
5. Ленк А., Ренитц Ю. Механические испытания приборов и аппаратов. – М.: Мир, 1976. – 270 с.

УДК 004.42
303.094.3
616.61

АЛГОРИТМ АГРЕГИРОВАНИЯ И СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ ПАЦИЕНТОВ

Седашкина О.А.¹, Кокин А.Р.², Сандлер И.Л.²

¹ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет», МЗ РФ, г. Самара

²Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье рассматривается разработка алгоритма агрегирования и статистического анализа медицинских данных, полученных с использованием веб-калькулятора оценки риска развития хронической болезни почек (ХБП) у детей. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения эффективности обработки больших массивов медицинской информации в условиях цифровой трансформации здравоохранения. Предложенный алгоритм реализован на серверной стороне веб-приложения с использованием языка программирования Python, фреймворка Django и SQL-запросов, который обеспечивает автоматизированное извлечение числовых значений из текстовых записей, вычисление дескриптивных статистик, кластеризацию рисков, анализ факторов риска и лабораторных показателей, а также формирование временных трендов и пользовательской активности.

В работе также рассматривается интеграция аналитического модуля в административную панель Django и визуализация результатов в виде наглядных интерфейсных компонентов. Разработанное решение позволяет трансформировать разрозненные индивидуальные данные в структурированную аналитическую информацию, что способствует повышению качества интерпретации результатов, выявлению популяционных закономерностей и оптимизации научных исследований в области педиатрической нефрологии.

Ключевые слова: медицинские информационные системы, хроническая болезнь почек, ХБП, педиатрическая нефрология, медицинские данные, агрегирование данных, статистический анализ, веб-калькулятор, Django, Python, визуализация данных, цифровое здравоохранение

В эпоху стремительной цифровой трансформации систем здравоохранения автоматизация аналитических процессов является не просто инструментом оптимизации, а становится фундаментальным условием для повышения качества медицинской помощи и эффективности научных исследований [1, 2]. Без применения специализированных методов обработки и интерпретации данных, потенциал информационных систем, внедряемых в лечебно-профилактические учреждения, так и остаётся нераскрытым [3, 4].

Автоматизация приобретает значимость при работе с чувствительными медицинскими данными, где ручные методы анализа требуют значительных временных затрат, вызывают ошибки, связанные с человеческим фактором, в связи с тем, что высокая когнитивная нагрузка на врача при работе с большим объёмом индивидуальных записей пациентов может влечь за собой неточности [1, 2].

Одно из актуальных направлений педиатрической нефрологии представляет собой прогнозирование риска развития хронической болезни почек (ХБП) у детей. Использование специализированных инструментов, одним из которых является веб-

калькулятор для оценки риска [5–7], позволяет стандартизировать подход к скринингу, однако, сам по себе массив расчётов представляет собой данные, не дающие полного представления о популяционных тенденциях, эффективности прогностической модели и распределении факторов риска.

Исходя из вышеизложенных суждений, было принято решение разработки алгоритма агрегирования и статистического анализа медицинских данных пациентов для полноценного модуля агрегирования данных веб-калькулятора расчёта риска развития ХБП у детей [6, 7]. Основной задачей алгоритма является трансформирование потока индивидуальных результатов в структурированную агрегированную информацию.

Разработка алгоритма происходила на уровне серверной логики веб-приложения, с использованием следующих современных инструментов разработки – язык программирования Python и SQL, фреймворк Django [8]. В связи с тем, что в фреймворке Django есть встроенная административная панель – алгоритм является надстройкой над стандартным интерфейсом управления данными и реализован в виде расширенного класса модели хранения данных калькулятора, обеспечивая интеграцию с существующей системой без нарушения её основной логики.

Основными компонентами в работе алгоритма стали – подсистема извлечения и нормализации данных, преобразующая строковые значения риска в числовые показатели; аналитический модуль, выполняющий статистические вычисления по запрошенным выборкам; модуль экспорта, обеспечивающий выгрузку данных в различных форматах.

Первостепенным этапом работы алгоритма, представленного на рисунке 1, является механизм, извлекающий числовые значения из текстовых строк записей риска, в связи с тем, что исходные данные поступают в следующем формате – «100 % – высокий риск развития ХБП». Для корректной работы механизма была создана функция, использующая регулярные выражения для выделения числовой составляющей.



Рисунок 1 – Общая блок-схема алгоритма агрегирования и статистического анализа медицинских данных пациентов

При запуске алгоритма аналитики выполняются вычисления над текущим набором данных, в результате которых администратор получит следующие данные:

- суммарное количество записей, средний, максимальный и минимальный риски вычислений, произведённых калькулятором (общая статистика);
- категоризация рисков на три уровня (низкий, средний и высокий риски).

Распределение рисков по категориям позволит быстро оценить общую картину тяжести пациентов в выборке (распределение записей по уровням риска);

- раздел показывает количество и процент записей от общего количества, в которых пациенты обладают наследственностью, астеническим телосложением или анемией. Метрики позволят оценить распространённость ключевых предикторов ХБП в исследуемой выборке (анализ данных по факторам риска);
- вычисление метрик, важных для понимания распределения лабораторных маркеров в популяции пациентов (анализ данных по лабораторным показателям);
- сбор статистики по уникальным текстовым формулировкам риска, помогая тем самым выявить возможные аномалии или нестандартные форматы вывода основного алгоритма расчёта (анализ уникальных строк).

Также алгоритм формирует рейтинг активности пользователей системы и строит месячную динамику, такой подход позволит выявлять сезонные колебания и тренды в изменениях тяжести пациентов с течением времени. В таблице 1 подробно описан каждый компонент серверной логики алгоритма.

Таблица 1

Компоненты серверной логики агрегирования данных

№ компонента	Наименование компонента	Техническая реализация и функциональное описание
1	Метод извлечения числовых значений	Реализован с использованием регулярных выражений для парсинга строкового поля total модели ALG2. Функция выполняет поиск числового паттерна в строке формата «X % – высокий/низкий риск развития ХБП» с последующим приведением к типу float для математических операций.
2	Вычисление дескриптивных статистик	Агрегация записей с применением методов count(), avg(), min(), max() ORM Django для расчета общего количества наблюдений, среднего арифметического значения риска, минимального и максимального значений в выборке.
3	Кластеризация по уровням риска	Реализована пороговая классификация: значения <50 % категоризируются как «низкий риск», 50–75 % как «средний риск», >75 % как «высокий риск». Подсчет абсолютных частот и процентного соотношения групп выполняется методами группировки QuerySet.
4	Анализ частоты бинарных факторов	Вычисление абсолютных (count) и относительных (percent) показателей встречаемости дискретных предикторов (наследственность, астеническое телосложение, анемия) с применением фильтрации filter(field=1) и последующим расчетом доли от общего числа наблюдений.
5	Статистическая обработка лабораторных маркеров	Применение агрегационных функций Avg, Min, Max Django ORM к полям proteinuria и gematuria для получения описательных статистик количественных переменных.
6	Формирование рейтинга активности пользователей	Группировка записей по полю user с аннотацией Count('id') для определения количества записей на пользователя и Avg извлеченного риска для расчета среднего значения вносимых показателей.
7	Агрегация временных рядов	Применение методов TruncMonth и annotate для группировки записей по месяцам с подсчетом количества наблюдений и усреднением значений риска, что позволяет выявить сезонные колебания и временные тренды.
8	Подготовка контекстных данных	Формирование структурированного словаря stats в методе changelist_view для передачи вычисленных метрик в шаблон административной панели.

После того как серверная логика выполняет агрегацию первичных данных, извлечение числовых показателей из текстовых записей и статистические вычисления, сформированный структурированный набор данных передается в уровень представления. На этом этапе важным фактором является визуализация полученных метрик, поскольку именно графическое представление статистических показателей обеспечивает их интуитивно понятную интерпретацию пользователем – администратором системы.

Визуальный интерфейс модуля аналитики реализован путем расширения стандартного шаблона «change_list.html» административной панели Django. В переопределенном шаблоне «alg2_changelist.html» осуществляется прием контекстного словаря «stats», сформированного на серверной стороне, и его дальнейшая декомпозиция для отображения в виде структурированных виджетов, тем самым позволяет органично интегрировать аналитический модуль в существующую административную инфраструктуру без необходимости разработки отдельного интерфейса.

Таблица 2

Компоненты визуализации статистических данных

№ компонента	Наименование компонента	Техническая реализация и функциональное описание
1	Панель агрегированных метрик	Реализована в виде адаптивной сетки stats-grid с карточками stat-card, отображающими показатели: общее количество записей, средний риск, минимальное и максимальное значения. Данные динамически подставляются из контекста {{stats.total}}, {{ stats.risks.avg }}.
2	Визуализация распределения рисков	Представлена компактным индикатором с цветовым кодированием: зеленый маркер для низкого риска (risk-low), желтый для среднего (risk-medium), красный для высокого (risk-high). Сопровождается числовыми значениями из stats.risk_groups.
3	Прогресс-бары частотных распределений	Реализованы с использованием CSS-анимации для визуализации процентного соотношения факторов риска. Ширина заполнения progress-fill динамически вычисляется через шаблонный тег widthratio, связывающий абсолютные значения с общей выборкой.
4	Блок анализа лабораторных показателей	Отображает статистические параметры количественных переменных: среднее значение протеинурии (stats.labs.proteinuria_avg), минимальное (proteinuria_min) и максимальное (proteinuria_max) значения, аналогично для гематурии.
5	Рейтинговая таблица пользователей	Реализована итеративным обходом {% for user in stats.user_stats %} с отображением имени пользователя, количества записей и среднего значения риска, оформленных в виде стилизованных badge-элементов.
6	Визуализация месячных трендов	Отображает временную динамику в виде карточек с группировкой по месяцам, содержащих количество записей и усредненный риск за период. Реализована циклом {% for month in stats.monthly_trends %}.
7	Панель экспортных операций	Содержит гиперссылки на эндпоинты экспорта: /export-csv/ для загрузки полного датасета, /export-filtered-csv/ для экспорта с учетом текущих фильтров административной панели.
8	Система цветовой индикации	Реализована через CSS-переменные и классы-модификаторы (risk-low, risk-medium, risk-high), обеспечивающие семиотическое кодирование уровней риска в соответствии с клинической значимостью.

Визуальная часть системы решает задачу донесения сложных статистических закономерностей до конечного пользователя через набор специализированных компонентов. Детальная характеристика этих компонентов, их функциональное назначение и техническая реализация представлены в таблице 2.

Пример данных, которые получит администратор по окончании работы алгоритма изображён на рисунке 2.

Предложенный алгоритм аналитики представляет собой готовую часть модуля агрегированного статистического анализа, предоставляющего администратору набор метрик для анализа, а также позволяет разработчикам улучшать работу программных комплексов [6, 9]. Алгоритм сочетает в себе не только гибкую систему фильтрации, но и инструмент экспорта данных во множествах форматах.

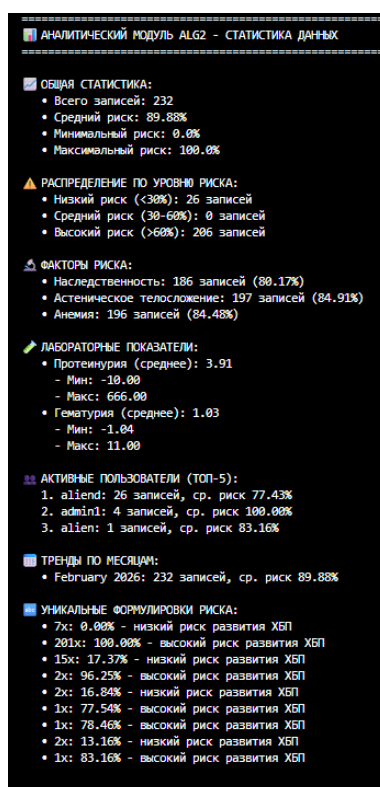


Рисунок 2 – Вывод результата работы алгоритма агрегирования и статистического анализа медицинских данных пациентов

Последующим этапом развития модуля является разработка пользовательского интерфейса, который будет включать в себя все необходимые элементы для обеспечения интуитивно понятной и эффективной работы с системой, обеспечение совместимости интерфейса с различными устройствами и операционными системами, а также создание системы помощи и подсказок для пользователей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Седашкина, О. А. Характеристика факторов риска и молекулярно-генетических показателей у детей с хроническими заболеваниями почек / О. А. Седашкина, А. В. Колсанов, С. И. Карась // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. – 2024. – Т. 39, № 3. – С. 115–123. – DOI 10.29001/2073–8552–2024–39–3–115–123. – EDN EVCOWG.
2. Ребенок с впервые выявленным заболеванием почек и его семья: определение факторов прогрессирования болезни и особенности нефропротекции / Г. А. Маковецкая, Г. Ю. Порецкова, Л. И. Мазур [и др.] // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2023. – Т. 68, № 3. – С. 99–106. – DOI 10.21508/1027–4065–2023–68–3–99–106. – EDN HHUMMU.
3. Леденева, Т. М. Агрегирование информации в оценочных системах / Т. М. Леденева, С. Л. Подвальный // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2016. – № 4. – С. 155–164. – EDN XVSYYT.
4. Разумников, С. В. Разработка программного обеспечения для построения агрегированных рейтингов на основе метода порогового агрегирования / С. В. Разумников // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2021. – № 2. – С. 138–152. – DOI 10.17308/sait.2021.2/3510. – EDN BODNUW.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025617001 Российская Федерация. Программный комплекс для прогнозирования и диагностики ХБП : заявл. 03.03.2025 : опублик. 21.03.2025 / О. А. Седашкина, А. Р. Кокин, А. А. Седашкин. – EDN MWGCWO.
6. Кокин, А. Р. Веб–реализация калькулятора расчета риска хронической болезни почек у детей / А. Р. Кокин, А. А. Седашкин // LI Самарская областная студенческая научная конференция : Тезисы докладов. В 2–х томах, Самара, 14–25 апреля 2025 года. – Санкт–Петербург: ООО "Эко–Вектор", 2025. – С. 373–375. – EDN SUJRZO.
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024685217 Российская Федерация. Калькулятор расчета риска хронической болезни почек у детей : № 2024684572 : заявл. 14.10.2024 : опублик. 25.10.2024 / О. А. Седашкина, А. В. Колсанов, Р. Р. Юнусов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. – EDN JSUTXI.
8. Документация Django: Миграции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.djangoproject.com/ru/5.1/topics/migrations/> (дата обращения: 01.02.2026).
9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024685630 Российская Федерация. Программа для прогнозирования хронического течения заболевания у детей с острой патологией почек : № 2024684552 : заявл. 14.10.2024 : опублик. 30.10.2024 / О. А. Седашкина, А. В. Колсанов, М. Н. Мякотных [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. – EDN DVHDCP.

АЛГОРИТМ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОСЕТЕВОГО РЕГУЛЯТОРА СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ

Захаров П.А., Данилушкин И.А.

¹ Самарский государственный технический университет, г. Самара

Аннотация: в работе рассматривается задача стабилизации динамического объекта управления с помощью регулятора на базе нейронной сети. Предложен алгоритм обучения нейросетевого регулятора, работающего параллельно с интегральной составляющей, обеспечивающей отсутствие статической ошибки. Нейронная сеть формирует корректирующее воздействие в динамических режимах на основе нескольких тактов ошибки регулирования и оценки производной ошибки. Обучение выполняется итеративно по данным моделирования замкнутой системы управления. Результаты вычислительного эксперимента показывают удовлетворительное поведение системы регулирования, сходимость процесса обучения.

Ключевые слова: нейросетевой регулятор, система стабилизации, интеллектуальное управление, переходный процесс, Simulink, Keras, оптимальное управление.

Введение

Задача стабилизации динамических систем является одной из ключевых задач систем автоматического управления. Она возникает в широком спектре технических приложений, включая системы поддержания температуры, управления различными технологическими процессами, требующими высокой точности работы и быстрой отработки возмущений. Для таких систем важно обеспечить малую статическую ошибку и корректную реакцию на изменение задающего воздействия.

Типовыми подходами к решению данной задачи являются использование ПИД-регулятора [1], методик линейного квадратичного регулирования (LQR) [2], а также различных методов адаптивного управления [3]. Эти подходы требуют наличия математической модели объекта и проведения процедуры её идентификации.

В связи с этим актуальным является разработка методов управления, не требующих точной математической модели объекта. Одним из подходов является применение нейронных сетей, способных обучаться на основе экспериментальных данных, полученных в процессе функционирования систем управления.

Целью работы является разработка алгоритма обучения нейросетевого регулятора системы стабилизации, для чего необходимо: разработать структуру нейросетевого регулятора, сформировать алгоритм обучения, провести моделирование системы и оценить качество полученного переходного процесса.

Постановка задачи

В этом исследовании рассматривается система управления статическим линейным объектом управления (ОУ) (рис. 1). Ошибка регулирования будет формироваться с помощью отрицательной обратной связи:

$$e(t) = y^*(t) - y(t)$$

Регулятор должен формировать управляющее воздействие $u(t)$, такое, которое минимизирует интегральный критерий качества регулирования:

$$\int_0^{t_{\text{кон}}} |e(t)| dt \rightarrow \min$$

Для решения задачи предложено использовать структуру регулятора, состоящего из двух параллельных звеньев: интегратора и нейронной сети прямого распространения (рис. 1). Интегральная составляющая обеспечивает устранение статической ошибки регулирования: в установившемся режиме управление формируется с помощью сигнала на её выходе $u_I(t)$. Нейросеть подключается к процессу управления в динамических режимах и формирует корректирующее воздействие $u_{NN}(t)$, направленное на ускорение переходного процесса и уменьшение динамической ошибки.

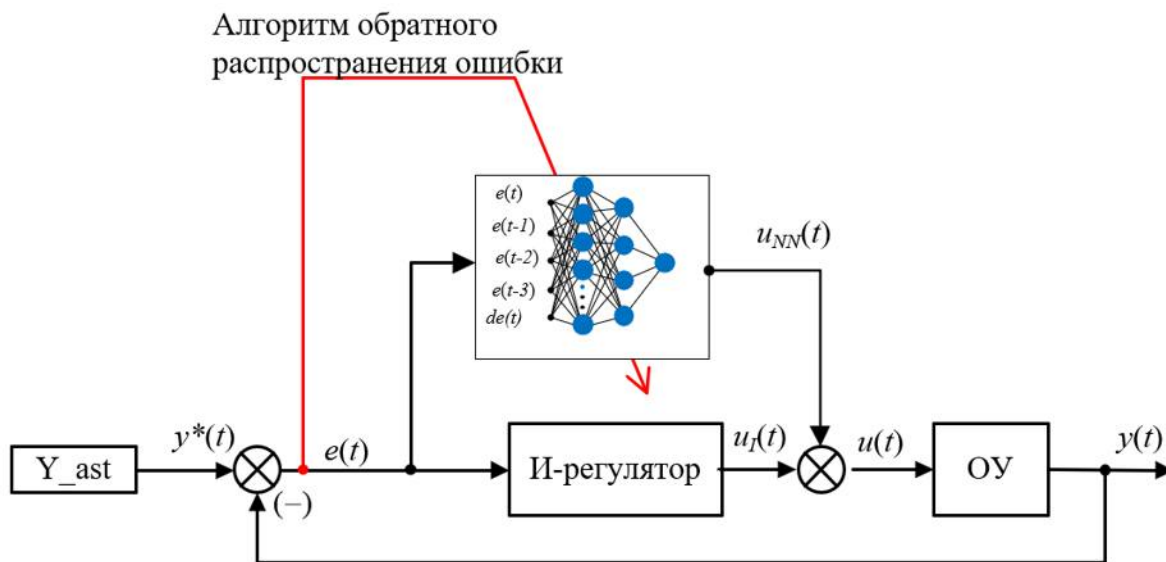


Рисунок 1 – Система управления с использованием нейросетевого регулятора: Y_{ast} , И-регулятор, ОУ – блоки, которые описывают задающее воздействие, интегральную составляющую регулятора, объект управления

Метод решения задачи

Для решения задачи предлагается использовать нейросетевой регулятор, который будет формировать управляющее воздействие, опираясь на четыре последние такта ошибки, т.е. $e_k, e_{k-1}, e_{k-2}, e_{k-3}$, а также оценку производной ошибки на текущем такте $de_k = e_k - e_{k-1}$, и иметь вид:

$$u_k = f(e_k, e_{k-1}, e_{k-2}, e_{k-3}, de_k)$$

Для построения нейронной сети и её обучения используется программа, разработанная на языке Python с использованием библиотеки Keras [4]. Моделирование динамической системы управления осуществляется в пакете MATLAB Simulink [5]. Обучение нейросетевого регулятора производится итеративно на основе данных, получаемых при моделировании замкнутой системы управления. Взаимодействие программных компонентов в процессе обучения нейронной сети представлен на рис. 2.

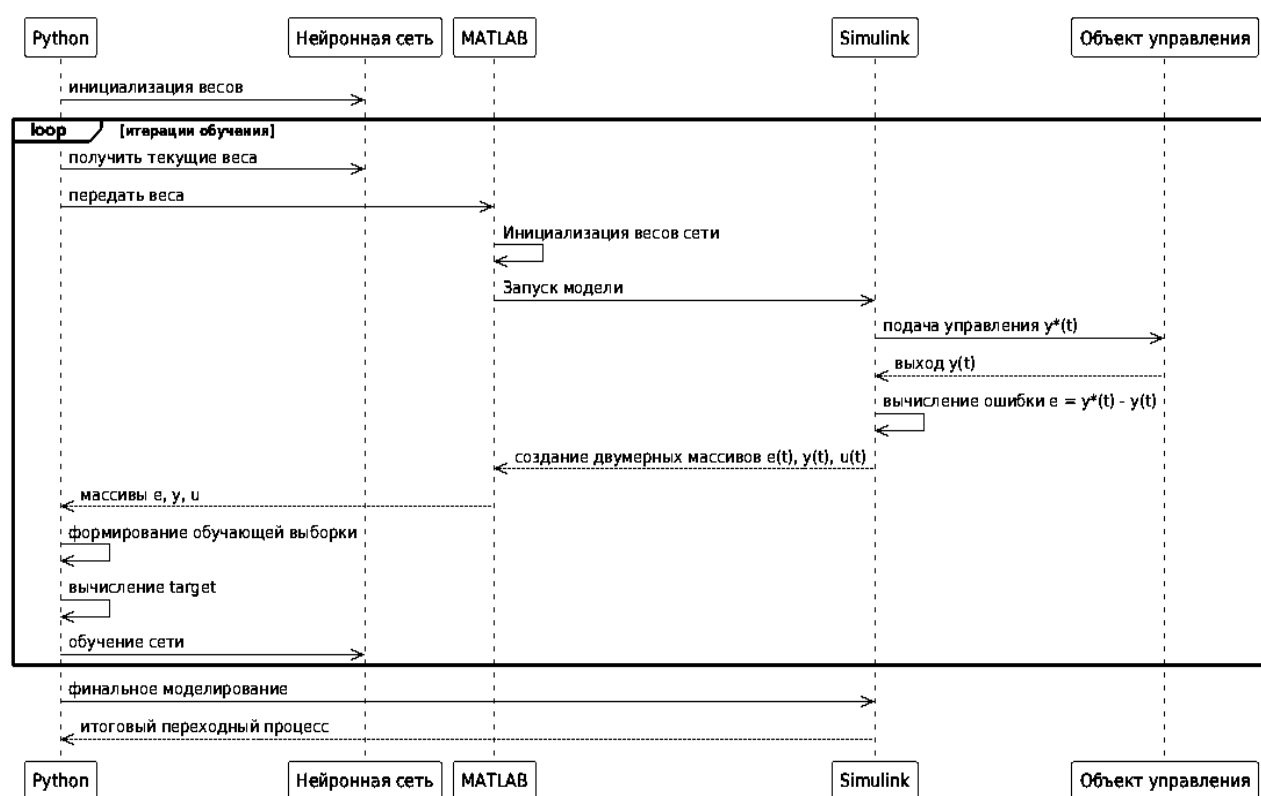


Рисунок 2 – Sequence диаграмма процесса обучения модели

На каждой итерации обучения выполняется моделирование системы в Simulink с использованием текущих параметров нейронной сети. В процессе моделирования формируются временные зависимости выхода объекта управления, управляющего

воздействия и ошибки регулирования. Полученные данные используются для обучения нейронной сети методом градиентного спуска с использованием оптимизатора Adam. После обновления весов сети процесс моделирования повторяется.

Обучающая выборка формируется с использованием ошибки регулирования $e(t)$, путем перехода к дискретизации по времени:

$$target_k = e_k \cdot \exp(|e_k - e_{k-1}|).$$

Выражение состоит из двух множителей: e_k , который определяет текущий знак ошибки и $\exp(|e_k - e_{k-1}|)$ необходимого для определения веса ошибки с учетом скорости её изменения.

Вычислительный эксперимент и анализ полученных результатов

В работе рассматривается объект управления, с передаточной функцией:

$$W(s) = \frac{35s + 84}{3s^3 + 26s^2 + 52s + 24}.$$

Задающее воздействие формируется с помощью уравнения:

$$y_{ast} = \max(0.0, \min(1.0, (t - 5) / (10 - 5))).$$

Симуляция проводится в течение 30 секунд, с шагом дискретизации 0.01 с. Архитектура нейронной сети состоит из входного слоя из 5 нейронов, двух скрытых слоёв, которые содержат 8 и 4 нейрона соответственно и выходного слоя, содержащего 1 нейрон.

Simulink-модель (рис. 3) состоит из блока From Workspace для формирования сигнала y_{ast} из Python-программы, блока MATLAB Function для вызова функции `neural_controller` для расчёта выхода нейросети, блока Transfer Fcn с передаточной функцией ОУ и блоков To Workspace для передачи результатов симуляции переменных e , u , y в Python-программу.

На рис. 4, представлены графики ошибки $e(t)$ на каждом этапе обучения, а также выход модели после 10 итераций обучения. По результатам моделирования можно увидеть, что ошибка уменьшается от итерации к итерации, отсутствует статическая ошибка, алгоритм обучения сходится.

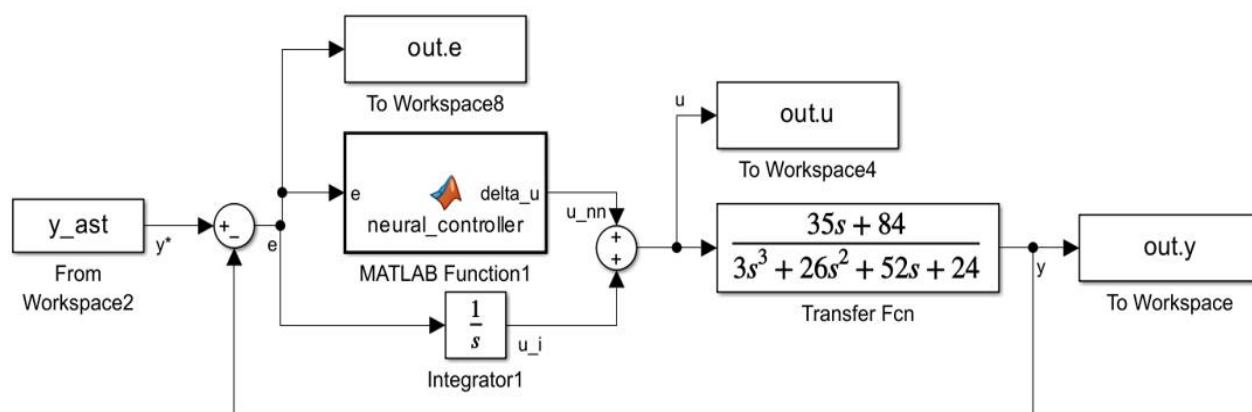
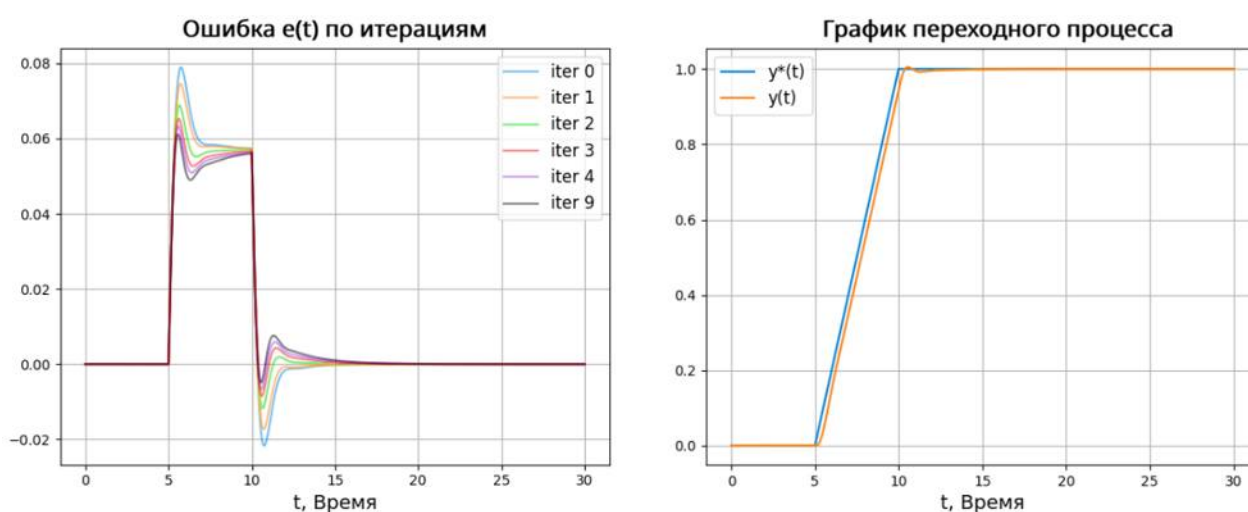


Рисунок 3 – Simulink–модель исследуемой системы управления

Рисунок 4 – Поведение ошибки $e(t)$ во время моделирования (слева), выход системы управления после 10 итераций обучения (справа)

Заключение

Предложен алгоритм обучения нейросетевого регулятора стабилизации. Разработана методика формирования обучающей выборки на базе динамической модели системы управления, разработана структура нейросетевого регулятора, формирующего управляющий сигнал, основываясь на нескольких тактах ошибки регулирования. Показана работоспособность предложенного метода. Полученные результаты открывают возможности обучения нейросетевого регулятора в процессе эксплуатации системы управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ануфриев, И.В. Принципы работы и применение ПИД контроллера в автоматизированных системах / И.В. Ануфриев // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова : Сборник докладов, Белгород, 16–17 мая 2023 года. Том Часть 13. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 27–30.
2. Бурдин, И.М. Сравнение применения методов машинного обучения для решения задачи управления (OpenMLC) с методикой линейного квадратичного регулирования (LQR) / И.М. Бурдин, А.А. Макаров // Сборник научных трудов кафедры автоматики и промышленной электроники Российского государственного университета им. А.Н. Косыгина: Сборник статей. – Москва: Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), 2025. – С. 114–118.
3. Дружинина М.В., Никифоров В.О., Фрадков А.Л. Методы адаптивного управления нелинейными объектами по выходу // Автоматика и телемеханика. – 1996. – №. 2. – С. 3–33.
4. Keras. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://keras.io/>, свободный. – Дата обращения: 03.03.2026.
5. Дьяконов В.П. MATLAB. Полный самоучитель. – 2-е изд., эл. – М.: ДМК Пресс, 2023. – 769 с.

УДК 681.518

004.932

528.854

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ГРАНИЦ ОБЪЕКТОВ ПРИ ГРАДИЕНТНОМ ИЗМЕНЕНИИ ЦВЕТА В УСЛОВИЯХ НЕОДНОРОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Соболев Е.Д., Бухарина В.Д., Козлов Е.В.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в данной работе проведено тестирование результатов распознавания границ объектов при градиентном изменении цвета в условиях неоднородного освещения. Используются технологии Node.js, React, PostgreSQL, C++, Cuda и библиотека OpenCV. Оценена работа системы в целом, качество передаваемого видеопотока и точность обработки границ. Было выполнено тестирование запуска системы, анализа входящего изображения, результата обработки изображения и встроенных функций. Тестирование подтвердило устойчивость к градиентным переходам цвета и неоднородному освещению. Система поддерживает обработку в реальном времени, результаты сохраняются и доступны для анализа, что позволяет автоматизировать контроль продукции на конвейере, повысить точность идентификации объектов и снизить влияние человеческого фактора.

Ключевые слова: тестирование системы, информационная система, техническое зрение, обработка изображений, градиент цвета, выделение контуров объекта, CUDA, OpenCV.

В данной работе проведено тестирование информационной системы распознавания границ объектов при градиентном изменении цвета в условиях неоднородного освещения. В основе подобных систем лежит метод цифровой обработки изображений [1][2]. При проведении тестирования исследовалось функционирование системы при смене источника видеосигнала, передаче исходного изображения и настройке порога детекции. Подобная проверка позволяет оценить не только качество алгоритма, но и удобство работы с ним в режиме реального времени [3].

При запуске системы открывается главный экран без подключенной камеры и с предустановленными значениями обработки. На панели слева доступны выбор источника видеопотока, включение CUDA, регулировка порога детекции, сглаживания и яркости. На экране видны области для оригинального и обработанного потока, а в нижней части отображаются сведения о состоянии соединения и серверной обработки. На рисунке 1 представлен вид интерфейса на этапе запуска системы.

После подключения камеры в поле оригинального потока появляется входное изображение с конвейера, а в строке состояния отражаются сведения о выбранном устройстве, подключении backend-части и текущей частоте кадров в секунду. Проверка этого этапа показала, что система принимает кадр без заметных задержек и корректно обновляет визуальные области при смене источника видеосигнала [4]. В

нижней части интерфейса фиксируются параметры CUDA и состояние websocket-соединения, что упрощает контроль работоспособности канала передачи. На рисунке 2 представлен результат анализа входящего изображения.

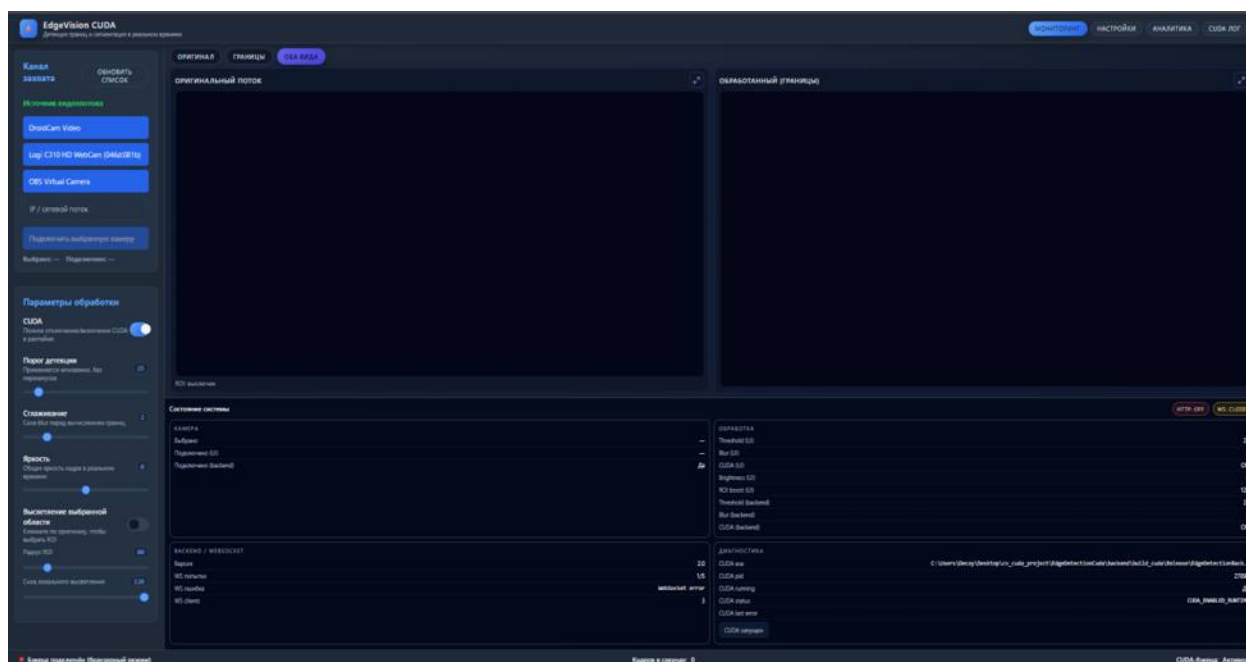


Рисунок 1 – Пользовательский интерфейс при запуске системы

При переходе на вкладку «Границы» исходный кадр дополняется результатом обработки, где контуры становятся видимыми на фоне протяжённой конвейерной сцены. Сравнение исходного и обработанного изображения показывает, что выделение границ сохраняет структуру упаковки и позволяет отделять объекты друг от друга без потери общей геометрии сцены [3]. В ходе проверки установлено, что выбранные параметры обеспечивают баланс между детекцией и уровнем шумов, результат обработки изображения представлен на рисунке 3.

Встроенные функции информационной системы позволяют изменять параметры обработки без перезапуска приложения и оценивать влияние настройки на итоговый результат. При уменьшении порога детекции контуры выделяются активнее, но возрастает количество шумовых срабатываний; при росте сглаживания изображение становится чище, однако, часть слабых границ теряется. Проверка, представленная на рисунке 4, подтвердила, что интерфейс даёт возможность быстро подбирать режим под конкретную сцену или видеопоток и сохранять рабочие настройки во время эксплуатации.

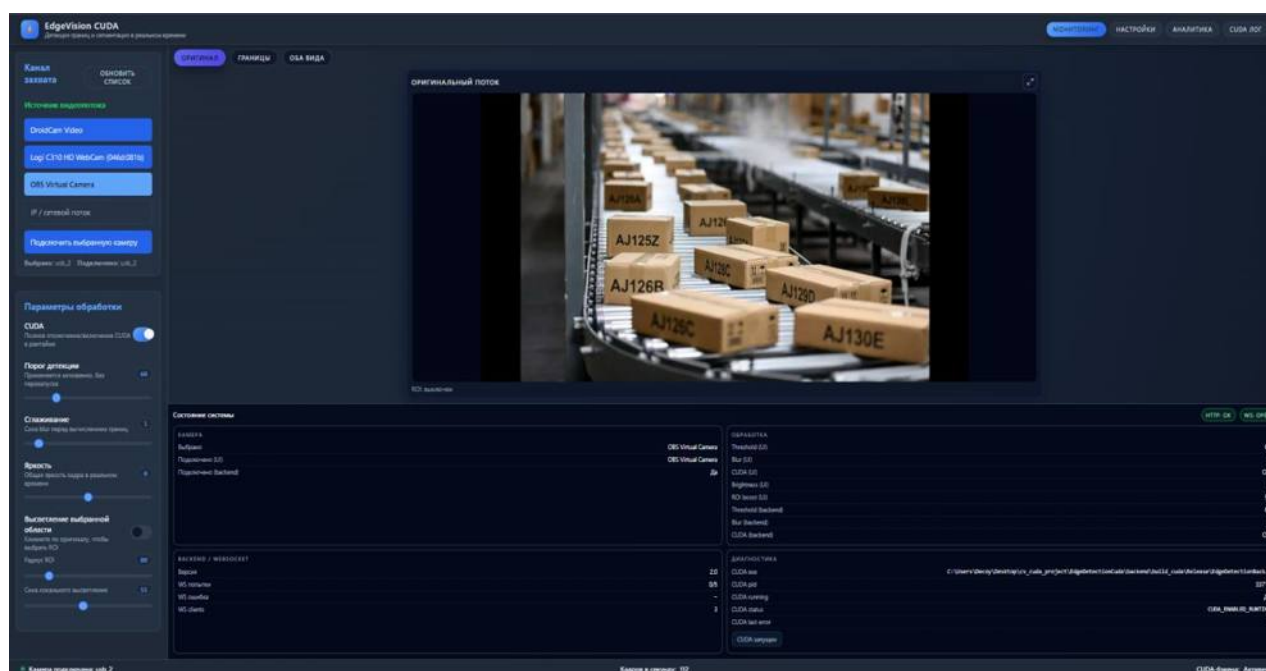


Рисунок 2 – Результат работы информационной системы

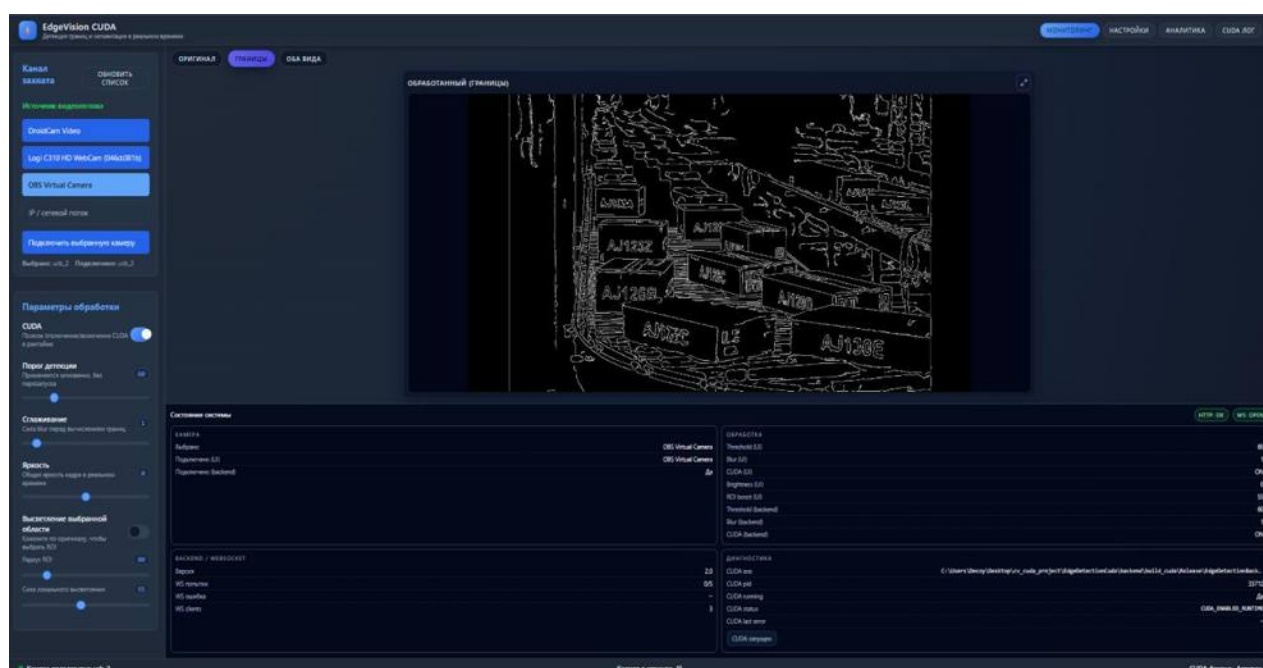


Рисунок 3 – Результат обработки изображения

Практическая ценность предлагаемой информационной системы связана с возможностью настройки под различные условия освещения и типы объектов, что делает ее пригодной для задач автоматизированного визуального контроля.

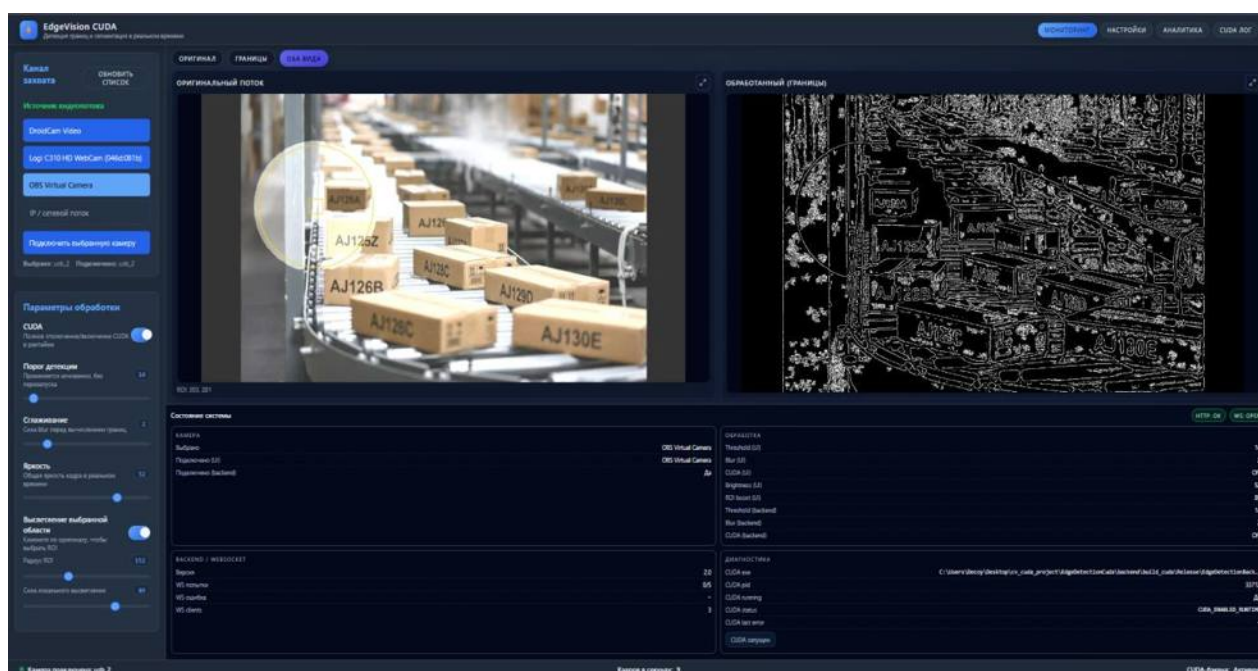


Рисунок 4 – Тестирование встроенных функций системы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методы компьютерной обработки изображений / Под ред. В.А. Сойфера. – 2-е изд., испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 784 с. – ISBN 5-9221-0270-2.
2. Ким, Н. В. Обработка и анализ изображений в системах технического зрения Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Прицельно-навигат. системы летат. аппаратов" направления погодгот. дипломиру. специалистов "Интегриров. системы летат. аппаратов" [Текст] / Н. В. Ким – М.: Изд-во МАИ, 2001 – 162 с. – ISBN 5-7035-2452-0.
3. Ханова, А. А. Обзор методов выделения контуров на изображениях / А. А. Ханова, М. И. Озерова // Информационные технологии в науке и производстве : Материалы VII Всероссийской молодежной научно-технической конференции, Омск, 21–22 апреля 2020 года / Редколлегия: А.Г. Янишевская (отв. ред.) [и др.]. – Омск: Омский государственный технический университет, 2020. – С. 89–92. – EDN GPZNLE.
4. Бобров, К. А., Шульман, В. Д., Власов, К. П. Анализ технологий распознавания текста из изображения [Текст] / К. А. Бобров, В. Д. Шульман, К. П. Власов // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2022. – № 3–2 (66). – С. 124–128.

АЛГОРИТМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ АВТОНОМНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Григоренко Н.И.

ФГУП «НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ», г. Москва

Аннотация: Повышение способности автономных транспортных средств к восприятию окружающего пространства в рамках интеллектуальных транспортных систем предполагает высокую эффективность технологий выявления объектов и преград, особенно при плохой видимости и неблагоприятных метеоусловиях. Основой методологии служат классические подходы и методы машинного обучения, применяемые для распознавания объектов в автопилотных автомобилях. Эти системы в основном полагаются на алгоритмы обработки видеосигналов, использующие комплекс встроенных камер и датчиков для обеспечения безопасного передвижения и постановки управленческих решений. Проводится детальный анализ наборов данных при различных погодных и дорожных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: интеллектуальная транспортная система; автономные транспортные средства; обнаружение объектов; глубокое обучение.

Введение. Главная задача интеллектуальной системы управления автономным автомобилем – оперативное и достоверное выявление объектов вблизи машины при разных сценариях движения, расположениях, атмосферных явлениях, уровне освещённости и времени суток. Ключевой сложностью остаётся обеспечение безопасной эксплуатации транспортного средства в экстремальных погодных условиях.

Безусловно, неблагоприятные погодные условия, включая ливень, метель или туман, значительно усложняют управление обычным автомобилем. То же самое касается беспилотников. Для обеспечения их эффективности необходимо, чтобы они могли работать в любых климатических условиях, не теряя при этом уровня безопасности и стабильности [1].

Методы решения. Ключевую роль в работе автономного транспорта играет распознавание объектов, обеспечивающее безопасность за счёт выявления и избегая движущихся препятствий на пути [2]. При сложных метеорологических явлениях надежная управляемость автономных автомобилей достигается при объединении подхода на основе глубокого обучения и классического метода. При изменяющихся внешних условиях система принятия решений по управлению транспортом испытывает трудности при формировании признаков и низкой адаптации данных, что связано с потребностью в многократной перенастройке и снижением эффективности в режиме реального времени подхода на базе искусственного интеллекта [3].

Системы обнаружения для автономных транспортных средств объединяют комплекс технологий; гибридный подход при объединении одностадийных и двухстадийных детекторов позволяет увеличить эффективность. Высокая точность достигается при двухстадийной архитектуре, а максимальную производительность обеспечивает одностадийный детектор за счёт скорости. Определение объектов начинается с выборки и классификации признаков, осуществляемых с использованием алгоритмов, базирующихся на нейросетевых моделях глубокого обучения или традиционных. Подходы на базе глубокого обучения способствуют самообучению системы, что улучшает качество извлечения признаков и их адаптацию к изменчивым условиям дорожного движения [4]. Согласно Концепции обеспечения безопасности дорожного движения с участием беспилотных транспортных средств, на автомобильных дорогах общего пользования [5], необходимо соблюдение следующих аспектов:

- Планирование движения автономного транспорта взаимосвязано с процессом предотвращения столкновений, зависящим от алгоритмов сенсорной системы. Различные сенсоры производят многообъектное отслеживание дорожной обстановки для принятия маршрута движения.
- Понимание дорожной ситуации транспортным средством обеспечивается цифровой идентификацией маршрута движения. Сенсорная система с помощью математического аппарата производит обработку поступающей информации от придорожной инфраструктуры и анализ данных о взаимодействии движущихся объектов в зоне пролегания маршрута.
- Автономному транспорту в режиме реального времени во время движения необходимы определение своего местоположения и данные о дорожной разметке для эффективного выполнения своих функций. Современные технологии позиционирования позволяют совершать маневры при движении, не нарушая регламент участников дорожного движения.

Результаты. Представляемый методологический подход, базирующийся на применении совокупности алгоритмов искусственного интеллекта, позволяет устанавливать взаимозависимости и прогнозировать, опираясь на статистическую информацию [6]. Применяемые ранее решения были ориентированы на компетенции предметной области и не проводили более глубокого сопоставления сложных

массивов информационных данных, упуская значимые нюансы. Возможности таких моделей адаптироваться к неблагоприятным погодным условиям или динамичному окружению ограничивается их неспособностью быстро учитывать новые данные без значительного переобучения, что ограничивает их полезность в быстро меняющихся ситуациях. Понимание этих ограничений стимулировало развитие продвинутых алгоритмов и технологий глубокого обучения, направленных на преодоление существующих барьеров и увеличение производительности систем ИИ. При этом классические методы всё ещё зависят от ручного формирования признаков (см. рисунок), когда специалисты заранее выбирают ключевые характеристики для анализа.

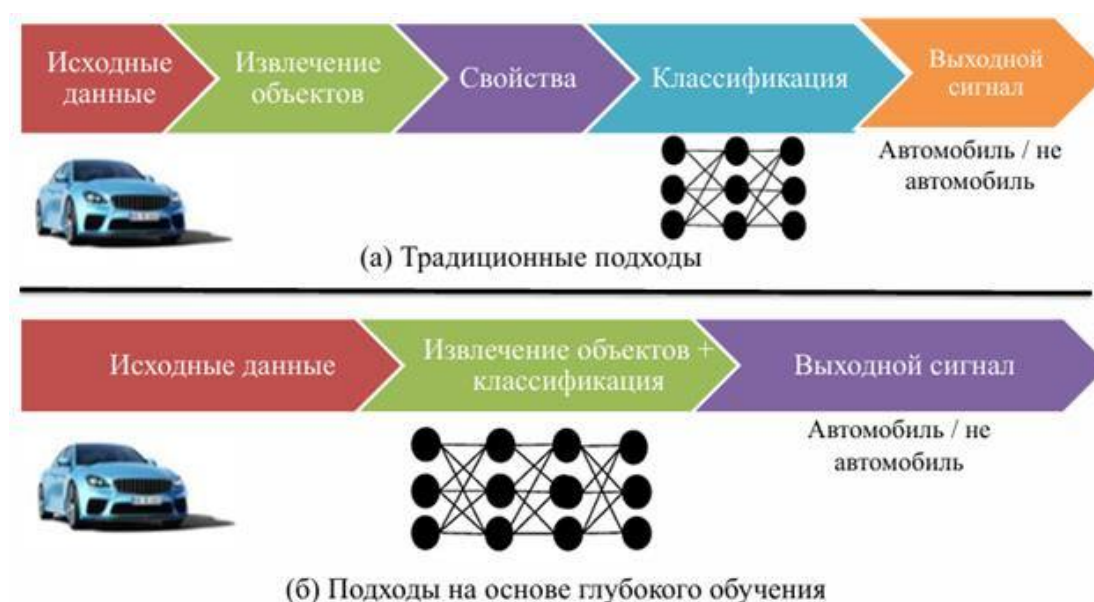


Рисунок – Первичная структура извлечения, где (а) – традиционные подходы, (б) – подходы на основе глубокого обучения.

Классические подходы, демонстрируют высокую эффективность, испытывают трудности при неблагоприятной погоде. Существенным отличием подходов на основе обучения с подкреплением от классических методов машинного обучения является то, что искусственный интеллект обучается в процессе взаимодействия с окружающей средой, а не на исторических данных [7]. Система в сложных ситуациях обеспечивает объединение поступающей информации и высокую точность распознавания на основе глубокого обучения.

Значительное улучшение автопилотируемых систем происходит при использовании моделей глубокого обучения, способных компенсировать искажения, возникающие под действием метеоусловий. Использование различных значений

параметров модели в процессе обучения, способствует улучшению показателя точности детектирования [8].

Выводы. Проведен анализ сенсорных систем и других ключевых элементов беспилотных автомобилей в ситуациях, вызывающих трудности в процессе эксплуатации при неблагоприятных погодных условиях. Предложено решение по эффективному использованию двухэтапных алгоритмов с высокой точностью распознавания, в то время как одноступенчатые алгоритмы обеспечивают ускоренную обработку данных.

Продемонстрировано исследование системы распознавания для автономного транспортного средства, основывающееся на подходах традиционного и глубокого обучения. Для обнаружения транспортных средств, пешеходов и дорожных полос беспилотными автомобилями предпочтительнее использовать подход глубокого обучения, чем традиционный подход. Для дальнейшего исследования по совершенствованию рассматриваемой концепции необходимо проведение работ с учетом передовых инновационных технологий в данном сегменте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Круглова Л.В., Сисей Ф.К. Дополненная реальность в интеллектуальной системе управления транспортным средством // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2022. Т. 23. № 2.
2. Душкин Р. В. Интеллектуальные транспортные системы // Москва: ДМК Пресс, 2020. – 280 с. – ISBN 978–5–97060–887–6. Электронный ресурс: <https://znanium.com/catalog/product/1225386>
3. Массобрио Р., Несмачнов С., Черных А., Аветисян А., Радченко Г. Применение облачных вычислений для анализа данных большого объема в умных городах. Труды ИСП РАН, том 28, вып. 6, 2016 г., стр. 121–140. DOI: 10.15514/ISPRAS–2016–28(6)–9
4. Деменкова Т.А., Шпиева Е.В. Построение моделей сверточной нейронной сети для решения задач распознавания образов // Научно–технический вестник Поволжья. 2020. №5. С. 76–79.
5. Распоряжение Правительства РФ от 25.03.2020 N 724–р (ред. от 07.03.2026) «Об утверждении Концепции обеспечения безопасности дорожного движения с участием беспилотных транспортных средств на автомобильных дорогах общего пользования» Электронный ресурс: <https://docs.cntd.ru/document/564526787>
6. Григоренко, Н. И. Взаимодействие интеллектуальных транспортных систем и кибербезопасности в рамках формирования национальной сети / Н. И. Григоренко // Транспортное дело России. – 2025. – № 5. – С. 188–191. – EDN PURTQX.
7. Антропов Д.В., Осипов Н.А., Зудилова Т.В., Ананченко И.В., Осетрова И.С. Исследование моделей глубокого обучения для оптимизации трафика в сетях vehicle-to-everything. // Современные наукоемкие технологии. – 2022. № 8. – С. 9–15. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=39261>
8. Гришкин В.М., Дягилев М.С. Обнаружение пространственных объектов для автономных транспортных средств // Научно–образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №6/2022.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ПОЯСОВ СТЕНКИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

Якимов В.Н., Сизова Н.А., Четверкин Н.А.

Самарский государственный технический университет, г. Самара

Аннотация: в статье рассматривается автоматизация процесса расчета вертикальных цилиндрических стальных резервуаров. Актуальность работы обусловлена высокой трудоемкостью и требовательностью к точности проектирования данных сооружений согласно стандартам (ГОСТ 31385–2023). Рассматривается разработка специального программного обеспечения для автоматизации расчета толщин конструктивных элементов резервуаров. Определены входные и выходные данные, а также операции и результаты выполнения программы. Применение данного программного обеспечения позволит повысить производительность выполнения работ инженером–проектировщиком.

Ключевые слова: вертикальный стальной резервуар, класс резервуара, автоматизация расчета толщин резервуара, прочностной расчет, ветровое кольцо жесткости.

Вертикальные цилиндрические стальные резервуары (ВЦСР) предназначены для хранения нефти и нефтепродуктов [1]. Они играют важную роль в нефтегазовой отрасли и используются на всех этапах проведения работ предприятиями нефтегазовой отрасли, осуществляющими добычу, хранение и переработку нефти.

В настоящее время осуществляется проектирование и сооружение достаточно большого количества ВЦСР. Согласно данным ЕМИСС (Единая межведомственная информационно-статистическая система) количество резервуаров для хранения нефти с 2018 г. по 2024 г. увеличилось на 3090 и на момент 2024 г. составляет 11229, и их количество будет только увеличиваться [2]. В частности, в рамках инвестиционного проекта крупнейшей российской нефтепроводной компанией ПАО «Транснефть» было предусмотрено строительство в период с 2023 г. по 2025 г. 19 резервуаров общим объемом 710 тыс. куб. м. В сентябре 2023 г. компания приняла решение к 2028 году построить еще 10 резервуаров общей емкости 440 тыс. куб. м [3].

Для обеспечения безопасной работы резервуаров организации заказывают разработку проектной документации в специализированных проектных бюро. Проектное бюро согласно требованиям нормативно–технических документов, основными из которых являются ГОСТ 31385–2023 и СТО–СА–03–002–2009, осуществляют расчеты основных конструктивных элементов ВЦСР с учетом стоимостного предложения заказчику [4–6]. Чаще всего заказ на проектирование резервуара осуществляется в виде конкурса, когда техническое задание на проектирование направляют в несколько проектных организаций и выбирают то

предложение, которое соответствует требованиям стандартов при меньшей стоимости. Поэтому проектным организациям необходимо максимально уменьшать металлоемкость резервуара для снижения его стоимости.

На сегодняшний день существует программное обеспечения «ПАССАТ» (прочностной анализ состояния сосудов, аппаратов, теплообменников), которое может использоваться для проектирования ВЦСР [7]. Данное программное обеспечение позволяет значительно ускорить процесс проектирования и автоматизировать работу инженера–проектировщика. С его помощью проводят расчеты в соответствии со всеми нормами для проектирования ВЦСР. Однако, несмотря на все преимущества и возможности у него есть и недостатки. Самым существенным недостатком является то, что оно не предусматривает реализацию процедуры оптимизации по параметру массы. Это приводит к тому, что необходимо вручную выполнять процедуру подбора оптимальных значений по этому параметру резервуара и, следовательно, проводить несколько расчетов для определения наименьшей металлоемкости.

С целью решения выше описанной проблемы разрабатывается программное обеспечение, концептуальную основу которого составляет построение процессно–ориентированной модели обработки данных. Такой подход реализует выполнение вычислительных операций с учетом функционально–распределенного и объектно–информационного представления процесса поэтапного расчета конструктивных параметров стальных резервуаров [8–16]. В соответствии с этим определяется набор операций, необходимых на каждом конкретном этапе выполнения операций расчета.

Входными данными для программы являются:

- 1) геометрические параметры резервуара (диаметр, количество поясов и высоты поясов резервуара);
- 2) класс ответственности по уровню опасности согласно ГОСТ 31385–2023 [1];
- 3) марка стали, которая назначаться заказчиком или проектировщиком исходя из климатических условий (основными рекомендуемыми марками стали для изготовления резервуаров являются сталь 09Г2С, нормируемая ГОСТ 19281–2014, и сталь Ст3, нормируемая ГОСТ 14637–2024) [17,18];
- 4) расчетный уровень налива продукта эксплуатации и воды при гидроиспытании (задается заказчиком исходя из технологических расчетов);

5) плотность продукта (если резервуар эксплуатируется с более чем одной рабочей средой, то принимается продукт с наибольшей плотностью);

6) климатические нагрузки площадки строительства (снеговой и ветровой районы задаются согласно СП 20.13330.2016 [5]; сейсмичность площадки строительства задается в соответствии с СП 14.13330.2018 [19]; минимальная расчетная температура корпуса резервуара принимается по СП 131.13330.2025 [20]);

7) припуск на коррозию конструктивных элементов резервуара (назначается заказчиком в соответствии со сроком службы резервуара);

8) внешние нагрузки на резервуар, такие как масса теплоизоляции, масса оборудования резервуара и масса крыши, параметры теплоизоляции (задаются исходя из теплотехнического расчета).

Операциями программы являются:

1) вычисление расчетных и номинальных толщин поясов резервуара исходя из условия прочности стали;

2) проверка назначенных толщин поясов резервуара по условию устойчивости;

3) если условие устойчивости не выполняется, проводятся дополнительные операции: первая операция – подбор оптимальных толщин поясов резервуара, при которых условие устойчивости выполняется; вторая операция – подбор оптимальных толщин поясов резервуара при используемом кольце жесткости;

4) расчет на прочность при гидроиспытании;

5) расчет резервуара на сейсмическую стойкость.

Выходными данными программы являются результаты расчетов:

1) если условие устойчивости поясов стенки резервуара выполнилось с первой итерации, то программа выдает единственный результат, где будут указаны расчетные значения коэффициентов по устойчивости поясов стенки резервуара, а также значения их толщин и массы;

2) если условие устойчивости поясов стенки резервуара не выполнилось, то программа выдает первоначальный результат расчетов и результаты повторных расчетов с увеличенными толщинами поясов стенки резервуара и кольцом жесткости;

3) дополнительно в результатах расчета указывается сечение и высота установки кольца и его момент сопротивления.

Основу разработки программного обеспечения составляет высокоуровневый язык программирования Python с использованием кроссплатформенной событийно–

ориентированной графической библиотекой Tkinter, которая предоставляет большой функционал для разработки графического интерфейса программы. Практическое использование данного программного обеспечения позволит повысить производительность выполнения работ инженером-проектировщиком.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 31385–2023 Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов Общие технические условия. – Введ. 2023–08–1. – М: Российский институт стандартизации, 2023. – 114 с.
2. Количество резервуаров для хранения нефтепродуктов // ЕМИСС Государственная статистика [сайт]. – URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/42630> (дата обращения: 07.02.2026).
3. Мощности для качества. – Текст: электронный // ПАО «Транснефть»: [сайт]. – URL: <https://транснефть.рф/media-center/corporate-media/magazine/December-2023/moshchnosti-dlya-kachestva/> (дата обращения: 07.02.2026).
4. Правила проектирования, изготовления и монтажа вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов (СТО–СА–03–002–2009) // Российская ассоциация экспертных организаций техногенных объектов повышенной опасности (Ассоциация Ростехэкспертиза). – М., 2009 – 216 с.
5. СП 20.13330.2016. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07–85 (утв. Приказом Минстроя России от 03.12.2016 N 891/пр). Дата введения 2017–04–06.// Минстрой России: [сайт]. – URL: https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/?date_from=&t %5B %5D=&d %5B %5D=&q= %D0 %A1 %D0 %9F+20.13330.2016&active %5B %5D=65 (дата обращения: 06.03.2026).
6. СП 16.13330.2017. Свод правил. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II–23–81 (утв. Приказом Минстроя России от 27.02.2017 N 126/пр) Дата введения 2017–08–28. // Минстрой России: [сайт]. – URL: https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/?date_from=&t %5B %5D=&d %5B %5D=&q= %D0 %A1 %D0 %9F+16.13330.2017&active %5B %5D=65 (дата обращения: 06.03.2026).
7. Программа «ПАССАТ» // Научно техническое предприятие «ТРУБОПРОВОД»: [сайт]. – URL: <https://www.truboprovod.ru/software/passat> (дата обращения: 07.02.2026).
8. Якимов В.Н., Дьяконов Г.Н., Машков А.В. Формирование онтологии предметной области на основе анализа NFL–континуума // Информационные технологии. – 2006. № 3. С. – 36–39.
9. Маслаков М.А., Якимов В.Н. Процессно–ориентированные информационные системы // Автоматизация и современные технологии. 2009. № 11. С. 17–22.
10. Батищев В.И., Мошков И.С., Якимов В.Н. Обработка технических документов на основе оценки системной организации знаний // Информационные технологии. – 2013. № 10. С. 15–19.
11. Якимов В.Н., Мошков И.С. Система распознавания терминов таксономии в документах на естественном языке // Программные продукты и системы. – 2011. № 3. – С. 36–41.
12. Якимов В.Н., Машков А.В., Дьяконов Г.Н. Система поддержки принятия решений при планировании поставок и организации транспортировки нефтепродуктов в топливо–проводящей сети // Сборник докладов Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям.– Санкт–Петербург: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2007. – Т.2. – С. 112–115.
13. Якимов В.Н., Филимонов А.Б. Распределенная автоматизированная информационная система мониторинга технологических процессов транспортировки, переработки и хранения нефти и газа // Сборник докладов Международной конференции по

мягким вычислениям и измерениям.– Санкт–Петербург: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2008. – Т.2. – С.39–42.

14. Маслаков М.А., Андреянов Д.Г., Зубова Л.Д., Якимов В.Н. Автоматизация служб контроля документооборота на основе единого информационного пространства ОАО «Гипрвостокнефть» // Нефтяное хозяйство. – 2006. № 10. – С. 92–96.

15. Якимов В.Н., Мошков И.С. Структурный анализ сложных терминов в технических документах // Интеллектуальные системы в производстве. – 2011. № 2 (18). – С. 270–278.

16. Портнов К.В., Аникин Д.В., Латушкина Т.С. Компьютерные алгоритмы управления в режиме реального времени на методе синтеза // Инфокоммуникационные технологии. – 2025. Т. 23. № 2 (90). – С. 107–111.

17. ГОСТ 19281–2014 Прокат повышенной прочности. Общие технические условия. – Введ. 2015–01–01. – М.: Стандартиформ, 2016. – 50 с.

18. ГОСТ 14637–2024 Прокат толстолистовой из нелегированной стали обыкновенного качества. Технические условия. – Введ. 2025–03–01. – М.: Российский институт стандартизации, 2024. – 20 с.

19. СП 14.13330.2018. Свод правил. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II–7–81 (утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 24.05.2018 N 309/пр). Дата введения 2018–11–25. // Минстрой России: [сайт]. – URL: https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/?date_from=&t %5B %5D=&d %5B %5D=&q= %D0 %A1 %D0 %9F+14.13330.2018&active %5B %5D=65 (дата обращения: 06.03.2026).

20. СП 131.13330.2025. Свод правил. Строительная климатология. СНиП 23–01–99 (утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 08.08.2025 N 470/пр). Дата введения 2025–09–09. // Минстрой России: [сайт]. – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/432245/> (дата обращения: 06.03.2026).

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ АРХИТЕКТУРА САМОАДАПТИРУЮЩИХСЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ НА БАЗЕ MLOPS–КОНВЕЙЕРОВ

Санкович М.А., Авсиевич А.В.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье обосновывается необходимость создания интеллектуальных диагностических систем, обладающих свойством самоадаптации к условиям эксплуатации. Описывается концепция MLOps–конвейера как фундаментального инструмента обеспечения надежности предиктивной аналитики. Предлагается архитектурное решение, основанное на теневом развертывании моделей, методах адаптации домена и интеграции механизмов объяснимого искусственного интеллекта. Методология направлена на повышение устойчивости принятия управленческих решений в контуре транспортной безопасности.

Ключевые слова: предиктивная диагностика, MLOps, адаптация домена, нейронные сети, граничные вычисления, объяснимый ИИ, рельсовые крепления.

Переход железнодорожной отрасли к цифровой трансформации и внедрению концепции обслуживания по фактическому состоянию требует не только повышения точности алгоритмов распознавания дефектов, но и обеспечения их стабильности во времени. Одной из критических проблем, с которой сталкиваются разработчики интеллектуальных диагностических комплексов, является деградация точности нейросетевых моделей в процессе их длительной эксплуатации в условиях реальной инфраструктуры. Традиционный цикл разработки, предполагающий статичное обучение модели на ограниченном историческом датасете и ее последующее внедрение без возможности оперативной модификации, в современных условиях является субоптимальным [1, 2]. В ряде работ подчеркивается, что для обеспечения безопасности движения необходимы прозрачные и динамически адаптируемые системы, способные функционировать в режиме реального времени [3, 4]. Целью данной статьи является проектирование концептуальной архитектуры интеллектуального конвейера (MLOps–архитектуры), обеспечивающей устойчивость предиктивных моделей к феномену сдвига концепта и гарантирующей достоверность оценки остаточного ресурса критически важных узлов транспортной инфраструктуры.

Реализация высокопроизводительных диагностических систем на подвижном составе сталкивается с проблемой обработки мультимодальных потоков данных, имеющих различную физическую природу и частоту дискретизации [5]. Видеоизображения с высоким разрешением, данные лазерных профилометров и высокочастотные виброакустические спектры должны быть интегрированы в единое

информационное пространство. Ограничивающим фактором выступает невозможность быстрой передачи больших объемов данных на центральные серверы в режиме реального времени. Это фактор делает актуальным перенос вычислительной нагрузки на бортовые платформы, что ведет к применению концепции граничных вычислений (Edge Computing) [6]. Но перенос «тяжелых» нейросетевых архитектур на мобильные платформы с ограниченными ресурсами обязательно приведет к оптимизации, заключающейся в квантовании весов, структурного прунинга нейронных связей и дистилляции знаний [7, 8]. Проанализированные методы обеспечивают сохранение прогностической эффективности модели при минимизации требований к вычислительным ресурсам, что является критически важным для функционирования в режиме реального времени в процессе движения вагона–дефектоскопа.

Решением проблемы сохранения точности в нестационарной среде и лежит в области фундаментальных основ и требует проектирования непрерывного конвейера машинного обучения. Концептуально приведённая архитектура строится на механизме теневого развертывания моделей (Shadow Deployment) [9]. Поэтому в предложенной архитектуре на бортовом сервере диагностического комплекса параллельно функционируют две нейросетевые архитектуры. Первая из которых играет роль основной модели (Active Model) и выполняет непосредственную диагностику и формирует отчеты для диспетчерского аппарата, при этом оставаясь защищенной от несанкционированных изменений. Вторая модель, адаптивная (Shadow Model), работает в фоновом режиме и обрабатывая те же потоки входных данных, но при этом ее прогнозы не влияют на реальные управленческие решения [10]. В этом решении «теневая» модель выступает интеллектуальным полигоном для поиска дрейфа данных, которая при помощи алгоритмов статистического анализа распределений непрерывно сравнивает свои предсказания с предсказаниями основной модели. В случае обнаружения статистически значимых расхождений активируется процесс дообучения. После того как тесты подтверждают успешную адаптацию адаптивной модели к новым условиям, происходит ее бесшовная ротация с основной моделью.

Эффективность данной архитектуры обусловлена интеграцией трех методов компенсации дрейфа данных. Первый метод – это адаптация домена (Domain Adaptation), которая направлена на извлечение признаков состояния скреплений, сохраняющих инвариантность к изменяемым условиям [8], например, погодным.

Второй метод заключается в применении ансамблевых подходов, что позволяет системе гибко переключаться между специализированными нейросетевыми моделями, настроенными на конкретные условия (например, для лета и зимы) [4]. Третий метод основан на онлайн-обучении (Continual Learning) и обеспечивает постепенную корректировку параметров сети. Анализ MLOps-архитектуры показал, что данная архитектура представляет собой фундаментальное условие, которое можно использовать при внедрении искусственного интеллекта (ИИ) в промышленность, в том числе в системы мониторинга и прогнозирования транспортных сооружений в железнодорожном транспорте. При этом внедрение ИИ осуществляется с помощью последовательных корректировок. Последовательность таких действий ведет к формированию естественной структурированной инфраструктуры, что подтверждается в работе [9]. В работе [10] показано, что ключевым элементом архитектуры является модуль ИИ XAI (Explainable AI) роль которого заключается в трактовки системой своих действий и принятии обоснованных решений. Что делает возможным использование алгоритмов Grad-CAM с целью генерации визуальных тепловых карт для диагностических прогнозов железнодорожной инфраструктуры и делает наглядным его для управленческого персонала.

В следствии проделанной работы выявлено, что применение стратегий Domain Adaptation, комплексных ансамблей приводит к снижению негативных воздействий во времени на функционирование изучаемой среды, что существенно повышает точность прогнозирования остаточного ресурса транспортных сооружений за счет повышения адаптивности системы к изменениям эксплуатационных условий, например, воздействие внешней среды.

Предлагаемая в данной работе MLOps-архитектура лежит в основе программно-аппаратной реализации разработки диагностических систем в рамках научной работы. Внедрение разрабатываемого диагностического программного обеспечения позволит повысить надежность и эффективность систем прогнозирования состояния транспортных сооружений на железной дороге.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волкова В. Н., Денисов А. А. Теория систем и системный анализ: учебник для вузов. – 2-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2023. – 462 с.
2. Розенберг И. Н., Цветков В. Я. Системный анализ и управление в сложных железнодорожных системах // Мир транспорта. – 2021. – Т. 19. – № 3. – С. 14–23.

3. Gama J., Žliobaitė I., Bifet A., Pechenizkiy M., Bouchachia A. A survey on concept drift adaptation // ACM Computing Surveys (CSUR). – 2014. – Vol. 46, No. 4. – P. 1–37.
4. Lu J., Liu A., Dong F., Gu F., Gama J., Zhang G. Learning under concept drift: A review // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. – 2018. – Vol. 31, No. 12. – P. 2346–2363.
5. Webb G. I., Hyde R., Cao H., Nguyen H. L., Petitjean F. Characterizing concept drift // Data Mining and Knowledge Discovery. – 2016. – Vol. 30, No. 4. – P. 964–994.
6. Вересников В. Н., Пантелеев М. Г. Предиктивная аналитика в задачах мониторинга сложных киберфизических систем // Системный анализ в науке и образовании. – 2021. – № 4. – С. 22–31.
7. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – MIT Press, 2016. – 800 p.
8. Wang Mei, Deng Weihong. Deep visual domain adaptation: A survey // Neurocomputing. – 2018. – Vol. 312. – P. 135–153.
9. Ganin Y., Ustinova E., Ajakan H. et al. Domain–adversarial training of neural networks // The Journal of Machine Learning Research. – 2016. – Vol. 17, No. 1. – P. 2096–2030.
10. Пальчевский Е. В. Методы нейросетевой обработки больших темпоральных данных для информационной поддержки систем предиктивной аналитики и диагностики // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2022. – № 3. – С. 45–56.

УДК 681.5

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАГРЕВОМ НЕФТЕПРОДУКТА В ПУТЕВОМ ПОДОГРЕВАТЕЛЕ

Тычинина Ю.А., Фетисова В.Д

Самарский государственный технический университет, г. Самара

Аннотация: рассматривается задача разработки системы автоматического управления процессом нагрева нефтепродукта в путевом подогревателе при транспортировке по трубопроводам. Проведен анализ технологического процесса и обоснована необходимость учета распределённого характера теплопереноса и влияния внешних и параметрических возмущений. Предложена математическая модель объекта управления и структурная схема системы с компенсационным регулятором. Результаты моделирования подтверждают повышение точности поддержания температуры и снижение влияния возмущений.

Ключевые слова: система управления, нефтепродукт, путевой подогреватель, математическая модель, автоматизация, температурный режим, транспортировка нефти.

Транспортировка нефтепродуктов по трубопроводам сопровождается изменением их физико–химических свойств, прежде всего вязкости, которая существенно зависит от температуры. При понижении температуры возрастает гидравлическое сопротивление, что приводит к увеличению энергозатрат на перекачку. Для предотвращения этих явлений применяются путевые подогреватели (ПП), обеспечивающие поддержание требуемого температурного режима. Путевой подогреватель представляет собой теплотехническую установку непрерывного действия, в которой нефтепродукт нагревается до заданной температуры перед подачей на следующий участок трубопровода. При этом процесс нагрева носит распределённый характер, что усложняет задачу управления.

В данной работе рассматривается задача проектирования системы управления нагревом нефтепродукта в путевом подогревателе, обеспечивающей устойчивое поддержание заданной температуры с учётом возмущающих воздействий.

Эффективность функционирования подогревателей напрямую зависит от качества системы управления. Традиционные методы регулирования зачастую не учитывают распределённый характер тепловых процессов, что приводит к отклонениям температуры нефтепродукта на выходе из ПП и перерасходу топлива. В условиях транспортировки нефтепродуктов основным возмущающим воздействием является изменение температуры окружающей среды, а также параметрические возмущения, связанные с изменением состава и теплофизических свойств нефти. Такие возмущения приводят к изменению параметров объекта управления, что также

снижает эффективность традиционных регуляторов. В связи с этим актуальной является разработка систем управления с компенсационными регуляторами, ориентированных на распределенных характер объекта управления.

Объект управления представляет собой участок трубопровода с путевым подогревателем, в котором происходит, нагрев нефтепродукта. Поскольку температура изменяется вдоль длины трубопровода, процесс нагрева нефтепродукта относится к объектам с распределёнными параметрами,

Температурное поле нефтепродукта при конвективном переносе можно описать уравнением вида [1–2]:

$$b \frac{\partial \theta(x,t)}{\partial t} + bV \frac{\partial \theta(x,t)}{\partial x} + \theta(x,t) = \theta_{\Pi}(x,t); \quad (1)$$

$$0 < x < l, \quad t > 0.$$

Коэффициент b в (1) определяется совокупностью теплофизических свойств нефтепродукта и геометрических характеристик системы, l соответствует длине нагреваемого участка трубопровода, V – скорость движения нефтепродукта по трубопроводу. В качестве управляющего воздействия выступает температурное поле, формируемое в путевом подогревателе $\theta_{\Pi}(x,t)$.

Начальные и граничные условия задаются температурой на входе в подогреватель и текущим состоянием системы (2) – (3).

$$\theta_{\Pi}(x, 0) = \theta_{\Pi}(x), \quad 0 \leq x \leq l; \quad (2)$$

$$\theta(0, t) = \theta^0(t), \quad t > 0. \quad (3)$$

Для синтеза системы управления используется структурное представление модели (рисунок 1), в соответствие с (1) – (3) [1].

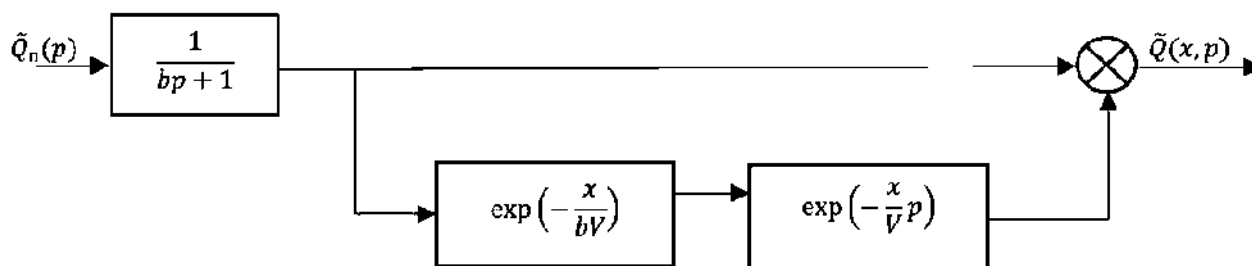


Рисунок 1 – Структурная модель объекта управления

Для компенсации параметрических возмущений в разработанной системе управления нагревом в путевом подогревателе применяется компенсационный элемент, синтезируемый на основе приближённой обратной передаточной функции

объекта [3]. Дополнительно в составе компенсационного элемента использовались адаптивные и градиентные схемы, позволяющие в реальном времени корректировать параметры регулятора и обеспечивать устойчивое приближение поведения объекта к эталонной модели даже при изменении характеристик процесса и наличии параметрических возмущений. Эталонная модель в системе управления используется как элемент, задающий динамическое поведение, к которому должен стремиться реальный объект. Фактически эталонная модель задаёт желаемый характер переходного процесса. При этом в сочетании с системой управления по возмущению эталонная модель играет роль опорного сигнала, относительно которого осуществляется компенсация влияния внешних и параметрических возмущений. Такой подход позволяет обеспечить устойчивую работу системы даже при изменении теплофизических свойств нефтепродукта и условий окружающей среды, повышая точность регулирования. На рисунке 2 приведены результаты моделирования системы управления с компенсационным регулятором при наличии параметрических возмущений (1 – заданная температура нефтепродукта, 2 – температура на выходе из путевого подогревателя, 3 – эталонная модель, 4 – температура в топке).

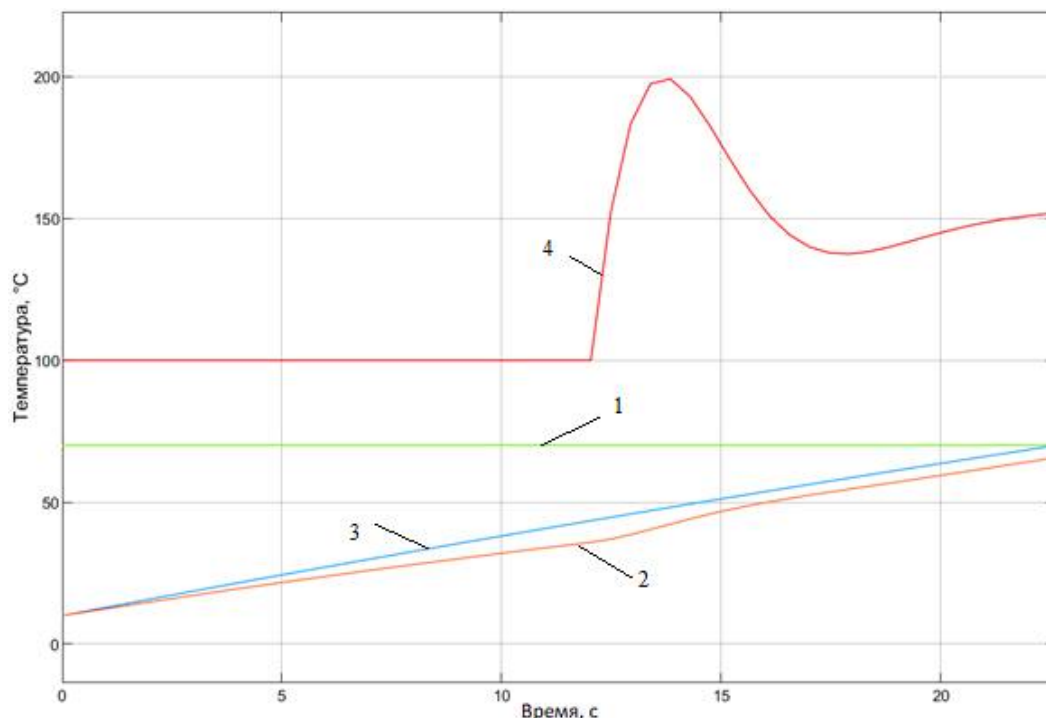


Рисунок 2 –Результаты моделирования системы управления

По полученным зависимостям видно, что система сохраняет устойчивость при изменении параметров объекта и колебаниях температуры окружающей среды, при этом отклонения регулируемой величины остаются в допустимых пределах.

Проведённое моделирование показывает, что учет пространственно–распределенного характера объекта и введение компенсационного элемента позволяют повысить точность поддержания температуры нефтепродукта. Полученные результаты могут быть использованы при разработке типовых систем автоматического управления путевыми подогревателями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рапопорт, Э. Я. Структурное моделирование объектов и систем управления с распределенными параметрами : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Упр. и информатика в техн. системах" / Э. Я. Рапопорт ; Э. Я. Рапопорт. – Москва : Издательство "Высшая Школа", 2003. – 302 с. – ISBN 5–06–004694–X. – EDN QMMNDD.
2. Гридневский, М. П. Оптимизация процесса технологического нагрева нефтепродуктов при транспортировке / М. П. Гридневский, Е. Е. Вертьянов, Ю. А. Тычинина // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : Материалы VI Всероссийской научно–практической конференции, Самара, 29 марта 2024 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 7–10. – EDN OSKHMZ.
3. Бочкарева И.С., Тычинина Ю.А., Тычинин А.В. Синтез системы управления по возмущению объектом с распределенными параметрами// Вестник СамГТУ, сер. Технические науки: Самара, 2023, №1 (т. 31). С.6–20.

О ВОЗМОЖНОСТИ ОПИСАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ АКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СЛОЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ НА ПРИМЕРЕ НАУЧНЫХ КОЛЛЕКТИВОВ ПРЕДПРИЯТИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА

Черкасская Е.Е.

АО «РКЦ «Прогресс», г. Самара

Аннотация: рассматривается задача описания и прогнозирования поведения активных элементов в сложных организационных системах на примере научно–производственных коллективов. Показаны ограничения применения классических методов прогнозирования. Проведен анализ существующих подходов. Предложен подход, основанный на использовании методов кластерного анализа для выявления групп элементов с близкими характеристиками и последующего описания их поведения с помощью матриц переходных вероятностей. Введена гипотеза локальной однородности поведения элементов внутри кластеров. Обоснована возможность использования агрегированных оценок для повышения устойчивости прогнозирования в условиях ограниченности данных. Определены условия применимости предложенного подхода и его ограничения.

Ключевые слова: прогнозирование, научно–производственные коллективы, активные элементы, кластер состояния, сложные организационные системы, матрица переходов, переходные вероятности.

В современных условиях развитие региональной промышленности тесно связано с инновационной деятельностью, важнейшими участниками которой выступают научно–производственные коллективы и профильные предприятия. Именно результаты их работы оказывают заметное влияние на темпы технологического обновления, уровень конкурентоспособности и способность промышленного сектора адаптироваться к новым требованиям [1].

Особенность рассматриваемой сферы состоит в том, что эффект текущих исследований проявляется не сразу. Между началом научной работы и ее практическим внедрением обычно существует временной интервал. По этой причине задачи оценки текущего состояния и прогнозирования поведения научных коллективов приобретают прикладное значение, поскольку позволяют своевременно корректировать направления развития с учетом перспективных потребностей предприятия и региона [2].

Формализованное описание подобных объектов связано с рядом трудностей. Научная деятельность характеризуется высокой степенью неопределенности, зависимостью от человеческого фактора, влиянием внешней среды и сложностью количественной оценки промежуточных результатов. Вследствие этого существующие методы прогнозирования не всегда обеспечивают необходимую точность применительно к инновационной сфере [3; 4].

С позиций системного анализа научно–производственные коллективы могут рассматриваться как самоорганизующаяся система, элементы которой взаимодействуют между собой, реагируют на внешние воздействия и изменяют собственные модели поведения. При этом существенная часть внутренних характеристик системы недоступна прямому наблюдению. Это ограничивает возможности применения классических детерминированных моделей.

Дополнительной особенностью является инерционность исследовательских процессов: значимые изменения результатов часто фиксируются лишь на относительно крупных временных интервалах. Кроме того, для многих инновационных подразделений отсутствуют длительные ряды наблюдений, достаточные для устойчивого статистического анализа [1]. В результате использование традиционных методов прогнозирования, основанных только на исторических данных, оказывается затруднительным [4].

Вместе с тем можно исходить из предположения, что элементы системы, обладающие сходными характеристиками и функционирующие в близких условиях, нередко демонстрируют сопоставимые реакции на внешние изменения. Например, защите диссертационной работы предшествует публикация научных статей. А в случае нехватки информации по отдельному объекту неопределенность может частично компенсироваться использованием агрегированных данных по близким объектам системы с учётом их состояния.

Производственная деятельность, как правило, строится на регламентированных процедурах, устойчивых технологических связях и повторяемых операциях, благодаря которым заготовки превращаются в детали, из которых потом собираются узлы и изделия. Благодаря этому для ее анализа часто используются количественные методы, в том числе модели временных рядов и иные инструменты статистического прогнозирования.

Научная деятельность имеет иную природу. Она связана с поиском новых решений, выдвижением и проверкой гипотез, поэтому итоговые результаты зависят не только от формальных показателей, но и от квалификации участников, характера взаимодействия в коллективе, доступности оборудования, организационной среды и других обстоятельств.

Следовательно, научно–производственные коллективы целесообразно рассматривать как неоднородные системы, где сочетаются два типа процессов: сравнительно устойчивые производственные и более изменчивые исследовательские. Это усложняет выбор универсальных средств прогнозирования.

К числу распространенных инструментов относятся методы анализа временных рядов. Их применение оправдано в тех случаях, когда имеется достаточный объем наблюдений, а внешние условия не претерпевают резких изменений. Вероятностные модели позволяют дополнительно учитывать неопределенность параметров и наличие шумов в данных [5].

В сфере научной деятельности использование подобных методов ограничивается небольшим количеством наблюдений, нерегулярностью поступления данных и влиянием факторов, которые сложно измерить напрямую. По этой причине сохраняют значение экспертные подходы, основанные на профессиональных оценках и сценарном анализе, к которым относятся форсайт–исследования, применяемые при определении перспектив научно–технологического развития [6].

Существенное значение имеет и характер внутренних связей между участниками коллектива. Как отмечается в работе [7], поведение экономической системы определяется не только характеристиками отдельных элементов, но и структурой отношений между ними. Для научно–производственной среды это является актуальным, поскольку значительная часть результатов достигается совместной работой, наиболее распространённым примером являются совместные публикации.

Перспективными являются и гибридные методы, сочетающие машинное обучение, ассимиляцию данных и оценку неопределенности. Подобные подходы рассмотрены в [8], но перенос таких моделей в социально–экономическую среду требует дополнительной адаптации.

В рамках предлагаемого автором подхода совокупность научных коллективов рассматривается как множество активных элементов, каждый из которых описывается набором количественных признаков, например, количество публикаций в изданиях различного уровня, патентов, наград, участие в мероприятиях, защиты диссертационных работ, кадровый потенциал и др. После приведения данных к сопоставимому масштабу (параметрическая настройка модели) возможно выделение групп сходных объектов методами кластерного анализа.

Рабочая гипотеза автора состоит в том, что элементы одного кластера в сходных условиях демонстрируют близкие поведенческие реакции. Тогда динамика системы может быть представлена как последовательность переходов между состояниями. Для каждой выделенной группы могут быть построены матрицы переходных вероятностей P_{ij} , оцениваемые на основе наблюдаемых изменений состояния элементов. Научно–производственный коллектив, оказавшись в состоянии S_i , на следующем этапе своего развития может оказаться в состоянии S_j с вероятностью P_{ij} , которая определяется отношением числа ij –переходов к общему числу переходов, которые совершали научно–производственные коллективы на рассматриваемом множестве.

Использование агрегированных оценок позволяет частично компенсировать недостаточность данных по отдельным объектам. Эффективность такого подхода определяется качеством выбранных признаков, корректностью кластеризации и относительной устойчивостью исследуемого процесса.

Таким образом, разработка методов прогнозирования поведения научно–производственных коллективов с учетом ограниченности данных, структурной неоднородности и высокой неопределенности представляет, как научный, так и прикладной интерес. Применение комбинированных моделей, объединяющих статистические, экспертные и кластерные методы, способно повысить достоверность прогнозных оценок и эффективность управления инновационным развитием предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герасимов К.Б. Анализ и прогнозирование показателей инновационной деятельности в отраслях Российской Федерации // BENEFICIUM. 2025. № 4(57). С. 27–36. DOI: 10.34680/BENEFICIUM.2025.4(57).27–36.
2. Суровцев И.М. Разработка экспертно–аналитической системы прогнозирования социально–экономической динамики новых территорий Российской Федерации на базе концептуальной модели // Новое в экономической кибернетике. 2025. № 4. С. 273–285. DOI: 10.5281/zenodo.18048795.
3. Шульженко С.Н., Шульженко Н.А., Сорвина О.В. Системный анализ внедрения инновационных нанопроизводств в структурах низкорентабельных промышленных предприятий // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 1 (109). – С. 16–28.
4. Чеботарев В.С., Голубев С.С., Губин А.М., Романенко Н.Ю. Методические и практические рекомендации по повышению качества прогнозов инновационного развития науки, технологий и техники // Научные проблемы водного транспорта. 2024. № 80. С. 175–195. doi:10.37890/jwt.vi80.526.
5. Murphy K.P. Probabilistic Machine Learning: An Introduction. Cambridge, MA: MIT Press, 2022.

6. Соколов А.В., Чулок А.А. Форсайт как инструмент формирования научно–технологической политики // Форсайт. 2022. Т. 16, № 1. С. 6–17. DOI: 10.17323/2500–2597.2022.1.6.17.

7. Клейнер Г.Б. Системная экономика: шаги развития // Экономическая наука современной России. 2022. № 4. С. 7–18.

8. Cheng S., Chen J., Arcucci R. et al. Machine learning with data assimilation and uncertainty quantification for dynamical systems: a review // Annual Review of Fluid Mechanics. 2024. Vol. 56. P. 123–150. DOI: 10.1146/annurev–fluid–121021–025930.

РЕАЛИЗАЦИЯ КВАНТОВОГО АЛГОРИТМА ПОИСКА

Федорова О.Н., Никульников Н.В.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье рассмотрен один из вариантов реализации квантового алгоритма поиска.

Ключевые слова: квантовый алгоритм, вентиль, оракул, оператор диффузии

Рассмотрим реализацию квантового алгоритма поиска в неструктурированной базе данных размера $N = 2^4 = 16$. Целевое состояние: $|0000\rangle$.

Квантовый алгоритм находит ответ за 3 шага с вероятностью $\sim 96\%$. Первая функциональная группа создает квантовое состояние, в котором все возможные решения существуют на равных условиях в вероятностном эквиваленте. Математически это выполняется управлением вентилем Адамара на каждом из четырех кубитов, которые изначально находятся в нулевом состоянии. Вентиль Адамара равномерно приводит некоторые состояния в равновесие, создавая суперпозицию базовых условий, где каждое имеет амплитуду, равную единице, делённой на корень из шестнадцати. После применения гейтов Адамара детерминированное состояние «все нули» рассеивается в квантовый туман, где одновременно присутствуют все двоичные комбинации от нуля до пятнадцати с равными вероятностными весами.

Оракул представляет из себя квантовый «черный ящик», он умножает амплитуду искомого состояния на -1 , оставляя все оставшиеся пятнадцать состояний неизменными. Поиск состояния, состоящего из одних нулей, осуществляется в три этапа. Первоначально все кубиты инвертируются с помощью вентиля X, превращая состояние, состоящее из одних нулей, в состояние, состоящее из одних единиц (т. е. представляющее состояние, в котором мы хотим искать все единицы). Эта инверсия необходима, поскольку в квантовых компьютерах большинство многокубитных условных операций будут работать с кубитом со значением 1. На следующем этапе используется вентиль «многоуправляемый Z», который инвертирует фазу состояния, в котором все управляющие кубиты имеют значение 1. Используются три вентиля: Адамара на целевом кубите, многокубитный условный вентиль X, еще один вентиль Адамара на том же целевом кубите. Многоуправляемый вентиль X с несколькими управлениями (часто называют вентилем Тоффоли) – применяет вентиль X к

целевому кубиту только в том случае, если все три управляющих кубита находятся в состоянии 1. Третий шаг – это возвращение кубитов в исходный базис путем повторного применения вентилей X , что гарантирует, что фазовая метка будет применена к целевому состоянию, состоящему из одних нулей, а не к вспомогательному состоянию, состоящему из одних единиц.

С точки зрения математики, оракул – это унитарный оператор, который равен единичной матрице, из которой вычли удвоенный проектор на то состояние, которое ищем. При этом у него есть собственные значения: для всех состояний, кроме нужного, это плюс единица, а для искомого – минус единица. После того, как оракул подействует, общая средняя амплитуда всех состояний немного снижается. Это происходит потому, что один из шестнадцати векторов теперь указывает в сторону, противоположную остальным, и это частично компенсирует их общую сумму.

Оператор диффузии, который ещё называют инверсией относительно среднего, является главной частью алгоритма Гровера, и именно он даёт ему преимущество в вычислениях. С математической точки зрения оператор диффузии работает так: он отражает вектор амплитуд относительно их среднего значения. В итоге состояния, у которых амплитуда больше средней, увеличивают её ещё сильнее, а те, у которых амплитуда меньше средней, наоборот, уменьшают.

Когда оракул срабатывает, амплитуда искомого состояния становится отрицательной, а это значит, что она опускается ниже среднего. Оператор диффузии инверсирует эту амплитуду относительно среднего, и таким образом превращает отрицательное отклонение в положительное, причём значительно более сильное. В то же время амплитуды всех остальных состояний, которые изначально были немного выше среднего, начинают подавляться. После того, как алгоритм Гровера пройдёт три итерации (каждая из них включает последовательное использование оракула и диффузии), система переходит из квантового состояния в обычный, классический результат с помощью измерения. Измерительные вентили действуют так: они проецируют каждый кубит на один из двух базовых векторов – либо ноль, либо единицу. Вероятность этого зависит от квадрата модуля его амплитуды. Поскольку после трёх итераций амплитуда нужного состояния значительно усилилась и стала почти равной единице, то с вероятностью примерно в девяносто шесть процентов измерение покажет именно ту битовую строку, которую ищем – «ноль–ноль–ноль–ноль». Остальные же примерно четыре процента приходятся на те пятнадцать

состояний, которые не нужны. Это объясняется самой природой квантовых алгоритмов: для четырёх кубитов трёх итераций ещё недостаточно для идеальной точности, но она уже очень близка к ней, а с увеличением итераций будет стремиться к ней асимптотически.

На рисунке приведен результат работы программы. Симулятор проводит 8192 отдельных эксперимента, чтобы собрать достаточно надёжную статистическую выборку. Затем все эти результаты собираются вместе в одну частотную таблицу. В ней искомое состояние преобладает с огромным отрывом от всех остальных.

```
АЛГОРИТМ ПРОБРА ДНЯ КЛУБИТОВ
=====
количество состояний 16
количество итераций 8

1. Создание суперпозиции...
2. Итерация 0: бракуи - диффузия...
2. Итерация 1: бракуи - диффузия...
2. Итерация 2: бракуи - диффузия...
3. Измерения...
4. Запуск симуляции (8192 экспоним-та)...

=====
РЕЗУЛЬТАТЫ:
=====

Top состояний:
0000 = 0: 7875 раз ( 96.1%) 
1000 = 3: 23 раз ( 0.3%) 
1100 = 12: 27 раз ( 0.3%) 
0100 = 4: 25 раз ( 0.3%) 
1001 = 2: 24 раз ( 0.3%) 
1011 = 11: 23 раз ( 0.3%) 
0101 = 5: 22 раз ( 0.3%) 
0010 = 1: 20 раз ( 0.3%) 

Искомое состояние: 0000;
Вероятность правильного ответа: 96.1%
```

Рисунок – Результат работы программы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тырышкин, С. Ю. Квантовые вычисления: развивающаяся экосистема и примеры использования в промышленности / С. Ю. Тырышкин // Перспективы науки. – 2025. – № 7(190). – С. 56–62. – EDN AIGDET.

СЕКЦИЯ 5

Современные системы обеспечения движения поездов

УДК 656.256.3

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ АВТОБЛОКИРОВКИ АБЧК И АБТЦ–МШ

Кутенков М.С.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье представлен сравнительный анализ традиционных релейных систем автоблокировки числового кода (АБЧК) и современных микропроцессорных систем с тональными рельсовыми цепями (АБТЦ–МШ). Рассмотрены конструктивные отличия, показатели надежности и функциональные возможности систем. Обоснована эффективность внедрения АБТЦ–МШ для повышения пропускной способности и безопасности движения поездов на полигоне ОАО «РЖД».

Ключевые слова: автоблокировка, АБТЦ–МШ, АБЧК, тональные рельсовые цепи, безопасность движения, пропускная способность.

Введение. В условиях роста грузо– и пассажиропотоков на железнодорожном транспорте Российской Федерации ключевой задачей становится повышение пропускной способности участков и обеспечение безопасности движения. Основным средством интервального регулирования на перегонах является автоблокировка. В настоящее время на сети ОАО «РЖД» эксплуатируются различные типы систем, однако наиболее массовыми остаются автоблокировка числового кода (АБЧК) и перспективная автоблокировка с тональными рельсовыми цепями микропроцессорная (АБТЦ–МШ). Переход на цифровые технологии требует объективной оценки эффективности новых решений по сравнению с устаревшими релейными аналогами.

Постановка задачи. Целью работы является сравнительный анализ технических и эксплуатационных характеристик систем АБЧК и АБТЦ–МШ. Необходимо выявить преимущества микропроцессорных систем в части надежности, функциональности и экономическую целесообразность их внедрения на современных участках железной дороги, включая участки с интенсивным движением (МЦК, МЦД, Восточный полигон).

Методы решения задачи. Для проведения исследования использован метод сравнительного анализа паспортных данных систем, результатов опытной

эксплуатации и статистических показателей надежности. Оценка проводилась по следующим критериям: элементная база, способ контроля занятости участка, интервал попутного следования, затраты на техническое обслуживание и устойчивость к внешним воздействиям.

Анализ полученных результатов. Традиционная автоблокировка числового кода (АБЧК) базируется на кодовых рельсовых цепях, где закодированное сообщение поступает на локомотив в виде импульсов. Несмотря на отработанность технологии, система имеет ряд существенных недостатков, касающихся функциональных возможностей, надежности, безопасности и экономики эксплуатации [4].

В отличие от АБЧК, система АБТЦ–МШ использует тональные рельсовые цепи с микропроцессорными блоками контроля. Сравнительные характеристики систем приведены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение систем автоблокировок

Характеристики и функции систем	Тип АБ	
	АБЧК	АБТЦ–МШ
Элементная база	Релейная	Микропроцессорная
Средства обеспечения контроля проследования поезда по перегону	Релейные схемотехнические решения	Программное обеспечение
Рельсовые цепи	Кодовые рельсовые цепи	Тональные рельсовые цепи с микропроцессорными блоками контроля РЦ
Изолирующие стыки	+	–
Перегон	Фиксированные блок участки	Фиксированные/ подвижные блок участки
Размещение аппаратуры	децентрализованное	централизованное
Проходные светофоры	есть	Есть/нет
Интервал, мин	8	4
Блокирование (деблокирование) светофора на перегоне для ограждения места производства работ	Нет	Есть
Наличие дублирующего канала связи	Нет	Предусматривается радиоканал

Анализ данных таблицы и результатов современных исследований показывает кардинальные отличия систем. Преимущества АБТЦ–МШ заключаются в следующем:

Совершенствование алгоритмов. Использование микропроцессорной техники обеспечивает продвинутые алгоритмы обработки сигналов, повышая устойчивость функционирования системы при воздействии помех. Расширяются функциональные возможности по сравнению с релейными системами, ограниченными схемными решениями.

Надежность. Исследования эксплуатационной надежности на полигоне Красноярской железной дороги показывают, что система АБТЦ–МШ обладает лучшими показателями наработки на отказ на один километр пути (28,57 год·км) по сравнению с системами АБЧК (22,73 год·км) [2].

Функциональность и экономика. Эффективность системы определяется ростом функциональности с 9 функций (для массово эксплуатируемой системы ЧКАБ с режимом АЛСН) до 33 функций в АБТЦ–МШ. Внедрены технологии подвижного блок–участка, защитные участки разной длины и логическое резервирование. Эксплуатационные затраты снижаются за счет уменьшения количества операций технического обслуживания с 29 до 8 [3].

Капитальные затраты. Внедрение АБТЦ–МШ позволяет уменьшить количество напольного оборудования (светофоров, кабеля), сократить сроки проектных и монтажных работ, а также уменьшить производственную площадь в релейных помещениях [1].

Пропускная способность. Сокращение интервала попутного следования поездов с 8 до 4 минут позволяет теоретически повысить пропускную способность участка до 50 %. За счет использования коротких рельсовых цепей (средней длиной 250 м) местонахождение поезда определяется с высокой точностью [5].

Практическое приложение результатов. Опыт эксплуатации автоблокировки АБТЦ–МШ на участках Московского центрального кольца (МЦК), Московских центральных диаметров (МЦД) и Восточного полигона подтвердил ее эффективность. Централизованное размещение аппаратуры в шкафах монтажных (19–дюймовых) является несомненным достоинством системы, так как уменьшается время на устранение и поиск отказа (не требуется выезд на перегон, как в АБЧК). Кроме того, шкафное размещение обладает более высокой защищенностью от электромагнитных воздействий, что обеспечивает электромагнитную совместимость (ЭМС) и повышает культуру работы сотрудников при обслуживании.

Выводы. Современная автоблокировка с тональными рельсовыми цепями, централизованным размещением аппаратуры и дублирующими каналами передачи информации (АБТЦ–МШ) является наиболее перспективным вариантом интервального регулирования движения поездов на сети Российских железных дорог. Переход на микропроцессорные системы обеспечивает качественный скачок в

безопасности, надежности и эффективности перевозочного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Розенберг Е. Н., Марков А. В., Озеров А. В. Цифровые технологии пропуска по перегонам и станциям – основа организации движения на Московских центральных диаметрах // Автоматика на транспорте. 2023. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-tehnologii-propuska-po-peregonam-i-stantsiyam-osnova-organizatsii-dvizheniya-na-moskovskih-tsentralnyh-diametrah> (дата обращения: 15.01.2026).
2. Гордиенко Д. Э., Вигандт С. А. Сравнение показателей эксплуатационной надежности систем автоблокировки // Молодежная наука: труды XXVII Всерос. студен. науч.–практ. конф. (Красноярск, 20 апреля 2023 г.). Красноярск: КРИЖТ ИрГУПС, 2023. Т. 1. С. 50–54.
3. Мишарин А. С., Шабалин Н. Г., Бушуев С. В. Оценка перспективы сокращения межпоездных интервалов за счет применения новых технологий интервального регулирования // Транспорт Российской Федерации. 2024. № 2. С. 11–17.
4. Фёдоров Н. Е. Релейные и микроэлектронные системы интервального регулирования движения поездов: учеб. пособие для студентов спец. «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте». Ч. 1. Самара: СамГАПС, 2006. 150 с.
5. Белоголов Ю. И. Увеличение пропускной способности участка Слюдянка–1 – Улан–Удэ за счет построения оптимальной модели движения поездов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2023. № 1 (77). С. 94–105. DOI 10.26731/1813–9108.2023.1(77).94–105.

УДК 621.332.3

ДИАГНОСТИКА КОНТАКТНОЙ СЕТИ С ПОМОЩЬЮ «УМНЫХ» ДАТЧИКОВ

Топорова Н.Л.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: контактная сеть – один из наиболее уязвимых элементов железнодорожной инфраструктуры. Её неисправности вызывают задержки и многомиллионные убытки, поэтому традиционные методы осмотра заменяют интеллектуальными системами мониторинга.

Ключевые слова: контактная сеть, диагностика, умные датчики.

Основная задача хозяйства электроснабжения железных дорог – гарантированное энергообеспечение перевозочного процесса. Контактная сеть – один из наиболее уязвимых элементов железнодорожной инфраструктуры, подверженная колоссальным нагрузкам и воздействию окружающей среды, неисправности которой, вызывают задержки и многомиллионные убытки. В связи с этим критически важна регулярная диагностика контактной сети.

Надежность токосъема – ключевое условие для работы электрифицированного транспорта. Из анализа отчета дирекции по энергообеспечению, повреждения проводов и тросов, зажимов и деталей, контактной сети на одном из участков железных дорог вызвали 269,83 часа потерь поездо–часов [1].

Традиционные методы диагностики, основанные на визуальных осмотрах и ручном сборе данных, периодических объездах специальными вагонами-лабораториями не позволяют оперативно реагировать на внезапно возникающие дефекты или отслеживать динамику их развития [4]. Им на смену приходят «умные» датчики и цифровые двойники, способные в режиме реального времени предупреждать аварии и оптимизировать ремонты [5].

Сейчас активно развивается данное направление, Россия внедряет собственные инновационные разработки. Стратегия развития ОАО «РЖД» до 2030 года задала масштабную цифровую трансформацию, ставшую переломным этапом для компании [2]. Приоритетная цель – внедрение автоматизированных систем, которые должны не только выявлять уже возникшие неисправности, но и заблаговременно прогнозировать потенциальные проблемы.

Специалисты АО «ВНИИЖТ» создали информационно-диагностическую систему «АРКУС» – один из флагманских проектов в этой сфере. В 2024 году система прошла госрегистрацию и стала полноценным цифровым двойником опорных и

поддерживающих конструкций контактной сети, позволяя эффективнее отслеживать их состояние [3].

Работа системы построена на автоматизации сбора и обработки данных. Электромеханик, находясь на линии, фиксирует состояние опор с помощью планшета с предустановленным ПО. Внесённая информация проверяется на достоверность и автоматически привязывается к точным GPS – координатам. Каждой опоре присваивается цветовой код: зеленый (норма), желтый (дефектная) или красный (остродефектная). Вся информация стекается в единую базу в реальном времени, позволяя диспетчерам и ответственным службам видеть актуальную картину состояния сети на карте.

«АРКУС» не просто собирает данные, она автоматизирует планирование, система подсказывает:

- когда необходимо провести очередное обследование или капитальный ремонт;
- прогнозирует остаточный ресурс конструкций.

Это исключает влияние человеческого фактора и позволяет перейти от планово-предупредительных ремонтов к обслуживанию по фактическому состоянию, что значительно экономит средства. Разработка выполнена полностью на отечественном ПО, в будущем её функционал планируется адаптировать для нужд ПАО «Россети».

Параллельно со стационарной диагностикой инфраструктуры развиваются и бортовые системы мониторинга. Так, пензенская компания «Импульс–Атом», разрабатывает уникальный программно-аппаратный комплекс для локомотивов. Система проецирует ключевые параметры работы токоприемника прямо на лобовое стекло кабины машиниста. В режиме реального времени прибор замеряет наличие электрической дуги, износ контактов и напряжение в сети. Это позволяет машинисту мгновенно реагировать на неполадки, не отвлекаясь от наблюдения за путем. Генеральный директор компании Валерий Чуйков поясняет: «Прибор предупредит, например, что «токоприемники изношены, нужно пройти техобслуживание». Это помогает предотвратить перегорание контактного провода и другие серьезные аварии. В декабре 2025 года опытный образец успешно прошел испытания на электровозе К. дороги, и спрос только на этом полигоне оценивается в тысячу устройств.

Другая распространенная проблема – разрушение высоковольтных контактных соединений из-за перегрева. Появление оксидной пленки увеличивает сопротивление, что ведет к лавинообразному нагреву и в итоге – к обрыву провода или возгоранию.

Для решения этой проблемы самарская компания ООО «ВольтКонтроль» разработала систему «СмартТермо». Это комплекс миниатюрных датчиков, которые крепятся непосредственно на токоведущие части, находящиеся под высоким напряжением. Уникальность датчиков в том, что они не требуют батареек: они питаются от энергии магнитного поля, возникающего вокруг провода с током. Измеренные данные о температуре по беспроводному радиоканалу передаются на контроллер, который при превышении порога мгновенно сигнализирует о проблеме. Система уже успешно функционирует на объектах «МРСК Центра» («Воронежэнерго») и «НОВАТЭК–ЮРХАРОВНЕФТЕГАЗ», подтверждая свою эффективность.

Также важна проблема обледенения проводов, она особенно актуальна для России. Ведется активная работа по автоматизации систем обнаружения гололеда. Использование датчиков, реагирующих на изменение веса провода или другие параметры, позволяет выявить образование наледи на самой ранней стадии и оперативно принять меры, избегая перебоев в движении и дорогостоящих последствий. Опыт внедрения умных датчиков в диагностику контактной сети в России демонстрирует уверенный переход от реактивного обслуживания к предиктивной аналитике. Такие разработки, как «АРКУС», бортовые системы «Импульс–Атом» и термодатчики «СмартТермо», не только повышают безопасность и надежность перевозок, но и закладывают основу для технологического суверенитета страны в сфере железнодорожной автоматизации. Цифровизация электрических магистралей продолжается, и в ближайшие годы нас ждет появление еще более совершенных комплексов, способных самостоятельно управлять состоянием сложных инфраструктурных объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ работы дирекции по энергообеспечению за декабрь и 12 месяцев 2024 года и за август и 8 месяцев 2025 года
2. Стратегия развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 года. – URL: <https://www.mintrans.ru/documents/2/1010> (дата обращения: 07.03.2026).
3. ГОСТ 34832–2022 «Средства технического диагностирования и мониторинга объектов электроснабжения высокоскоростных железнодорожных линий. Общие технические требования»
4. Методика бесконтактной диагностики положения проводов контактной сети электрифицированных железных дорог Гаранин М.А., Фроленков С.А. Известия Транссиба. 2020. №4 (44). С. 48–56.
5. Анализ отказов устройств контактной сети с учетом их динамики Харитонов Т.В., Фроленков С.А. Транспортное дело России. 2024. №6. С. 236–238

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОВОЗА 2ЭС6 ДЛЯ РАБОТЫ С ПНЕВМООЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНОЙ ПОМ–1М

Вербицкий А.В., Третьяков Е.А.

Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск

Аннотация: в статье представлены схемные решения эксплуатации электровоза 2ЭС6 с путевой обдувочной машиной ПОМ–1М. Разработан фрагмент силовой схемы электрической части грузового электровоза 2ЭС6 для подключения пневмообдувочной машины. Представлены технические требования к коммутационной аппаратуре, необходимой для модернизации силовой схемы. Приведено описание принципов управления пневмообдувочной машиной при движении электровоза 2ЭС6. Практическая значимость: реализация представленных схемных решений с последующей разработкой системы управления для электровоза 2ЭС6 позволит снизить затраты топливно–энергетических ресурсов по сравнению с тепловозной тягой на очистку путей от снега и применения подвижного состава нового поколения на смену локомотивов, жизненный цикл которых подходит к концу.

Ключевые слова: ключевые слова, электроподвижной состав, тяговый электрический двигатель, снегоборьба, имитационная модель, пневмообдувочная машина слова.

Введение. В настоящее время на Западно–Сибирской железной дороге уделяется большое внимание поддержанию путевого хозяйства, а именно очистке верхнего строения пути, стрелочных переводов, на перегоне, станциях, путях локомотивного депо в зимний период от снега.

Вопросами модернизации тягового подвижного состава для работы в сцепе с пневмообдувочной машиной ПОМ–1М занимались многие отечественные исследователи. Наиболее освещенной темой под нужды снегоборьбы является модернизация тепловозов. В работах [1–3] приводятся схемные решения по обеспечению эксплуатации пневмообдувочной машины в сцепе с тепловозами, которые обеспечивают снижение расхода топливно–энергетических ресурсов в соответствии [4].

Ввиду того, что пневмообдувочная машина является самоходной подвижной единицей, для ее эксплуатации применяют отдельные тяговые единицы. На текущий момент известны несколько способов формирования способов формирования рабочего поезда с электровозом. Были разработаны схемы формирования рабочего поезда с электровозами ВЛ11, ВЛ60 и ВЛ10 [5]. В связи со скорым завершением жизненного цикла вышеупомянутых локомотивов, возникает актуальность проведения модернизации электровозов нового поколения 2ЭС6 для эксплуатации с ПОМ–1М. Суть практической проблемы эксплуатации ПОМ–1М с электровозом 2ЭС6 заключается в отличии электрооборудования, установленного на подвижном составе нового поколения от старых электровозов.

2ЭС6 «Синара» является наиболее схожим по конструкции, схемам силовой, цепей управления, вспомогательных машин электровоза ВЛ10, однако невозможно применить уже разработанные инженерные решения по модернизации электрической части электровоза, подключению и эксплуатации 2ЭС6 с ПОМ–1М ввиду существенных различий с ВЛ10.

Целью исследования является, фрагмент которого представлен в данной статье, является модернизация электровоза 2ЭС6 для работы с ПОМ–1М.

Методы. Эксплуатация ПОМ–1М с электровозом 2ЭС6 реализуется аналогично схеме, приведенной на рисунке 1. Это позволит одной локомотивной бригаде или машинисту в одно лицо управлять как ведущим локомотивом, так и работой пневмообдувочной машины, минимизировав затраты.

Для построения электрической схемы была разработана схема подключения пневмообдувочной машины к пусковым реостатам головной секции электровоза 2ЭС6. Фрагмент схемы представлен на рисунке 2.

Для реализации подключения ПОМ–1М предполагается выполнить следующее (без учета кабелей) (рисунок 2): установить три дополнительных контактора ПК–32А ЭТ КР1, КР2, КР3, датчик напряжения ПНКВ–1–1А, мегаомметр МГМ–1, датчик напряжения ПНКВ–2 для вывода характеристик на монитор МПСУиД, шунты измерительные М911.1–75.300А 4 (UZP1, USP2).

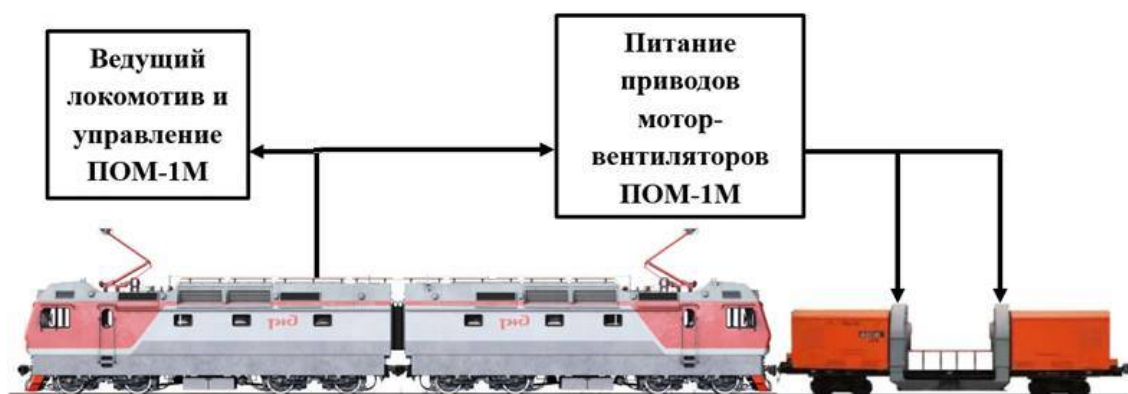


Рисунок 1 – Схема формирования рабочего поезда «электровоз–ПОМ–1М»

Для приведения рабочего поезда в работу предлагается следующий порядок действий: произвести подключение штепселей ПОМ–1М к высоковольтным розеткам междувагонного соединения электровоза 2ЭС6; поднять токоприемник локомотива;

подготовить цепь для питания двигателей ПОМ–1М переключив контакторы КР1, КР2 (рисунок 2) в положение «замкнуто», переключатели для отключения тяговых двигателей, расположенных на пульте машиниста перевести в положение «ОТКЛ.»; с помощью рукоятки управления на пульте машиниста набрать максимальные обороты вращения электродвигателей привода вентиляционной установки ПОМ–1М; вывести из цепи питания пусковые реостаты переключив контактор КР1 в положение «замкнуто», КР2, КР3 в положение «разомкнуто»; переключатели для отключения тяговых двигателей, расположенных на пульте машиниста перевести в положение «ВКЛ.»; набрать позиции и привести состав в движение.

Таким образом, на первом этапе предлагается с помощью пусковых реостатов электровоза раскрутить до номинальных параметров частоты вращения и напряжения привод вентиляторов ПОМ–1М, а затем указанные пусковые реостаты использовать штатно для начала движения электровоза 2ЭС6.

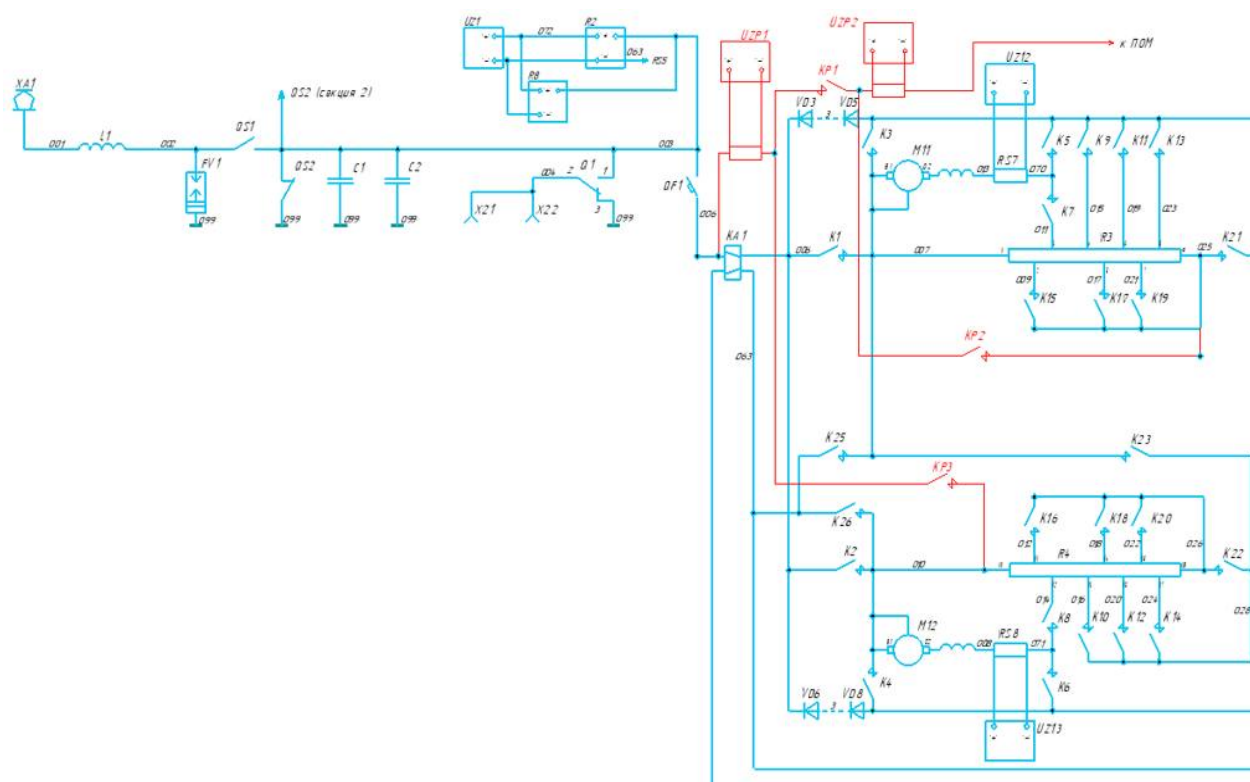


Рисунок 2 – Фрагмент электрической схемы модернизированного электровоза 2ЭС6 с ПОМ–1М

Выводы. Разработан фрагмент силовой схемы электрической части грузового электровоза 2ЭС6 для подключения пневмообдувочной машины. Представлены технические требования к коммутационной аппаратуре, необходимой для

модернизации силовой схемы. Приведено описание принципов управления пневмообдувочной машиной при движении электровоза 2ЭС6.

Практическое приложение результатов. Реализация представленных схемных решений с последующей разработкой системы управления для электровоза 2ЭС6 позволит снизить затраты топливно–энергетических ресурсов по сравнению с тепловозной тягой на очистку путей от снега и обеспечить применение подвижного состава нового поколения на смену локомотивов, жизненный цикл которых подходит к концу.

На следующем этапе исследований необходима разработка блока управления ПОМ–1М, который обеспечит плавное регулирование напряжения на двигателях и разработку систем защит от аварийных режимов, возникающих при эксплуатации электрооборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 г. Утв. распоряжением Правительства Российской Федерации 17 июня 2008 г. № 877–р. – Москва: Транспорт, 2008. – 171 с.
2. Овчаренко, С. М. Результаты эксплуатационных испытаний рабочего поезда с пневмообдувочной машиной ПОМ–1М / С. М. Овчаренко, В. А. Минаков, И. Н. Денисов // Научные основы и технологии повышения ресурса и живучести подвижного состава железнодорожного транспорта: Сборник трудов международной научной конференции, Коломна, 22 июня 2021 года. – Коломна: Акционерное общество «Научно–исследовательский и конструкторско–технологический институт подвижного состава», 2021. – С. 172–177.
3. Фоменко, В. К. Способ эксплуатации пневмообдувочной машины ПОМ1–м / В. К. Фоменко, В. А. Минаков, В. О. Носков // Инновационные проекты и технологии в образовании, промышленности и на транспорте: Материалы научной конференции, посвященной Дню Российской науки, Омск, 08 февраля 2019 года / Омск: Омский государственный университет путей сообщения, 2019. – С. 106–111. – EDN ZHAOIH.
4. Минаков, В. А. Предпосылки по совершенствованию процесса эксплуатации рабочего поезда с ПОМ–1М / В. А. Минаков, В. О. Носков, В. К. Фоменко // Транспорт Азиатско–Тихоокеанского региона / Хабаровск: Дальневосточный государственный университет путей сообщения, 2023. – № 4(37). – С. 59–64.
5. Машина пневмоочистительная ПОМ–1. Руководство по эксплуатации. – Москва: ЦП ОАО «РЖД», 2004. – 15 с.

ДИАГНОСТИКА СЕКЦИОННОГО ИЗОЛЯТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ RFID-МЕТКИ

Харитонов Т.В., Ефимов М.Ю.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: в статье представлен анализ существующих способов диагностики секционных изоляторов контактной сети электрифицированных железных дорог. Предложен новый способ определения выхода из крепления контактного провода.

Ключевые слова: диагностика, секционный изолятор, контактная сеть, отказ, RFID-метка.

Введение. Контактная сеть электрифицированных железных дорог является важнейшей составляющей перевозочного процесса [1]. От состояния контактной сети напрямую зависит качество токосъема, а, следовательно, скорость движения.

Для надежности и удобства выполнения ремонтных работ, а также для осуществления профилактических работ без остановки движения поездов, всю контактную сеть разбивают на отдельные секции, которые электрически не зависят друг от друга. Отключение одной из секций не влечет прекращения подачи напряжения на смежные секции. Такое деление осуществляется посредством установки специального секционного изолятора (рис. 1). Данный вид изолятора является узко специализированным и представляет из себя две полимерные трубки, выполненные из изоляционного материала, обеспечивающие легкое скольжение токоприемника. Для предотвращения образования электрической дуги и замыкания смежных секций, в конструкции изолятора предусмотрены дугогасящие рога, выполненные из контактного провода.



Рисунок – Общий вид секционного изолятора

Основная часть. Секционный изолятор по способу крепления относится к врезному изолятору и очень важным параметром является его качественное крепление к действующему контактному проводу. Такое крепление осуществляется зажимом, установленным сверху. Для сохранения эластичности контактной подвески на всем участке контактной сети поддерживается постоянное натяжение контактного провода, которое составляет для марки МФ100 1000даН/м.

При эксплуатации контактная сеть подвергается температурным колебаниям, при которых контактный провода растягивается и сжимается в зависимости от повышения или понижения температуры [2].

В настоящий момент существуют следующие способы диагностики секционного изолятора [3]:

1. Визуальный контроль. Выполняется в ходе осмотров при помощи бинокля или непосредственно при приближении к изолятору.
2. Ультрафиолетовый метод. Осуществляется при помощи ультрафиолетовых камер, способных увидеть коронные разряды.
3. Акустоэлектромагнитный метод. Основан на использовании широкополосных антенн и ультразвуковые микрофонов. Дает возможность дистанционной диагностики.

4. Фрактографический и спектральный анализ. Позволяет отследить усталостное разрушение металла от хрупкого или вызванного воздействием электрической дуги.

Для осуществления дистанционной диагностики и своевременного определения начавшегося отклонения контактного провода от секционного изолятора предлагается использовать RFID–метку, которая состоит из чипа, антенны, интегральной схемы и источника питания. Метка состоит из двух частей, одна – генерирует сигнал, вторая его принимает. В случае, когда внутри секционного изолятора происходит нарушение контакта между контактным проводом и корпусом изолятора такая метка потеряет сигнал от источника и появится информация о нарушении исправного состояния [4].

Заключение. Для сохранения безотказной работы секционного изолятора предлагается использовать RFID–метку, которая своевременно просигнализирует о предотказном состоянии объекта. Стоимость таких меток начинается от 50 рублей и не потребует больших затрат на внедрение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Блинкова, С. А. Повышение эффективности тягового электроснабжения за счет применения высокотехнологичных накопителей энергии / С. А. Блинкова, О. Н. Козменков // Вестник транспорта Поволжья. – 2023. – № 2(98). – С. 7–10. – EDN FMFNQZ.
2. Blinkova, S. Development of an Energy System at a Railway Station Using a Gas Turbine Power Station / S. Blinkova, M. Garanin, E. Dobrynin // Transportation Research Procedia, Novosibirsk, 25–29 мая 2020 года. – Novosibirsk, 2021. – P. 538–543. – DOI 10.1016/j.trpro.2021.02.105. – EDN OEQNNX.
3. Гаранин, М. А. Модель для расчета энергообеспеченности перевозочного процесса повышенной точности / М. А. Гаранин, Д. А. Никоноров, С. А. Блинкова // Наука и образование транспорту, Самара, 29–31 октября 2012 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2012. – С. 149–151. – EDN RLCPPJ.
4. Блинкова, С. А. Единое информационное пространство в системе электроснабжения / С. А. Блинкова, М. А. Гаранин, А. В. Скольский // Вестник транспорта Поволжья. – 2023. – № 3(99). – С. 7–12. – EDN DUTFVY.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ РЕЛЬСОВОЙ ЛИНИИ

Саблин В.С., Башаркин М.В., Астапенкова А.А., Исайчева А.Г.

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Аннотация: аппаратно–программный комплекс диспетчерского контроля с встроенной системой технической диагностики и мониторинга АПК–ДК (СТДМ) позволяет автоматизировать технологические процессы эксплуатации устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. Концепция развития и реформирования подходов в области диагностирования и мониторинга физических активов ОАО «РЖД», утверждённая распоряжением ОАО «РЖД» от 22.07.2022 N 1896/р, ставит задачи о расширении возможности диагностики применением стационарных и встроенных диагностических устройств. Авторами предлагается автоматизация технического обслуживания рельсовой линии по диагностическому признаку неравенство тяговых токов в рельсовых нитях.

Ключевые слова: техническое обслуживание, виды отказов, рельсовая линия, стационарное диагностическое устройство, встроенное диагностическое устройство, тяговый ток, коэффициент асимметрии

Минимизация ресурса ручного труда при обслуживании напольных устройств железнодорожной автоматики и телемеханики остаётся основным вектором развития цифровой трансформации технической диагностики. Разрабатываются и внедряются новые измерительные устройства, позволяющие интегрировать ручные измерения с программами сбора и хранения информации о напольных устройствах, апробируются новые программы учёта и анализа отказов активных единиц хозяйства автоматики и телемеханики. В хозяйстве автоматики и телемеханики ведётся статистика отказов по видам: производственный, конструктивный, эксплуатационный, деградационный. Анализ диаграмм Парето показывает, что наиболее трудоёмкими по техническому обслуживанию являются: аппаратура СЦБ, кабельная линия, монтаж стативов и релейных шкафов, аппаратура защиты, рельсовые линии. На рисунке 1 представлена диаграмма потерь поезд-часов от производственных отказов по элементам АиТ.

По диаграмме определено, что отказы «производственные» за год обслуживания рельсовых линий снижены более чем в 2 раза, но в предшествующий год, потери поезд-часов соизмеримы с наиболее часто встречающимися отказами, поэтому для снижения уровня отказов необходимо совершенствование технического обслуживания, в том числе с применением автоматизации технологического процесса.

Из перечисленных элементов автоматики и телемеханики на железнодорожном транспорте принципы автоматизации технического обслуживания по уровню

развития технологий применения искусственного интеллекта возможно организовать для рельсовых линий.

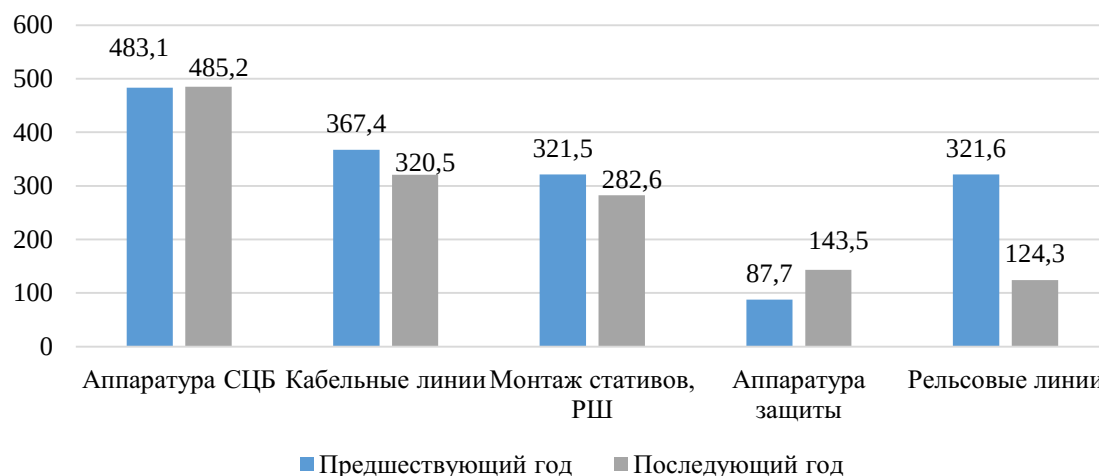


Рисунок 1 – Распределение Парето потерь поездо-часов от отказов вида «производственный»

На рисунке 2 представлена структурная схема возможных вариантов автоматизации технического обслуживания рельсовой линии. Предлагается вариант автоматизации с применением стационарных диагностических устройств и встроенных диагностических устройств с направляющей системой передачи данных – кабельные линии. Блоки хранения и обработки информации располагаются в релейных шкафах, путевых ящиках, на посту ЭЦ, в зависимости от модификации диагностических устройств [1–3]. В работах [4, 5] представлена концепция применения беспилотных летательных аппаратов при обслуживании рельсовых линий. Выбор квадрокоптеров и организация съёма информации зависит от сложности участков дистанции и задач диагностики.

Для варианта организации автоматизации ТО при применении принципа мониторинга в реальном течении времени авторами предлагается использовать диагностический признак – неравенство тяговых токов в рельсовых нитях. Для этого необходимо разработать базу неисправностей и дефектов, ранжированных по элементам рельсовой линии, влияющих на значение тягового тока в рельсовых нитях. В настоящее время организованы экспериментальные исследования по возможности интеграции в АПК–ДК (СТДМ), апробирован программный код, который диагностирует исправность рельсовой линии по коэффициенту асимметрии тягового тока в рельсовых нитях [6]. Для успешного подключения разработано и установлено: внешний последовательный интерфейс RS–485; гальваническая развязка со стороны

канала связи; программная настройка адреса устройства; программный код, реализующий протокол обмена информацией (рисунок 3).

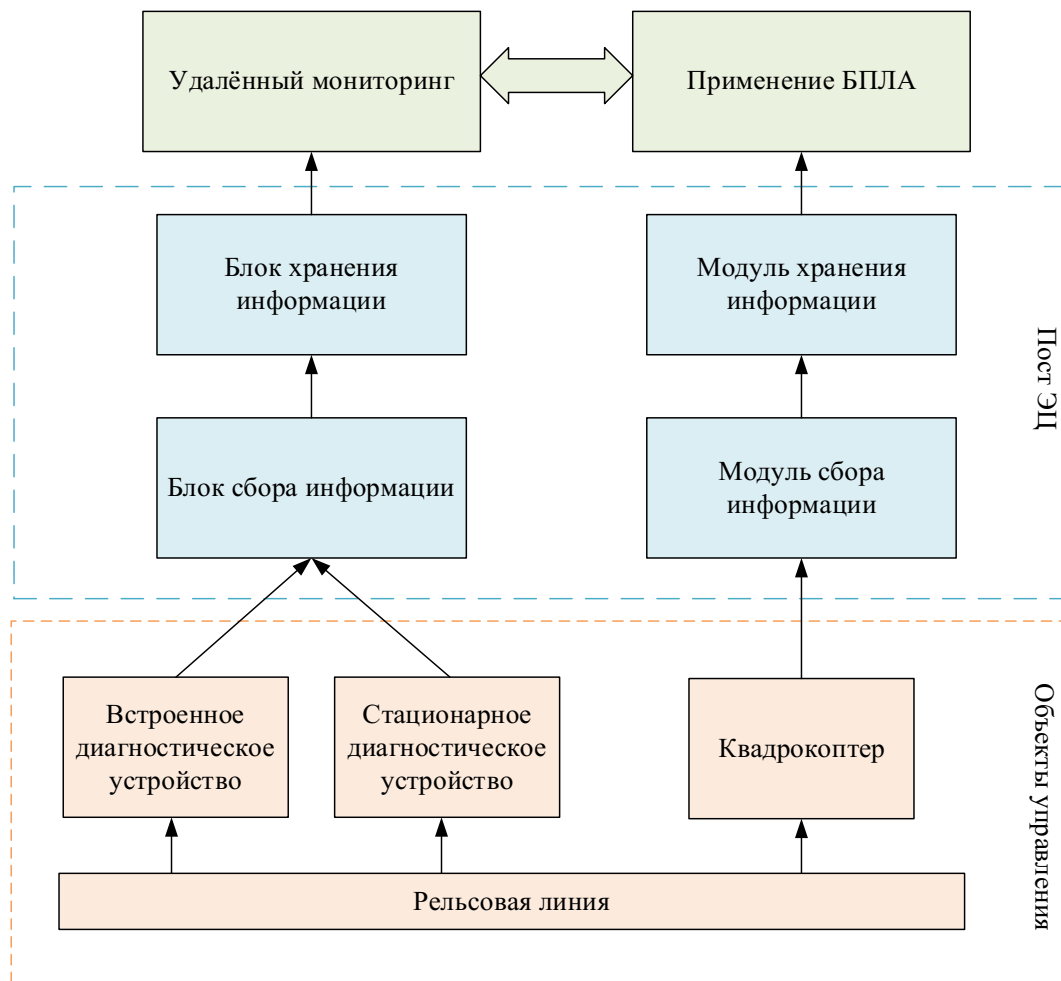


Рисунок 2 – Структурная схема возможной автоматизации технического обслуживания рельсовой линии

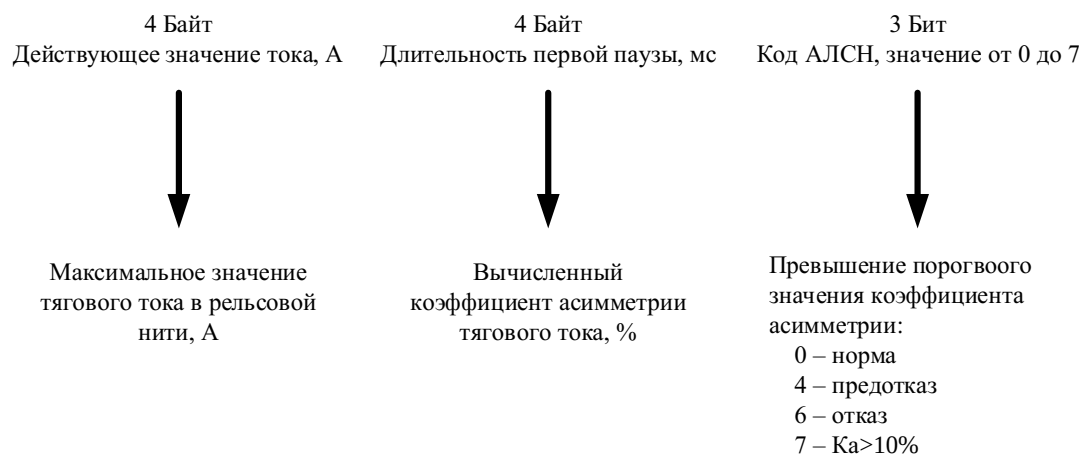


Рисунок 3 – Построение программного кода

В процессе разработки программного обеспечения главной задачей является создание простого и быстрого кода. Структурно программный код состоит из следующих частей:

- блок настройки параметров устройства, в котором задаются необходимые параметры для корректной работы устройства;
- блок инициализации устройства, содержащий набор функций, которые выполняются однократно при запуске устройства и обеспечивают инициализацию всех его систем;
- основной цикл, содержит функции, выполняющиеся непрерывно, обеспечивая основную логику работы устройства.

Результаты работы представлены на всероссийском инженерном конкурсе студентов и аспирантов с признанием получения диплома лауреата конкурса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исайчева, А. Г. Сравнительный анализ компонентов для разрабатываемого встроенного средства технического диагностирования / А. Г. Исайчева, В. С. Саблин // Вестник транспорта Поволжья. – 2025. – № 4(112). – С. 127–132. – EDN WXOGLH.
2. Башаркин, М. В. Этапы разработки процесса автоматизации измерения токов в рельсовых нитях / М. В. Башаркин, В. С. Саблин, Н. А. Исайчева // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : МАТЕРИАЛЫ VII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО–ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Самара, 04 апреля 2025 года. – Самара: Приволжский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 236–239. – EDN JEXWAI.
3. Результаты лабораторного исследования диагностического контроллера рельсовой линии / А. Г. Исайчева, А. Е. Тарасова, В. С. Саблин, А. А. Астапенкова // Наука и образование транспорту. – 2024. – № 1. – С. 196–198. – EDN YUCLGF.
4. Башаркин, М. В. Разработка системы контроля технического состояния рельсовой линии с использованием беспилотных летательных аппаратов / М. В. Башаркин, Н. А. Исайчева // Наука и образование транспорту. – 2025. – № 1. – С. 253–256. – EDN INDBSW.
5. Башаркин, М. В. Интеграция мобильного диагностического комплекса на базе беспилотного летательного аппарата в процесс технического диагностирования рельсовой линии / М. В. Башаркин, Н. А. Исайчева // Транспортные системы : Сборник трудов V Международной научно–практической конференции, Санкт–Петербург, 13–17 октября 2025 года. – Санкт–Петербург: Санкт–Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2025. – С. 44–51. – DOI 10.18720/SPBPU/2/id25–564. – EDN EOSZAV.
6. Саблин, В. С. Разработка алгоритма интеграции мониторинга тягового тока в рельсовых нитях с цифровой диагностикой рельсовых цепей / В. С. Саблин, А. Г. Исайчева // Наука и образование транспорту. – 2025. – № 1. – С. 301–303. – EDN QYCGWV.

Научное издание

МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ

МАТЕРИАЛЫ VIII ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Самара, 26 марта 2026 г.)
