



МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»

# **МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ**

**МАТЕРИАЛЫ VI ВСЕРОССИЙСКОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**(Самара, 29 марта 2024 г.)**

Самара  
2024

УДК 004  
ББК 32.81  
М 55

**Редакционная коллегия**

*Ответственный редактор:*

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

*Члены редакционной коллегии:*

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

*С.А. Блинкова* канд. техн. наук, доцент, декан факультета «Электротехнический факультет» СамГУПС

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

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

М 55 **Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте** : материалы VI Всероссийской научно-практической конференции (Самара, 29 марта 2024 г.). – Самара : СамГУПС, 2024. – 315 с.

Сборник материалов содержит пленарные и секционные доклады, представленные на VI 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 электроэнергетики.

УДК 621.865.8  
ББК 32.81

© СамГУПС, 2024

---

---

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>СЕКЦИЯ 1 Автоматизированные системы обработки информации</b>	7
<b>и управления</b>	7
<b>ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАГРЕВА НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ</b> Гридневский М. П., Вертьянов Е. Е., Тычина Ю. А.	7
<b>ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ МОЛЕКУЛ</b> Османкина А. И., Троян В. В., Кривенцов С. С., Колпащиков С. А.	10
<b>ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ КОНТРОЛЯ ШИРИНЫ РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ</b> Авсиевич Н. А., Авсиевич А. В.	14
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ 3Д МОДЕЛИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ РЕЛЬС ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА</b> Залесов Н. А., Авсиевич Н. А., Авсиевич А. В.	18
<b>МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ РЕЛЬС ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА</b> Залесов Н. А.	23
<b>СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ВИБРАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОЛОТНА</b> Буштрук А. А., Буштрук Т. Н., Золкин А. Л.	25
<b>РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ СИНХРОНИЗАЦИИ ДАННЫХ О ТЕХНИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ</b> Куркачев О. В., Припутников А. П.	30
<b>ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ РОБОТОВ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ПОСТУПЛЕНИЯ ТЕЛЕГРАММ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГНОЗНЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ГРАФИКОВ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ</b> Гаранин А. В.	36
<b>УПРАВЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫМИ ПРОЦЕССАМИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ</b> Еремин А.В., Тычина Ю.А.	40
<b>ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ПОТОКА НА Y-ОБРАЗНОМ ПЕРЕКРЕСТКЕ ДЛЯ АНАЛИЗА ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА</b> Кельчина А. А., Портнов А. А., Припутников А. П.	44
<b>АКТУАЛЬНОСТЬ ДЕКОМПОЗИЦИИ ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ WMS СИСТЕМЫ СКЛАДА</b> Теплов А. В.	48
<b>АДАПТИВНОЕ УСТРОЙСТВО С УПРАВЛЯЕМЫМИ ИНТЕРВАЛАМИ АДАПТАЦИИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И ПОДАВЛЕНИЯ ПОМЕХ В СИГНАЛАХ</b> Журжа Н. А., Засов В. А.	53
<b>ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ДИНАМИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ СОСТОЯНИЙ ГОНКИ ДАННЫХ В МНОГОПОТОЧНЫХ СИСТЕМАХ</b> Засов В. А.	58
<b>АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВЕДЕНИЯ ГРАФИКА ИСПОЛНЕННОГО ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ В ЭВОЛЮЦИОНИРУЮЩЕМ КОРПОРАТИВНОМ ИНФОРМАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ</b> Никищенко С. А.	63
<b>АДАПТИВНЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ КОРРЕЛИРОВАННЫХ ПОМЕХ</b> Глазков Н. А., Засов В. А.	66
<b>СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНФИГУРАЦИЯМИ ANSIBLE: СОЗДАНИЕ И ЗАПУСК СЦЕНАРИЯ</b> Миронова Н. А., Ефимова Т. Б.	71
<b>АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАСЧЕТА ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ПЕРЕКРЕСТКАХ</b> Балашова Е. А., Додонов М. В.	73
<b>СИСТЕМА ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ И УЧЕТА ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ПРОВОДА НА ЭКСТРУЗИОННОЙ ЛИНИИ SPE-10</b> Сизова Н. А., Якимов В. Н., Иванов Е. А.	78
<b>ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ФЛОЙДА, НАХОЖДЕНИЕ КРАТЧАЙШЕГО ПУТИ ДЛЯ СЕТЕВЫХ ЗАДАЧ</b> Фёдорова О. Н., Козлов Е. В., Баканова И. Г.	83
<b>ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ПРИМА НАХОЖДЕНИЯ КРАТЧАЙШЕГО ПУТИ ДЛЯ СЕТЕВЫХ ЗАДАЧ</b> Чурунова А. С., Козлов Е. В., Баканова И. Г.	87
<b>ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ СТЕНД ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ</b> Строкин Л. П., Сироткин Д. О., Шишков Н. Ю., Колпащиков С. А.	90
<b>УПРАВЛЕНИЕ И ПЛАНИРОВАНИЕ АВАРИЙНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫМИ РАБОТАМИ МЕТОДАМИ ТЕОРИИ ГРАФОВ</b> Жукова А. В., Додонова Н. Л., Додонов М. В.	93

<b>ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНОГО ПОТОКА НА ДВУХ Т-ОБРАЗНЫХ ПЕРЕКРЕСТКАХ ДЛЯ АНАЛИЗА ЗАГРУЖЕННОСТИ УЧАСТКОВ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ</b> Кельчина А. А., Портнов А. А., Иванов Д. В. ....	98
<b>СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ПЕРЕВОЗИМЫЕ ПО ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ ГРУЗЫ</b> Засов В. А. ....	102
<b>СЕКЦИЯ 2 Современные цифровые технологии в различных областях науки и техники</b> .....	106
<b>СОВРЕМЕННЫЕ ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ ПОДБОРА ПЕРСОНАЛА</b> Гурьянова А. А., Аксюткина Е. П. ....	106
<b>ИНДУСТРИЯ 5.0: ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ</b> Харитонов Е.В., Шарикова Ю.В. ....	108
<b>АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИИ</b> Рындина Е. Е., Скибин Ю. В. ....	110
<b>РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ЗАСЛУГ (ДОСТИЖЕНИЙ) РАБОТНИКОВ КУЙБЫШЕВСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ</b> Папировская Л. И., Патутина Е. С. ....	112
<b>УЧЕТ СТИЛЯ ОБУЧЕНИЯ В МОДЕЛИ ЗНАНИЙ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ</b> Беспалова А. Р. ....	116
<b>ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ: ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ</b> Скибин Ю. В. ....	118
<b>РАСЧЁТ ВРЕМЕНИ ПРОВЕДЕНИЯ МАНЕВРОВЫХ РАБОТ ПРИ ПОДАЧЕ ПАССАЖИРСКИХ СОСТАВОВ НА ПТС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ</b> Штаталов Д. А., Кельчина А. А., Додонов М. В. ....	121
<b>АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ РИСКОВ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ТЕХНОЛОГИИ RPA</b> Васильева Е. А., Папировская Л. И. ....	125
<b>АВТОМАТИЗАЦИЯ, ЦИФРОВИЗАЦИЯ, ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ: ВЫБОР ПУТИ РАЗВИТИЯ</b> Аксюткина Е. П. ....	127
<b>МЕТОДЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ УГРОЗАМ БЕЗОПАСНОСТИ МОДЕЛЬНЫХ НЕЙРОСЕТЕЙ</b> Голованов Р. В., Буримский Н. А., Рычков В. А. ....	131
<b>ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЬНЫХ НЕЙРОСЕТЕЙ ПРИ АНАЛИЗЕ ФОНДОВОГО РЫНКА</b> Голованов Р. В., Буримский Н. А., Козлов В. В. ....	134
<b>ПРОГРАММА ГЕНЕРАЦИИ РАВНОМЕРНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ</b> Губачева К. С. ....	137
<b>ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ЧЕРЕЗ ВНЕДРЕНИЕ «ЛАБОРАТОРИИ КАДРОВ»</b> Михайлова А. Г., Колягин И. К., Кононова Е. В., Печорин А. С., Авсиевич В. В. ....	141
<b>ПРОБЛЕМЫ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ СИЛ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МЕТРОПОЛИТЕНА</b> Кононов М. И., Авсиевич В. В., Кононов И. И. ....	145
<b>ОПТИМИЗАЦИЯ ЦИРКАДНЫХ РИТМОВ: ИССЛЕДОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА И ПЕРСОНАЛЬНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ</b> Бахтиева Н. Р., Камальдинова З. Ф. ....	149
<b>ИНТЕГРАЦИЯ БАНКОВСКИХ СИСТЕМ НА ИНТЕРНЕТ ПЛОЩАДКАХ-АГРЕГАТОРАХ</b> Курочкина А. С., Буканова Ю. В. ....	152
<b>РАЗРАБОТКА МУЗЫКАЛЬНОГО СТРИМНОГО СЕРВИСА “FRISSON”</b> Мельник Г. А., Буканова Ю. В. ....	156
<b>ЦИФРОВЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ КАК СПОСОБ РЕАЛИЗАЦИИ ГЕЙМИФИКАЦИИ ДЛЯ КАРЬЕРЫ И САМОРАЗВИТИЯ</b> Кузнецова О. А. ....	160
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ОБУЧЕНИИ И ПОВЫШЕНИИ КВАЛИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА</b> Суворов М. А., Авсиевич В. В., Печорин А. С., Сулевич Н. О. ....	163
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВИРУСНЫХ АТАК</b> Кулаева Е. В., Долгинцев А. П. ....	165
<b>РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ОБРАБОТКИ КЛИЕНТСКИХ ЗАЯВОК КОМПАНИИ ОАО «РЖД»</b> Михайлова А. Г., Каменнов П. Г., Печорин А. С., Колягин И. К., Авсиевич В. В. ....	168
<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА</b> Печорин А. С., Михайлова А. Г., Суворов М. А., Сулевич Н. О. Авсиевич В. В. ....	170
<b>АНАЛИЗ ВЕКТОРНЫХ ГРАФИЧЕСКИХ РЕДАКТОРОВ FIGMA, SUPA, DESIGNER И CANVA</b> Липатова М. Н., Казаков Н. А. ....	175
<b>ОПТИЧЕСКОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ ДОКУМЕНТОВ В ОАО «РЖД»</b> Папировская Л. И., Липатова М. Н. ....	177
<b>ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ ОБЛАЧНЫХ СЕРВИСОВ</b> Первов А. П., Машинец В. А. ....	180
<b>COVID-19 КАК ТРИГГЕР ЦИФРОВИЗАЦИИ</b> Малышева О. В., Бабайлов П. М., Ульянов М. В., Малышкина М. В. ....	182
<b>ВЛИЯНИЕ БЛОКЧЕЙН ТЕХНОЛОГИЙ НА ФИНАНСОВУЮ ОТРАСЛЬ</b> Тарасова А. А., Малышева О. В., Рахматуллина А. Р. ....	185

<b>РАЗРАБОТКА IP ТЕЛЕФОНИИ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СЕЛЕКТОРНЫХ СОВЕЩАНИЙ</b> Олин Р. А., Шебаршов В. А. ....	188
<b>СЕКЦИЯ 3 Мехатронные, робототехнические системы и технологии</b> .....	192
<b>РОБОТОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕЗИНОВОГО ПОКРЫТИЯ</b> Лебакин И. В., Сандлер И. Л. ....	192
<b>ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ДИАГНОСТИКИ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ</b> Фатеев В. А., Денисова А. А. ....	196
<b>РАЗРАБОТКА 3D-МОДЕЛИ КОНСТРУКЦИИ РАЗРАВНИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕЗИНОВОЙ ПЛИТКИ</b> Лебакин И. В., Сандлер И. Л. ....	199
<b>РАЗРАБОТКА 3D-МОДЕЛИ РОБОТИЗИРОВАННОГО МАНИПУЛЯТОРА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРОЧНОЙ СИСТЕМЫ</b> Разливанов В. С., Козлов Е. В. ....	203
<b>РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СИСТЕМЫ ВНУТРИЦЕХОВОЙ ЛОГИСТИКИ</b> Брагина И. Н., Сандлер И. Л. ....	209
<b>РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПОДАЧИ ЗАГОТОВОК В СТАНОК С ЧПУ</b> Ахов Д. Ю., Иванов Д. В. ....	213
<b>РАЗРАБОТКА 3D-МОДЕЛИ КОНСТРУКЦИИ ТРЕХЗВЕННОГО РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА С ВРАЩАЮЩИМСЯ ЗАХВАТНЫМ УСТРОЙСТВОМ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ВНУТРИЦЕХОВОЙ ЛОГИСТИКИ</b> Брагина И. Н., Сандлер И. Л. ....	215
<b>РОБОТОТЕХНИЧЕСКАЯ КОНВЕЙЕРНАЯ СВАРОЧНАЯ СИСТЕМА</b> Разливанов В. С., Припутников А. П. ....	221
<b>РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО АППАРАТА КОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ, НАПРАВЛЕННЫХ НА УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИ СЛОЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ</b> Жалилова А. А. ....	224
<b>РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС МОНТАЖА ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ</b> Карпухин Э. Г., Припутников А. П. ....	230
<b>РАЗРАБОТКА 3D-МОДЕЛИ ПОВОРОТНОГО ЗАХВАТЫВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ПОДАЧИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ</b> Ахов Д. Ю., Козлов Е. В. ....	233
<b>СЕКЦИЯ 4 Интеллектуальные системы в управлении, системный анализ и принятие решений в управлении</b> .....	238
<b>АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ</b> Османкина А. И., Колпащиков С. А. ....	238
<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ» ДЛЯ ЛЮДЕЙ С МЕНТАЛЬНЫМИ ОСОБЕННОСТЯМИ</b> Казарян Л. М., Степанова И. Д., Тычнина Ю. А. ....	242
<b>РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ</b> Федоров А. Ю., Белова Т. А., Райденков Е. Ю., Тычнина Ю. А. ....	245
<b>ТЕСТИРОВАНИЕ АЛГОРИТМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЛЯ МНОГОМЕРНОЙ ДРОБНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ</b> .....	249
<b>СО ВХОДНЫМИ И ВЫХОДНЫМИ ПОМЕХАМИ</b> Иванова О. С., Бурцева Е. А., Кормаков А. А., Иванов Д. В. ....	249
<b>РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ</b> Некраш В. А. ....	252
<b>ПРИМЕНИМОСТЬ МНОГОФАКТОРНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТОВ В СИСТЕМЕ ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБОРОННОГО ЗАКАЗА</b> Черняев Е. В., Михайленко Л. В. ....	255
<b>РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ПРИМЕРЕ САМГТУ</b> Валиулов Р. А. ....	259
<b>ЗАДАЧИ ИДЕНТИФИКАЦИИ И АНАЛИЗА В ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ</b> Дилигенская А. Н., Коптев Г. С., Никифорова А. А. ....	262
<b>СИНТЕЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ С ДИСКРЕТНЫМ ПИ-РЕГУЛЯТОРОМ В MATLAB</b> Цыбусов А. С., Рогачев Г. Н. ....	264
<b>ИДЕНТИФИКАЦИЯ КОЭФФИЦИЕНТА КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА В КОТЛОВОМ ОБОРУДОВАНИИ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ</b> Осянина Л. В., Дилигенская А. Н. ....	268
<b>ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ СКЛАДСКОГО ЛИФТА</b> Гребенкин Н. М., Данилушкин И. А. ....	272
<b>ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ И ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАКОНОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНОЙ СТРУКТУРЫ</b> Кондратьева Н. В., Мандра А. Г. ....	276
<b>ИДЕНТИФИКАЦИЯ МЕТОДОМ РЕШЕНИЯ МНОГОМЕРНОЙ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ</b> Бочкарева И. С. ....	278

<b>ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ И КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ВОДОГРЕЙНОЙ СТАНЦИИ</b> Строкин Л. П., Данилушкин И. А. ....	281
<b>ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ В ЗАДАЧАХ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДВУХ ХАРАКТЕРИСТИК</b> Золотарёва В. В. ....	286
<b>ВИДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ, ВАЖНОСТЬ И МЕТОДЫ</b> Черкасов А. В. ....	290
<b>THE PRINCIPLE OF BUILDING THE STRUCTURE OF A SELF-TUNING TRAIN COORDINATE CLASSIFICATION SYSTEM FOR INTERVAL TRAIN CONTROL SYSTEMS</b> Tarasova A. E., Chudakov L. A. ....	293
<b>ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ И ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МОДЕЛИ</b> Черкасов А. В. ....	296
<b>ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР ОПТИМИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА</b> Тихонова Е. В., Папиловская Л. И. ....	299
<b>СЕКЦИЯ 5 Электроэнергетика. Электроснабжение и электротехнические комплексы</b> .....	303
<b>РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПЕРЕРАСХОДА</b> .....	303
<b>ПО ДОГОВОРАМ ДЛЯ АСКУЭ (Бэкенд)</b> Кузнецов Д. В., Грубов Т. Л., Ефимова Т. Б. ....	303
<b>ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕМ НА ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОПОДСТАНЦИЯХ</b> Втулкина А. И., Нуждина А. А., Ефимова Т. Б. ....	305
<b>РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПЕРЕРАСХОДА ПО ДОГОВОРАМ ДЛЯ АСКУЭ (Front-end)</b> Кузнецов Д. В., Грубов Т. Л., Ефимова Т. Б. ....	308
<b>ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ РЕЛЬСОТРОННЫЙ ДВИЖЕТЕЛЬ</b> Тихонов И. В., Путько В. Ф. ....	311

## СЕКЦИЯ 1

### Автоматизированные системы обработки информации и управления

УДК 681.5

#### ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАГРЕВА НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ

Гридневский М. П., Вертьянов Е. Е., Тычинина Ю. А.

Самарский государственный технический университет, Самара

**Аннотация:** чрезмерное охлаждение нефтепродукта приводит к увеличению его вязкости, что повышает затраты на транспортировку. В работе рассматривается синтез автоматической системы управления для поддержания температуры нефтепродуктов при транспортировке на дальние расстояния. Для обеспечения инвариантности к возмущающему воздействию в виде скачков температуры окружающей среды строится компенсационный элемент. Рассмотрена математическая модель объекта управления для описания изменения температурного поля, нефтепродукта, движущегося по трубопроводу с постоянной скоростью с управляющим воздействием в виде температуры окружающей среды. Проведено моделирование процессов нагрева нефтепродукта внутри путевого подогревателя и его остывания на улице во время перекачки между соседними путевыми подогревателями. Обосновано применение метода периодических структур для реализации компенсационного элемента. С помощью компенсационного элемента в зависимости от текущей температуры окружающей среды вычисляется требуемая динамика нагрева в путевом подогревателе для компенсации теплопотерь при перекачке нефтепродукта до следующего путевого подогревателя. Результаты работы могут быть полезны на объектах трубопроводного транспорта.

**Ключевые слова:** система поддержания температуры нефтепродукта, трубопровод, объект с распределенными параметрами, система управления по возмущению, компенсационный элемент, обратная передаточная функция объекта управления, периодические структуры.

#### OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF TECHNOLOGICAL HEATING OF PETROLEUM PRODUCTS DURING TRANSPORTATION

Gridnevsky M. P., Vertyanov E. E., Tychinina Yu. A.

Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** excessive cooling of the petroleum product leads to an increase in its viscosity, which increases transportation costs. The paper discusses the synthesis of an automatic control system for maintaining the temperature of petroleum products during long-distance transportation. To ensure invariance to disturbances in the form of changes in ambient temperature, a compensation element is built. A mathematical model of a control object is considered to describe changes in the temperature field of an oil product moving through a pipeline at a constant speed with a control action in the form of ambient temperature. The processes of heating the oil product inside the track heater and its cooling outside during pumping between adjacent track heaters were modeled. The use of the method of periodic structures for the implementation of the compensation element is justified. Using a compensation element, depending on the current ambient temperature, the required heating dynamics in the track heater is calculated to compensate for heat loss when pumping oil products to the next track heater. The results of the work may be useful at pipeline transport facilities.

**Keywords:** oil product tank temperature maintenance system, pipeline, object with distributed parameter, feedforward control system, compensation element, object inverse transfer function, periodic structures.

В настоящее время в процессе перекачки нефтепродуктов на дальние расстояния осуществляется их подогрев. Этот процесс необходим для предотвращения переохлаждения нефтепродукта, снижения его вязкости, что позволяет сократить затраты на транспортировку и повысить эффективность процесса перекачки. Одним из вариантов поддержания

температуры нефтепродукта в требуемом технологическом диапазоне является установка путевых подогревателей (ПП) по всей трассе трубопровода (рисунок 1).

В ПП приходит остывшая на предыдущем участке нефть. ПП спроектирован таким образом, чтобы нефть за время нахождения внутри успела нагреться до заданной температуры  $t_{\text{вых}}$ . Далее нефть перекачивается несколько километров до следующего ПП, остывая в процессе до температуры  $t_{\text{кон}}$ . Основной проблемой такого подхода является постоянное изменение температуры окружающей среды  $t_{\text{ср}}$ , что при резких отрицательных скачках температуры на улице может привести к переохлаждению транспортируемого нефтепродукта.

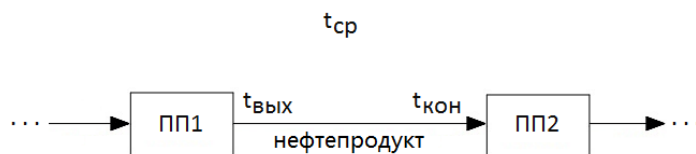


Рисунок 1 – Нагрев нефтепродукта в путевых подогревателях

Целью данной работы является синтез инвариантной к возмущающему воздействию в виде колебаний температуры окружающей среды  $\Delta t_{\text{ср}}$  системы управления температурой движущегося нефтепродукта.

Рассмотрим нагрев нефтепродукта в трубопроводе в процессе его прохождения печи непрерывного действия со скоростью  $V$ . Нефть поступает в путевой подогреватель, где в змеевике нагревается от теплоносителя, за время нахождения в печи.

Математическая модель для температурного поля  $\theta(x, t)$  нагрева нефтепродукта при конвективном характере теплопередачи можно представить в упрощенном виде:

$$b \frac{\partial \theta(x, t)}{\partial t} + bV \frac{\partial \theta(x, t)}{\partial x} + \theta(x, t) = \theta_{\text{п}}(x, t); \quad (1)$$

$$0 < x < l, t > 0,$$

где  $b$  – коэффициент, определяемый теплофизическими и геометрическими параметрами нефтепродукта;  $l$  – длина участка нагреваемого трубопровода. Управляющим воздействием является температурное поле в путевом подогревателе  $\theta_{\text{п}}(x, t)$  [1].

Начальные и граничные (для входа нагревателя) условия для уравнения (1) можно представить в виде (2) – (3).

$$\theta_{\text{п}}(x, 0) = \theta_{\text{п}}(x), 0 \leq x \leq l; \quad (2)$$

$$\theta(0, t) = \theta^0(t), t > 0. \quad (3)$$

В соответствии с (1) – (3) можно перейти к структурному представлению модели объекта управления [1]. Структура объекта управления с распределенными параметрами (рисунок 2) описывает как процесс непрерывного нагрева нефтепродукта в ПП, так и процесс его остывания во время перекачки между соседними ПП. В первом случае в качестве входных воздействий можно рассматривать равномерную температуру в топке, во втором – температуру окружающей среды.

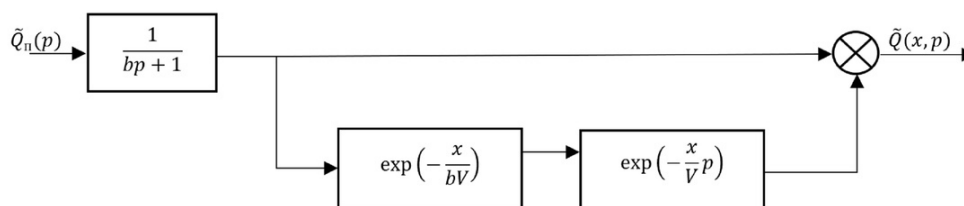


Рисунок 2 – Структурное представление математической модели объекта управления



Моделирование процессов нагрева нефтепродукта внутри ПП и его остывания между соседними ПП было проведено в среде Matlab, полученные в результате моделирования переходные характеристики представлены на рисунке 3.

На основании полученных моделей и результатов моделирования можно построить систему управления по возмущению с использованием периодических структур (рисунок 4а).

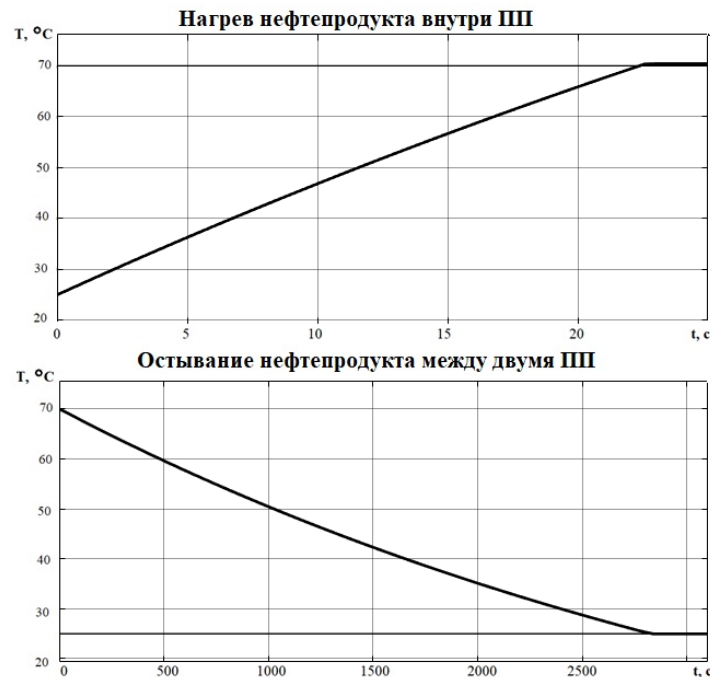


Рисунок 3 – Переходные характеристики объекта управления

Система управляет величиной температуры на входе в ПП  $t_{кон}$  за счет изменения температуры в топке предыдущего ПП и инвариантна к изменениям температуры на улице  $\Delta t_{cp}$  за счет компенсационного элемента с использования периодических структур [2 – 4].

На рисунке 4  $W_{ПП}$  – передаточная функция процесса нагрева нефти внутри ПП1 (рисунок 1),  $W_{ТР}$  – передаточная функция процесса остывания нефти между ПП1 и ПП2,  $W_{комп}$  – передаточная функция компенсационного элемента,  $t_T$  – температура в топке,  $t_{cp}$  – температура окружающей среды (воздуха на улице),  $\Delta t_{cp}$  – помеха.

В идеальном случае  $W_{комп}(p) = \frac{1}{W_{ПП}(p)}$ , то есть является обратной передаточной функцией объекта управления, но любой реальный объект обладает инерционностью и, следовательно, идеальный форсирующий элемент, осуществляющий компенсацию инерционных свойств объекта, нереализуем. Однако можно получить приближенный форсирующий элемент. Подход получения приближенной обратной передаточной функции объекта управления заключается во включении его в обратную связь с параллельно расположенным некоторым коэффициентом  $C$  [3]. Тогда отдельная ячейка периодической структуры будет иметь вид, представленный на рисунке 4б.

Передаточная функция периодической структуры, будет следующей:

$$W_{комп}(p) = \frac{1}{1 - C + W_{ПП}(p)}.$$

Варьированием коэффициента  $C$  в диапазоне  $[0, 1)$  добиваются реализации форсирующего элемента с некоторой точностью. Чтобы достичь ещё большей точности, можно использовать не одну, а несколько ячеек периодической структуры [2, 3].

Таким образом, предлагаемая система управления будет удерживать температуру нефтепродукта на входе ПП<sub>i</sub>, а значит и на всем участке между ПП<sub>i</sub> и ПП<sub>i-1</sub>, в рамках заданных технологических ограничений в условиях непрерывного изменения температуры окружающей среды (помехи) с помощью изменения температуры внутри ПП<sub>i-1</sub>.

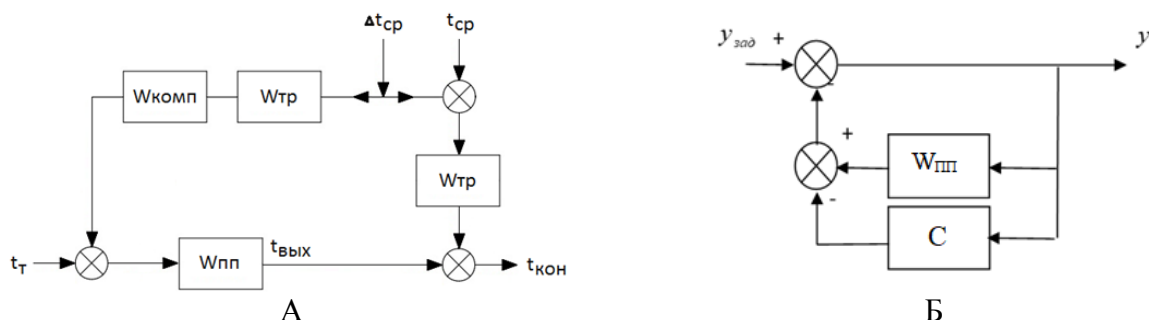


Рисунок 4 – Структурная схема системы управления по возмущению (а), ячейка периодической структуры (б)

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рапопорт Э.Я. Структурное моделирование объектов и систем управления с распределенными параметрами. М.: Высшая школа, 2003
2. 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.
3. Тычинин А.В., Тычинина Ю.А., Рагазин Д.А. Структурно-параметрический синтез системы управления ненаблюдаемым выходом объекта с распределенными параметрами// Вестник СамГТУ, сер. Технические науки: Самара, 2021, №1 (т. 29). С.58-72.
4. Тычинин А.В., Тычинина Ю.А. Структурно-параметрический синтез системы управления объектом с распределенными // Вестник СамГТУ, сер. Технические науки: Самара, 2009, №1(23). С.74-79.

УДК 004.624  
004.67

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ МОЛЕКУЛ

Османкина А. И., Троян В. В., Кривенцов С. С., Колпациков С. А.

Самарский государственный технический университет, Самара

**Аннотация:** в статье рассматривается информационная система, обеспечивающая автоматизированную обработку, хранение и анализ результатов квантово-химических расчетов. Данное решение позволит сократить часть проблем, связанных с неэффективным использованием данных и ресурсов. Разработанное программное обеспечение включает в себя модули для автоматизации обработки исходных данных, загрузки данных в базу, просмотра и анализа результатов, а также 3D визуализации структур молекул.

**Ключевые слова:** квантово-химические расчеты, информационная система, автоматизация, хранение данных, 3D визуализация молекул, органические соединения, web-приложение, статистический анализ.

## INFORMATION SYSTEM FOR STORING AND PROCESSING QUANTUM CHEMICAL CALCULATIONS OF MOLECULES

Osmankina A.I., Trojan V.V., Kriventsov S.S., Koldpaschikov S.A.

Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** the article discusses an information system that provides automated processing, storage and analysis of the results of quantum chemical calculations. This solution will reduce some of the problems associated with inefficient

use of data and resources. The developed software includes modules for automating the processing of source data, loading data into the database, viewing and analyzing results, as well as 3D visualization of molecular structures.

**Keywords:** quantum chemical calculations, information system, automation, data storage, 3D visualization of molecules, organic compounds, web application, statistical analysis.

Проведение квантово-химических расчетов высокого уровня (с помощью методов G3MP2 и G4) требует значительных ресурсов, как вычислительных, так и временных, так как длительность одного вычисления может превышать 30 суток. В результате расчетов генерируется большой объем данных, однако сейчас используется лишь их небольшая часть, анализ которой не автоматизирован и проводится каждым сотрудником вручную, что повышает риск ошибки при интерпретации результатов. Так же хранение результатов расчета не структурировано и не централизовано, возможны случаи, когда свойства одной и той же молекулы рассчитывались несколько раз разными сотрудниками, что говорит о неэффективном использовании имеющихся ресурсов.

Решить данные проблемы поможет информационная система, которая станет единым центром обработки и хранения данных по расчетам. Готовое алгоритмическое обеспечение информационной системы должно выполнять следующие задачи:

1. Автоматизированная обработка исходных данных, представленных в виде объемного текстового файла;
  2. Загрузка выделенных первичных данных в базу;
  3. Просмотр первичных данных по каждому расчету;
  4. Автоматическая обработка первичной информации и занесение результатов обработки в базу данных:
    - определение наличия функциональных групп в составе молекулы;
    - определение типов циклов в структурах;
    - расчет некоторых термодинамических характеристик групповым методом, например энтальпии образования;
    - определение типов связей по длине ковалентной связи между атомами;
  5. 3D визуализация молекул;
  6. Разработка интерфейса для работы с пользователем в формате web-приложения.
- На рисунке 1 представлена предлагаемая архитектура системы.

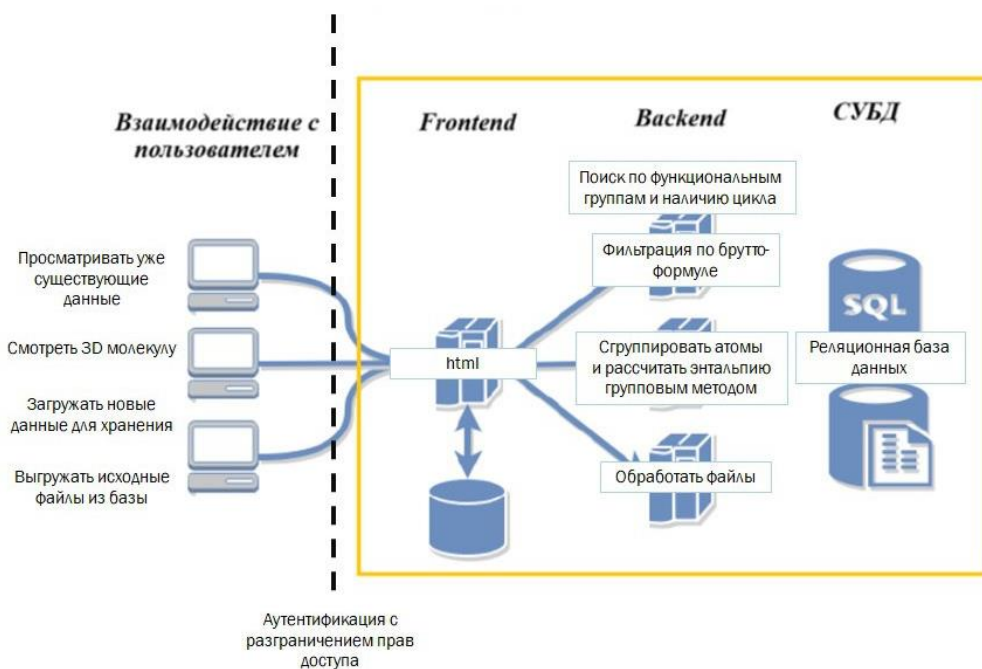


Рисунок 1 – Архитектура проектируемой системы

Реляционная база данных является центральным звеном всей системы. Результаты расчетов каждой молекулы хранятся в соответствии с уникальным идентификатором химических соединений, так называемым CAS-номером. Свойства каждой молекулы и характеристики, рассчитанные групповым методом, хранятся в виде взаимосвязанных таблиц. База данных, являющаяся слоем доступа к данным, архитектура спроектирована с возможностью будущего расширения, если будут добавляться новые методы расчетов и характеристики, присущие им. На рисунке 2 представлена ER-диаграмма описанной выше базы данных.

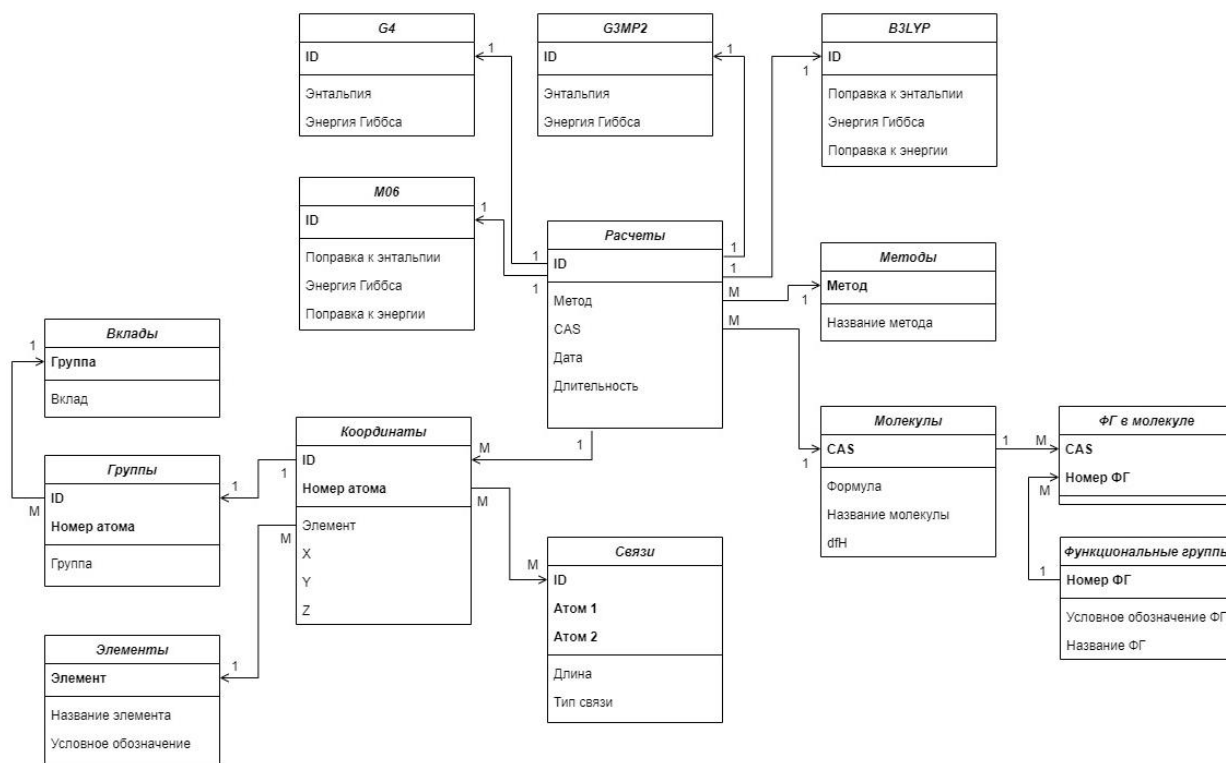


Рисунок 2 – Концептуальная модель базы данных в виде ER-диаграммы

Заполнение базы данных производится автоматизировано, с помощью разработанного модуля по парсингу исходных файлов. Он существенно упрощает задачу по поиску нужных данных в огромных текстовых документах, но оставляет возможность корректировки некоторых заносимых в базу значений. Пользователю предлагается подтвердить или изменить найденные CAS-номер и название молекулы, в случае отсутствия подобных данных в файле – нужно будет ввести их вручную в открывшемся окне, поскольку без этих данных занесение нового расчета в базу невозможно.

Функционал системы дополнительно включает в себя несколько модулей по обработке имеющейся информации:

Во-первых, определяются группы атомов, входящие в состав молекулы, а также анализируются связи и взаимодействия между ними. Группы формируются в соответствии с химическими элементами, с которыми связан рассматриваемый атом. Например, второй атом углерода в уксусной кислоте (формула  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) будет иметь группу «C-C,O,OH», т.е. он имеет связь с первым углеродом, кислородом и гидроксильной группой.

На основе групп и их вкладов разработан функционал по автоматизированному расчету некоторых термодинамических характеристик групповым методом, например энтальпии образования [1,2].

Во-вторых, для оценки влияния пространственного расположения функциональных групп или отдельных атомов внутри этих групп на квантово-химические показатели создан алгоритм по автоматическому определению функциональных групп в составе каждой

молекулы [2] В этом модуле дополнительно проработана функция по определению типа цикла, если соединение циклическое.

Пользовательский интерфейс был реализован в виде web-приложения, что позволило сделать его доступным и простым для пользователя, а также перенести все вычислительные процессы на серверную часть. Web-приложение было реализовано на основе фреймворка Django, что позволило вести разработку быстрее и эффективнее. Архитектура Django включает возможность масштабирования и встроенные механизмы безопасности, обеспечивающие надёжную защиту данных [3]. При разработке пользовательского интерфейса, уникальный численный идентификатор химических соединений (CAS-номер) был принят за центральный элемент системы, поскольку с ним связан весь вышеперечисленный функционал системы. Таким образом, CAS-номер был принят за товар, по аналогии со структурой строения интернет-магазина, где товар является образующим элементом.

Разработанное web-приложение предоставляет пользователю инструмент для поиска результатов квантово-химических расчётов в базе данных. Результаты расчётов представлены в виде таблиц, каждая из которых соответствует определённому методу квантово-химического расчёта. Пользователь имеет возможность осуществлять поиск по CAS-номерам, а также сортировать их по функциональным группам и брутто-формуле. После выбора интересующих CAS-номеров пользователю предоставляется возможность отобразить соответствующие им результаты расчётов. Дополнительно, пользователь может добавлять выбранные CAS-номера в список избранных для удобства последующего поиска.

Важным функционалом приложения является возможность моделирования 3D-представления молекулы. Это позволяет пользователю наглядно оценить расположение атомов, типы связей между ними и внутренние группы, определяющие термодинамические свойства молекулы. Приложение также позволяет сравнивать расчёты различных молекул по указанным характеристикам и сопоставлять различия в 3D-представлениях молекул и их рассчитанных химических свойствах.

Для удобства пользователей разработан функционал загрузки и выгрузки данных. Загрузка данных осуществляется с помощью вышеописанного алгоритма, который позволяет обрабатывать и вносить информацию из внешних файлов в базу данных. Выгрузка данных позволяет пользователю просматривать исходные файлы, содержащие результаты расчётов, а также сохранять их на своём устройстве для последующего использования или анализа.

В контексте администрирования и управления доступом web-приложения на базе Django, разграничение привилегий ведётся через интегрированный механизм аутентификации и авторизации. Разделение прав доступа организовано путём разбиения возможных пользователей на четыре категории: администратор, модератор, авторизованный пользователь и неавторизованный пользователь. У администратора есть возможность управлять всеми аспектами системы, в том числе назначать права других пользователей. Модератору позволено изменять строго определённые сущности базы данных, что требуется для повышения точности автоматически рассчитываемых термодинамических характеристик групповым методом. Авторизованный пользователь имеет возможность просматривать расчёты, хранящиеся в базе данных, и добавлять новые характеристики по известным методам. В свою очередь, неавторизованному пользователю предоставлены права лишь на просмотр некоторых расчётов. Подобное разделение прав обеспечит безопасность и конфиденциальность данных.

В заключении стоит отметить, что неудобства, возникающие из-за высоких временных затрат и неэффективного использования данных, могут быть устранены посредством внедрения современных решений и системного подхода. Использование описанной системы поспособствует оптимизации рабочего процесса, вследствие чего улучшению качества исследований в области квантовой химии. Так как система обеспечивает хранение всей информации о расчетах в единой базе данных, у пользователей появится возможность быстро выявлять аномалии расчётов методами статистического анализа и в совокупности оценивать характеристики молекул.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дюмаева И.В. Сравнительная характеристика квантово-химических методов исследования органических соединений // Башкирский химический журнал. 2008, Том 15, №5
2. Ахметьянова А.И. Теоретико-графовый подход моделирования гомодесмогических реакций для расчета стандартной энтальпии образования органических соединений: дис.на соискание ученой степени кандидата физико-мат. Наук: Уфимский университет науки и технологий, 2023. 176 с.
3. Документация Django 5.0 | Все о фреймворке Django. URL: <https://django.fun/docs/django/5.0/>

УДК 004.048

### ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ КОНТРОЛЯ ШИРИНЫ РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ

Авсиевич Н. А.<sup>1</sup>, Авсиевич А. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

<sup>2</sup>Самарский государственный технический университет, Самара

**Аннотация.** В работе приведена разработанная имитационная модель контроля ширины рельсовой колеи для подтверждения гипотезы о возможности непрерывного измерения ширины рельсовой колеи с помощью сенсоров ускорения.

Полученный в ходе моделирования результат подтвердил возможность непрерывного измерения и контроля ширины рельсовой колеи. Что дает возможность в дальнейших исследованиях разработать автоматизированную систему контроля ширины рельсовой колеи в непрерывном режиме.

**Ключевые слова:** рельс, ширина рельсовой колеи, сенсоры, ускорение, перемещение, имитационное моделирование.

### SIMULATION MODEL FOR MONITORING THE WIDTH OF THE RAIL TRACK

Avsievich N.A.<sup>1</sup>, Avsievich A.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Samara State University of Transport, Samara

<sup>2</sup>Samara State Technical University, Samara

**Abstract.** The paper presents a developed simulation model for monitoring the width of the rail track to confirm the hypothesis that it is possible to continuously measure the width of the rail track using acceleration sensors.

The result obtained during the simulation confirmed the possibility of continuous measurement and control of the track width. This makes it possible in further research to develop an automated system for monitoring the width of the rail track in continuous mode.

**Keywords:** rail, track width, sensors, acceleration, displacement, simulation.

Ширина рельсовой колеи является одним из важных технических показателей. В Российской Федерации ширина железнодорожной колеи составляет 1520 мм и может варьироваться в пределах 1512 мм до 1548 мм согласно распоряжение ОАО РЖД № 436/р [1]. При ширине колеи менее 1512 мм может происходить заклинивание колесной пары, а при превышении 1548 мм – сход колесной пары с рельса.

В настоящее время для контроля состояния железнодорожного пути применяются различные способы. Но все способы имеют один недостаток – они не обеспечивают непрерывность контроля основных технических параметров железнодорожного пути.

Стратегия развития железнодорожного транспорта Российской Федерации до 2030 года [2] декларирует развитие безлюдных технологий для содержания железнодорожной инфраструктуры. В рамках развития предложенной концепции предлагается способ непрерывного контроля состояния ширины рельсовой колеи. Проверка способа

осуществляется разработанной имитационной моделью в программном обеспечении SimInTech российской компании.

Для снятия опытных данных применяется информационно-измерительная система фиксации ускорения верхнего строения пути [3–4]. Схема установки сенсоров измерения ускорения приведена на рисунке 1.

Согласно распоряжению ОАО «РЖД» [5], ширина колеи определяется по расстоянию между боковыми рабочими гранями рельсов в точке, расположенной на 13 мм ниже поверхности катания головки рельсов, которая при номинальной величине подуклонки рельса 1/20 соответствует точке, расположенной на 16 мм ниже линии, соединяющей верх головок рельсов, и оценивается по величине отклонения от номинального размера ширины колеи с учетом плана пути. Данная точка является точкой приложения боковых сил, которые как раз вызывают отклонение рельсы от начального состояния.

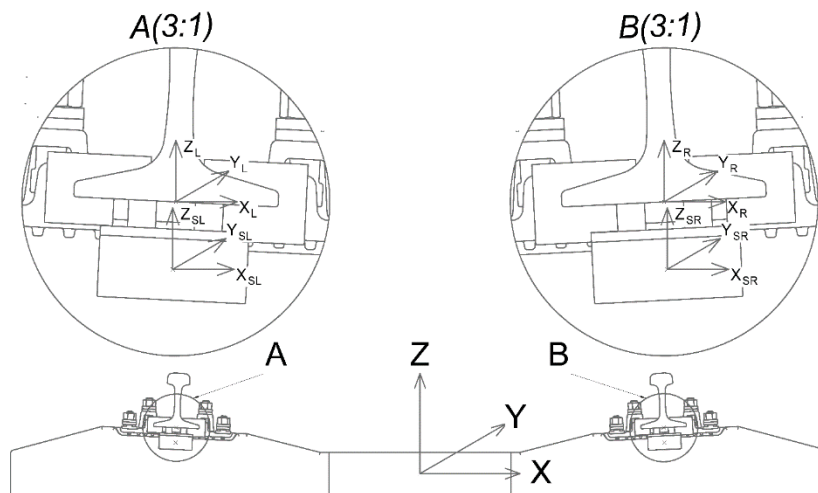


Рисунок 1 – Установка сенсоров на рельс рельсошпальной решётки.  $x_{sr}, y_{sr}, z_{sr}$  – координатная плоскость правого сенсора,  $x_{sl}, y_{sl}, z_{sl}$  – координатная плоскость левого сенсора,  $x_r, y_r, z_r$  – координатная плоскость левого рельса,  $x_l, y_l, z_l$  – координатная плоскость правого рельса,  $x, y, z$  – координатная плоскость правого рельса железнодорожной шпалы

На рисунке 1 видно, что точка измерения (расположение сенсора) расположена ниже пятки рельса строго по центру (ниже на 10 мм), центр пятки рельса является еще и центром вращения рельсы при действии боковых сил, а точка приложения боковых сил удалена от центра вращения рельса типа Р65 на 168 мм [6–10].

Поэтому ускорение в точке приложения боковых сил больше, чем на сенсоре исходя из выражения

$$a_f = \frac{r_f}{r_s} a_s,$$

где  $a_f$  и  $a_s$  – ускорение в точки приложения боковых сил и сенсора соответственно,  $r_f$  и  $r_s$  – радиус от центра вращения до точки приложения боковых сил и центра сенсора.

На рисунке 2 приведена разработанная имитационная модель с использованием программного обеспечения российского производства SimInTech для мониторинга ширины рельсовой колеи. Модель динамического изменения ширины рельсовой колеи состоит из системы загрузки экспериментальных данных ускорений левой и правой рельсы, из файлов данных, полученных в ходе эксперимента, и блоков масштабирования ускорения. Блок преобразования ускорения в перемещение предназначен для преобразования моментального ускорения, полученного от сенсора, в моментальное перемещение точки приложения боковых сил и вывода ускорения без средней арифметической составляющей.

На выходе блока преобразования ускорения и перемещения параметр «Перемещение, мм» показывает величину динамического отклонения рельса от состояния покоя. Чтобы

узнать полную ширину рельсовой колеи, необходимо исходную ширину, замеренную при установке сенсоров, сложить с перемещением левого и правого рельса.

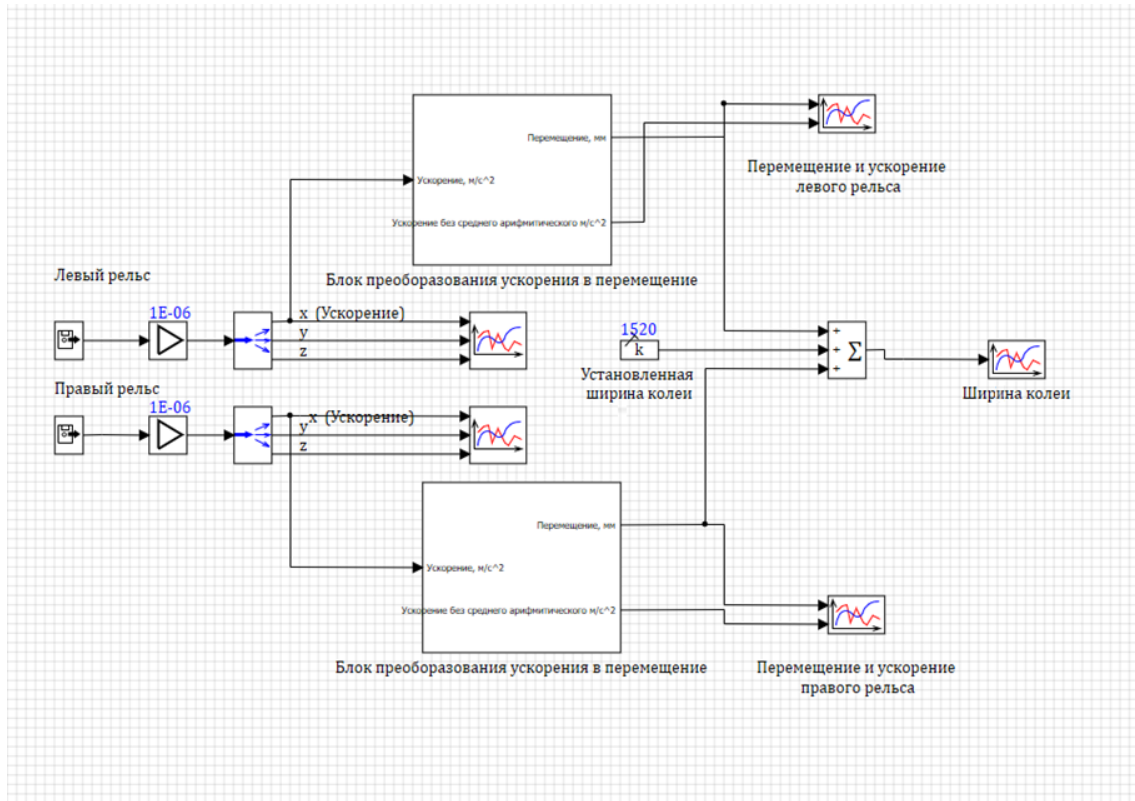


Рисунок 2 – Модель мониторинг ширины железнодорожной колеи

Результаты работы блока преобразования показаны на рисунке 3 для левого рельса и на рисунке 4 – для правого рельса. Рисунки показывают, что ускорение при проходе поезда может составлять более  $25 \text{ м/с}^2$  и достигать 4 мм от положения равновесия.

Динамическое изменение ширины рельсовой колеи под действием подвижного состава в результате моделирования приведено на рисунке 5. Установленная в модели ширина колеи, зафиксированная шаблоном путевым ШП-02 при установке сенсоров, составила 1520 мм. Динамические изменения ширины колеи при прохождении подвижного состава могут составлять в пределах от 1548 мм до 1512 мм. И как видно из приведенного графика на рисунке 5, изменение ширины колеи находится в допустимом коридоре.

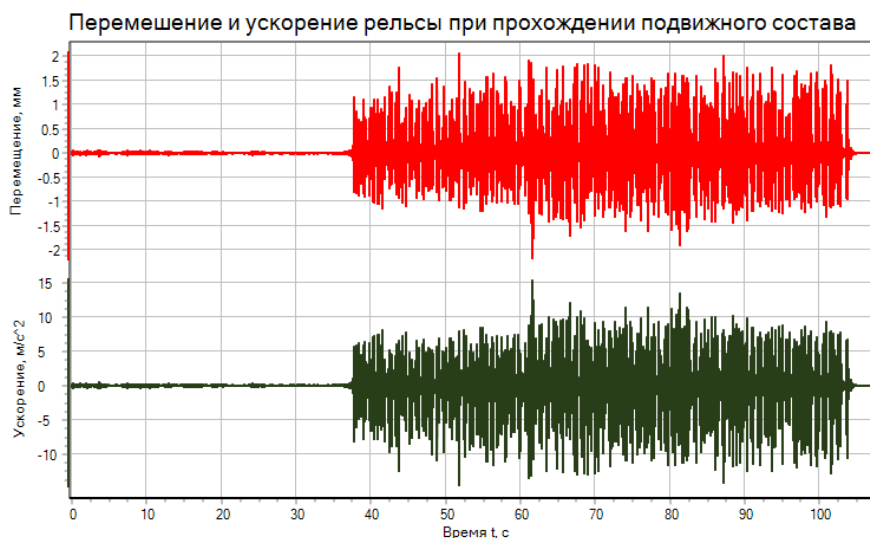


Рисунок 3 – Горизонтальное перемещение и ускорение левого рельса





Рисунок 4 – Горизонтальное перемещение и ускорение правого рельса



Рисунок 5 – Динамические изменения ширины железнодорожной рельсовой колеи под воздействием подвижного состава

Разработанная имитационная модель контроля ширины рельсовой колеи подтвердила возможность создания безлюдных технологий для контроля железнодорожной инфраструктуры.

При дальнейшей разработке автоматизированных систем контроля состояния железнодорожной колеи возможно их применение на первой стадии внедрения на сложных участках железной дороги, на участках наибольшей аварийности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Распоряжение ОАО "РЖД" от 28.02.2020 N 436/р "Об утверждении Инструкции по оценке состояния рельсовой колеи путеизмерительными средствами и мерам по обеспечению безопасности движения поездов"// Консультант плюс – надежная правовая поддержка. URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения 16.03.2024).
2. Стратегия развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 года // <https://mintrans.gov.ru/documents/1/1010> (дата обращения: 16.03.2024).
3. Авсиевич, Н. А. Экспериментальный образец информационно-измерительной системы фиксации ускорения верхнего строения пути / Н. А. Авсиевич, Н. А. Залесов // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 марта 2020 года / Самарский государственный университет путей сообщения. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2020. – С. 94-96. – EDN UUAUKGI.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022614249 Российская Федерация. Программа для регистрации и обработки ускорений элементов верхнего строения пути и искусственных сооружений: № 2021669653: заявл. 01.12.2021 : опубл. 17.03.2022 / В. В. Авсиевич, А. В.

Авсиевич, Н. А. Авсиевич ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный университет путей сообщения». – EDN ISPRJE.

5. Распоряжение ОАО "РЖД" от 28.02.2020 N 436/р "Об утверждении Инструкции по оценке состояния рельсовой колеи путеизмерительными средствами и мерам по обеспечению безопасности движения поездов"// Консультант плюс – надежная правовая поддержка. URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения 09.06.2023).

6. ГОСТ Р 51685-2022.Рельсы железнодорожные. Общие технические условия.

7. Avsievich, A. Comparative Analysis of Railway Track Depression Estimation Methods / A. Avsievich, V. Avsievich, A. Ivaschenko // Transportation Research Procedia : Collection of materials XIII International Conference on Transport Infrastructure: Territory Development and Sustainability, Irkutsk-Krasnoyarsk, 26–28 октября 2022 года. – Krasnoyarsk: Elsevier B.V., 2023. – P. 447-452. – DOI 10.1016/j.trpro.2023.02.060. – EDN EGTRE.

8. Railway track stress–strain analysis using high- precision accelerometers / A. Avsievich, V. Avsievich, N. Avsievich [et al.] // Applied Sciences (Switzerland). – 2021. – Vol. 11, No. 24. – DOI 10.3390/app112411908. – EDN CRPIUI.

9. Avsievich, V. V. Data Measurement System for Track Panel Vibrations / V. V. Avsievich, N. V. Chertykovtseva, N. A. Avsievich // AIP conference proceedings : International Scientific Conference “International Transport Scientific Innovation” ITSI-2021, Москва, 29 июня 2021 года. Vol. 2476. – Москва: AIP PUBLISHING, 2023. – P. 030034. – DOI 10.1063/5.0104755. – EDN ZOWYUQ.

10. Авсиевич, Н. А. Алгоритм расчёта отклонения рельса при боковых нагрузках от подвижного состава / Н. А. Авсиевич, А. В. Авсиевич // Наука и образование транспорту. – 2023. – № 2. – С. 3-5. – EDN LNBQRG.

УДК 004.94, 621.865.8

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ 3D МОДЕЛИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ РЕЛЬС ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Залесов Н. А.<sup>1</sup>, Авсиевич Н. А.<sup>1</sup>, Авсиевич А. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

<sup>2</sup>Самарский государственный технический университет, Самара

**Аннотация:** в статье анализируется применение математической 3D-модели перемещения рельс под воздействием подвижного состава. Адекватность работы модели оценивается сопоставлением результатов, полученных аналитически с результатами моделирования.

**Ключевые слова:** математическая модель, рельс, 3D-модель, прогиб рельса.

## INVESTIGATION OF THE POSSIBILITIES OF A 3D MODEL OF MOVING RAIL UNDER THE INFLUENCE OF A MOVING TRAIN FOR MONITORING THE UPPER STRUCTURE OF THE TRACK

Zalesov N. A.<sup>1</sup>, Avsievich N. A.<sup>1</sup>, Avsievich A. V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Samara State University of Transport, Samara

<sup>2</sup>Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** The article analyzes the application of a mathematical 3D model of rail movement under the influence of rolling stock. The adequacy of the model is assessed by comparing the results obtained analytically with the results of modeling.

**Keywords:** mathematical model, rail, 3D model, metal rails.

**Введение.** Переход к эффективной экономике в Российской Федерации подразумевает создание и развитие предиктивной аналитики в технической сфере, которая подразумевает разработку методов анализа данных и способов их интерпретации, позволяющих принимать успешные решения в будущем на основе результатов прошлых событий. Построение 3D-моделей позволяет глубоко осмыслить протекающие процессы, осознать их и найти

надлежащие решения. 3D-моделирование перемещения рельс под воздействием подвижного состава на основе эмпирических данных, полученных в ходе эксперимента с помощью информационно-измерительной системы фиксации ускорения верхнего строения пути [1], позволит лучше понимать проходящие процессы в рельсошпальной решетке.

Данная работа посвящена исследованию возможностей 3D-модели перемещения рельсы под воздействием подвижного состава на основе математической модели прогиба рельс на основе данных ускорения.

**Практическая реализация.** Для проведения испытания программного модуля с целью 3D-визуализации прогиба выбран метод RBD для моделирования физических процессов. Логика преобразований входных данных в выходные данные реализована на язык программирования C#, а визуализация участка железной дороги длиной в 2 метра (рисунок 1) выбрана из тестовой сцены тестирования из всего модельного пути в 25 метров, который реализован на программном обеспечении Unity.

Для нахождения перемещения рельс воспользуемся выражением

$$S = v \cdot dt, \quad (1)$$

где  $v$  – скорость рельсы. Программная реализация функции представлена на листинге 1 ниже.

Листинг 1

```
function position = GetPosition(accelX, accelY, accelZ)
position = [0; 0; 0]; for t = 0:Time.realtimeSinceStartup
position(1) = accelX * Time.deltaTime;
position(2) = accelY * Time.deltaTime;
position(3) = accelZ * Time.deltaTime;
end
end
```

Нахождение прогиба рельса под воздействием подвижного состава вычислим по выражению [2].

$$f = \frac{0.125 \cdot P}{6EJ}, \quad (2)$$

где  $f$  – прогиб рельс, м;  $P$  – вертикальная нагрузка на рельс, Н;  $E$  – модуль упругости рельсовой стали  $2,1 \cdot 10^{11}$  МПа;  $J$  - момент инерции рельсового сечения =  $3548 \text{ см}^4$ ;

Программная реализация функции представлена на листинге 2.

Листинг 2

```
function deflection = GetDeflection(P, E, J)
deflection = (0.125 * P) / (6 * E * J);
end
```

Результат написания 3Д модели представлен на рисунке 1.

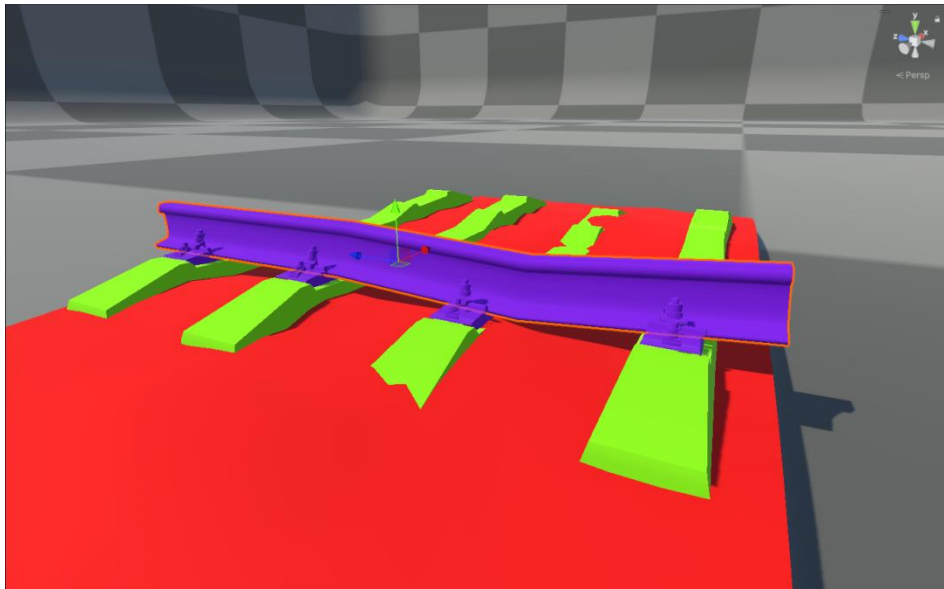


Рисунок 1 – Тестирование прогиба рельсы на участке в 2 метра с выключенным отображением частиц

**Результаты исследования.** Результаты моделирования процесса перемещения рельса от воздействий подвижного состава по осям X, Y, Z приставлены на рисунках 2, 3, 4, 5, 6, а также в таблицах 1 и 2.

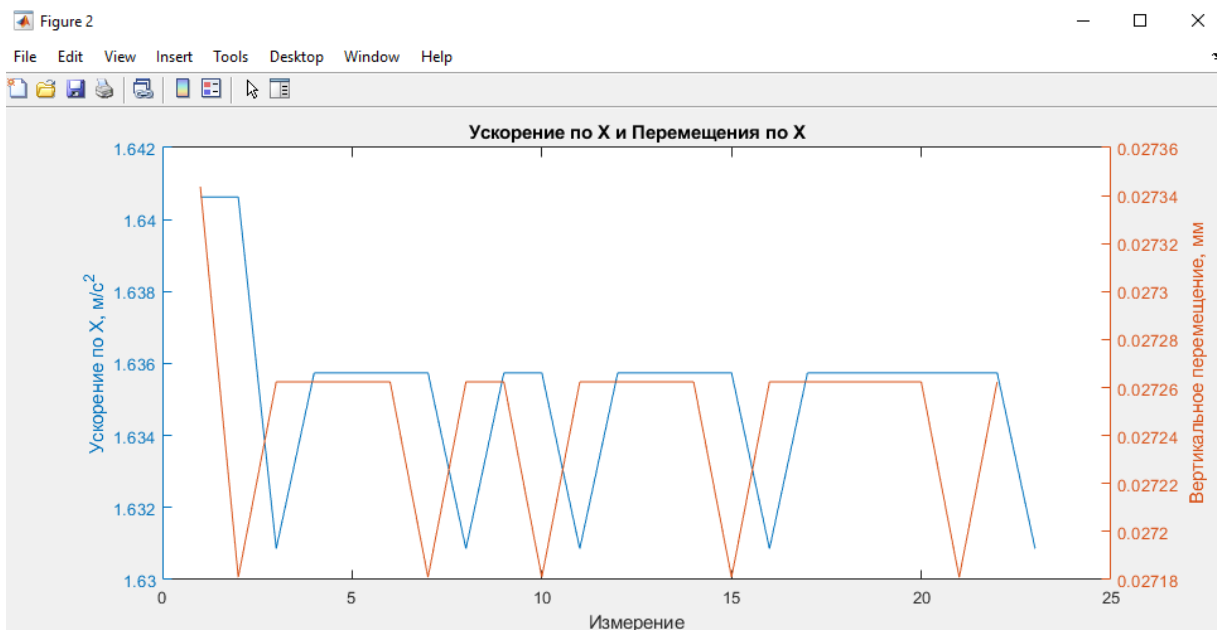


Рисунок 2 – Зависимость перемещения по оси X от входного ускорения по оси X

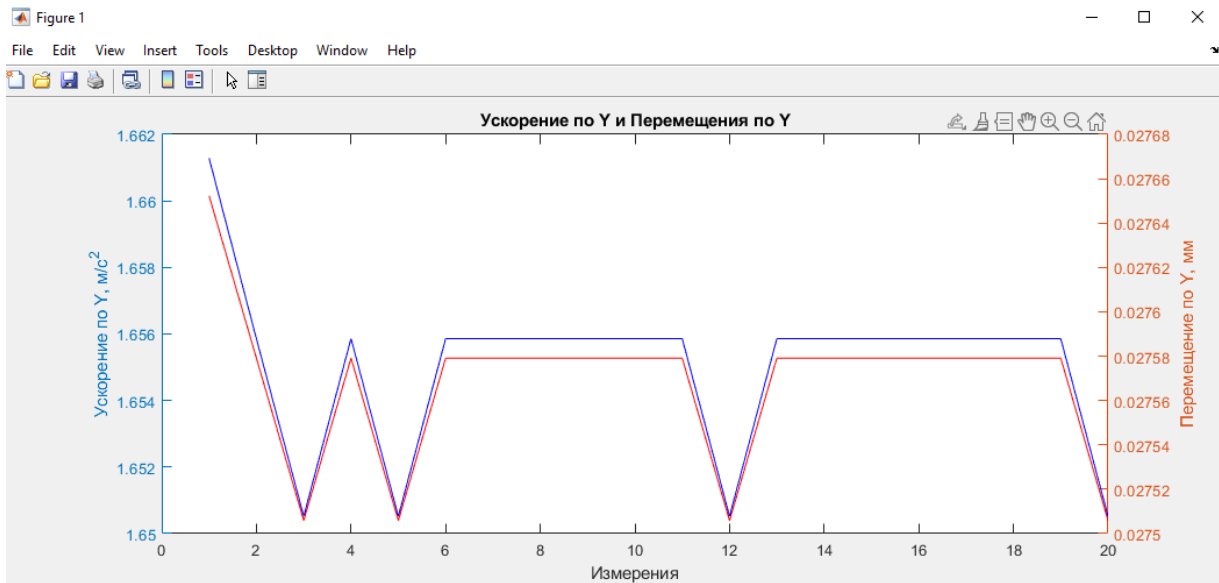


Рисунок 3 – Зависимость перемещения по оси Y от входного ускорения по оси Y

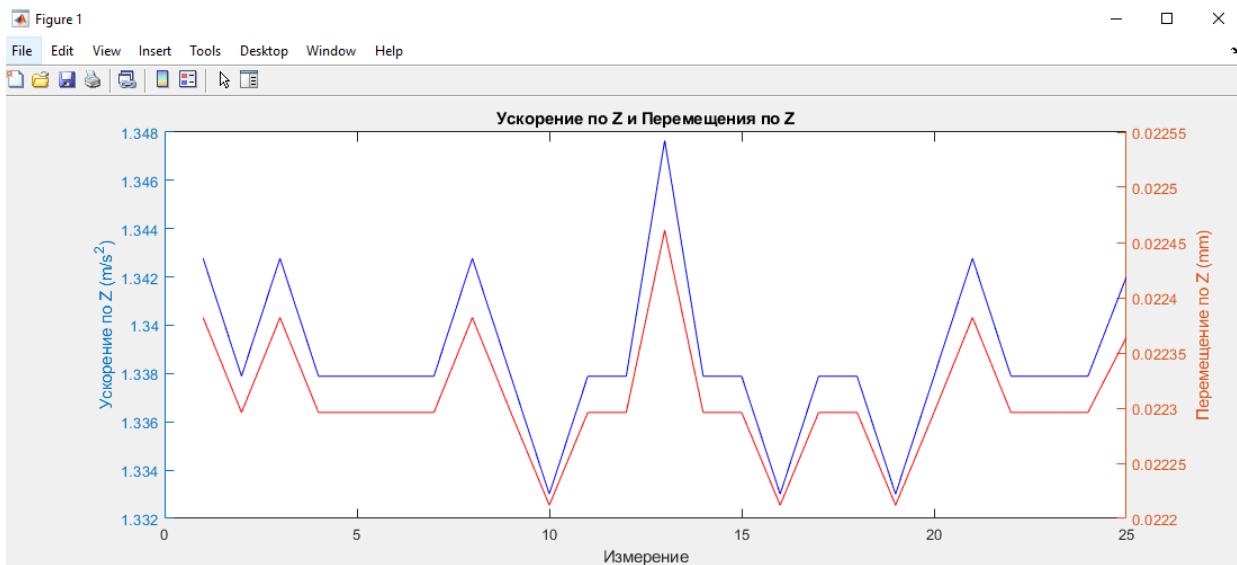


Рисунок 4 – Зависимость перемещения по оси Z от входного ускорения по оси Z

Таблица 1

Зависимость прогиба от приложенной нагрузки

Нагрузка, Н (т)	Прогиб, мм
10000 (1.02)	0,0279612
20000 (2.04)	0,0559224
30000 (3.06)	0,0838836
40000 (4.08)	0,111845
50000 (5.1)	0,139806
60000 (6.12)	0,167767
70000 (7.14)	0,195728
80000 (8.16)	0,22369
90000 (9.18)	0,251651
100000 (10,21)	0,279612
110000 (11.22)	0,307573

Как можно заметить, при увеличении нагрузки на железнодорожное полотно возрастает прогиб, который в дальнейшем может привести к аварийной ситуации на железной дороге.

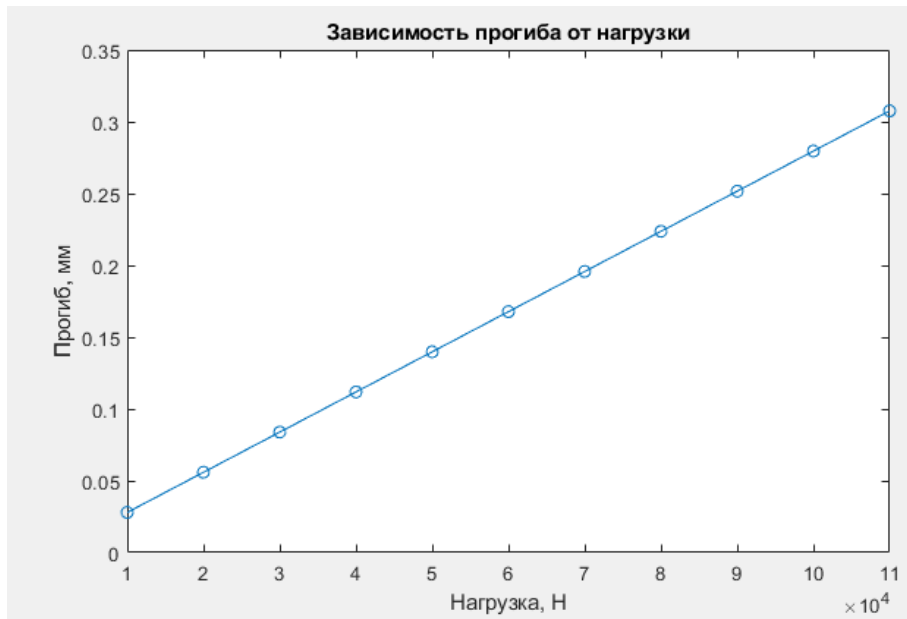


Рисунок 5 – Зависимость прогиба от нагрузки на рельс

Таблица 2

Зависимость прогиба от модуля упругости рельсовой стали

Модуль упругости(Па)	Прогиб, мм
100000	0,0587185
110000	0,0533805
120000	0,0489321
130000	0,0451681
140000	0,0419418
150000	0,0391457
160000	0,0366991
170000	0,0345403
180000	0,0326214
190000	0,0309045
200000	0,0293593

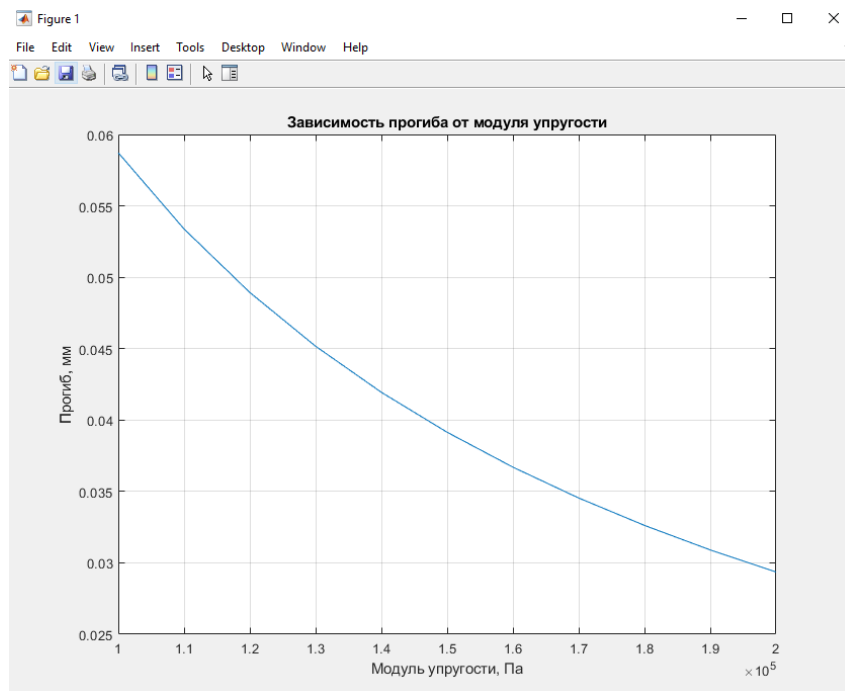


Рисунок 6 – Зависимость прогиба от модуля упругости

**Заключение.** В данной статье были рассмотрено практическое применение математической модели для 3D-моделирования прогиба рельс и расчета перемещение рельс в виртуальном пространстве. На основании моделирования приведены зависимости перемещения рельса по координатным осям по трем направления и выведены результаты расчётов. Расчёты коррелируются с данными полученными в других работах [2, 4, 5, 6], что подтверждает правильность направления работы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авсиевич, Н. А. Экспериментальный образец информационно-измерительной системы фиксации ускорения верхнего строения пути / Н. А. Авсиевич, Н. А. Залесов // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 марта 2020 года / Самарский государственный университет путей сообщения. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2020. – С. 94-96. – EDN UUAQGI.
2. Авсиевич, А. В. О возможности стационарных систем измерения просадки железнодорожного пути / А. В. Авсиевич, В. В. Авсиевич, Н. А. Авсиевич // Вестник СамГУПС. – 2021. – № 4(54). – С. 68-74. – EDN MTEONI.
3. Avsievich, V. V. Data Measurement System for Track Panel Vibrations / V. V. Avsievich, N. V. Chertykovtseva, N. A. Avsievich // AIP conference proceedings : International Scientific Conference “International Transport Scientific Innovation” ITSI-2021, Москва, 29 июня 2021 года. Vol. 2476. – Москва: AIP PUBLISHING, 2023. – P. 030034. – DOI 10.1063/5.0104755. – EDN ZOWYUQ.
4. Railway track stress-strain analysis using high- precision accelerometers / A. Avsievich, V. Avsievich, N. Avsievich [et al.] // Applied Sciences (Switzerland). – 2021. – Vol. 11, No. 24. – DOI 10.3390/app112411908. – EDN CRPIUI.
5. Авсиевич, А. В. Определение напряженно-деформированного состояния элементов железнодорожного пути на основе измерения ускорений и математического моделирования / А. В. Авсиевич, Д. В. Овчинников // Вестник транспорта Поволжья. – 2022. – № 1(91). – С. 34-42. – EDN AXBSMW.
6. Расчет максимальных нагрузок и стрел прогиба рельса // <https://vunivere.ru/work12595/page2> (дата обращения: 13.03.2024).

УДК 004.94,  
621.865.8

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ РЕЛЬС ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Залесов Н.А.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** в данной работе представлена математическая модель перемещения рельс под воздействием движущегося подвижного состава.

**Ключевые слова:** математическая модель, рельс, ускорение, рельс, железнодорожный путь.

## 3D MODEL OF MOVING RAILS UNDER THE INFLUENCE OF A MOVING TRAIN

Zalesov. N.A

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** This paper presents a mathematical model of rail movement under the influence of moving rolling stock.

**Keywords:** mathematical model, rail, acceleration, rail, railway track. rolling stock.

В современном мире развитие железнодорожного транспорта является одним из ключевых факторов, определяющих экономическое и социальное развитие стран.

Важнейшей задачей, стоящей перед железнодорожной отраслью, является обеспечение эффективности и безопасности движения поездов. Решение этой задачи во многом зависит от качества содержания железнодорожной инфраструктуры. В свою очередь, качество содержания зависит от вовремя выявляемых и устраняемых недостатков. Одним из способов содержания железнодорожной инфраструктуры может в будущем стать непрерывный контроль и диагностика. Все это возможно в случае «прилизывания» всей инфраструктуры сенсорами для снятия данных о текущем техническом её состоянии [1-5]. Обработка данных с сенсоров и разработка математических моделей технических процессов делает возможным расчет прогнозируемого состояния на будущее. В настоящее время проводится научная работа над созданием так называемой технологии «Интернет вещей» для нужд железной дороги [6–8]. В данной работе описываются процессы перемещения рельс в зависимости от данных ускорения, полученных с сенсоров.

Математическое моделирование является неотъемлемой частью процесса проектирования железнодорожного пути, позволяя исследовать различные сценарии и предсказывать поведение системы в различных условиях. Работа посвящена разработке математической модели, которая позволит с достаточной точностью описать процесс перемещения рельс под воздействием различных факторов, таких как, нагрузка на рельс от движущегося подвижного состава, ускорения рельс, модуль упругости рельсовой стали, модуль сечения рельс.

Основной задачей является разработка математической модели перемещения рельс на основе ускорения, полученного с сенсоров, установленных на подошве рельса.

Для нахождения скорости перемещения рельс воспользуемся интегрированием через ускорение.

Из определения ускорения имеем выражение 1:

$$dv = \vec{a}(t) dt, \quad (1)$$

Проинтегрируем выражение 2 в выражение 3:

$$\int_{\vec{v}_0}^{\vec{v}(t)} d\vec{v} = \int_{t_0}^t \vec{a}(t) dt, \quad (2)$$

$$\vec{v}(t) - \vec{v}_0 = \int_{t_0}^t \vec{a}(t) dt, \quad (3)$$

Итоговое выражение для нахождения скорости имеет вид:

$$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \int_{t_0}^t \vec{a}(t) dt. \quad (4)$$

Для нахождения перемещения рельс воспользуемся общедоступным выражением

$$S = v \cdot dt, \quad (5)$$

где перемещение рельса соответствует его прогибу под действием подвижного состава.

Для проверки правильности и калибровки нахождения прогиба рельс, при построении модели воспользуемся формулой [9] определения прогиба рельса

$$f = \frac{0.125 \cdot P}{6EJ}, \quad (6)$$

где  $f$  – прогиб рельс, м;  $P$  – вертикальная нагрузка на рельс, Н;  $E$  – модуль упругости рельсовой стали  $2,1 \cdot 10^{11}$  МПа;  $J$  – момент инерции рельсового сечения  $= 3548 \text{ см}^4$ .

В данной статье была приведена математическая модель перемещения рельс на основе параметров ускорения, нагрузки на рельс, модули Юнга для стали и модуля инерции рельсового сечения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Avsievich, V. V. Data Measurement System for Track Panel Vibrations / V. V. Avsievich, N. V. Chertykovtseva, N. A. Avsievich // AIP conference proceedings : International Scientific Conference “International Transport Scientific Innovation” ITSI-2021, Москва, 29 июня 2021 года. Vol. 2476. – Москва: AIP PUBLISHING, 2023. – P. 030034. – DOI 10.1063/5.0104755. – EDN ZOWYUQ.
2. Avsievich, A. Comparative Analysis of Railway Track Depression Estimation Methods / A. Avsievich, V. Avsievich, A. Ivaschenko // Transportation Research Procedia: Collection of materials XIII International Conference on



Transport Infrastructure: Territory Development and Sustainability, Irkutsk-Krasnoyarsk, 26–28 октября 2022 года. – Krasnoyarsk: Elsevier B.V., 2023. – P. 447-452. – DOI 10.1016/j.trpro.2023.02.060. – EDN EGTHRE.

3. Авсиевич, А. В. Определение напряженно-деформированного состояния элементов железнодорожного пути на основе измерения ускорений и математического моделирования / А. В. Авсиевич, Д. В. Овчинников // Вестник транспорта Поволжья. – 2022. – № 1(91). – С. 34-42. – EDN AXBSMW.

4. Авсиевич, А. В. О возможности стационарных систем измерения просадки железнодорожного пути / А. В. Авсиевич, В. В. Авсиевич, Н. А. Авсиевич // Вестник СамГУПС. – 2021. – № 4(54). – С. 68-74. – EDN MTEONI.

5. Railway track stress–strain analysis using high- precision accelerometers / A. Avsievich, V. Avsievich, N. Avsievich [et al.] // Applied Sciences (Switzerland). – 2021. – Vol. 11, No. 24. – DOI 10.3390/app112411908. – EDN CRPIUJ.

6. Трифонова, Н. В. Система сбора и обработки данных динамических параметров пути / Н. В. Трифонова, Н. А. Авсиевич // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 марта 2020 года / Самарский государственный университет путей сообщения. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2020. – С. 84-88. – EDN WHAMIO.

7. Авсиевич, Н. А. Экспериментальный образец информационно-измерительной системы фиксации ускорения верхнего строения пути / Н. А. Авсиевич, Н. А. Залесов // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 марта 2020 года / Самарский государственный университет путей сообщения. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2020. – С. 94-96. – EDN UUAQGI.

8. Авсиевич, Н. А. Измерительный комплекс регистрации и первичной обработки ускорений / Н. А. Авсиевич // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте: материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 января 2021 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 16-19. – EDN IVGLEY.

9. Расчет максимальных нагрузок и стрел прогиба рельса // <https://vunivere.ru/work12595/page2> (дата обращения: 13.03.2024).

УДК 656.2.08 : 681.326.5

## СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ВИБРАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОЛОТНА

Буштрук А. А.<sup>1</sup>, Буштрук Т. Н.<sup>2</sup>, Золкин А. Л.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики  
Российский федеральный ядерный центр, Саров

<sup>2</sup>Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

<sup>3</sup>Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара

**Аннотация:** шум и вибрация от взаимодействия железнодорожного полотна с колесными парами состава распространяется по воздуху и грунту от железнодорожной линии до близлежащих жилых массивов. с увеличением скорости движения пассажирских и грузовых составов шум и вибрация возрастают, и это требует непрерывного контроля за этими параметрами. Важным аспектом является создание комплексной мониторинговой системы слежения за состоянием железнодорожного полотна. Мониторинговая система должна включать технические средства, обеспечивающие текущий и выборочный контроль и измерение исследуемых параметров вибрации и шума (карты полей), программное обеспечение для проведения процедур идентификации временной последовательности значений, полученных при замерах, и модуль построения прогноза для формирования организационно-производственных мероприятий.

**Ключевые слова:** вибрационное поле, система мониторинга, идентификация временной последовательности, модуль построения прогноза, шумовые и вибрационные воздействия.

## VIBRATION FIELD MONITORING SYSTEM RAILWAY TRACKS

Bushtruk A. A.<sup>1</sup>, Bushtruk T N.<sup>2</sup>, Zolkin A. L.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Nuclear Center – All-Russian Research Institute of Experimental Physics, Sarov

<sup>2</sup>Samara State University of Transport, Samara

<sup>3</sup>Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara

**Abstract:** noise and vibration from the interaction of the railway track with the wheel pairs of the train spreads through the air and ground from the railway line to nearby residential areas. As the speed of passenger and freight trains increases, noise and vibration increase, and this requires continuous monitoring of these parameters. The creation of a comprehensive monitoring system for monitoring the condition of the railway track is relevant. The monitoring system should include technical means providing current and selective monitoring and measurement of the studied vibration and noise parameters (field maps), software for carrying out procedures for identifying the time sequence of values obtained during measurements, and a forecasting module for the formation of organizational and production measures.

**Keywords:** vibration field, monitoring system, time sequence identification, forecasting module, noise and vibration effects.

Железнодорожный транспорт оказывает на прилегающие территории различного рода воздействия: механические, химические, электромагнитные и другие. В программных документах ОАО «РЖД» отражены стратегические и тактические направления по обеспечению благоприятной экологической обстановки в локациях, прилегающих к инфраструктуре железной дороги. Регламентируемые мероприятия направлены, как на формирование мониторинговой системы, так и на улучшение и совершенствование технологических режимов функционирования оборудования [1]. Природоохранные мероприятия направлены на сокращение вредных выбросов в окружающую среду, уменьшение механических воздействий на прилегающую инфраструктуру, оптимизацию объемов водопотребления и эффективную очистку, уменьшение шумовых воздействий и другое. Шумовые воздействия на прилегающие к железнодорожному полотну территории, определяются шумом качения в результате взаимодействия между колесной парой и рельсами. Этот шум распространяется по воздуху от железнодорожной линии до близлежащих жилых массивов. С увеличением скорости движения пассажирских и грузовых составов шум и вибрация возрастают, и это обстоятельство требует не только непрерывного контроля за этими параметрами, но и разработку мер по снижению этих факторов [3]. Мероприятия по формированию вибрационного профиля вдоль железнодорожных путей должны проводиться на этапе изыскательских и проектных работ на стадии инженерно-геологических и инженерно-экологических расчетов. Основное направление по снижению шума и вибрации – это обеспечение качества и геометрии пути, над этим работают инженеры и конструкторы, профильные службы. Важным аспектом является создание комплексной мониторинговой системы слежения за состоянием железнодорожного полотна. Исходными данными для предварительного расчета вибрационных характеристик являются характеристики грунтов, их температура, тип строения пути, скорости движения, масса составов, глубина залегания грунтовых вод, текущая измерительная информация и другие факторы. Интерпретация шумовых и вибрационных воздействий на прилегающие территории при движении железнодорожных составов приведена на рисунке 1. Создание мониторинговой системы по контролю и исследованию воздействия вибрации на прилегающие к железнодорожному полотну территорий, а также характер распространения волн вибрации является, безусловно, актуальной задачей.

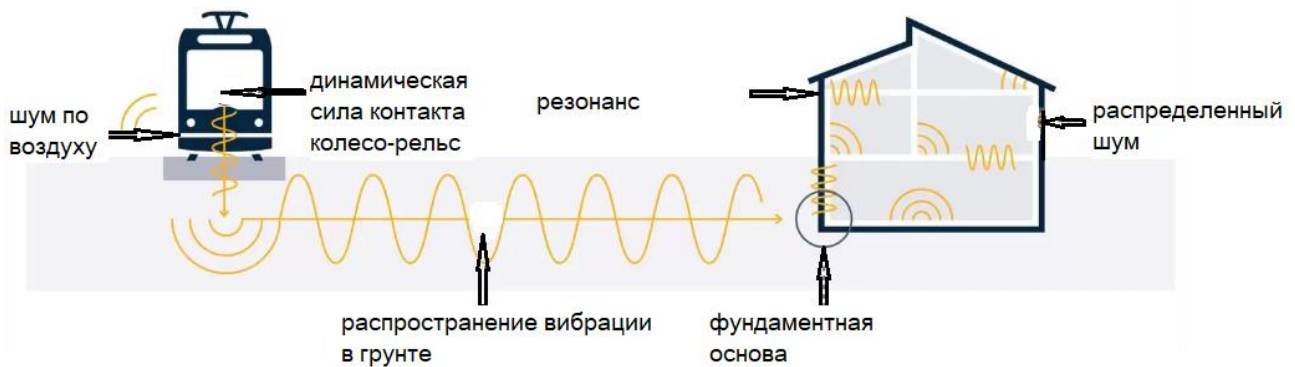


Рисунок 1 – Интерпретация шумовых и вибрационных воздействий на прилегающую территорию и сооружения

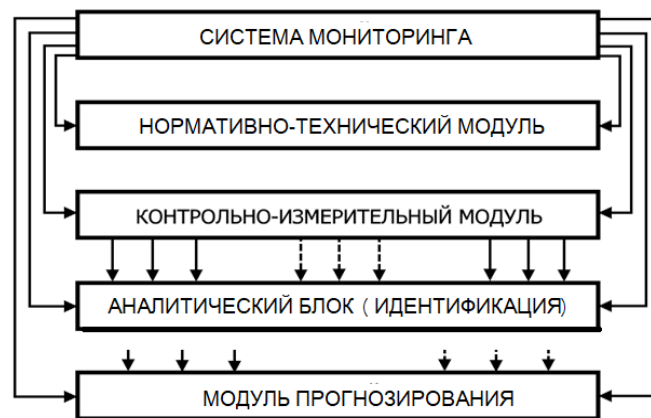


Рисунок 2 – Компоненты мониторинговой системы

Мониторинговая система должна включать технические средства, обеспечивающие текущий и выборочный контроль и измерение исследуемых параметров, нормируемые и регламентируемые допустимые значения вибрации и шума (карты полей), программное обеспечение для проведения процедур идентификации временной последовательности значений вибрации (шума), полученных при замерах и модуль построения прогноза [2, 4-6] для формирования организационно-производственных мероприятий [7] (рисунок 2). Причем, алгоритм системы идентификации временного ряда должен обладать адаптивными свойствами [2].

Наблюдаемые временные последовательности можно рассматривать, как временной процесс с определенными свойствами. Интерпретировать такие процессы можно линейным звеном с дробно-рациональной передаточной функцией, подавая на вход тестовый сигнал типа белый шум с гауссовским распределением. Аналитически фиксируемые участки временного процесса на участках диагностирования можно записать в виде выражений

$$\begin{aligned}
 y(t; \Delta t_1) &= \int_0^{\infty} h(\mu_1; \Delta t_1) x(t - \mu_1) d\mu_1, \\
 &\vdots \\
 y(t; \Delta t_i) &= \int_0^{\infty} h(\mu_i; \Delta t_i) x(t - \mu_i) d\mu_i, \\
 &\vdots \\
 y(t; \Delta t_l) &= \int_0^{\infty} h(\mu_l; \Delta t_l) x(t - \mu_l) d\mu_l,
 \end{aligned}$$

В аналитических записях анализируемых участков  $x(t) = \sigma\delta(t)$  – белый шум с неизвестным среднеквадратическим отклонением  $\sigma$ ,  $\delta(t)$  – дельта-функция,  $h(\mu_i; \Delta t_i)$  – импульсная переходная характеристика (ИПХ) квазистационарного линейного формирующего фильтра, временные интервалы наблюдения равны  $\Delta t_1 = \Delta t_2 = \dots = \Delta t_l$ , на участках  $\Delta t_i$  наблюдается квазистационарный процесс,  $\Delta t_i = t_{i+1} - t_i, i = \overline{0, l}$ .

Процедура идентификации строится на основе использования корреляционно-спектрального анализатора (описан подробно в [2, 4, 6]). В процедуре обработки временных последовательностей, поступивших на анализатор, вычисляются взаимные корреляционно-спектральные функции между равными по продолжительности реализациями временного процесса (при произвольном выделении).

Используются сигналы  $y(t)$ ,  $z_1(t - \tau_1; \Delta t_\gamma)$  и  $z_2(t - \tau_2; \Delta t_q)$  следующего вида

$$y(t) = \int_0^\infty h_{\phi\phi}(\theta)x(t - \theta)d\theta, z_1(t - \tau_1; \Delta t_\gamma) = \int_0^\infty h_\phi(\mu_\gamma)y(t - \tau_1 - \mu_\gamma; \Delta t_\gamma)d\mu_\gamma, z_2(t - \tau_2; \Delta t_q) = y(t - \tau_2; \Delta t_q),$$

где  $\gamma, q = \overline{0, l}$ ,  $h_\phi(t)$  – ИПХ полосового фильтра с определенными свойствами в модуле корреляционно-спектрального анализатора,  $h_{\phi\phi}(t)$  – ИПХ формирующего фильтра (модель выделенной временной последовательности).

Вычислительный модуль корреляционно-спектрального анализатора реализует алгоритм идентификации, основанный на вычислении следующих корреляционных функций

$$R_{z_2 z_1}(\tau_2 - \tau_1) = \frac{1}{t_0 - (\tau_2 - \tau_1)} \int_0^{t_0 - (\tau_2 - \tau_1)} z_2(t - \tau_2; \Delta t_\alpha) z_1(t - \tau_1; \Delta t_\beta) dt, \tau_2 \geq \tau_1,$$

$$R_{z_2 z_1}(-\tau_1 + \tau_2) = \frac{1}{t_0 - (\tau_1 - \tau_2)} \int_0^{t_0 - (\tau_1 - \tau_2)} z_1(t - \tau_1; \Delta t_c) z_2(t - \tau_2; \Delta t_d) dt, \tau_1 > \tau_2,$$

где  $\alpha, \beta, c, d = \overline{0, l}$  (участки временных последовательностей). При этом должны выполняться условия -  $t_{nep} \ll \Delta t_i$ , где  $i = \overline{0, l}$ ,  $t_{nep}$  – время переходного процесса полосового фильтра. Необходимо, чтобы при проведении идентификации соблюдались условия  $t_0 - (\tau_2 - \tau_1) < \Delta t_i$ ,  $\tau_2 \geq \tau_1$ ;  $t_0 - (\tau_1 - \tau_2) < \Delta t_i$ ,  $\tau_1 > \tau_2$  и  $i = \overline{1, l}$ .

ИПХ чётного полосового фильтра в блоке корреляционно-спектрального анализатора должна иметь вид  $h_\phi(t) = k_\phi \{ \exp(-|t|/T) \cos \omega_0 t \} / T$ , что определяется его структурой (степени полиномов числителя и знаменателя) и параметрами (масштабный коэффициент, постоянные времени). В этом выражении:  $\omega_0$  – центральная частота настройки полосового фильтра,  $T$  – постоянная времени,  $k_\phi$  – масштабный коэффициент. Предел ИПХ при стремлении постоянной  $T$  к бесконечности записан далее  $\lim h_\phi(t)$  при  $T \rightarrow \infty$  и  $k_\phi / T = 1$  равен  $\cos \omega_0 t$ .

Модель временного ряда определяется структурой и параметрами формирующего фильтра. В качестве моделирующего фильтра принимается дробно-рациональная передаточная функция. Определение оценок значений показателей степени полиномов числителя и знаменателя, масштабных коэффициентов, постоянных времени дробно-рациональной передаточной функции линейного звена входного фильтра и формирует модель временного ряда [2, 6, 8].

Разработанная измерительно-вычислительная схема получения взаимных корреляционных функций для выбранных отрезков временного ряда [2, 4, 6] обеспечивает реализацию процедур идентификации (определения структуры и параметров линейного фильтра) (приводится выражение в одном направлении вычислений).

$$R_{Z_2 Z_1}(\tau_2 - \tau_1) = \int_0^\infty \dots \int_0^\infty h_{\phi\phi}(\theta_1; \Delta t_\alpha) h_{\phi\phi}(\theta_2; \Delta t_\beta) h_{\phi_2}(\mu_\alpha) h_{\phi_1}(\mu_\beta) \times \\ \times R_{xx}(\tau_2 - \tau_1 + \theta_2 - \theta_1 + \mu_\alpha - \mu_\beta) d\mu_\alpha d\mu_\beta d\theta_1 d\theta_2.$$

В приведенное выше выражение входят импульсные переходные характеристики формирующего фильтра (опорная модель) временного ряда и импульсные переходные характеристики полосовых фильтров в структуре корреляционно-спектрального анализатора [2, 4, 6, 8]. Подобные интегральные выражения решаются на основе свойства эрмитовой симметрии и фильтрующего свойства дельта-функций [2] для формирующего фильтра.

Такие преобразования проводятся многократно, в результате, интегральные выражения для взаимных корреляционных функций преобразуются в уравнения, в которые входят модули и фазы комплексных передаточных коэффициентов формирующего звена (линейного фильтра)

$$R_{Z_2 Z_1}(\tau_2 - \tau_1) = \sigma^2 K_{\phi\phi}^{(\beta)}(\omega_0) K_{\phi\phi}^{(\alpha)}(\omega_0) \times \\ \times \cos\{\omega_0(\tau_2 - \tau_1) - \Psi_{\phi\phi}^{(\beta)}(\omega_0) + \Psi_{\phi\phi}^{(\alpha)}(\omega_0)\} \dots, \\ R_{Z_2 Z_1}\{-(\tau_1 - \tau_2)\} = \sigma^2 K_{\phi\phi}^{(c)}(\omega_0) K_{\phi\phi}^{(d)}(\omega_0) \times \\ \times \cos\{-\omega_0(\tau_2 - \tau_1) + \Psi_{\phi\phi}^{(c)}(\omega_0) - \Psi_{\phi\phi}^{(d)}(\omega_0)\} \dots$$

В полученном выражении  $K_{\phi\phi}^{(\cdot)}(\omega_0)$  - модуль и  $\Psi_{\phi\phi}^{(\cdot)}(\omega_0)$  - фазовая характеристика комплексного коэффициента передачи формирующего фильтра. Использование этих характеристик -  $K_{\phi\phi}^{(\cdot)}(\omega_0)$ ,  $\Psi_{\phi\phi}^{(\cdot)}(\omega_0)$  обеспечивает получение информации о структуре и параметрах передаточной функции линейного звена (формирователя временного ряда). Структура передаточной функции формирующего фильтра определяется порядком полиномов числителя и знаменателя, а параметры – оценочными значениями постоянных времени и масштабных коэффициентов [2, 6, 8]. Адаптивные свойства алгоритма идентификации позволяют проводить уточнение параметров предлагаемой модели до требуемой точности. В результате проведения идентификации временной последовательности участков тестовых измерений вибропараметров железнодорожного полотна (шума) получаем аналитическое выражение для модели временного ряда.

Как известно, для системы с постоянными сосредоточенными параметрами [6, 8,9] при наличии модели достоверной и адекватной (формирующего фильтра для временной последовательности), можно записать дискретную передаточную функцию эквивалентной импульсной системы в виде

$$K_*(z) = \frac{A_0 + A_1 z + A_2 z^2 \dots + A_{l-2} z^{l-2} + A_{l-1} z^{l-1} + A_l z^l}{1 + B_1 z + B_2 z^2 \dots + B_{m-2} z^{m-2} + B_{m-1} z^{m-1} + B_m z^m}.$$

А рекуррентный алгоритм будет иметь вид

$$y_*[n] = A_0 x[n] + \dots + A_l x[n-l] - B_1 y_1[n-1] - \dots - B_m y_k[n-m].$$

Компоненты системы мониторинга, состоящей из контрольно-измерительного блока, модуля идентификации временного ряда с требуемым программным обеспечением, объединяются в едином комплексе, обеспечивая его эффективное функционирование и адаптивные свойства. В [7] дан пример диагностической системы контроля параметров технологической установки с программным обеспечением.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экологическая стратегия ОАО «РЖД» на период до 2020 года и перспективу до 2030 года. 21.05. 2014
2. Буштрук А. Д., Буштрук Т. Н., Фазлыев И. И. Корреляционно-спектральный метод идентификации квазистационарных временных процессов с разрешением противоречия между точностью и быстродействием // А и Т. 2011. № 7. С. 147-158.

3. Рассошенко Ю. С., Иванов Н. И., Крылов В. В. Проблема оценки вибрационных полей поверхностных волн Рэлея, создаваемых высокоскоростными железнодорожными линиями 2018. NOICE Theory and Practice С. 21-29.
4. Буштрук Т. Н., Царыгин М. В., Кленюшин Д. С. Компьютерный обучающий комплекс для персонала предприятий вагонного хозяйства с модулем идентификации и прогнозирования временных рядов// Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2015. № 4(224). С. 105-113.
5. Кун Макс, Джонсон Кьелл Предиктивное моделирование на практике. – СПб.: Питер, 2019. – 640 с.
6. Буштрук Т. Н. Двухэтапная идентификация нелинейных объектов и процессов в адаптивных системах управления /Вестник транспорта Поволжья: научно-технич. журнал. – Самара: СамГУПС, 2019. – Вып. № 1 (73). – С. 72-79.
7. Золкин А. Л., Тормозов В. С., Буштрук Т. Н., Петрушова М. В. Программное обеспечение для сбора, обработки и передачи данных о техническом состоянии поверхности коллектора электродвигателя. Программные продукты и системы: Международный научно-практический журнал. – Тверь: 2020. Т. 33. № 3. – С. 483-488.
8. Буштрук Т. Н., Засов В. А. Перспективные направления моделирования и идентификации динамических систем : монография / Т. Н. Буштрук, В. А. Засов. – Самара : СамГУПС, 2019. – 158 с.
9. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. Вып. 1 Пер. с англ. М.: Мир, 1974.

УДК 621.644.07

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ СИНХРОНИЗАЦИИ ДАННЫХ О ТЕХНИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Куркачев О. В.<sup>1</sup>, Припутников А. П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Самарский университет, Самара

<sup>2</sup>Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация.** В данной статье рассмотрен вопрос повышения надежности и безопасности эксплуатации линейной части магистральных газопроводов. Для решения данного вопроса изучены основные методы диагностики и оценки технического состояния линейной части магистральных газопроводов. Предлагается метод формирования цифровой модели линейной части магистральных газопроводов путем совмещения результатов различных методов диагностик, при этом учитывая их преимущества и недостатки. Данный метод позволит автоматизировать процесс оценки надежности участка газопровода, разработать план мероприятий, позволяющий обеспечить безопасность эксплуатации, а также существенно уменьшить количество отказов за счет точной и достоверной оценки технического состояния и сведения количества ошибок анализа процесса, требующих вмешательства работников, к нулю.

Статья описывает структуру цифровой модели и порядок его формирования, на основе которой будет разработана цифровая модель линейной части магистральных газопроводов. Реализовать данную программу планируется на базе ПО Excel на языке программирования VBA.

**Ключевые слова** магистральный газопровод; внутритрубная диагностика; техническое состояние; электрометрическое обследование; условия залегания; капитальный ремонт; дефектный участок.

## DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED DATA SYNCHRONIZATION SYSTEM ON THE TECHNICAL CONDITION OF MAIN GAS PIPELINES

Kurkachev O. V.<sup>1</sup>, Priputnikov A. P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Samara University, Samara

<sup>2</sup>Samara State University of Transport, Samara

**Abstract.** This article discusses the issue of improving the reliability and safety of operation of the linear part of the main gas pipelines. To solve this issue, the main methods of diagnosis and assessment of the technical condition of the linear part of the main gas pipelines have been studied. A method is proposed for forming a digital model of the linear part of the main gas pipelines by combining the results of various diagnostic methods, while taking into account

their advantages and disadvantages. This method will automate the process of assessing the reliability of the gas pipeline section, develop an action plan to ensure the safety of operation, as well as significantly reduce the number of failures due to an accurate and reliable assessment of the technical condition and reduce the number of errors in the analysis of the process requiring the intervention of workers to zero.

The article describes the structure of the digital model and the order of its formation, on the basis of which a digital model of the linear part of the main gas pipelines will be developed. It is planned to implement this program based on Excel software in the VBA programming language.

**Keywords:** main gas pipeline; in-line diagnostics; technical condition; electrometric examination; conditions of occurrence; major repairs; defective section.

**Введение.** Аварийность, количество инцидентов и отказов на линейной части магистральных газопроводов, эксплуатируемых на территории Российской Федерации, в большей степени зависят от их технического состояния. В свою очередь техническое состояние обусловлено наличием дефектов трубной стали, а также скорости их развития при эксплуатации. В связи с этим разработка единой системы базы данных о техническом состоянии линейной части магистральных газопроводов в виде цифровой модели, выполняемая с целью снижения риска при эксплуатации и предотвращения возможных социальных, экологических и экономических потерь в случае аварии, является актуальной задачей.

Составляющими модели цифрового образа линейной части магистрального газопровода являются его техническое состояние, определенное по результатам диагностики, анализа характеристик участка залегания, оценки параметров и условий эксплуатации. При этом формализация модели заключается в совмещении и структурировании результатов внутритрубной диагностики (ВТД) и электрометрического обследования, топографических, геологических, гидрогеологических характеристик, а также данных исполнительной документации о ранее проведенных диагностических обследованиях и состава ремонтных работ на линейной части.

**Методы диагностики магистральных газопроводов.** Техническое состояние магистральных газопроводов определяется путем выявления дефектов труб, элементов сварных соединений, состояния пассивной защиты газопровода от коррозии (изоляционного покрытия) с использованием методов диагностики [1]. Наиболее актуально в процессе создания цифровой модели – обобщать и систематизировать параметры, влияющие на техническое состояние магистрального газопровода. При этом необходимым условием является оценка ранее проведенных технических обследований, а также изменения условий эксплуатации магистрального газопровода [2, 6]. Совмещение вышеуказанных параметров является принципом создания цифровой модели линейной части магистральных газопроводов (ЛЧМГ). Реализация принципа требует синхронизации данных:

- внутритрубной диагностики участка трубопровода;
- электрометрического обследования;
- о шурфовании участка линейной части;
- об обработке результатов вышеперечисленных методов и принятия решения о допуске к эксплуатации обследуемого участка газопровода;
- об условиях залегания участка газопровода;
- исполнительной документации о проведенных работах;
- о предстоящих сроках и видах ремонтных работ на линейной части.

При определении очередности и сроков ремонта дефектных участков трубопроводов необходимо учитывать последствия даже от гипотетической аварии на трубопроводе в результате разрушения [3]. Например, разрыв магистрального газопровода на переходе через железнодорожные пути приведет к высоким социальным, экологическим и материальным потерям.

Совмещение данных для разработки метода создания цифрового образа его автоматизации на примере участка магистрального газопровода Челябинск-Петровск 610-704 км.

При формировании цифрового образа линейной части использованы топографические

планы масштаба 1:2000 [4, 5]. Порядок переноса информации осуществлялся следующим образом. На каждом листе топографического плана производятся измерения до значимых точек, в качестве которых были приняты:

- отметка поверхности земли, указатели, КИП, грунтовая дорога, границы и оси автомобильных дорог;
- границы пахотных земель;
- крановые узлы и их ограждения;
- точки подключения перемычек и газопроводов-отводов;
- пересечения с ВЛ и подземными коммуникациями;
- пересечения с подводными и надземными переходами через реки, овраги, границы районов и др.

После проведения замеров результаты вносятся в электронную таблицу, представленную на рис. 1 в формате *xls*.

Для уменьшения нарастающей ошибки в измерениях замеры до каждой последующей точки необходимо производить от одной и той же точки. При условии прямолинейной трассы замеры производятся от начала листа (точка примыкания линии газопровода к границе листа). При поворотах трассы замеры производятся от границы листа, далее выбираются точки поворота. Рекомендуются минимизировать количество начальных точек измерений. Все замеры производятся в пределах одного листа. Замеры на следующем листе начинаются опять с отсчета «0».

Топография							Координаты GPS (Вносятся по натурным измерениям)	№ кран. уч.	км по трассе	Расст до след. точки, м	Описание обустройства трассы	Описание обустройства трубопровода	
№ листа инв.	Масштаб	от начала листа, мм	от начала листа, м	Отметка, м									
				Земли	Трубы								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Бур-6	2	0,00	0,0	307,77	306,77			1	610,097	97,3	Начало съемки		
Бур-6	2	48,64	97,3	307,96	306,96	N54 20.919 E53 03.699		1	610,000	13,0	Граница зоны обслуживания ООО "ГТК" - ООО "ГТС"; УК-610 по факту (2 шт);	M27	
Бур-6	2	55,14	110,3						610,013	34,3		Отвод 3,3 м вниз	
Бур-6	2	72,30	144,6			N54 20.909 E53 03.688		1	610,047	31,5	ВЛ 10 кВ		
Бур-6	2	88,05	176,1	298,31	297,31			1	610,079	34,0			

Рисунок 1 – Форма для переноса измерений с топографического плана в электронную таблицу

Результаты ВТД подрядные организации предоставляют в различных электронных таблицах формата *xls*. Из отчета необходимо выбрать таблицу, где имеется сквозная нумерация труб и внесена информация о всех элементах трубопровода (тройники, краны, футляры, балластировка, маркерная разметка и др.), а также все выявленные особенности (дефекты). Обычно вся перечисленная информация находится в журнале выявленных особенностей. Для совмещения данных отчета ВТД и базового топографического плана необходимо предварительно определить общие закрепленные точки на местности (используя геодезические и топографические данные и паспорт трубопровода). Ими могут быть: крановые узлы, тройниковые соединения перемычек и газопроводов-отводов, оси переходов через автомобильные дороги (при наличии защитных футляров) [1]. С базового топографического плана в отчет ВТД переносятся значения соответствующего километража и определяется разница значений между данными с топографического плана и отчета ВТД [2].

Результаты электрометрических обследований подрядные организации предоставляют в виде отчета с приложением различных сводных таблиц результатов обследований [2, 3].

Для начала из отчета необходимо выбрать данную таблицу, где внесены сводные результаты таких обследований. Например, в одном из отчетов инженерно-технического центра (ИТЦ) ООО «Газпром трансгаз Самара» это приложение «Координаты GPS» (таблица 1).



Выписка из отчета ЭХЗ – итоговая сводная таблица описания трассы обследования  
МГ Челябинск-Петровск 645,7-704 км

Магистральный газопровод Челябинск-Петровск 645,7-704 км			
№ п/п	Расстояние, км	Описание точки GPS	Координата GPS
1	645,7	КИП, УК 645,5	N54 10.775 E52 38.368
2	645,714	а/д М-5 «Урал» – с. Черновка	N54 10.769 E52 38.360
3	645,725	а/д М-5 «Урал» – с. Черновка	N54 10.764 E52 38.353
4	645,738	Точка врезки входной шлейф резервной нитки на КЦ-1	N54 10.758 E52 38.348

Для совмещения данных отчета электрометрических обследований и базового топографического плана необходимо также предварительно определить общие закрепленные точки на местности. С базового топографического плана в отчет электрометрического обследования переносятся значения соответствующего километража и определяется разница значений между данными с топографического плана и отчета электрохимической защиты (ЭХЗ). Для начальных общих точек (общие точки, расположенные в начале первого километра трассы) вычисляется среднее отклонение значения между отчетом ЭХЗ и базовым топографическим планом [6].

С целью упрощения расчетов по совмещению данных отчетов ЭХЗ с базовым топографическим планом диагностическим организациям до проведения работ необходимо согласовывать с линейно-эксплуатационной службой (ЛЭС) километр начальной точки, от которой ведется электрометрическое обследование [4, 6]. Это исключает необходимость внесения первой поправки.

Большой же интерес представляет ремонт протяженных участков методом замены или переизоляции. Эти виды ремонта, возможно, внести двумя способами.

*Первый способ* – это наложение топографических съемок проекта капитального ремонта и базового топографического плана. Данный способ может использоваться как для участков подверженных обследованию средствами ВТД, так и при отсутствии возможности проведения внутритрубной дефектоскопии. Основным недостатком данного способа является то, что не всегда раскладка труб, определенная проектом, совпадает с фактической раскладкой труб после проведения капитального ремонта. Для определения расхождения между проектом и фактом необходимо детальное изучение исполнительной документации (сварочные журналы, схемы сварных соединений, переписка с проектной организацией и др.), и даже это не исключает некоторых ошибок. На начальном этапе формируется электронная таблица топографической съемки проекта капитального ремонта.

*Второй способ* – это наложение фактической раскладки труб при капитальном ремонте на результаты внутритрубной дефектоскопии, которая проведена после капитального ремонта. Способ более точный и требует меньше трудозатрат. Основной недостаток в том, что он применим только к участкам, подверженным ВТД [1].

**Метод формирования цифровой модели линейной части магистральных газопроводов.** Метод формирования цифровой модели ЛЧМГ основывается на принципе и включает в себя полномасштабную систему мониторинга, включающую совмещение и систематизацию результатов оценки технического состояния газопроводов, условий залегания, характеристик участка, данных о видах работ и сроках ранее проведенных капитальных ремонтов (КР). Вышеуказанные параметры являются базой для системного анализа и диагностики объектов транспорта газа и позволяют разработать способ создания цифрового образа на основе метода и способа создания цифровой модели [7, 8].

Способ создания цифрового образа заключается в формализации метода формирования цифровой модели. При этом необходимо систематизировать, совместить и структурировать данные и результаты, получаемые в результате использования разработанной модели.

**Структура формирования и функциональное назначение цифрового образа линейной части магистральных газопроводов.** Процесс обработки отчетов и результатов

диагностических обследований и порядок их совмещения при формировании цифрового образа линейной части магистральных газопроводов можно представить в виде упрощенной схемы, представленной на рисунке 2.

Формализацией цифрового образа линейной части магистральных газопроводов после его формирования является привязка множества несвязанных интересующих данных к определенной точке на местности.

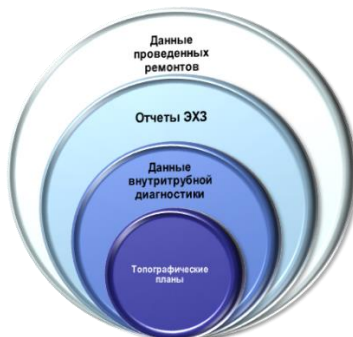


Рисунок 2 – Структура формирования цифрового образа линейной части магистральных газопроводов

**Этапы формирования цифрового образа линейной части магистральных газопроводов.** Процесс формирования цифрового образа и его автоматизации включает в себя несколько этапов, основными из которых являются:

**Первый этап. Подготовительный.** Данные отчетов, полученные в ходе проведения диагностических обследований и ремонтных работ, формируются в виде файлов форматом *xls*. После этого проводится анализ, обработка, систематизация и приведение данных к единому, унифицированному виду для дальнейшего автоматического совмещения. Отбирается интересующая информация.

**Второй этап. Подготовка форм для внесения данных.** На данном этапе подготавливаются формы для внесения данных внутритрубной дефектоскопии, электрометрических обследований и данных о проведенных ремонтах, из которых будет в дальнейшем производиться процесс совмещения данных.

**Третий этап. Внесение данных в формы для синхронизации.** На данной стадии вносятся данные в формы для синхронизации. При необходимости производится дополнительная коррекция и редактирование.

**Четвертый этап. Заключительный.** Заключительным этапом является процесс автоматизированного совмещения данных и формирование цифрового образа линейной части на обработанных ранее данных.

**Описание алгоритма использования способа совмещения малого и единичного количества данных.** На основе вышеописанных этапов и их порядка была написана программа «Цифровой образ линейной части магистральных газопроводов». Основными модулями программы являются:

- 1) цифровой образ;
- 2) формы для синхронизации данных (данные ВТД, данные ЭХЗ, данные КР);
- 3) сведения (информация о трубе, расстояние до и после);
- 4) планирование (пообъектный перечень);
- 5) визуализация данных (диаграммы).

Схема логических связей между модулями программы представлена на рис. 3.

Достоверные данные о техническом состоянии, полученные с использованием цифрового образа, предоставляют возможность своевременно принять меры по восстановлению проектных характеристик, что позволит существенно снизить риск отказов и аварии, а также повысить надежность линейной части магистральных газопроводов.



Рисунок 3 – Схема логических связей между модулями программы «Цифровой образ линейной части»

**Выводы.** В данной работе показано решение задачи повышения достоверности имеющихся данных о техническом состоянии трубопровода путем разработки способа создания образа линейной части магистральных газопроводов, который предусматривает синхронизацию и структурирование основных параметров, характеризующих безопасность и эффективность эксплуатации магистральных газопроводов. Дальнейшая автоматизация процесса позволит свести к нулю ошибки, связанные с человеческим фактором, и существенно сократить время процесса формирования моделей. Применение данного способа проводится с целью снижения аварий и инцидентов при транспортировке газов путем минимизации возможных ошибок при обработке данных и своевременном принятии решений по необходимости проведения ремонтных или восстановительных работ.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СТО Газпром 2-3.5-454-2010. Правила эксплуатации магистральных газопроводов, утвержденные приказом ОАО «Газпром» № 130 от 24 мая 2010 г. – М.: Газпром экспо, 2010. – 229 с.
2. СТО Газпром 2-2.3-253-2009 Методика оценки технического состояния и целостности газопроводов, утвержденная распоряжением №496 ОАО «Газпром» от 15 декабря 2008 г. №496. – М.: ВНИИГАЗ, 2008.
3. СТО Газпром 2-2.3-292-2009. Правила определения технического состояния магистральных газопроводов по результатам внутритрубной инспекции, утвержденные распоряжением ОАО «Газпром» №518 от 23 декабря 2008 г. – М.: Газпром экспо, 2009. – 27 с.
4. СТО Газпром 2-2.3-095-2007. Методические указания по диагностическому обследованию линейной части магистральных газопроводов, утвержденные распоряжением ОАО «Газпром» №441 от 29 декабря 2006 г. – М.: ИРЦ Газпром, 2007. – 67 с.
5. СТО Газпром 2-3.5-252-2008 Методика продления срока безопасной эксплуатации магистральных трубопроводов ОАО «Газпром», утвержденная распоряжением ОАО «Газпром» №251 от 15 августа 2008 г.
6. Инструкция по электрометрическому обследованию переходов под авто- и железными дорогами, утвержденной ОАО «Газпром» ООО «ВНИИГАЗ» 2002 г. – М.: ООО «ВНИИГАЗ», 2002. – 20 с.
7. Буклешев Д.О. Разработка высокоэффективного метода диагностики околошовных зон сварных соединений магистральных газопроводов: монография / Д.О. Буклешев. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. – 144 с.
8. Буклешев Д.О., Шабанов К.Ю., Мельников В.Н. Повышение достоверности результатов диагностики элементов сварных соединений магистральных газопроводов: монография / Д.О. Буклешев, В.Н. Мельников, К.Ю. Шабанов. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2024. – 140 с.

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ РОБОТОВ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ  
ПОСТУПЛЕНИЯ ТЕЛЕГРАММ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
С АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГНОЗНЫХ  
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ГРАФИКОВ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ**

Гаранин А. В.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** в статье рассматривается применение имитационного моделирования перевозочного процесса. Изложена технология использования АПК ЭЛЬБРУС для задачи корректировки нормативного графика движения поездов. Рассмотрено взаимодействие аппаратно-программного комплекса с другими системами. Представлены процессы программной роботизации и их эффективность.

**Ключевые слова:** АПК ЭЛЬБРУС, нормативный график движения поездов, прогнозный график, программная роботизация, централизованная база данных расписания движения грузовых поездов.

**APPLICATION OF SOFTWARE ROBOTS TO TRACK THE ARRIVAL OF TELEGRAMS  
AND INTERACT WITH THE AUTOMATED SYSTEM FOR BUILDING PREDICTIVE  
ENERGY-SAVING TRAIN SCHEDULES**

Garanin A. V.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** the article discusses the application of simulation modeling of the transportation process. The technology of using the hardware-software complex (HSC) ELBRUS for the task of adjusting the normative train schedule is described. The interaction of hardware-software complex with other systems is considered. The processes of software robots and their effectiveness are presented.

**Keywords:** Hardware-software complex ELBRUS, normative train schedule, forecast graphics, software robotics

На протяжении уже трех десятков лет растет и развивается научное и технологическое направление – имитационное моделирование перевозочного процесса. Еще в 90-е годы прошлого века, осознавая важность и перспективность имитационного моделирования, как мощного инструмента анализа сложных динамических систем, ученые ВНИИЖТ начали прилагать усилия для создания этого направления, которое к настоящему времени выросло в семейство проектов, флагманом которого является аппаратно-программный комплекс ЭЛЬБРУС. К 2013 году специалистами ОАО «ВНИИЖТ» была разработана и внедрена на полигонах железных дорог автоматизированная система построения прогнозных энергосберегающих графиков движения поездов – АПК ЭЛЬБРУС.

Целью создания этой системы является снижение эксплуатационных расходов перевозочного процесса на полигонах железных дорог. Экономический эффект от внедрения системы достигается за счёт оптимизации диспетчерского управления перевозочным процессом, снижения количества и продолжительности остановок, повышения участковой и технической скоростей движения грузовых поездов и, как следствие, снижением эксплуатационных расходов.

Автоматизированный комплекс АПК ЭЛЬБРУС решает задачи построения прогнозных энергосберегающих графиков движения поездов для различных полигонов железных дорог с учетом междорожных стыков на основе имитационного моделирования. Система АПК ЭЛЬБРУС предназначена для:

- построения прогнозного (суточного) энергосберегающего графика движения поездов;
- получения сквозного, согласованного между двумя соседними полигонами, прогнозного энергосберегающего графика движения поездов;

- автоматизированной передачи прогнозного энергосберегающего графика в систему диспетчерского управления, ГИД «Урал-ВНИИЖТ» и централизованную базу данных расписания движения грузовых поездов (ЦБДГР);
- автоматизированного расчёта параметров прогнозного (суточного) графика движения поездов [1, 2].

График движения поездов – основополагающий технологический документ длительного действия, регламентирующий организацию эксплуатационной работы во всех звеньях и уровнях управления на железнодорожном транспорте [3].

Существует несколько видов графиков:

- Вариантный график (ВГДП) – утвержденный на отдельные даты график движения поездов, разрабатываемый в связи с необходимостью изменения размеров движения, маршрута следования, расписания, норм веса и длины поезда (поездов), станций производства с поездами технических и коммерческих операций. Как правило, варианты графики движения поездов разрабатываются на участках, где предоставляются «окна» для ремонтных и строительных работ, влияющие на условия пропуска поездов и размеры движения поездов.
- Прогнозный график (ПГДП) – график движения поездов, который разрабатывается на укрупнённых железнодорожных полигонах с учётом актуальных условий пропуска и данных по поездопотоку. Прогнозный график является непрерывным по времени и увязанным по междорожным стыкам.
- Нормативный график (НГДП) – график движения поездов, разрабатываемый и составляемый ежегодно технологами отдела графиков региональных дирекций управления движением, загружаемый в систему ЭЛЬБРУС из файла формата ntr и предназначенный для построения прогнозных графиков [4].
- Экспортированный в ГИД график – график, который был сохранен в системе ГИД «Урал-ВНИИЖТ». Данный график не содержит пассажирские и пригородные нитки, так как эти нитки попадают в ГИД «Урал-ВНИИЖТ» из других источников, а при передаче расписания из системы ЭЛЬБРУС в ГИД «Урал-ВНИИЖТ» передаются только нитки грузовых поездов. Соответственно, при загрузке графика, в окне графиков отобразятся только нитки грузовых поездов.

При расчете суточных прогнозных энергосберегающих графиков движения поездов АПК учитывает все основные входные параметры, поэтому качество этих графиков зависит от полноты и качества задания исходной информации:

- Топологии полигона;
- Количества приёмоотправочных путей на станциях;
- Длины и массы поездов;
- Условий пропуска поездов;
- «Окон» для проведения технологических работ и ограничения скорости, расписания пассажирских и пригородных поездов;
- Необходимой приоритетности в движении поездов, например, пассажирских и пригородных поездов над сдвоенными и грузовыми и сдвоенных над грузовыми;
- Интервалов попутного следования поездов, межпоездных интервалов.

АПК ЭЛЬБРУС представляет собой многозвенную распределенную автоматизированную систему дорожно-сетевого уровня, реализованную по многоуровневой сетевой архитектуре, в которой обеспечиваются процессы формирования прогнозных графиков и взаимодействие со смежными автоматизированными системами ОАО «РЖД» дорожного и сетевого уровней. Она включает в себя:

- серверы промежуточного слоя: сервер приложений и сервер обмена сообщениями, а также модули взаимодействия с внешними системами;

- клиентские приложения: программа ЭЛЬБРУС-ГДП для разработчика графиков и тонкий клиент ЭЛЬБРУС-WEB на основе браузера для вывода аналитических отчетных форм, связанных с показателями графика движения.

Система АПК ЭЛЬБРУС предназначена для использования:

- на уровне Центральной дирекции управления движением – в части согласования руководителями параметров сквозного прогнозного графика на укрупнённых полигонах и веб-аналитики;
- на уровне дорог (региональных дирекций управления движением) – в части построения графика сотрудниками диспетчерского аппарата.

В зависимости от вида деятельности пользователи системы наделяются ролями:

- Инженер-графист – данный пользователь разрабатывает варианты и прогнозные графики движения поездов и может сохранять их в БД АПК ЭЛЬБРУС, но не имеет права выгрузки их в ГИД «Урал-ВНИИЖТ».
- Графист-администратор – данный пользователь обладает всеми привилегиями инженера-графиста, включая право экспорта утвержденного прогнозного графика в систему ГИД «Урал-ВНИИЖТ».
- Пользователь ЭЛЬБРУС-WEB – данный пользователь имеет возможность просмотра результатов выполнения прогнозных графиков по междорожным стыкам, а также другой аналитической информации АПК ЭЛЬБРУС.

Системой АПК ЭЛЬБРУС для построения прогнозного графика используется нормативное расписание, которое необходимо поддерживать в актуальном состоянии. Нормативное расписание берется из ГИД «Урал-ВНИИЖТ» и хранится в формате ntr.

В связи с необходимостью изменения расписания поездов, сменой маршрута следования, размеров движения, ремонтными или строительными работами, сотрудниками отделов графика движения поездов с помощью АРМ ГДП, формируются необходимые корректировки, оформляемые вручную в виде телеграмм. Такая информация в формате doc или excel (.xlsx) направляется в отдел технологического сопровождения информационных систем управления перевозочным процессом информационно-вычислительных центров для ввода и корректировки файла ntr-формата технологами ИВЦ. Впоследствии полученный файл выгружается в АПК ЭЛЬБРУС. После проверки информации графистами происходит переадресация в отдел предоставления окон и взаимодействия с инфраструктурой и осуществляется выгрузка в БД ЭЛЬБРУС на сервере. После выгрузки информации данные нормативного и вариантного графика попадают напрямую в ГИД «Урал-ВНИИЖТ» и обновляются ежедневно в ЦБДГР.

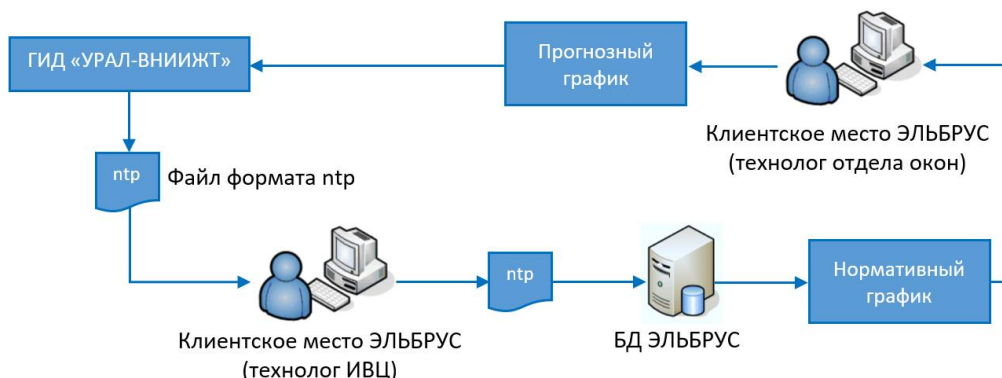


Рисунок 1 – Схема загрузки файла ntr в систему ЭЛЬБРУС для дальнейшего построения прогнозных графиков

Переданные графики движения поездов и их сравнительный анализ можно получить в веб-приложении «Эльбрус-WEB», являющемся информационно-аналитической системой. Кроме того, она позволяет выполнить проверку выгрузки графика в ГИД «Урал-ВНИИЖТ» и ЦБДГР с детализацией по следующим параметрам:

- список номеров ниток графика в табличном виде;
- расписание поезда;
- время начала и окончания выгрузки данных в ЦБДГР;
- контроль функционирования репликации между дорожными и сетевым серверами;
- контроль состояния функции автоматической выгрузки графиков в ЦБДГР.

Таким образом, веб-приложение предназначено для контроля выполнения технологии формирования, согласования и выгрузки графиков движения поездов, сформированных АПК ЭЛЬБРУС.

На рисунке 2 представлен пример технологии выгрузки расписания, разработанного с помощью АПК ЭЛЬБРУС, в базу данных ЦБДГР. Для примера взят график, разработанный в АПК ЭЛЬБРУС 1 марта. Этот график разработан на три дня – на 2, 3 и 4 марта. В силу требований непрерывности архивной области в ГИД «Урал-ВНИИЖТ» этот график также включает в себя область из прошлого – 1 марта. С 5 марта и позже в этом графике отсутствуют нитки расписания.

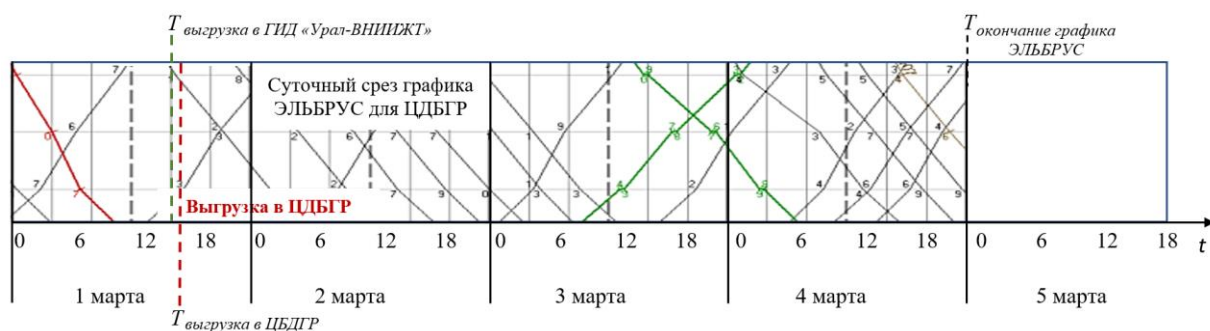


Рисунок 2 – График расписания ЭЛЬБРУС и ЦБДГР

Технология работы ЦБДГР такова, что каждые сутки в эту систему выгружается суточный срез из графика ЭЛЬБРУС, выполняемый на период с 0:00 до 23:59 следующих суток. В срез входят только нитки поездов, начинающиеся в течение этих суток. В каждые сутки расписание может быть выгружено только один раз, если выгрузить расписание в ЦБДГР несколько раз, то в итоге в ЦБДГР окажется сумма всех выгруженных за этот день расписаний, что может привести к искажению отчетности. АПК ЭЛЬБРУС позволяет выгружать расписание в ЦБДГР как в ручном режиме по команде пользователя, так и в автоматическом режиме. Выгрузка в ручном режиме может быть сделана сразу после утверждения графика ЭЛЬБРУС и его выгрузки в ГИД «Урал-ВНИИЖТ». Однако, с учетом того, что на практике выгрузка графика ЭЛЬБРУС в ГИД «Урал-ВНИИЖТ» может выполняться несколько раз при уточнении прогнозного графика, а в ЦБДГР график может быть принят только один раз. Автоматический режим срабатывает, если в эти сутки еще не выполнялась выгрузка в ЦБДГР вручную. В автоматическом режиме АПК ЭЛЬБРУС в установленное время автоматической выгрузки обращается к базе данных ЭЛЬБРУС и при наличии там утвержденного графика ЭЛЬБРУС выполняет суточный срез и выгружает его в ЦБДГР (см. рисунок 2). Если такого графика в базе данных АПК ЭЛЬБРУС нет (например, график ЭЛЬБРУС не был построен вообще или не был выгружен на основной сервер ГИД «Урал-ВНИИЖТ», а только на резервный сервер), то автоматическая выгрузка не производится.

На рисунке 2 выгрузка 4 марта производится не будет; а 1, 2 и 3 марта выгрузка состоится.

ЦБДГР принимает информацию для формирования отчетности до регламентного времени совершения операции. Все, что отправлено в ЦБДГР после этого времени, к формированию отчетности принято не будет.

Вследствие высокой занятости технологов обработкой обращений по сопровождению и администрированию пользователей АС ГИД и ГИД НП в режиме экстерриториальности, время взятия сотрудниками ИВЦ в работу объектов ЕСПП и ЕАСД не всегда совпадает с

временем поступления их в рабочую группу, где ведется корректировка нормативного расписания движения поездов.

Анализ трудозатрат работы технологов показывает, что на принятие одного объекта в работу, анализ информации в тексте обращения, звонок инициатору обращения, сохранение файла телеграммы уходит в среднем от 4 до 10 минут. Подготовка и выгрузка отредактированного нормативного расписания на основании данных телеграммы в АПК ЭЛЬБРУС занимает у технолога от 2 до 3 минут рабочего времени.

В связи дальнейшим развитием стратегии цифровизации железнодорожного транспорта растет спрос на применение программных роботов. Отслеживание поступления телеграмм в ЕСПП с помощью технологии программной роботизации существенно сократит время ожидания объекта перед взятием в работу без отрыва технологов от других задач.

При использовании роботизации с функцией машинного зрения время взятия в работу запроса ЕСПП с заполнением необходимых полей и сохранением файла телеграммы сократится в среднем до 30 – 40 секунд. Время работы программного робота по выгрузке нормативного расписания в АПК ЭЛЬБРУС занимает до 1 минуты.

Таким образом, сокращение времени при использовании программного робота на принятие запроса в работу и последующей выгрузки файла нормативного расписания формата ntr составляет от 5 до 10 минут на одно обращение ЕСПП.

Программная роботизация позволит освободить время технолога, минимизировать время взятия в работу запросов, повысить качество и скорость исполнения операций.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Супруновский А. В., Семенцова Т. М., Степанова И. А. Выявление проблемных мест при работе АПК ЭЛЬБРУС // Наука и молодежь. 2018. С. 535-538.
2. Назначение и принципы работы системы «Эльбрус» [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/13208873/page:8/>
3. График движения поездов. Назначение графика движения поездов [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/4546407/>
4. Распоряжение о ведении централизованной базы данных расписания движения грузовых поездов [Электронный ресурс]. URL: <https://jd-doc.ru/2014/dekabr-2014/13706-rasporyazhenie-oao-rzhd-ot-12-12-2014-n-2983r>

УДК 681.5

#### УПРАВЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫМИ ПРОЦЕССАМИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Еремин А.В, Тычинина Ю.А.

Самарский государственный технических университет, Самара

**Аннотация:** в работе затронуты проблемы охлаждения нефтепродукта при его транспортировке, рассматриваются распространенные варианты реализации систем кабельного электрообогрева и их недостатки. Предложен подход к синтезу автоматической системы управления для поддержания температуры нефтепродуктов при транспортировке, исключающий недостатки существующих методов обогрева трубопроводов. Система управления строится на основе принципа управления по возмущению, возмущающим воздействием в системе является температура окружающей среды. Объектом управления является слой утеплителя трубопровода, рассматриваемый как объект с распределенными параметрами. Неравномерность распределения температуры учитывается по толщине слоя теплоизоляции. Найдено аналитическое решение третьей краевой задачи с помощью функции Грина для одномерного уравнения теплопроводности с цилиндрической симметрией, которое может быть использовано при структурном моделировании объекта управления. На следующем этапе работы планируется осуществить моделирование системы управления по



возмущению для поддержания температуры нефтепродукта при его транспортировании в заданном технологическом диапазоне.

**Ключевые слова:** электрообогрев, греющий кабель, объект с распределенными параметрами, система управления по возмущению, периодические структуры, инвариантность, транспортировка нефтепродуктов.

## **CONTROL OF THERMAL PROCESSES DURING TRANSPORTATION OF PETROLEUM PRODUCTS**

Eremin A. V., Tychinina Yu. A.

Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** the work touches upon the problems of cooling oil products during its transportation, and discusses common options for implementing cable electric heating systems and their disadvantages. An approach to the synthesis of an automatic control system for maintaining the temperature of petroleum products during transportation is proposed, eliminating the disadvantages of existing methods for heating pipelines. The control system is based on the principle of disturbance control; the disturbing influence in the system is the ambient temperature. The control object is the pipeline insulation layer, considered as an object with distributed parameters. The uneven temperature distribution is taken into account by the thickness of the thermal insulation layer. An analytical solution to the third boundary value problem has been found using the Green's function for the one-dimensional heat equation with cylindrical symmetry, which can be used in structural modeling of the control object. At the next stage of work, it is planned to simulate a disturbance control system to maintain the temperature of the petroleum product during its transportation in a given technological range.

**Keywords:** electric heating, heating cable, object with distributed parameter, feedforward control system, periodic structures, invariance, transportation of petroleum products.

Существенная часть объектов газовой и нефтяной отрасли расположены в зоне умеренного или холодного климата, в зимнее время года в процессе хранения и транспортировки нефтепродуктов возрастает их вязкость, что усложняет транспортировку и увеличивает затраты. Решением этой задачи является обогрев нефтяных трубопроводов с использованием греющего кабеля. Этот метод не только предотвращает замерзание нефтепродуктов в трубопроводах, но и обеспечивает оптимальную температуру для поддержания требуемой консистенции сырья.

Для поддержания температуры продукта в требуемых технологических пределах чаще всего используют кабельный обогрев. Это связано с простотой реализации такой системы обогрева. Греющий кабель монтируют на трубопроводе при помощи монтажной ленты. Существуют различные схемы укладки кабеля, как правило, он укладывается либо по прямой линии вдоль трубы, либо используется спиралевидная навивка. Далее трубопровод вместе с кабелем покрывается слоем теплоизоляции.

Самый бюджетный вариант системы электрообогрева реализуется с применением релейной системы управления резистивным греющим кабелем с обратной связью по датчику температуры, установленным на поверхности стенки трубопровода. Такой кабель выбирается с учетом минимально возможной температуры окружающей среды и в случае даже незначительного похолодания резистивный греющий кабель с релейным управлением будет постоянно включенным, что нецелесообразно с точки зрения затрат на электроэнергию.

Применение в системах электрообогрева саморегулирующихся кабелей не требует по сравнению с резистивными кабелями такого высокого уровня энергопотребления, так как подобные кабели изменяют мощность нагрева в зависимости от температуры окружающей среды, то есть не работают все время на полную мощность, но построение саморегулирующихся систем электрообогрева дороже за счет стоимости кабеля.

Целью работы является разработка систему управления по возмущению с использованием недорогого резистивного кабеля, но не требующего постоянного релейного переключения режимов работы, которая при отклонении температуры окружающей среды  $t_{cp}$  будет заранее компенсировать температуру трубопровода путем плавного регулирования

При реализации систем управления по возмущению для инерционных объектов возникает проблема синтеза компенсационного элемента, который в идеальном случае должен иметь динамические свойства обратной передаточной функции объекта управления.

Задача синтеза обратной передаточной функции динамических объектов относится к классу «некорректных» и не имеет точного решения, но существуют алгоритмы нахождения приближенных решений, не выводящих систему на границу устойчивости [1].

В работах [2-5] рассматривается применение периодических структур для реализации, приближенной обратной передаточной функции объекта управления, что позволяет в определенных пределах скомпенсировать помеху.

Кроме реализации обратной передаточной функции объекта управления в рамках работы решается задача моделирования объекта с распределенными параметрами (ОРП), так как рассматриваемый объект имеет существенную пространственную распределенность.

При перекачке нефтепродукта в «холодное» время года тепловые потери в окружающую среду сквозь стенки трубопровода являются существенными, несмотря на использование утеплителя, что приводит к значительному охлаждению нефтепродукта.

Процесс теплопередачи от утепленной стенки трубопровода в окружающую среду можно проиллюстрировать рисунком 1, где г.к. – греющий кабель; тр– трубопровод; ут – утеплитель;  $t_{cp}$  – температура окружающей среды;  $t_n$  – температура нефти;  $t_{cm.m.}$  – температура стенки трубопровода;  $t_{нов.ут.}$  – температура поверхности утеплителя;  $t_{г.к.}$  – температура греющего кабеля;  $R1$  – радиус трубопровода;  $R$  – суммарный радиус трубопровода с утеплителем.

Необходимо рассматривать распределение температурного поля в слое теплоизоляции ( $R - R1$ ). В начальных условиях температура утеплителя равна температуре окружающей среды и система находится в тепловом равновесии, если  $t_{cp}$  понижается, то возникает разница с температурой поверхности утеплителя, что ведет к теплотерям в окружающую среду. Задача предлагаемой системы управления - заранее компенсировать падение температуры стенки трубопровода  $t_{cm.m.}$  за счет изменения  $t_{г.к.}$ .

Таким образом, при моделировании объекта управления учитывалась неравномерность распределения температуры по толщине слоя теплоизоляции ( $R - R1$ ), то есть рассматривался одномерный ОРП.

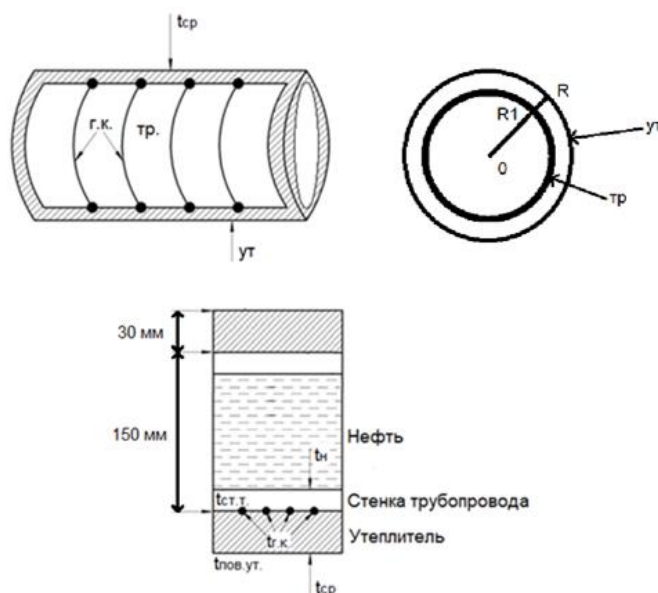


Рисунок 1 – Распределение тепловых потоков на объекте управления

Температурное поле такого объекта описывается параболическим уравнением Фурье (1) в частных производных [6]:

$$\frac{\partial \theta(r, t)}{\partial t} = a \left( \frac{\partial^2 \theta(r, t)}{\partial r^2} + \frac{\Pi}{r} \frac{\partial \theta(r, t)}{\partial r} \right) + \frac{1}{c\gamma} F(r, t) \quad (1)$$

где  $a = \frac{\lambda}{c\gamma}$  – коэффициент температуропроводности,  $\theta(r, t)$  – температурное поле,  $\Pi$  – коэффициент формы тела,  $c$  – удельная теплоемкость материала,  $\gamma$  – плотность материала,  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности,  $F(r, t)$  – внутренние тепловыделения.

В случае рассмотрения распределения температуры по радиусу  $R$  цилиндра (рис. 1) коэффициент формы тела  $\Pi$  равен единице, а внутренние источники тепла не учитываются и  $F(r, t) = 0$ . Таким образом, уравнение (1) примет вид (2), дополненный начальными (3) и граничными условиями 3-го рода (4), (5).

$$\frac{\partial \theta(r, t)}{\partial t} = a \left( \frac{\partial^2 \theta(r, t)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \theta(r, t)}{\partial r} \right), \quad 0 < x < R, t > 0. \quad (2)$$

$$\theta(r, 0) = \theta_0(r), \quad t = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial \theta(0, t)}{\partial t} = 0, \quad x = 0. \quad (4)$$

$$\frac{\partial \theta(R, t)}{\partial t} + \frac{a}{\lambda} \theta(R, t) = \frac{a}{\lambda} \theta_c(t), \quad x = R. \quad (5)$$

где  $R$  – суммарный радиус трубопровода с утеплителем,  $a$  – коэффициент теплопередачи,  $\theta_c(t)$  – внешнее сосредоточенное воздействие, в рассматриваемом случае  $\theta_c(t) = t_{cp}$ .

Для краевой задачи, с граничными условиями третьего рода, функция Грина будет равна [6]:

$$G(r, \xi, t) = \frac{2}{R^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\mu_n^2 \xi}{(Bi^2 + \mu_n^2) J_0^2(\mu_n)} J_0\left(\frac{\mu_n r}{R}\right) J_0\left(\frac{\mu_n \xi}{R}\right) \exp\left(-\frac{a \mu_n^2 t}{R^2}\right) \quad (6)$$

где  $\mu_n$  – положительные корни трансцендентного уравнения (7).

$$\mu J_1(\mu) - Bi \cdot J_0(\mu) = 0, \quad (7)$$

где  $Bi = \frac{aR}{\lambda}$  – безразмерный критерий Био.

Тогда аналитическое решение уравнений (2)-(5) будет иметь вид (8).

$$\theta(r, t) = \theta_0 + (\theta_c(t) - \theta_0(r)) \left[ 1 - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2 \cdot Bi}{(Bi^2 + \mu_n^2) \cdot J_0(\mu_n)} \exp\left(-\mu_n^2 \frac{at}{R^2}\right) J_0\left(\mu_n \frac{r}{R}\right) \right] \quad (8)$$

На следующем этапе работы планируется осуществить структурное моделирование объекта управления в соответствие с (8) и синтезировать систему управления по возмущению для поддержания температуры нефтепродукта при его транспортировании в заданном технологическом диапазоне.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крутько П. Д. Обратные задачи динамики в теории автоматического управления // М.: Машиностроение. – 2004. – Т. 576.
2. Тянь В. К. Теория и методы синтеза многомерных систем автоматического управления с динамическим компенсатором в форме периодических структур обратных операторов: Дис. Д-ра техн. наук. Самарский государственный технический университет, 2008.
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.
4. Тычинин А.В., Тычинина Ю.А., Рагазин Д.А. Структурно-параметрический синтез системы управления ненаблюдаемым выходом объекта с распределенными параметрами // Вестник СамГТУ, сер. Технические науки: Самара, 2021, №1 (т. 29). С.58-72.
5. Тычинин А.В., Тычинина Ю.А. Структурно-параметрический синтез системы управления объектом с распределенными параметрами // Вестник СамГТУ, сер. Технические науки: Самара, 2009, №1(23). С.74-79.
6. Полянин А.Д. Справочник по линейным уравнениям математической физики. – М.: Физматлит, 2001, 576 с.

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ПОТОКА НА Y-ОБРАЗНОМ ПЕРЕКРЕСТКЕ ДЛЯ АНАЛИЗА ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

Кельчина А. А., Портнов А. А., Припутников А. П.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** использование имитационного моделирования существенно упрощает процесс анализа любых ситуаций реальных систем без существенных трат времени и бюджета путем создания ее виртуальной модели со всей необходимой информацией. В данной статье будет проанализирован перекресток транспортной развязки для оценки его загруженности посредством программного обеспечения Anylogic.

**Ключевые слова:** anylogic, имитационное моделирование, развязка, автотранспорт, пробка, затор, тупик, оптимизация, загруженность, час пик, дорожное движение.

## SIMULATION AND INVESTIGATION OF TRAFFIC FLOW AT A Y-SHAPED INTERSECTION FOR TRAFFIC FLOW ANALYSIS

Kelchina A. A., Portnov A. A., Priputnikov A. P.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** The use of simulation greatly simplifies the process of analyzing any situations of real systems without significant waste of time and budget by creating its virtual model with all the necessary information. In this article, the intersection of a transport interchange will be analyzed to assess its congestion using the Anylogic software.

**Keywords:** Anylogic, simulation, traffic interchange, transport, traffic jam, congestion, dead end, optimization, rush hour, traffic.

**Введение.** Имитационное моделирование транспортной развязки является важным инструментом для анализа и оптимизации транспортной инфраструктуры данного района. Это позволяет оценить эффективность различных вариантов проектирования и управления движением, а также предсказать возможные проблемы и найти способы их решения [1].

**Основная часть.** Используя AnyLogic, можно анализировать движение транспортных потоков на дорожной развязке, учитывая различные параметры, такие как скорость движения, объем трафика, временные задержки и другие [2].

С помощью имитационной модели можно создавать различные сценарии движения транспорта, изменять параметры развязки и изучать их влияние на загруженность и эффективность участка. Также возможно провести сравнительный анализ различных вариантов модернизации или реконструкции развязки для выбора оптимального решения [2].

AnyLogic предоставляет обширные возможности для моделирования транспортных систем и визуализации результатов, что помогает более глубоко понять текущую ситуацию на дорожной развязке и принять обоснованные решения по ее улучшению. В связи с этим данный продукт наиболее подходит для разработки имитационной модели транспортной развязки [3].

Для оценки загруженности рассматриваемого участка дорожной развязки необходимо построить имитационную модель в среде российского программного обеспечения Anylogic. Построив модель, можно будет увидеть наглядно проблему образования заторов на пересечении выбранных улиц. Эта модель поможет оценить эффективность развязки, выявить узкие места и проблемные зоны.

Статья включает в себя разработку имитационной модели на пересечении трех улиц при использовании схемы местности. В час пик на данной транспортной развязке происходят пробки, занимающие примерно от 5 до 25 минут простоя. Модель позволит увидеть

загруженность участка и его пропускную способность за определенный период времени. Результатом работы имитационной модели является график пропускной способности и занятости развязки в зависимости от временного промежутка, на основании которых можно сделать вывод о недостатках действующей инфраструктуры.

Первый шаг в создании имитационной модели в программе AnyLogic – создание инфраструктуры развязки. Инфраструктура строится, включая в себя пересечение трех улиц и световое устройство управления движением с 3 фазами движения (рисунок 1).

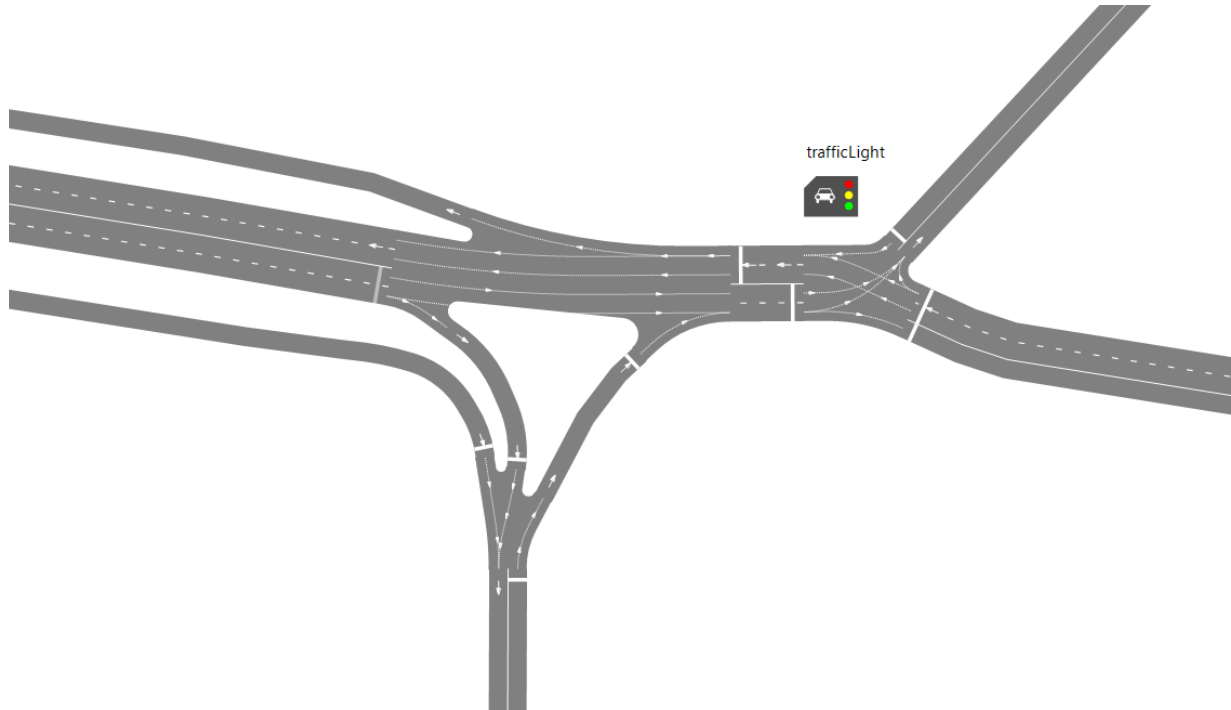


Рисунок 1 – Инфраструктура развязки

Вторым шагом необходимо создать логику движения модели. Технологический процесс создается с помощью палитры «Библиотека дорожного движения» с использованием блоков «CarSource», «CarMoveTo», «CarDispose», «selectOutput», а также трех автотранспортных дорог (road1, road2, road3), одного перекрестка (roadNetwork) и светофора (trafficLight) (рис.2)[3].

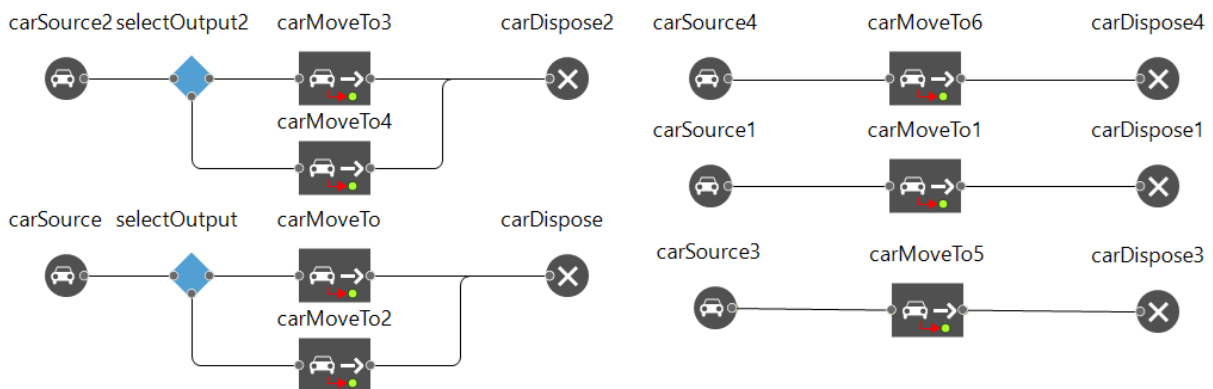


Рисунок 2 – Технологический процесс в виде диаграммы

Алгоритм работы транспортной развязки представлен на таблице 1.

Алгоритм работы транспортной развязки

Интервал времени светофоров	Фаза 1		Фаза 2		Фаза 3	
	Красный	Зеленый	Красный	Зеленый	Красный	Зеленый
Пешеход	90	20	-	-	-	-
Транспорт	20	90	90	20	110	20

В таблице есть три фазы работы светофора, две фазы со стороны разных улиц, а также дополнительная секция светофора налево. Временной интервал распределен неравномерно, из-за чего какой-то поток движется практически постоянно, а другой почти всегда стоит, так как на двухполосной дороге работает только дополнительная стрелка движения на одной полосе, вторая же отведена только для общественного транспорта. Разветвление полос начинается только со светофора, поэтому общественный транспорт также задействован в общем ожидании включения дополнительной секции. Также на данной развязке работает пешеходный светофор, который повторяет режим основного транспортного светофора.

Третьим шагом идет запуск имитационной модели. На ней нанесен перекресток рассматриваемой местности, задана логика и регулирующий светофор. Все объекты библиотеки дорожного движения двигаются исходя из созданных диаграмм (рис.3).

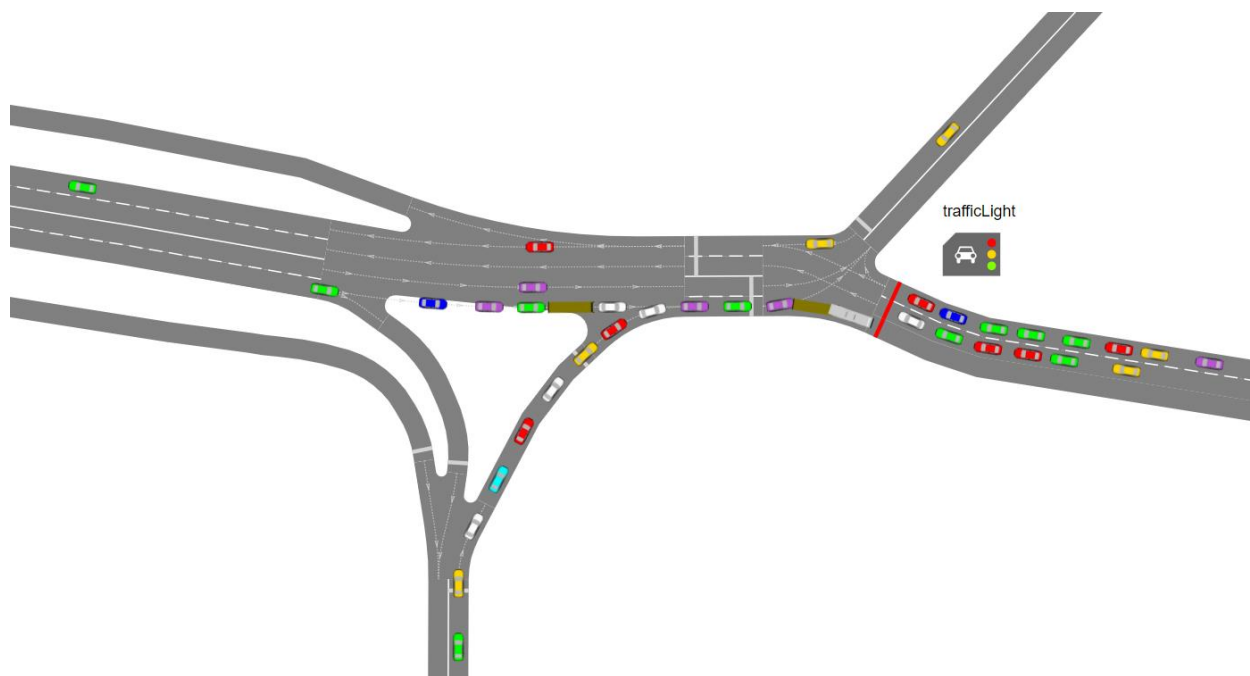


Рисунок 3 – Работа имитационной модели

Четвертый и заключительный этап – формирование графика пропускной способности на протяжении заданного периода времени. А именно с 07:00 и до 20:00.

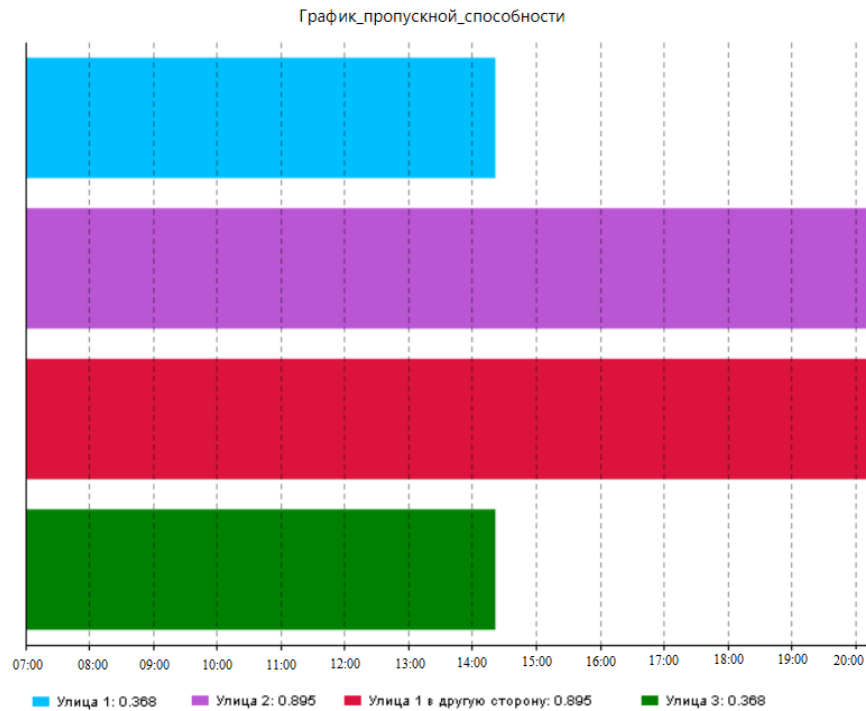


Рисунок 4 – График пропускной способности

Таким образом, на графике видно, что к 19:00 вечера пропускная способность на пересечении улицы 1 и улицы 2 существенно вырастает. Это приводит к тому, что с 7 часов вечера на моделируемом перекрестке происходит затор, в котором автотранспорт может провести до часа. В другую сторону улицы 1 ходит только общественный транспорт, из-за чего люди не могут добраться до конечного пункта достаточно долго, что снижает их вовлеченность в работу и жизнь.

**Заключение.** Итак, разработка имитационной модели транспортной развязки с использованием Anylogic позволяет рассмотреть подробно проблему образования затора, а также внедрить на уровне модели пути решения и оптимизации времени на ней или реконструкции развязки для выбора оптимального решения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Имитационное моделирование в проектах ИТС: учебное пособие / С.В. Жанказиев, А.И. Воробьев, А.В. Шадрин, М.В. Гаврилюк; под ред. д-ра техн. наук, проф. С.В. Жанказиева. – М.: МАДИ, 2016. – 92 с.
2. Транспортное планирование. Особенности моделирования транспортных потоков в крупных российских городах: монография / М.Р. Якимов, А.А. Арпьева. – М: Логос, 2016. – 280 с.
3. Справка Anylogic. [Электронный ресурс]// Режим доступа: <https://anylogic.help/ru/anylogic/index.html>

УДК 004.03  
65.011.56

## АКТУАЛЬНОСТЬ ДЕКОМПОЗИЦИИ ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ WMS СИСТЕМЫ СКЛАДА

Теплов А. В.

Самарский государственный технический университет, Самара

**Аннотация:** Эффективность механизмов обслуживания предприятия становятся невозможными без современных информационных систем, особенно в быстро меняющихся условиях бизнеса. Важным аспектом производственных цепочек является внедрения систем планирования ресурсов (ERP). В данной статье системы управления складом (WMS) рассматриваются как существенные информационные технологии, обеспечивающие бесперебойные логистические процессы, включая управление запасами, движение материалов и оптимизацию складских операций. Исследование подчёркивает значимость отделения складских операций от других процессов предприятия при проектировании системы WMS. Это стратегическое разграничение предоставляет оптимальное функционирование склада и согласованность внутренних процессов компании, что влияет на общую производительность.

**Ключевые слова:** системы управления складом, склад, декомпозиция, логистика.

## ACTUALITY OF DECOMPOSITION OF ENTERPRISE PROCESSES WHEN DESIGNING A WAREHOUSE WMS SYSTEM

Teplov A. V.

Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** The efficiency of enterprise service mechanisms become impossible without modern information systems, especially in a rapidly changing business environment. An important aspect of production chains is the implementation of resource planning systems (ERP). This paper considers warehouse management systems (WMS) as essential information technologies to ensure smooth logistics processes including inventory management, material flow and optimization of warehouse operations. The study emphasizes the significance of separating warehouse operations from other enterprise processes when designing a WMS system. This strategic decomposition provides optimal warehouse operations and alignment of the company's internal processes, which impacts overall productivity.

**Keywords:** warehouse management system, WMS, warehouse, decomposition, logistics.

**Введение.** Управление движением материалов от одного предприятия к другому или к конечному потребителю в нужное время, с нужными запасами и в нужном месте имеет решающее значение для успеха логистики и цепочки поставок. В процедуру поставок могут быть вовлечены различные участники процесса, такие как маркетинг, продажи, снабжение, производство, складирование, дистрибуция и транспорт. Чем сложнее бизнес-модель, тем более сложные информационные технологии требуются для управления цепочкой поставок.

Для удовлетворения стремительно растущих потребностей бизнеса, предприятия внедряют системы планирования ресурсов предприятия (ERP), чтобы обеспечить лучшую прозрачность цепочки поставок для всех заинтересованных участников. Логистика играет ключевую роль в доставке правильного продукта в правильное время и место. Основные услуги в логистическом бизнесе включают пополнение запасов, приём, размещение, перемещение материалов, сборку, упаковку, отгрузку, удовлетворение требованиям клиентов и услуги с добавленной стоимостью.

Сегодня мы видим, что управление этими процессами становится невозможным без информационных систем, особенно в сложных и постоянно меняющихся бизнес-моделях. Эффективное управление складом играет ключевую роль в удовлетворении потребностей клиентов, обеспечении наличия продукции и экономичной доставке товаров потребителю. Складские системы управления (WMS) представлены как



информационные технологии, обеспечивающие беспрепятственные логистические процессы. WMS помогает управлять и отслеживать запасы, контролировать движение материалов и оптимизировать складские операции. Прогресс в технологиях управления складом расширил сферу его воздействия, включая транспортировку, упаковку, брендирование и управление данными. Системы управления играют важную роль в оптимизации операций и повышении эффективности. Они повышают точность инвентаризации, операционную эффективность и обслуживание клиентов путём снижения ошибок, автоматизации процессов и предоставления мгновенного обзора складских операций. Важно отметить, что при проектировании системы управления складом (WMS) выделяется ключевая задача - отделение складских операций от остальных процессов предприятия. Это стратегическое разграничение обеспечивает оптимальное функционирование склада и согласованность внутренних процессов компании. Отделение складских операций позволяет WMS эффективно управлять приёмкой, отгрузкой, хранением и перемещением товаров, а также следить за актуальным состоянием запасов. Такой фокус на складских операциях помогает достичь максимальной эффективности в управлении запасами, уменьшает вероятность ошибок и обеспечивает точность данных, что существенно влияет на общую производительность предприятия.

Исследования в области систем управления складом раскрывают преимущества для бизнеса, такие как повышенная эффективность, точность учёта запасов и оптимизация запасов на основе информации в реальном времени [1]. Система управления складом строится на основе требований конкретной отрасли и общих требований логистики. Независимо от сложности бизнеса, WMS должна поддерживать основные логистические функции - приёмка, хранение, подбор, отгрузка.

Сегодня, предприятия начинают использовать WMS, чтобы соответствовать метрикам и уровню сервиса. WMS обеспечивает оптимизацию, мониторинг и контроль сложных складских и дистрибуционных операций [2, 3]. Анализ существующих публикаций показывает, что на данный момент проведено ограниченное исследование в области внедрения WMS на предприятиях в контексте разграничения зон ответственности с другими информационными системами, и существует небольшое количество попыток изучения последних тенденций и вызовов. В данной статье предпринята попытка показать необходимость применения WMS систем для управления процессами складского-отгрузочного хозяйства предприятий подобным которые были реализованы на крупнейшем российском инфраструктурном проекте созданным Совместным предприятием ОАО «Российские железные дороги» и ОАО «Компания Усть-Луга» – «Усть-Лужский контейнерный терминал» [4, 5: С. 47–48].

**Эволюция автоматизации логистического процесса на складе.** Чёткое определение функций и бизнес-процессов между электронными системами предприятия (Enterprise Systems) является первостепенной необходимостью. Распределение ответственности между ними позволяет ясно определить, какие функции обрабатывает каждая система, способствуя более ясной ответственности за стандарты и эффективность в конкретных областях. Прозрачность интеграции также играет важную роль. Когда системы имеют чёткие границы ответственности, интеграция между ними становится более эффективной, способствуя согласованности данных и упрощая внесение изменений. Оптимизация и настройка под конкретные потребности представляют собой следующий ключевой аспект. Каждая система может быть оптимизирована под свою зону ответственности, что повышает её производительность. Использование специализированных решений для различных задач также может быть более эффективным. Нельзя не отметить важность такой составляющей как безопасность данных. Разграничение ответственности позволяет системам ограничивать доступ к данным в пределах своей области, снижая риски утечки и несанкционированного доступа. Инновации и применение технологий в конкретных областях бизнеса улучшают их эффективность. Каждая система, специализирующаяся в своей области, легче принимает инновационные решения, что способствует общему успеху предприятия. Обслуживание и

поддержка систем становятся более эффективными, так как обеспечиваются разными специалистами в отдельных сферах деятельности.

Сложно переоценить важность использования информационных технологий, в частности, системы управления складом (WMS), в обеспечении правильной поставки продукции в нужное время и по правильной цене. До внедрения IT-систем или WMS в логистике использовались бумажные методы и ручные операции, что является дорогостоящим, затратным по времени, трудоёмким и подверженным ошибкам. Все это приводило к большому количеству проблем, с которыми сталкивалась логистическая отрасль без WMS, такие как отсутствие видимости запасов, ошибки при обработке отправок, проблемы с использованием складского пространства, ручную работу и бумажные процессы, а также вопросы безопасности при отсутствии технологических средств. Подобные аспекты, влияют на эффективность операций склада и его роль в цепочке поставок. Исследование [6] подчёркивает важность производительности склада в управлении цепочкой поставок, поскольку это непосредственно влияет на операционную эффективность компании и удовлетворение клиентов.

С развитием технологий в последние десятилетия произошли значительные изменения в логистике и цепочке поставок. В частности, системы управления складом (WMS) стали важным инструментом для эффективного управления запасами и предоставления видимости инвентаря для заинтересованных сторон. Последние достижения в области цифровых технологий также вносят свой вклад в реализацию WMS, интегрируя его с такими технологиями, как автоматизация, роботы, дроны и другие автоматизированные инструменты для улучшения производительности склада и обеспечения эффективного управления инвентаризацией.

При проектировании WMS системы важно чётко провести выделение функциональных блоков, таких как управление инвентаризацией, приём и отправка товаров, оптимизацию пространства, обработку заказов, маркировку и т.д., на что недостаточно акцентируется внимания в исследованиях. Произвести уточнение возможных интеграций с другими системами, такими как системы управления заказами (OMS), системы управления транспортом (TMS), системы управления предприятием (ERP) и т.д. Определение точек интеграции с другими системами на предприятии необходимо для обмена данными, такими как информация о заказах, уровень запасов, статус поставок и т.д. WMS фокусируется на управлении запасами, организации складских процессов, оптимизации пространства и обеспечении точности инвентаризации. А прозрачная интеграция обеспечивает эффективный обмен данными, например, между WMS и OMS системами. Данные заказов, поступающих через платформу управления заказами, автоматически передаются в систему управления складом для дальнейшей обработки. Это позволяет оптимизировать процессы отбора, упаковки и отгрузки товаров со склада. Данные о продажах, поступающие из OMS, помогают WMS более точно определить необходимые уровни запасов и эффективно распределять товары по складу, снижая риски излишков или нехватки товаров. Система управления заказами может отслеживать состояние заказов в режиме реального времени, а WMS, в свою очередь, автоматически управлять запасами и обеспечивать готовность к отгрузке.

В отчёте маркетингового исследовательского агентства по анализу данных «Research and Markets» [7] представлена обширная информация о рынке систем управления складом (WMS) и его текущем состоянии. В нем рассматриваются такие аспекты, как размер рынка, тенденции роста, факторы влияния, ожидаемые тренды и активность ключевых игроков на рынке. По их данным рынок систем управления складом (WMS) за последние годы значительно вырос и ожидается дальнейший рост. Прогнозируется, что его размер увеличится с 3,07 миллиарда долларов в 2023 году до 3,52 миллиарда долларов в 2024 году, с темпом роста в 14,7 % CAGR. Ожидается, что рынок WMS продолжит свой рост и достигнет 5,97 миллиарда долларов к 2028 году, с темпом роста в 14,1 % CAGR. Аналитики агентства утверждают, что рост рынка связан с расширением электронной коммерции, дефицитом рабочей силы и увеличением затрат на труд. Увеличение сложности мировых цепочек

поставок, требования потребителей к более быстрой доставке и улучшенной эффективности управления запасами также вносят свой вклад. Прогнозируется рост спроса от компаний электронной коммерции на большие склады с продвинутыми средствами отслеживания и прогнозирования. Развитие облачных решений ожидается как ключевой фактор роста, обусловленный их гибкостью, масштабируемостью, доступностью и экономичностью. Технологические инновации, такие как облачные решения и внедрение современных систем управления складом, представляют значительные тренды в отрасли.

**Обзор литературы.** Складские операции в производственных организациях сталкиваются со стратегическими и операционными проблемами, такие как баланс между снижением операционных затрат и обеспечением качественной доставки. В обзоре [8] подчёркивается сложность достижения такого баланса. Это является важной проблемой, поскольку снижение расходов так же важно, как и обязательство поддерживать высокий уровень качества обслуживания.

На стратегическом уровне основной проблемой является неопределённость бизнес-среды. Кроме того, непредвиденные изменения в макросреде могут создавать значительные трудности для достижения целей организации [8]. Менеджеры склада в производственных процессах часто сталкиваются с трудностью в том, что складская функция не получает равного стратегического внимания, как другие элементы цепочки создания ценности, такие как производство, финансы, маркетинг и инжиниринг. Недооценка роли склада, особенно на уровне высшего руководства, может создавать проблемы в выделении достаточных ресурсов для его развития. Включение склада в корпоративную стратегию компании крайне важно, поскольку он способствует повышению общей эффективности предприятия.

Выстраивание скоординированности между стратегией склада и общим бизнес-планом организации также является серьёзной проблемой. Отсутствие соответствия между этими двумя элементами подрывает эффективность плана развития. Это говорит о том, что включение склада в корпоративную стратегию предприятия крайне важно, поскольку он способствует повышению общей эффективности. Применение WMS способствует более точному и надёжному выполнению заказов, ускоренным временам доставки и уменьшению ошибок в заказах, что ведёт к повышению удовлетворённости и лояльности клиентов. Нельзя не подчеркнуть, что в современном конкурентном рынке надёжная WMS является ключевым инструментом для компаний, стремящихся получить конкурентное преимущество в управлении цепочкой поставок и обслуживании клиентов [9]. В этой оценке были подробно описаны ключевые факторы, способствующие успешному внедрению WMS. Кроме того, данные о рабочем процессе до и после успешного внедрения были проанализированы с помощью непосредственных наблюдений за проектом наблюдений и анализа документации. Очевидно, что после успешного внедрения системы WMS поставщик начал получать преимущества в производительности, экономии затрат, удовлетворённости сотрудников и т.д.

О необходимости внедрения WMS систем говорится во многих публикациях. WMS в реальном времени отслеживает уровни инвентаризации, минимизируя проблемы с избыточным запасом или его отсутствием, что способствует более точному прогнозированию спроса и снижению затрат на хранение. Также помогает эффективно организовывать и контролировать поток товаров внутри склада, что снижает ошибки в процессе подбора и гарантирует точную отправку товаров потребителям [10]. WMS оптимизирует использование доступного пространства на складе, автоматизирует различные операции, такие как подбор заказов и пополнение, что приводит к ускоренной обработке заказов и уменьшению трудозатрат. WMS обеспечивает полную видимость и ход складских операций, облегчая принятие решений на основе данных и постоянное совершенствование процессов.

Для достижения высоких показателей производительности необходимо находить способы устранения избыточных процессов на складе, оптимизации операций и повышения эффективности в каждом аспекте складских деятельности. Одним из наиболее эффективных способов достижения этой цели является использование системы управления складом

(WMS), предназначенной для ускорения времени обработки заказов, улучшения точности инвентаризации и обеспечения оперативной информации о статусе заказа [11, 12].

WMS строится на основе различных факторов, таких как отраслевые требования и общие логистические требования. Независимо от сложности бизнеса, WMS должна поддерживать базовые функции логистики, такие как предварительный приём материалов, управление консьержами, приём, контроль качества на входе, хранение, перемещение, отбор, циклический учёт и отгрузка [13, 14].

Важность эффективного управления запасами обусловлена необходимостью балансировки между предложением и спросом, что является сложным заданием. Точное прогнозирование спроса, стратегическое планирование и оптимизация уровней запасов позволяют предприятию адаптироваться к изменчивым рыночным условиям и эффективно управлять своими запасами. Поддержание оптимальных уровней запасов также помогает избежать проблем, связанных с избыточными запасами, такими как увеличенные затраты на хранение, и недостаточными запасами, что может привести к упущенным продажам и ухудшению обслуживания клиентов [15].

**Заключение.** Каждое предприятие стремится эффективно удовлетворять неудовлетворённый спрос на рынке. Для достижения этой цели компания должна обеспечить эффективность и эффективность своих механизмов обслуживания. Значимой частью службы доставки компании является надёжная система управления складом, играющая ключевую роль в обеспечении стабильной производственной среды. Любые сбои в работе системы управления складом могут привести к дорогостоящим прерываниям в производственных операциях, затрагивая цепочку поставок. Такие нарушения могут создать хаос на рынке, препятствуя компании в выполнении заказов и соблюдении сроков поставки клиентам. Невыполнение этих обязательств подвергает репутацию компании риску. Для минимизации этих рисков производственные компании должны инвестировать в современные технологии управления складом, способствующие обработке заказов в реальном времени и поддержанию положительного имиджа на рынке.

Каждая модель бизнеса в логистической отрасли уникальна, и, следовательно, уникально и внедрение систем управления складом. Можно констатировать, что тенденция внедрения WMS в логистических цепочках с целью максимизации потенциала бизнеса и достижения конкурентного преимущества, обеспечивая бесперебойное оказание логистических услуг своим клиентам продолжит прогрессировать в будущем. Несмотря на важность отделения складских операций, стоит отметить, что существует ограниченное количество исследований в области декомпозиции процессов предприятия при проектировании системы управления складом (WMS). Однако, эта тема играет ключевую роль в оптимизации функционирования предприятия в целом. Декомпозиция процессов предприятия при проектировании WMS может включать в себя чёткое определение зон ответственности различных систем и их взаимодействие. Это позволяет эффективно координировать различные аспекты бизнеса, обеспечивая согласованность данных, обмен информацией и управление ресурсами. В свете этого, необходимо активизировать исследования в данной области для разработки и поиска методов определения взаимосвязей между складскими операциями и другими бизнес-процессами на предприятии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Faber, N., de Koster, R. M. B., & van de VELDE, S. L. (2002). Linking warehouse complexity to warehouse planning and control structure: an exploratory study of the use of warehouse management information systems. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 32(5), 381-395.
2. Ramaa.A, K.N.Subramanya and T.N.Rangaswamy (2012), Impact of Warehouse Management System in a Supply Chain, *International Journal of Computer Applications*, Vol. 54 (1), Pages: 14 – 20.
3. Helo, P., & Szekely, B. (2005). Logistics information systems: an analysis of software solutions for supply chain co-ordination. *Industrial Management & Data Systems*, 105(1), 5-18.
4. PORT TECHNOLOGY INTERNATIONAL, Edition 53. «Technology and commercial aspects of container terminal management using Solvo.TOS». <https://www.porttechnology.org/technical->

papers/technology\_and\_commercial\_aspects\_of\_container\_terminal\_management\_using\_so/ (дата обращения: 16.02.2024).

5. МОРСКИЕ ПОРТЫ | №9 (130) 2014, Галина Музлова, «ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОРТОВЫХ ТЕРМИНАЛОВ В РОССИИ» с. 47-48.

6. Mostafa, N., Hamdy, W. and Alawady, H., 2019. Impacts of internet of things on supply chains: a framework for warehousing. Social sciences, 8(3), 84. <http://doi.org/10.3390/socsci8030084>.

7. Warehouse Management System Global Market Report 2024. URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5766696/warehouse-management-system-global-market-report> (дата обращения: 26.02.2024).

8. Zhang, A., Wang, J. X., Farooque, M., Wang, Y., & Choi, T. M. (2021). Multi-dimensional circular supply chain management: A comparative review of the state-of-the-art practices and research. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 155, 102509. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102509>.

9. Andiyappillai, Natesan. (2020). Factors Influencing the Successful Implementation of the Warehouse Management System (WMS). International Journal of Computer Applications. 177. 21-25. <https://doi.org/10.5120/ijca2020919787>.

10. Shanmugamani, K., & Mohamad, F. (2023). The implementation of warehouse management system (wms) to improve warehouse performance in business to business (B2B). International Journal of Industrial Management, 17(4), 231-239. <https://doi.org/10.15282/ijim.17.4.2023.10091>.

11. H.Min (2006), The applications of warehouse management systems: an exploratory study, International journal of Logistics Research and Applications, Vol. 6 (2), Pages: 111 – 126.

12. Helo, P., Xiao, Y., & Roger Jiao, J. (2006). A web-based logistics management system for agile supply demand network design. Journal of Manufacturing Technology Management, 17(8), 1058-1077.

13. Rafael de Assis, Juliana Keiko Sagawa (2018), Assessment of the implementation of a Warehouse Management System in a multinational company of industrial gears and drives, Gestão & Produção, ISSN 1806-9649, Vol 25 (2).

14. Nemati, H. R., Steiger, D. M., Iyer, L. S., & Herschel, R. T. (2002). Knowledge warehouse: an architectural integration of knowledge management, decision support, artificial intelligence and data warehousing. Decision Support Systems, 33(2), 143-161.

15. Lee, R., 2021. The effect of supply chain management strategy on operational and financial performance. Sustainability, 13(9), 5138. <https://doi.org/10.3390/su13095138>.

УДК 004.94

## АДАПТИВНОЕ УСТРОЙСТВО С УПРАВЛЯЕМЫМИ ИНТЕРВАЛАМИ АДАПТАЦИИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И ПОДАВЛЕНИЯ ПОМЕХ В СИГНАЛАХ

Журжа Н. А., Засов В. А.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** Предложены алгоритм и реализующее его адаптивное устройство с управляемыми интервалами адаптации для обнаружения и подавления помех в импульсных сигналах. Особенностью устройства является прогнозирование интервалов адаптации, позволяющее работать в режиме потоковой обработки данных.

**Ключевые слова:** алгоритм, адаптивный, помехи, обнаружение, прогнозирование, интервал, поток

## ADAPTIVE DEVICE WITH CONTROLLED ADAPTATION INTERVALS TO DETECT AND SUPPRESS INTERFERENCE IN SIGNALS

Zhurzha N. A., Zasov V. A.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** Algorithm and adaptive device with controlled adaptation intervals for detecting and cancelling interference in pulsed signals are suggested. Prediction of adaptation intervals intended for operating in the streaming data processing mode is a characteristic feature of the device.

**Keywords:** algorithm, adaptive, interference, detection, prediction, interval, flow

Предложенные в [1, 2] адаптивные подавители помех с адаптацией только интервалах между импульсами позволяют подавлять коррелированные с полезными сигналами помехи, но работают только в режиме пакетной обработки данных и не применимы в системах реального времени.

Кроме этого, известные адаптивные подавители помех [1, 2] не позволяют подавлять помехи, возникающие из-за проникновения полезных сигналов на опорный вход адаптивных подавителей.

В работе предлагаются алгоритм и реализующее его адаптивное устройство подавления помех (АУПП) работающие в режиме потоковой обработки данных и подавляющие помехи из-за проникновения полезных сигналов на опорный вход АУПП.

Структурная схема предлагаемого АУПП приведена на рисунке 1.

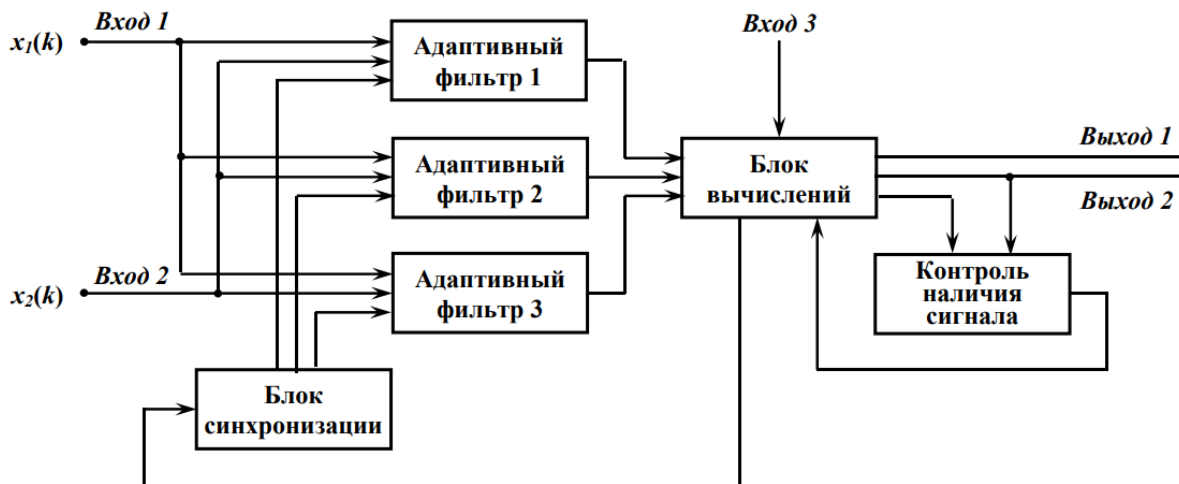


Рисунок 1 – Адаптивное устройство обнаружения и выделения сигналов (АУПП)

На сигнальный вход 1 АУПП поступает аддитивная смесь  $x_1(k)$  полезного сигнала, коррелированных с полезным сигналом помех и шума. На опорный вход 2 поступает смесь  $x_2(k)$  коррелированных с полезным сигналом помех и шума. На выходе 2 устройства АУПП вычисляется сигнал  $\hat{s}_{11}(k)$ , который очищен от помех.

В структурных схемах АФ1–АФ3 предлагаемого АУПП в отличие от известных, схем, приведенных в [3, 4], адаптация происходит только в интервалах между импульсами полезного сигнала на входе 1 АУПП.

Принцип работы предлагаемого адаптивного устройства АУПП иллюстрируется на рис. 2.

В описываемом АУПП определение интервалов между импульсами осуществляется путем интегрированной обработки блоком вычислений БВ сигналов на выходах АФ1–АФ3 с помощью формируемых тестовых ТИ1–ТИ3 и контрольных сигналов КИ1–КИ3.

Сигнал ТИ2 располагается в центре группы сигналов ТИ, ТИ1 опережает ТИ2, а ТИ3 отстает от ТИ2, что обеспечивает надежную локацию интервала адаптации АФ2 внутри импульсных интервалов.

На вход 1 АУПП в общем случае подается смесь полезных сигналов и помех (рис.2–а), но, в частности, полезные сигналы могут и отсутствовать. Группа адаптивных фильтров АФ может производить настройку (адаптацию) только в интервалах времени задаваемыми сигналами ТИ. Первоначально, момент времени начала адаптации выбирается случайным образом, но далее группа сигналов ТИ сдвигается блоком синхронизации по оси времени с определенным шагом, причем на каждом шаге производится сравнение мощностей сигналов на выходах трех вышеуказанных адаптивных фильтров.

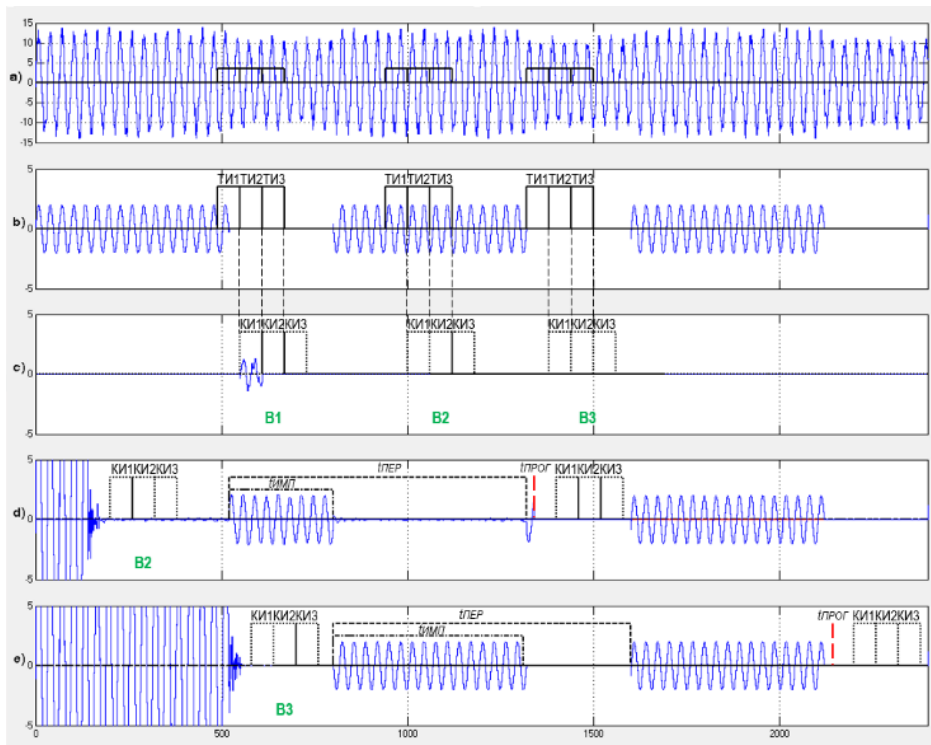


Рисунок 2 – Иллюстрация принципа работы адаптивного устройства АУПП

Если обнаруживается ситуация, при котором нормированные мощности сигналов на выходах адаптивных фильтров равны, то в совокупности с априорной информацией на входе 3 о скважности импульсов, делается вывод о наличии полезного сигнала и попадании сигналов ТИ в интервал между импульсами полезного сигнала (рис. 2–б). Дальнейшие сдвиги по времени запрещаются, и процесс обучения АУПП завершается.

Если же вышеуказанная ситуация не обнаруживается в течении заданного времени, делается вывод об отсутствии полезного сигнала в анализируемом информационном потоке и формируется соответствующее сообщение на выходе 2 АУПП.

Если полезный сигнал обнаружен, измеряются длительность и период импульсов, по которым вычисляется прогнозируемое время  $t_{прог}$  следующего интервала адаптации.

Основные этапы работы АУПП с приведены на схеме алгоритма устройства на рисунке 3.

Отличительной особенностью предлагаемого АУПП является адаптивное предсказание (прогнозирование) интервалов адаптации.

Действительно, в импульсной последовательности параметры импульсов – длительность и период следования импульсов могут изменяться, поэтому прогнозирование следующих интервалов адаптации по предыдущим может неточным. Другими словами, тестовые сигналы ТИ могут попасть не в середину интервалов, а на фронты импульсов. Эти ситуации определяются сравнением результатов адаптации по сигналам ТИ1 и ТИ2, отстающим и опережающим центральный сигнал ТИ2. Сравнительные результаты адаптации по сигналам ТИ1 и ТИ2 позволяют корректировать (увеличивать или уменьшать) прогнозируемое время начала адаптации с шагом, определяемым длительностью сигналов ТИ.

Таким образом, в условиях, когда параметры импульсной последовательности монотонно изменяются, производится адаптивная коррекция прогнозируемого времени начала интервалов адаптации.

Указанная функция позволяет уменьшить погрешность компенсации помех в зашумленных потоках данных.

Эффективность предложенных алгоритма и устройства были проверены путем компьютерного моделирования. В устройствах АФ1–АФ3 применялся алгоритм NLMS [3,4], а число весов АФ задавалось равным 36. В качестве помехи при моделировании использовался белый шум, мощность которого в 3 раза превышала мощность полезного сигнала.

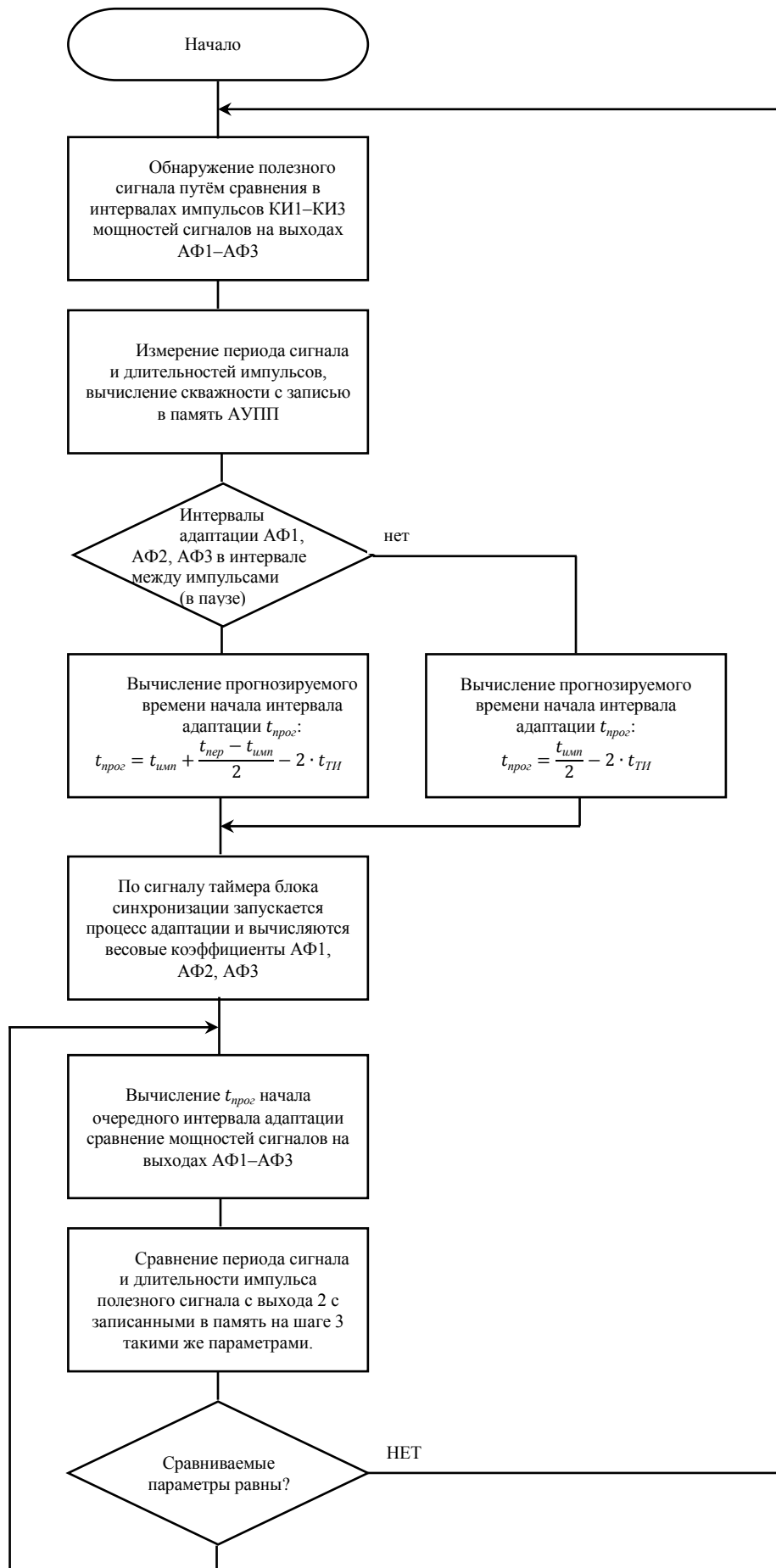


Рисунок 3 – Схема алгоритма работы устройства АУПП



Результаты моделирования иллюстрируются рисунком 4.

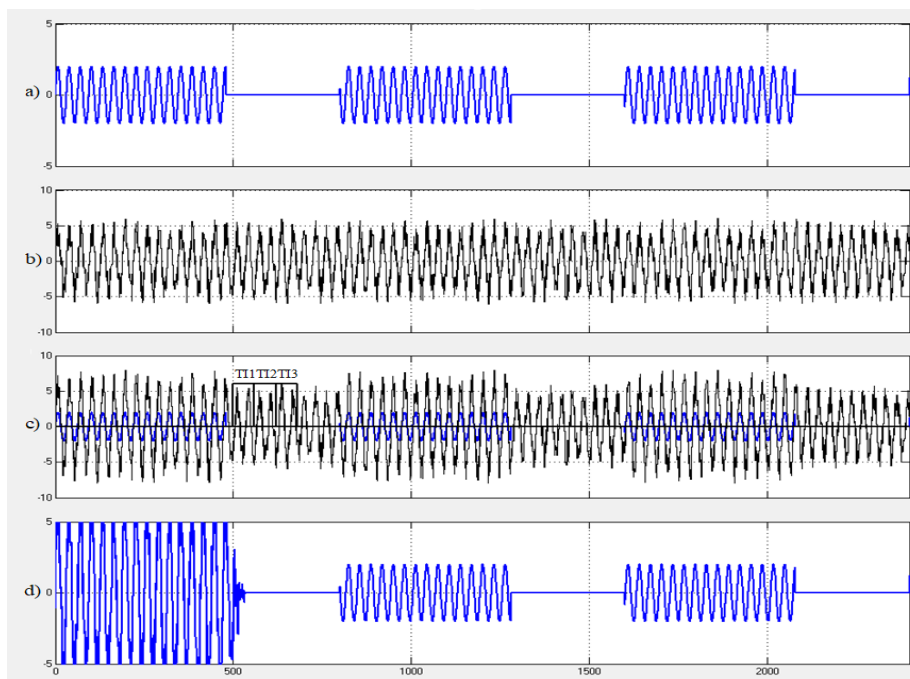


Рисунок 4 – Результаты моделирования устройства АУПП с адаптивным прогнозированием интервалов адаптации

В качестве полезного сигнала на рис. 4 использовались сигналы системы автоматической локомотивной сигнализации АЛСН, которые используются для обеспечения безопасности движения поездов и подавление помех важно для обеспечения надежной работы системы.

В результате подавления коррелированных помех очищенный полезный сигнал АЛСН равен тестовому сигналу АЛСН с погрешностью 12 % достаточной для применения в инженерных приложениях предложенного устройства. На рис. 5 приведены результаты моделирования устройства АУПП с адаптивным прогнозированием интервалов адаптации для ситуации отсутствия (не обнаруженного) полезного сигнала.

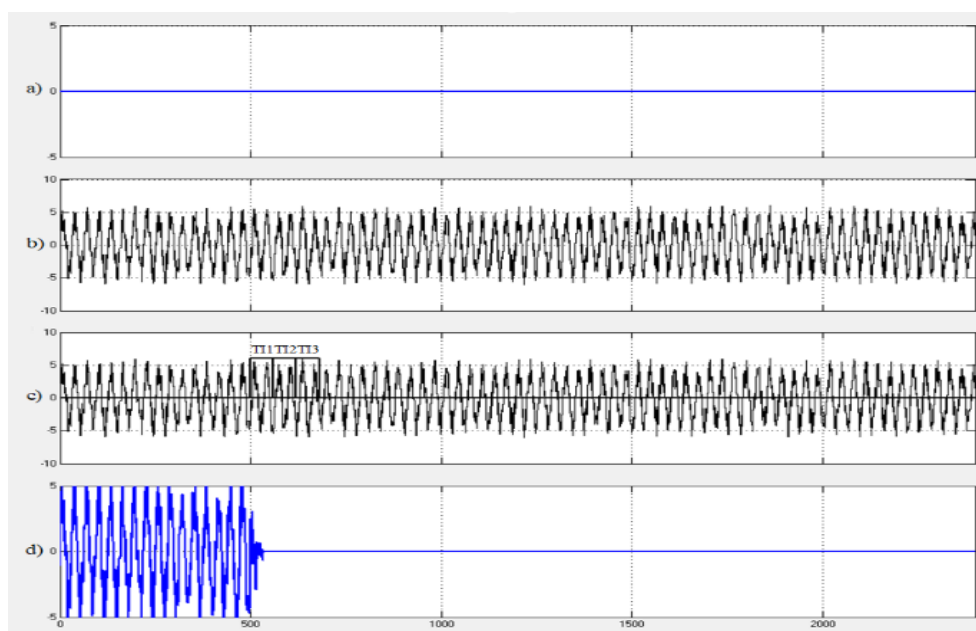


Рисунок 5 – Результаты моделирования устройства АУПП с адаптивным прогнозированием интервалов адаптации для ситуации отсутствия (не обнаруженного) полезного сигнала

Дальнейшим развитием предложенных алгоритма и устройства АУПП является увеличение количества адаптивных фильтров АФ, что позволит осуществлять адаптивное прогнозирование в условиях скачкообразного изменения параметров полезных сигналов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Засов, В.А., Ромкин М.В. 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 (4 th 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.

УДК 004.42.032

## ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ДИНАМИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЕ СОСТОЯНИЙ ГОНКИ ДАННЫХ В МНОГОПОТОЧНЫХ СИСТЕМАХ

Засов В. А.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** предложены методика и программный комплекс для тестирования динамическими детекторами гонки произвольных программ с целью обнаружения состояний гонки данных многопоточных системах. Программный комплекс позволяет вычислять общее количество обнаруженных состояний гонки, количество ложных состояний гонки, количество пропущенных состояний гонки, а также соотношения этих показателей. Предложенные методика и программный комплекс позволяют повысить достоверность обнаружения состояний гонки данных в многопоточных системах и надежность разрабатываемого программного обеспечения.

**Ключевые слова:** системы, многопоточные, гонки, данные, динамические, детекторы, тестирование, алгоритмы, достоверность.

## INCREASING THE RELIABILITY OF DYNAMIC ALGORITHMS DETECTING DATA RACE CONDITIONS IN MULTI-THREADED SYSTEMS

Zasov V. A.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** a methodology and software package are proposed for collective testing of arbitrary programs with dynamic race detectors in order to detect race conditions in data multi-threaded systems. The software package allows you to calculate the total number of detected race conditions, the number of false race conditions, the number of missed race conditions, as well as the ratio of these indicators. The proposed methodology and software package make it possible to increase the reliability of detecting data race conditions in multi-threaded systems and the reliability of the developed software.

**Keywords:** systems, multi-threaded, races, data, dynamic, detectors, testing, algorithms, reliability.

В состояниях гонки данных результаты работы программ могут зависеть от очередности доступа потоков к критическим секциям, поэтому состояния гонки могут приводить при одинаковых исходных данных к различным результатам (эффект неопределенности

параллелизма) [1–4]. Гонки данных приводят к возможным ошибкам, которые сложно выявить в процессе эксплуатации программы из-за случайной природы этих ошибок.

Разработанные алгоритмы и реализующие эти алгоритмы программы обнаружения состояний гонки данных, называемые детекторами гонки данных, разделяются на статические и динамические.

Статические алгоритмы и детекторы анализируют программы до компиляции кода и исполнения программ. В статических алгоритмах можно выделить три группы: потоко-нечувствительные, потоко-чувствительные статические версии алгоритмов и алгоритмы, чувствительные к разбиению. Эти алгоритмы и детекторы анализируют потенциальные пути выполнения программ на основе построение моделей программ в виде графов потоков исполнения [1–6], отображающих множество всевозможных траекторий выполнения программы. Статические алгоритмы и детекторы сравнительно просты, но имеют невысокую достоверность и могут пропускать фрагменты программ, на которых возможны гонки данных или же ложно указывать на эти фрагменты [1–6].

Динамические алгоритмы и детекторы анализируют программы при их выполнении и обнаруживают состояния гонки данных в реальном времени. Эти алгоритмы и детекторы разделяются на три основные группы: порядковые, блокировочные и гибридные(комбинированные) [8, 9, 10].

Динамические алгоритмы и детекторы для каждого запуска программы получают результаты мониторинга, основанные на непосредственных наблюдениях процесса исполнения программы, что позволяет обнаруживать только реально существующие состояния гонки [8, 9, 10].

Динамические алгоритмы и детекторы обнаружения состояния гонки данных обладают более широким функциональными возможностями по сравнению со статическими.

Исследованию возможностей по повышению достоверности динамических алгоритмов и детекторов обнаружения состояний гонки данных в многопоточных системах посвящена настоящая работа.

В настоящее время разработаны различные динамические алгоритмы и детекторы обнаружения состояний гонки данных.

Динамические детекторы группы Happens.-before относятся к одним из наиболее надежных и достоверных (не пропускают состояние гонки), но являются ресурсоемкими и существенно усложняют и замедляют работу прикладного программного обеспечения.

Динамические детекторы группы Lockset более экономичны по ресурсам, но обнаруживают большое число ложных состояний гонки [8, 9].

Динамические детекторы группы Hybrid являются комплексными алгоритмами, реализованными на базе алгоритмов Lockset и Happens.-before [8, 9].

Динамические детекторы Intel Thread Checker и Post-mortem approach [11, 12] имеют широкие функциональные возможности, позволяющие кроме обнаружения состояний гонки данных обнаруживать состояния взаимной блокировки, тупики и другие ситуации конкурентного доступа к памяти. К сожалению, использование этих динамических детекторов является трудоемким процессом, т.к. требует многочисленных запусков программ для их тестирования.

Отличительной чертой перечисленных выше динамических алгоритмов и детекторов является их специализированность. Каждый из этих детекторов разработан на основе определенных свойств и особенностей многопоточных вычислительных процессов, форматов данных и т.п. Ориентированность каждого из алгоритмов только на частные определенные ситуации, которые приводят к гонкам данных, ограничивает функциональные возможности алгоритмов. Индивидуальное применение алгоритмов не позволяет получить высокую достоверность обнаружения состояний гонки в программах.

Поэтому актуальной задачей является разработка универсального динамического алгоритма, объединяющего возможности специализированных детекторов обнаружения гонки данных.

Одним из подходов создания универсального динамического алгоритма является подход, при котором обнаружение состояний гонки данных осуществляется группой динамических детекторов, а результаты проверки вычисляются на основе комплексной обработки результатов проверки группой детекторов.

Комплексная обработка, объединяющая различные динамические алгоритмы детектирования гонки, уменьшает риск пропуска состояний гонки и обнаружения ложных состояний гонки в программах, т.е. повышает достоверность анализа многопоточных программ.

Для получения итоговых результатов динамического детектирования можно применять следующие методы:

- усреднение результатов, полученных разными алгоритмами;
- классическое голосование (простое большинство голосов);
- взвешенное голосование, при котором каждый алгоритм имеет вес, определяющий его значимость;
- мажоритарное голосование на основе вероятности результатов, вычисленных каждым из алгоритмов группы;
- применение мета-алгоритмов (например, случайного леса), использующих результаты других алгоритмов для принятия решений и др.

Тестирование группой алгоритмов было использовано автором при создании универсального статического алгоритма на основе параллельной работы и дальнейшей комплексной обработки результатов различных специализированных статических алгоритмов [13].

Эта методика, программная среда и сценарии тестирования показали хорошую эффективность по сравнению с известными алгоритмами, и поэтому применены для проведения тестирования группой динамических детекторов.

Результаты тестирования отдельными специализированными и универсальным динамическим алгоритмами приведены на рис.1 – рис.4.

Результаты тестирования детектора на основе одного из специализированных динамических алгоритмов и универсального динамического алгоритма приведены соответственно на рис.1 и рис.2 (единица – есть гонка, а ноль – пропущенная гонка). На рисунке 3 приведены результаты сравнительного анализа специализированных и универсального алгоритмов показывающие процент обнаруженных состояний гонки в многопоточных программах.

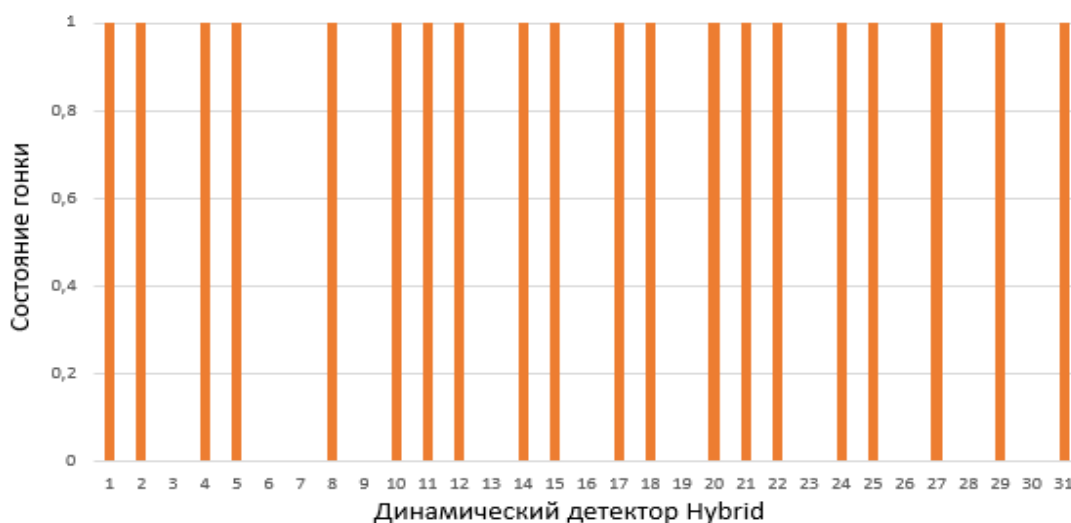


Рисунок 1 – Результаты тестирования детектора на основе одного из специализированных алгоритмов

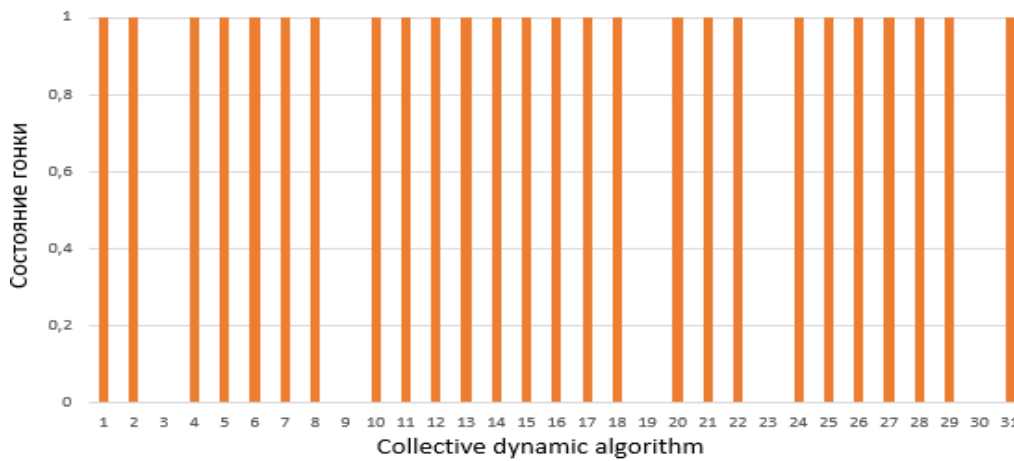


Рисунок 2 – Результаты тестирования детектора на основе универсального динамического алгоритма

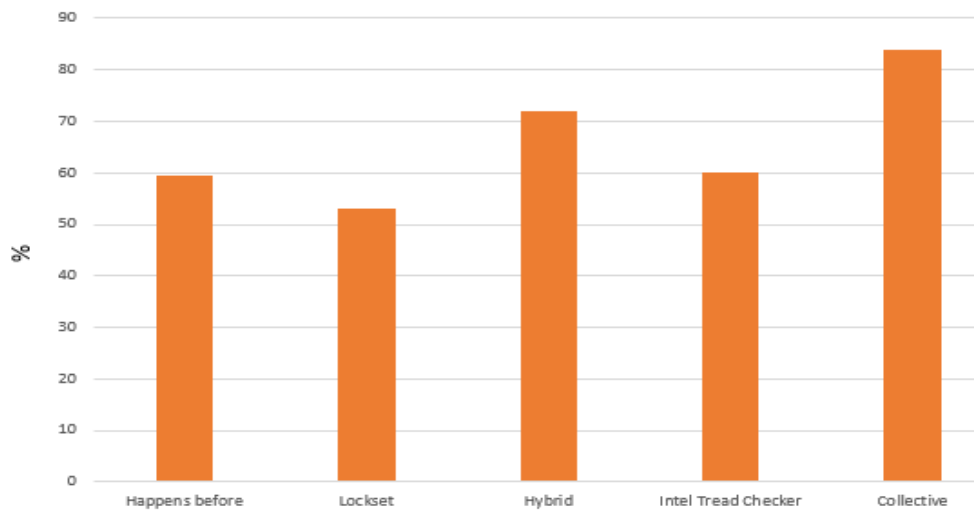


Рисунок 3 – Сравнительный анализ специализированных и универсального алгоритмов

На рис. 4 приведены результаты тестирования универсального динамического детектора, позволяющие оценить достоверность работы этого алгоритма.

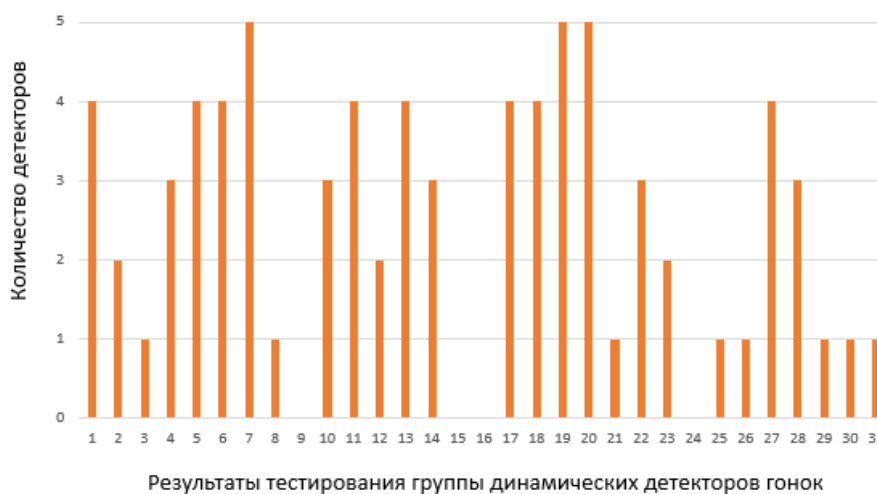


Рисунок 4 – Результаты тестирования универсального динамического детектора для оценки достоверности алгоритма

Приведенные на рис. 1 – рис. 4 результаты тестирования детекторов гонки данных позволяют сделать следующие выводы.

Предложенный универсальный динамический алгоритм позволяет обнаружить больше на 11–13 % состояний гонки по сравнению с известными специализированными динамическими алгоритмами, т.е. является более надежным и достоверным.

Дальнейшим направлением повышения достоверности обнаружения состояний гонки является создание обобщенного универсального алгоритма, который объединяет работу универсальных статического и динамического алгоритмов. Конечно, вычислительная платформа и программная среда для реализации такого обобщенного универсального алгоритма будут сложнее, но время тестирования не должно существенно увеличиться, т.к. упомянутый алгоритм хорошо распараллеливается.

Тестирование множеством статических и динамических алгоритмов можно производить параллельно во времени на многоядерных вычислительных системах, только интегрирование результатов незначительно увеличит время тестирования, т.к. вычислительная сложность алгоритмов получения итоговых результатов невелика по сравнению с вычислительной сложностью каждого из отдельных алгоритмов.

Предложенный обобщенный универсальный алгоритм возможно применять также для обнаружения состояний гонки в мультипроцессорных системах с распределенной памятью [14].

Применение обобщенного универсального алгоритма позволяет также автоматизировать и повысить производительность процесса тестирования разрабатываемого сложного программного обеспечения для систем управления ответственного применения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудрин, М. Ю. Метод нахождения состояний гонки в потоках, работающих на разделяемой памяти / М. Ю. Кудрин, А. С. Прокопенко, А. Г. Тормасов // Сборник научных трудов. – М.: МФТИ. - 2009. – Т. 1. - №. 4. - С. 181-201.
2. Битнер, В.А. Построение универсального линеаризованного графа потока управления для использования в статическом анализе кода алгоритмов / В.А. Битнер, Н.В. Заборовский // Моделирование и анализ информационных систем. - 2013. - Т.20. - №. 2. - С. 166–177.
3. Emanuelsson, P. Comparative Study of Industrial Static Analysis Tools / P. Emanuelsson, U.A. Nilsson // Elsevier Science Publishers Amsterdam: Netherlands. – 2008. - No. 2. - P. 15-21. DOI: 10.1016/j.entcs.2008.06.039.
4. Засов, В. А. Организация вычислительных процессов в параллельных системах: учебное пособие в двух частях.– Часть II. Мультипрограммные системы / В.А. Засов. – Самара: СамГУПС, 2023. – 159 с
5. Chelf, B. How to Write System-specific, Static Checkers in Metal / B. Chelf, D. Engler, S. Hallem, PASTE '02: Proceedings of the 2002 ACM SIGPLAN-SIGSOFT workshop on Program Analysis for Software Tool and Engineering, New York, USA: ACM Press. – 2002. - No. 28(1). DOI: 10.1145/634636.586097.
6. Barabanova, P. Modeling and Investigating a Race Condition Detection Algorithm for Multithread Computational Systems/ P. Barabanova, V. Zasov // Proceedings XXI International Conference Complex Systems: Control and Modeling Problems (CSCMP). - Samara, Russia, 2019. - P. 356-359. DOI: 10.1109/CSCMP45713.2019.8976855.
7. Барабанова, П.С. Моделирование и исследование алгоритма обнаружения состояний гонки в многопоточных вычислительных системах/ П.С. Барабанова и В.А. Засов // Труды XXI международной конференции “Проблемы управления и моделирования в сложных системах. - Самара: Россия: ООО Офорт, 2019. – С.195-198.
8. Ok-Kyon, Ha. Case Study of Dynamic Detectors for Data Races/ Ok-Kyon Ha // International Conference on Electronic Engineering and Computer Science. - IERI Procedia. - No. 4. – 2013. – P.174-180. DOI: 10.1016/j.ieri.2013.11.025.
9. Трифанов, В.Ю. Динамические средства обнаружения гонок в параллельных программах / В. Ю. Трифанов, Д. И. Цителов // Компьютерные инструменты в образовании. – 2011. - №5. – С. 3-15.
10. Flanagan, C. Type-Based Race Detection for Java, / C. Flanagan, S.N. Freund // Proceedings of the ACM SIGPLAN 2000 Conference on Programming Language Design and Implementation. – 2000. - Т. 35. - No. 5. - P. 219-232. DOI: 10.1145/349299.349328.
11. Boehm, H. Threads cannot be implemented as a library/ H. Boehm // Proceedings of the 2005 ACM SIGPLAN conference on Programming language design and implementation. - Т. 40. - Issue 6. - 2005. - P. 261–268.
12. Elmas, T. A Race and Transaction-Aware Java Runtime. /T. Elmas, S. Qadeer, S.Tasiran, // Goldilocks: Proceedings of the 2007 ACM SIGPLAN Conference on Programming Language Design and Implementation (PLDI'07). -2007. - P.245– 255.
13. Lobachev, A. Improving the Reliability of Detecting Data Race Conditions in Multi-Threaded Systems / A. Lobachev, V. Zasov // Data Science. Information Technology and Nanotechnology. Proc. of the VIII Int. Conf. ITNT-2022, IEEEExplore, 2022.
14. Засов, В. А. Организация вычислительных процессов в параллельных системах: учебное пособие в двух частях.– Часть I. Мультипроцессорные системы / В.А. Засов. – Самара: СамГУПС, 2023. – 115 с.

УДК 656.222

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВЕДЕНИЯ ГРАФИКА ИСПОЛНЕННОГО ДВИЖЕНИЯ ПЕОЗДОВ В ЭВОЛЮЦИОНИРУЮЩЕМ КОРПОРАТИВНОМ ИНФОРМАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Никищенко С. А.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** рассмотрена эволюция информационного взаимодействия автоматизированной системы ведения графика исполненного движения поездов с другими отраслевыми системами. Представлена область корпоративного информационного пространства и схемы информационных потоков между системами. Приведены сведения об автоматизированной системе ведения графика движения нового поколения.

**Ключевые слова:** график движения поездов, автоматизированная система, корпоративное информационное пространство, взаимодействие, эволюция.

## AUTOMATED SYSTEM FOR MAINTAINING THE SCHEDULE OF EXECUTED TRAIN MOVEMENTS IN THE EVOLUTIONING CORPORATE INFORMATION SPACE

Nikishchenkov S. A.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** The evolution of the information interaction of the automated system for maintaining the schedule of executed train movements with other industry systems is considered. The area of the corporate information space and the diagrams of information flows between systems are presented. Information is provided on the new generation automated traffic scheduling system.

**Keywords:** train schedule, automated system, corporate information space, interaction, evolution.

Автоматизированная система ведения графика исполненного движения поездов (АС ГИД) является основным программным обеспечением для управления движением поездов, которая установлена в дирекции управления движением, диспетчерских участках и линейных предприятиях. АС ГИД обеспечивает выполнение качественных показателей работы (участковая и техническая скорости, оборот вагона, вес и длина поезда и т.д.) благодаря автоматизированному графику исполненного движения, доступу в реальном режиме времени к информации о поездах, составах поездов и локомотивах [1-3].

Базовыми функциями АС ГИД являются: график исполненного движения; варианты графики с «окнами»; оперативное планирование пропуска поездов; поездное положение; табло диспетчерского контроля; анализ работы локомотивов и локомотивных бригад; учет местной работы; предупреждения на поезда; оперативный анализ поездной работы; взаимодействие с корпоративными системами [2].

В АС ГИД на сетке графика отображаются нитки следования поездов, вводимые автоматически полностью или частично, или вручную. Нитки могут быть обезличенными (по данным СЦБ), с номерами поездов, введенными вручную, или с условными номерами, введенными компьютером, а также с номерами, подвязанными к структуре поезда (например, по данным АСОУП).

В состав АС ГИД входят следующие подсистемы: отображения в реальном времени на экранах пользователей графика исполненного движения и табло диспетчерского контроля; формирования для АСОУП сообщений об операциях с поездами; получения информации с устройств СЦБ о занятии изолированных участков на станциях и перегонах, о показаниях входных и выходных светофоров, об установке маршрутов приема и отправления, о положении стрелок; обмена информацией между ДНЦ и ДСП; обмена информацией между АС ГИД и АСОУП.

На рис. 1 представлена архитектура АС ГИД «Урал-ВНИИЖТ, соответствующая началу 2000-х годов.

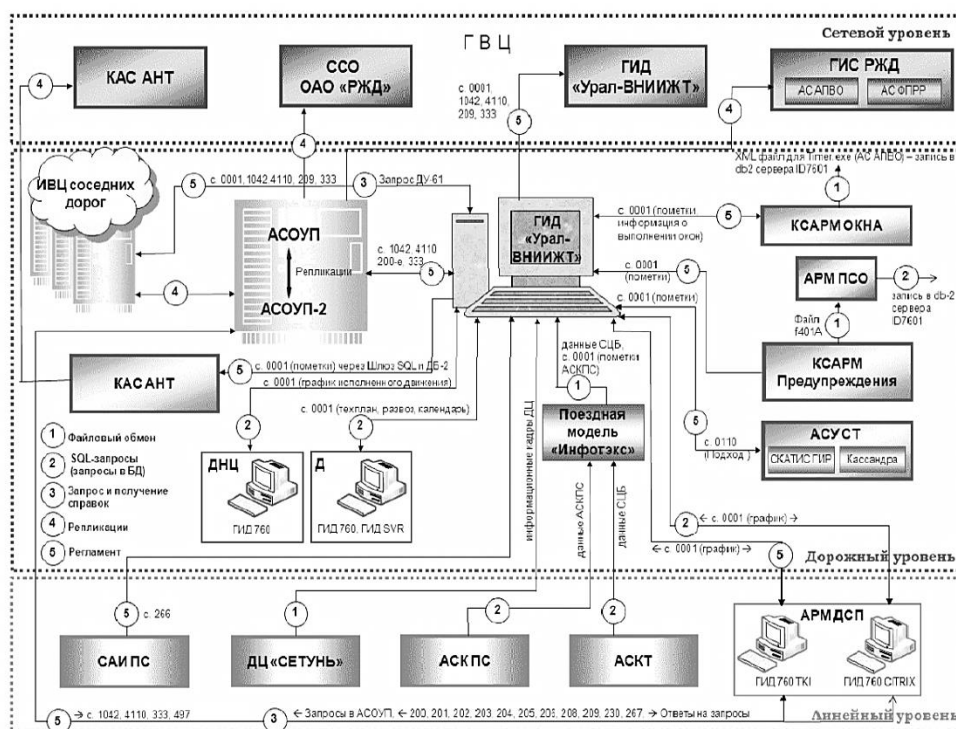


Рисунок 1 – Архитектура АС ГИД «Урал-ВНИИЖТ (2000 г.)

Эволюция архитектуры АС ГИД и смежных корпоративных информационных систем является объективным процессом, вследствие таких факторов, как развитие информационных технологий, создание новых ИС и АСУ, опыт эксплуатации в реальных условиях, рекомендации пользователей и т.д. [3].

На рис. 2 показана схема информационного взаимодействия АС ГИД, соответствующая 2010 г. На ней обозначены: 1 – сообщения об операциях с поездами, локомотивами, бригадами, вагонами, а также данные о расписаниях, пометках, предупреждениях; 2 – обмен данными с соседними дорогами; 3 – ежесуточная загрузка нормативных расписаний пригородных поездов; 4 – из ЭЛЬБРУС в ГИД: уточненное текущее расписание движения грузовых поездов, из ГИД в ЭЛЬБРУС: информация о нормативном и исполненном графике движения, предупреждениях и диспетчерских пометках; 5 – сообщения и запросы о действиях с подвижными объектами (локомотивами, бригадами, вагонами, поездами); 6 – сведения о плановых и фактических технологических окнах и предупреждениях, ответы на запросы, квитанции; 7 – внутрисистемный поток сообщений для поддержки базы данных АС ГИД на уровне ГВЦ; 8 – из АСУ СТ в ГИД: сообщения о станционных пометках, из ГИД в АСУ СТ: сведения о плановом и прогнозном подходе поездов к станциям, сообщения о пометках; 9 – сведения о приеме и сдаче смены ДНЦ; 10 – сообщения о считывании кодовых бортовых датчиков; 11 – сообщения об операциях с поездами на основе данных ГИС; 12 – получение данных с устройств СЦБ; 13 – передача журналов ДУ-2 и ДУ-3; 14 – идентификатор маршрута машиниста; 15 – получение web-форм по запросам пользователей; 16, 17 – внутрисистемные потоки сообщений; 18 – обмен данными между сервером ГИД и ДСП; 19 – обмен данными между сервером ГИД и ДНЦ; 20 – внутрисистемный поток сообщений об операциях с поездами, локомотивами, бригадами, вагонами, плановых и исполненных расписаниях, пометках, предупреждениях.



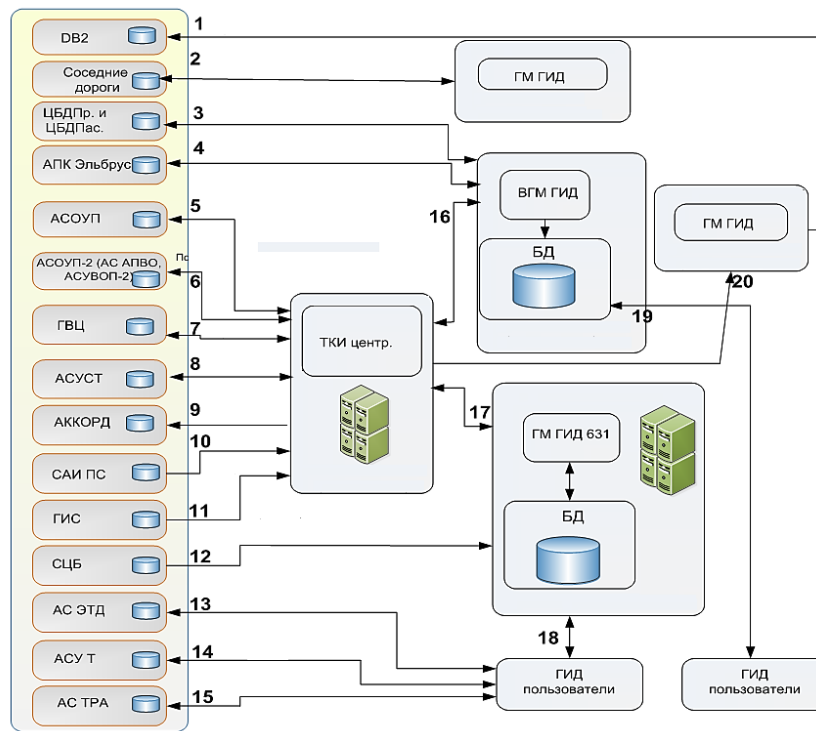


Рисунок 2 – Схема информационного взаимодействия АС ГИД (2010 г.)

В 2022 году Проектное конструкторско-технологическое бюро – филиал АО «НИИАС» представило проект автоматизированной системы «График исполненного движения нового поколения» (АИС «ГИД НП»), целью которого является повышение эффективности всего комплекса управления движением поездов. Дорожная карта проекта имеет следующие этапы: 1-й (01.2023 - 12.2023) – реинжиниринг функций АС ГИД на Московской железной дороге на платформе АС ГИД НП; 2-й (01.2023 – 12.2024) – реинжиниринг функций на полигонах 15 дорог; 3-й (01.2023 - 06.2025) – внедрение целевой полнофункциональной системы АС ГИД НП на Московской дороге; 4-й (01.2023 – 12.2026) – тираж целевой полнофункциональной системы АС ГИД НП на 15 дорог ОАО «РЖД» с минимальной адаптацией решения под местные условия и приведение к типовому варианту, единому для всей сети.

На рис. 3 дана организационно-технологическая схема АС ГИД НП на момент начала проекта.

При осуществлении нового проекта будут решены следующие задачи:

- формирование единого сетевого графика движения;
- взаимодействие с существующими комплексами диспетчерского контроля и централизации;
- регламентная реализация импортозамещения в части аппаратного и программного обеспечения;
- автоматизация причин произошедших сбоев в работе;
- аналитика потерь и их снижение;
- снижение нагрузок на поездных диспетчеров;
- повышение качества решений в управлении процессом перевозок [4].

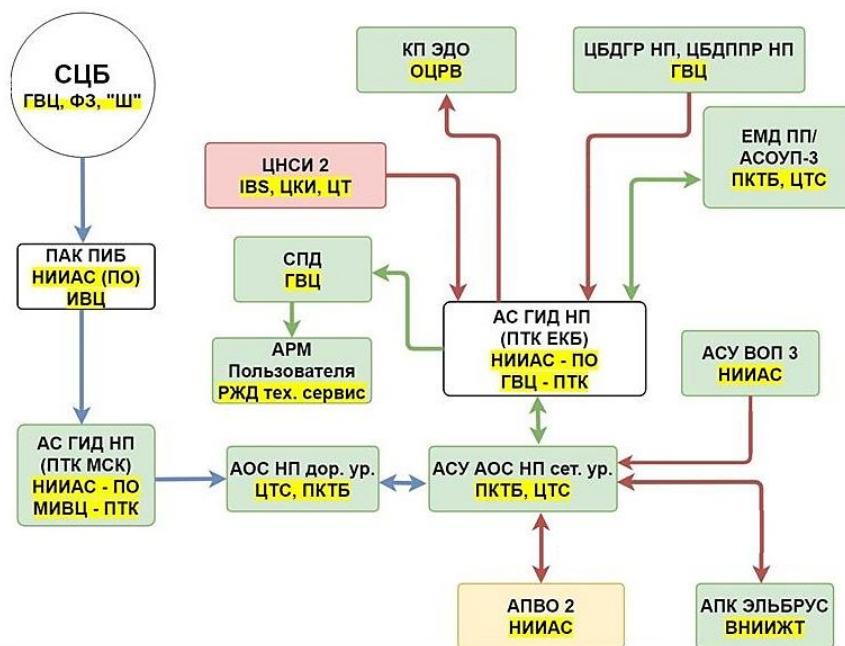


Рисунок 3 – Организационно-технологическая схема АС ГИД НП (2023 г.)

Анализ эволюции корпоративного информационного пространства и его влияния на АС ГИД особенно актуален при выполнении НИОКТР, связанных с внедрением технологии программной роботизации процессов в деятельность диспетчерского персонала дирекций управления движением [5].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долгосрочная программа развития ОАО «Российские железные дороги» до 2025 года. Распоряжение правительства № 466-р 19 марта 2019 года.
2. ГИД «Урал-ВНИИЖТ» [Режим доступа: <http://gidural.ru/doku.php?id=start>]. Дата обращения 12.03.2024.
3. Программные комплексы РЖД: АСУТ, ГИД «Урал-ВНИИЖТ», АСУ «Экспресс» [Режим доступа: <https://dvizhenie24.ru/railway/programmnye-kompleksy-asut-gid-ural-vniizht-asu-ekspress/>]. Дата обращения 12.03.2024.
4. Калинин, А.В. Автоматизированная система ведения графика исполненного движения нового поколения (АС ГИД НП). Руководство пользователя / А.В. Калинин, М.В. Федяшин, А.Я. Нуриев. - М.: АО «НИИАС», 2023. - 199 с.
5. Никищенков, С.А. Повышение эффективности работы персонала дирекций управления движением с корпоративными информационными системами с помощью программных роботов / С.А. Никищенков, А.В. Гаранин // Научный информационный сборник. Транспорт: наука, техника, управление. - 2024. - № 1. - С. 18-23.

УДК 004.94

## АДАПТИВНЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ КОРРЕЛИРОВАННЫХ ПОМЕХ

Глазков Н. А., Засов В. А.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** в работе предлагаются алгоритмы и реализующие алгоритмы адаптивные компенсаторы помех в прерывистых и импульсных сигналах, позволяющий подавлять шумовые и коррелированные с полезными сигналами помехи, уровень мощности которых сопоставим или больше уровня мощности полезных сигналов.

**Ключевые слова:** адаптивные, подавители, помехи, цифровые, вычислительные, устройства, корреляция, интервалы, управление.

ADAPTIVE COMPUTING DEVICES FOR SUPPRESSING CORRELATED INTERFERENCE

Glazkov N. A., Zasov V. A.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** The paper proposes algorithms and adaptive noise suppressors that implement the algorithms in intermittent and pulsed signals, which makes it possible to suppress noise and interference correlated with useful signals, the power level of which is comparable to or greater than the power level of useful signals.

**Keywords:** adaptive, suppressors, interference, digital, computing, devices, correlation, control.

Адаптивные фильтры активно применяются для подавления помех с априори неизвестными характеристиками, но адаптивные фильтры, выполненные по классической архитектуре, не позволяют подавлять коррелированные с полезными сигналами помехи [1, 2, 3].

Рассмотренные в [4, 5, 6] адаптивные компенсаторы помех (АКП) с настройкой в паузах сигналов, т.е. интервалах времени, когда сигнал отсутствует, позволяют подавлять коррелированные с полезными сигналами помехи. Выделение пауз в полезном сигнале производится по уровню мощности суммы сигнала и помехи на входе АКП. Если уровень мощности коррелированных помех существенно превышает уровень мощности полезных сигналов, определение пауз в полезном сигнале практически неосуществимо. По этой причине область применения указанных АКП значительно ограничена [5, 6].

Поэтому разработка АКП, позволяющих подавлять коррелированные с полезными сигналами помехи, уровень мощности которых существенно превышает уровень мощности полезных сигналов, является актуальной задачей.

Основой для разработки АКП является информационная модель, приведенная на рис.1, процесса передачи сигналов в объекте (например, канале связи) от источников зарождения сигналов в точки приема сигналов.

На рисунке 1 приведены следующие сигналы:  $s_1(k)$ ,  $s_2(k)$ ,  $s_3(k)$  – источники полезного сигнала, коррелированной и некоррелированной с полезным сигналом помехи, сигналы  $x_1(k)$  и  $x_2(k)$  – сумма полезного сигнала и помех, поступающие на сигнальный и опорный входы АКП.

Рассмотрим варианты схем АКП, позволяющие решить поставленную выше актуальную задачу.

Первый вариант схемы адаптивного компенсатора АКП-1 приведен на рисунке 2 и отличается применением при компенсации помех операции отбеливания.

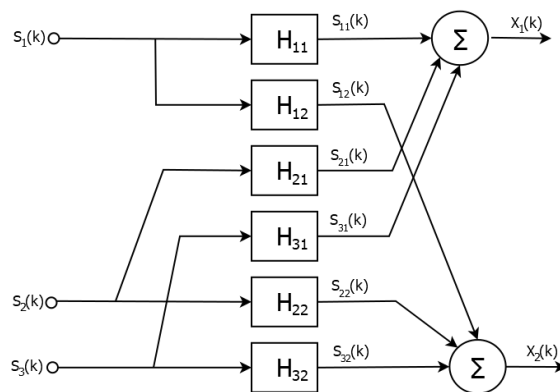


Рисунок 1 – Информационная модель процесса передачи сигналов в объекте от источников зарождения сигналов в точки приема сигналов

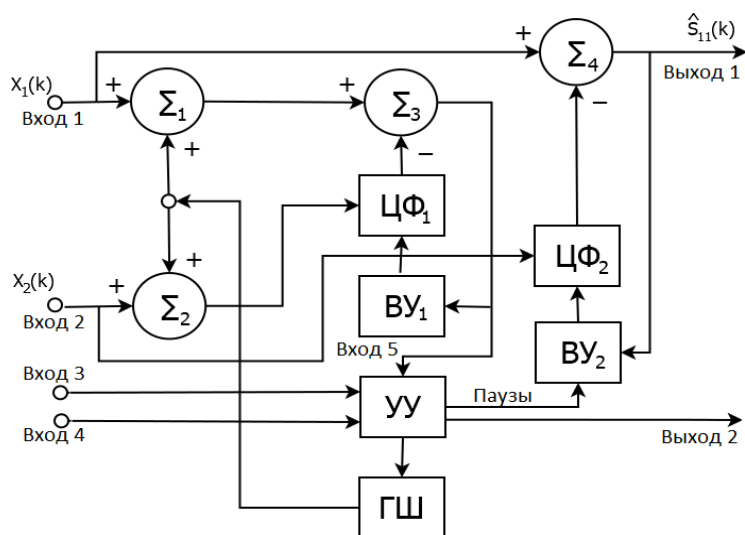


Рисунок 2 – Структурная схема адаптивного компенсатора помех АКП-1

Отбеливание осуществляется путем суммирования сигналов  $x_1(k)$  и  $x_2(k)$  на входах АКП-1 с белым шумом от генератора ГШ. Операция отбеливания [7, 8] позволяет обнаруживать паузы в полезных сигналах при большом уровне мощности помех, уменьшить коэффициент корреляции между полезным сигналом и помехой, увеличить коэффициент подавления коррелированной помехи АКП-1.

Результаты моделирования подавления коррелированных помех первым вариантом АКП-1 приведены на рис. 3.

При моделировании применялся алгоритм адаптации QRD RLS [1, 2, 3], число весовых коэффициентов цифровых фильтров ЦФ1 и ЦФ2 задавалось равным 32.

На рис. 3 приведены сигналы: (а) – прерывистый полезный сигнал; (б) – сумма сигналов помех, превышающих в четыре раза уровень мощности полезного сигнала; (с) – сигнал на входе АКП; (ф) – результаты предварительной компенсации помех; (h) – выделенные блоком управления интервалы пауз; (i) – сигнал на выходе АКП-1, в котором помехи компенсированы (завершение компенсации помех).

После компенсации коррелированных помех сигнал на выходе АКП-1 равен сигналу  $s_{11}(k)$  с погрешностью не большей, чем 11%.

Рассмотренный вариант адаптивного компенсатора АКП-1 предназначен для компенсации стационарных коррелированных помех генерируемые источником  $s_2(k)$  и передаваемые по каналу  $H_{21}(k)$  на вход  $x_1(k)$  АКП-1 (рис.1). Но это лишь один из возможных каналов проникновения коррелированных помех в полезный сигнал.

Источником коррелированной помехи может быть сам источник полезного сигнала  $s_1(k)$ .

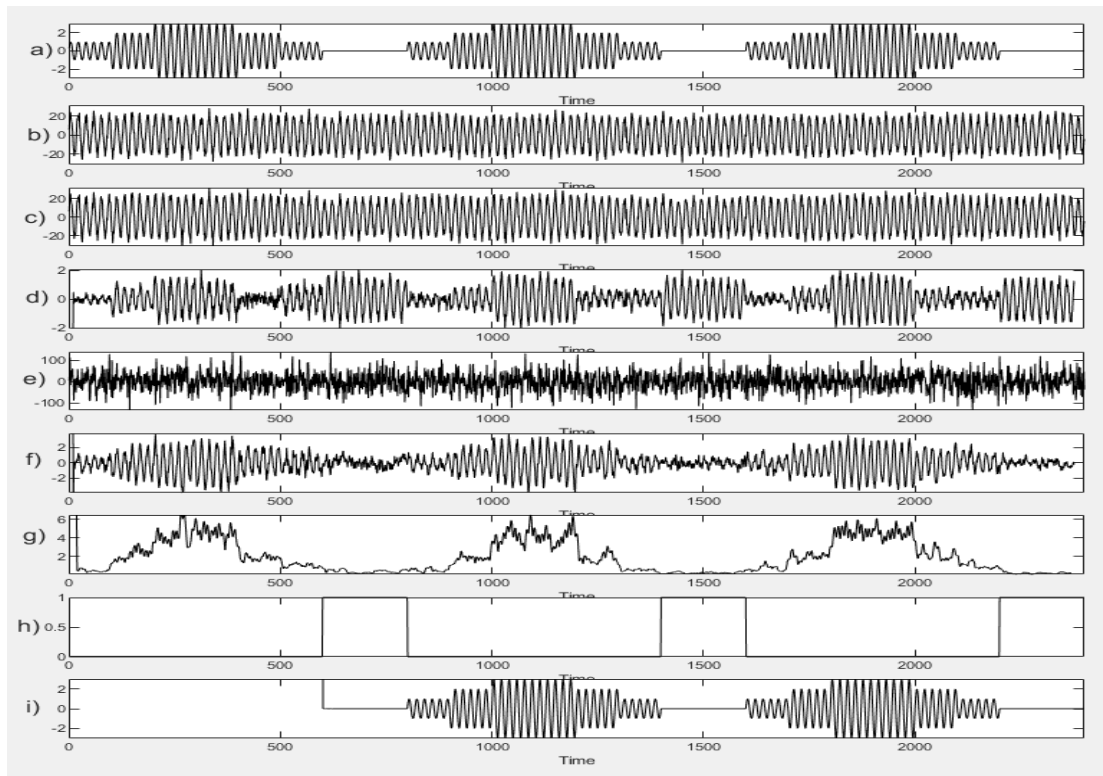


Рисунок 3 – Результаты моделирования подавления стационарных коррелированных помех АКП-1

Действительно, если коэффициент передачи  $H_{12}(k) \neq 0$ , полезный сигнал  $s_1(k)$  передается на вход 2 АКП-1, как показано на рис.1 и рис. 2. После передачи по каналу  $H_{12}(k)$  прерывистый сигнал  $s_{12}(k)$  суммируется со стационарным коррелированным сигналом помехи  $s_{22}(k)$  и в результате общий сигнал помехи  $x_2(k)$  становится нестационарным и его величина увеличивается. Эта дополнительная коррелированная помеха устройством АКП-1 не подавляется, так как в паузах прерывистых сигналов эта помеха отсутствует, поэтому при адаптации не учитывается.

Возникновение рассмотренной выше ситуации приводит к тому, что очищаемый от помех сигнал на выходе 1 АКП-1 искажается и его величина уменьшается.

Для уменьшения возникающей в выше рассмотренном случае дополнительной погрешности предлагается второй вариант адаптивного компенсатора АКП-2, схема которого приведена на рис.4.

Вариант АКП-2 отличается применением при компенсации помех вспомогательного адаптивного фильтра.

Вспомогательный адаптивный фильтр устраняет дополнительную помеху создаваемую источником полезного сигнала  $s_1(k)$  на входе 2 АКП-2. Для устранения этой помехи введенный адаптивный фильтр минимизирует приращение мощности на выходе блока управления возникающее из-за попадания полезного сигнала на вход 2 АКП-2.

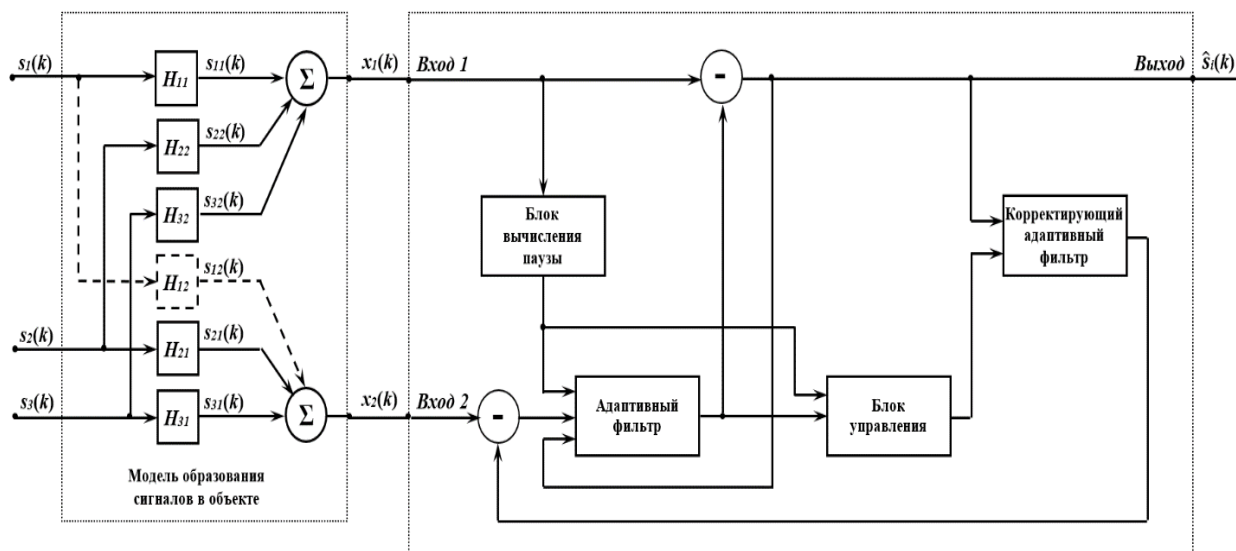


Рисунок 4 – Структурная схема адаптивного компенсатора помех АКП-2

Результаты моделирования подавления коррелированных помех первым вариантом АКП-2 приведены на рис. 5.

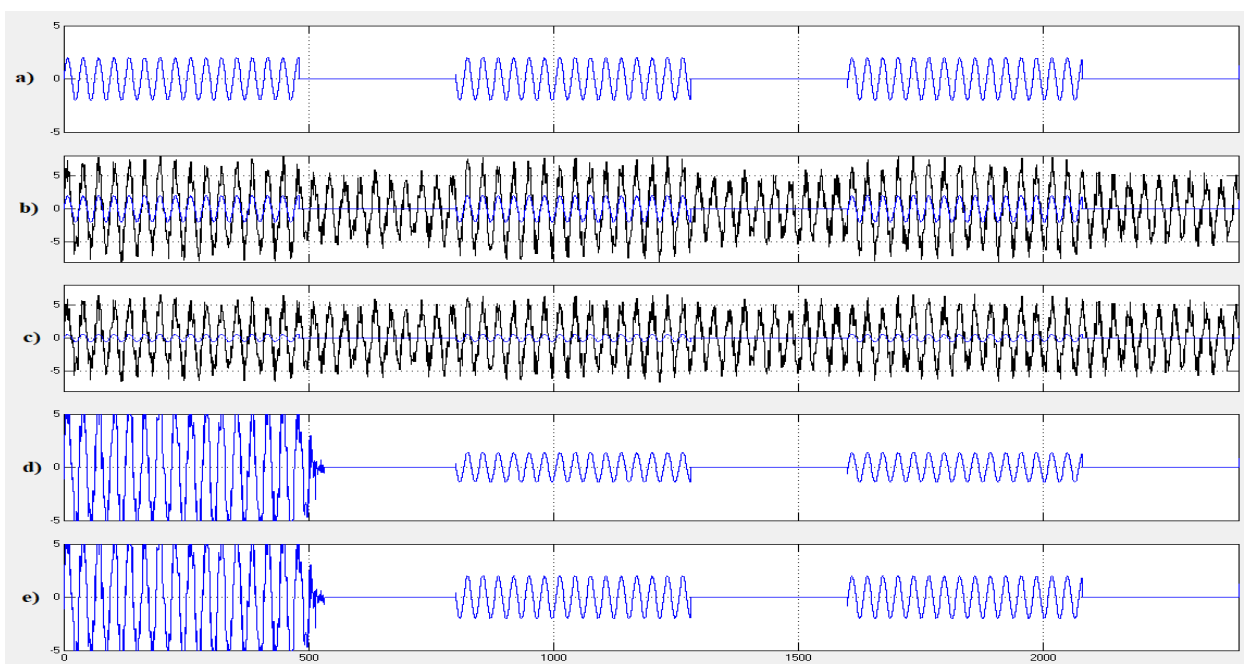


Рисунок 5 – Результаты моделирования подавления коррелированных помех АКП-2

На рисунке 5 приведены результаты эффективной работы вспомогательного адаптивного фильтра, который уменьшает погрешность компенсации помех, возникающих из-за выше рассмотренной дополнительной коррелированной помехи (сравните искаженный сигнал на рис.5-d и сигнал с устраненными искажениями на рис.5-e).

Предложенные адаптивные устройства АКП-1 и АКП-2 могут найти применение, например, в системе автоматической локомотивной сигнализации для компенсации коррелированных помех возникающих в рельсовых каналах из-за воздействия ЛЭП [9,10].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Haykin S. Adaptive filter theory (4-th ed.). Prentice Hall, New York, 2001. – 936 p.
- Джиган, В.И. Адаптивная фильтрация сигналов: Теория и алгоритмы. М.: Техносфера, 2013. – 528 с.

2. Cichocki A., Amari Sh. Adaptive Blind Signal and Image Processing: Learning Algorithms and Applications. John Wiley & Sons, Ltd, 2002. – 555 p.
3. Засов В.А., Ромкин М.В. Адаптивный компенсатор помех в импульсных сигналах. Патент на изобретение RU №2736199 от 12.11.2020.
4. Засов В.А., Ромкин М.В. Адаптивный компенсатор помех в импульсных сигналах. Патент на изобретение RU №2735671 от 22.10.2019.
5. Zasov V., Romkin M. Adaptive Cancellation of Interference in Intermittent and Pulse Signals, Data Science. Information Technology and Nanotechnology. //Proc. of the 7th International Conference on Information Technology and Nanotechnology (ITNT-2021), IEEEExplore, 2021. DOI: 10.1109/ITNT52450.2021.9649169.
6. Almeida L. B., Silva F. M. Adaptive decorrelation, Artificial Neural Networks. Elsevier, 1992. N 2. P. 149–156.
7. Меркушев А.В., Малыхина Г. Ф. Методы и алгоритмы разделения смеси сигналов. 1. Применение декорреляции и статистик второго порядка, Научное приборостроение, 2009, Т.19, №2, С. 90-103.
8. Засов В.А., Тарабардин М.А., Никонов Е.Н. Адаптивный эквалайзер. Патент на полезную модель RU №104403 от 10.05.2011. Оpubл. БИ №13, 2011.
9. Theeg Gr., Vlasenko S. Railway Signalling and Interlocking. International Compendiu (3d ed.), PMC Media House GmbH, Eurail press, 2020. – 552 p.

УДК 004.415.2

## **СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНФИГУРАЦИЯМИ ANSIBLE: СОЗДАНИЕ И ЗАПУСК СЦЕНАРИЯ**

Миронова Н. А., Ефимова Т. Б.

Самара. Самарский государственный университет путей сообщения

**Аннотация:** управление инфраструктурой серверов и выполнением типовых задач может быть выполнено вручную, но использование систем управления конфигурациями, например, Ansible, выгоднее. В статье будет проведен краткий обзор создания playbook.

**Ключевые слова:** системы управления конфигурациями, Ansible, playbook.

## **ANSIBLE AS CONFIGURATION MANAGEMENT SYSTEM: HOW TO WRITE AND RUN A PLAYBOOK**

Mironova N. A., Efimova T. B.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** managing a network automation can be done manually but using such systems like Ansible makes it easier and faster. The focus of this paper is a review of how to write your own ansible playbook.

**Keywords:** configuration management systems, ansible, playbooks.

Управление инфраструктурой серверов связано с достаточно большим объемом задач, которые системный администратор должен выполнять вручную, если для этого не существует инструментов автоматизации. В серверную инфраструктуру входит не только компьютерное оснащение, оргтехника, но и программное обеспечение, сервисы, сетевые службы, системы информационной безопасности, резервного копирования, хранение данных, телефония и прочее. Не сложно понять: чем крупнее организация, тем большая ответственность лежит на плечах администратора [1].

Системы управления конфигурациями - это программные решения, с помощью которых можно удаленно настраивать множество серверов, рабочие станции (реальные и виртуальные), а также устройства сетевой инфраструктуры – коммутаторы, маршрутизаторы [2].

Настройка серверов с помощью приведенных выше систем требует определенного навыка и знаний, поэтому неподготовленному человеку это занятие может показаться

изначально сложным и тяжелым трудом. Однако стоит упомянуть следующие преимущества, которые проявят себя при хорошо спланированной конфигурации:

Ansible – система управления конфигурациями, написанная на языке программирования Python, с использованием декларативного языка разметки для описания конфигураций. Применяется для автоматизации настройки и развёртывания программного обеспечения. Системные администраторы могут с помощью нее определять и автоматизировать сценарии (playbook), выполняющие различные задания: установка ПО, управление сервисами, настройками, и развёртывание приложений [2, 4]. Ansible Playbooks позволяют создавать простые конфигурации, которые можно будет использовать множество раз, а также регулировать работу нескольких серверов через автоматизацию низко- и высокоуровневых заданий.

С помощью Playbooks можно: определять конфигурации; управлять процессом, упорядоченным вручную, в компьютерной сети; запускать задачи синхронно и асинхронно.

Основными параметрами/группами простого сценария являются: hosts (управляемые узлы или группы узлов, к которым нужно применить изменения IP-адрес компьютера); tasks (состояние, которое должно стать результатом выполнения сценария; альтернатива – роли, которые являются фрагментами повторяющегося кода)

В сценарии перед описанием задач могут быть указаны параметры или группы параметров: gather\_facts (параметр, отвечающий за то, стоит ли собирать информацию о hosts); vars (переменные); connection (метод соединения с хостами); sudo (параметр показывает нужно ли после соединения выполнять задачу с привилегиями другого пользователя); sudo\_user (можно указать с привилегиями какого именно пользователя будет выполнена задача).

```
---
- name: "Установка kesl"
  hosts: "{{ hst }}"
  become: yes
  tasks:
    - include_tasks: ../tasks/prepare.yml

    - name: Запрашиваем текущее состояние служб kesl и klnagent.
      shell: |
        systemctl status klnagent64 |grep '(running)' 2>1 1>/dev/null && echo YES || echo NO
        systemctl status kesl |grep '(running)' 2>1 1>/dev/null && echo YES || echo NO
        kesl-control --app-info | sed '2!d'|grep '{{kesl_latest_ver}}'|awk '{print $2}'
      register: check_kesl
      failed_when: check_kesl.rc not in [ 0, 1 ]
```

Рисунок 1 – Пример playbook

Playbook обрабатывается системой сверху-вниз. В разделе tasks задачи также читаются сверху-вниз. Такие playbooks могут организовывать развёртывание на нескольких компьютерах, запуская одно воспроизведение на веб-серверах, затем другое воспроизведение на серверах баз данных, затем третье воспроизведение в сетевой инфраструктуре и так далее. Как минимум, каждый сценарий определяет две вещи: управляемые узлы; хотя бы одно задание.

Как правило, Ansible [5] выполняет задания по одному за раз по порядку расположения. Каждый task запускает модуль с определенными аргументами. Когда task был выполнен на всех узлах, система переходит к следующему заданию. Если одно из заданий в сценарии не будет выполнено для определенного хоста, Ansible убирает из очереди все оставшиеся задания для этого хоста.

После выполнения сценария, Ansible возвращает информацию о соединении, названиях всех выполненных заданий, даже если произошла ошибка. Также производится краткое описание управляемых узлов и их производительность.

Ansible обладает следующим свойством: идемпотентность, т.е. после выполнения определенного tasks, оно не повторяется, и состояние хоста остается неизменным.



Основной способ запустить сценарий – через командную строку, нужно воспользоваться командой `ansible-playbook playbook.yml -f 10`. Также, если существует необходимость выполнить сценарий без изменений системы, т.е. протестировать работу сценария, через `ansible-playbook --check playbook.yml`. По завершении работы команды, Ansible выдаст отчет о том, какие бы изменения мог внести этот `playbook`.

`Check mode` – безопасный и практичный подход к проверке функциональности сценариев, а также ценный инструмент для устранения неполадок для сценариев, которые работают неправильно.

Таким образом, сценарии Ansible, системы управления конфигурациями, обладают логичной и интуитивно понятной структурой; система позволяет сделать управление инфраструктурой серверов прозрачной и с минимальным количеством рисков из-за функции «песочницы», в которой можно проверить работоспособность отдельных сценариев.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Миронова, Н. А. Внедрение системы управления инфраструктурой серверов и автоматизации выполнения типовых задач на основе системы управления конфигурациями Ansible на серверном оборудовании машинного зала Самарского ИВЦ (ст. Самара) для полигона Куйбышевской железной дороги (ИВЦ) / Н. А. Миронова, Т. Б. Ефимова // Наука и образование транспорту. – 2023. – № 2. – С. 59-61. – EDN CQHPBT.
2. Choi B. Introduction to Ansible Network Automation: A Practical Primer / B. Choi, E. Medina – Sydney, NSW, Australia: Apress Berkeley, 2023. – 940p. – ISBN 978-1-4842-9623-3.
3. Кондратьев В.Л. Система управления конфигурациями системы // Научный альманах Центрального Черноземья. 2022. №1-2. С. 52-58
4. Селезнева А.М. К вопросу о выборе системы управления конфигурациями для развертывания сервера организации // Ученые записки Брянского государственного университета. 2020. №2. С. 25-27.
5. Косенков В.А. Автоматизация настройки сервера с помощью Ansible / В.А. Косенков, А.В. Богданов // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. – Пенза, 2022. – С. 32-36.

*УДК 656.021.2*

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАСЧЕТА ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ПЕРЕКРЕСТКАХ

Балашова Е. А., Додонов М. В.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** в данной работе рассматриваются современные методы распознавания и трекинга транспортных средств в видеопотоке и их использование для решения практической задачи – расчет интенсивности движения транспортных средств на перекрестках по направлениям. Результатом работы является разработанный прототип программного обеспечения, в котором происходит обнаружение, идентификация, классификация транспортных средств, определение их траекторий движения, расчет основных характеристик транспортного потока по направлениям движения для выбранного перекрестка.

**Ключевые слова:** анализ дорожного движения, распознавание объектов, трекинг движения, перекрестки, нейронные сети, компьютерное зрение, обработка видеоданных, машинное обучение.

## AUTOMATED TRAFFIC INTENSITY CALCULATION SYSTEM AT INTERSECTIONS

Balashova E.A, Dodonov M.V.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** this paper discusses modern methods of vehicle recognition and tracking in video streams, and their application to solve a practical problem - calculating vehicle traffic intensity at intersections by direction. The result of

the work is the development of a prototype software, which includes vehicle detection, identification, classification, determination of their movement trajectories, and calculation of basic traffic flow characteristics by movement direction for the selected intersection.

**Keywords:** traffic analysis, object recognition, motion tracking, intersections, neural networks, computer vision, video data processing, machine learning.

**Введение.** С ростом числа автотранспорта на дорогах становится все более актуальной необходимость в эффективных средствах автоматизированного мониторинга и анализа ситуации на дорогах для принятия решений о последующей реорганизации и оптимизации дорожного движения.

Традиционные методы контроля, оказываются недостаточно эффективными и ограничиваются лишь подсчетом участников дорожного движения. Однако с развитием технологий компьютерного зрения и обработки данных появляется возможность создания более точных и функциональных систем, способных не только подсчитывать транспорт, но и анализировать его движение, идентифицировать и классифицировать участников, рассчитывать траектории движения и другие характеристики транспортных потоков (ТП), предсказывать возможные аварийные ситуации на дороге.

**Методы идентификации транспортных средств.** Для решения задачи идентификации транспортных средств (ТС) можно использовать различные методы, такие как установка датчиков движения или камер видеонаблюдения, использование радиочастотной идентификации (RFID), ультразвуковых или магнитных индуктивных датчиков, анализ данных GPS.

Среди них наиболее эффективным решением является установка камер, передающих видео на устройство с соответствующим программным обеспечением. Такая система с использованием детектора объектов позволяет не только подсчитывать количество транспорта, но и классифицировать его, при этом всего одна камера может охватить весь перекресток. Детектор объектов — это алгоритм, позволяющий автоматически обнаруживать объекты на изображении. Например, можно выявить и классифицировать ТС, определить их положение в кадре (рисунок 1)

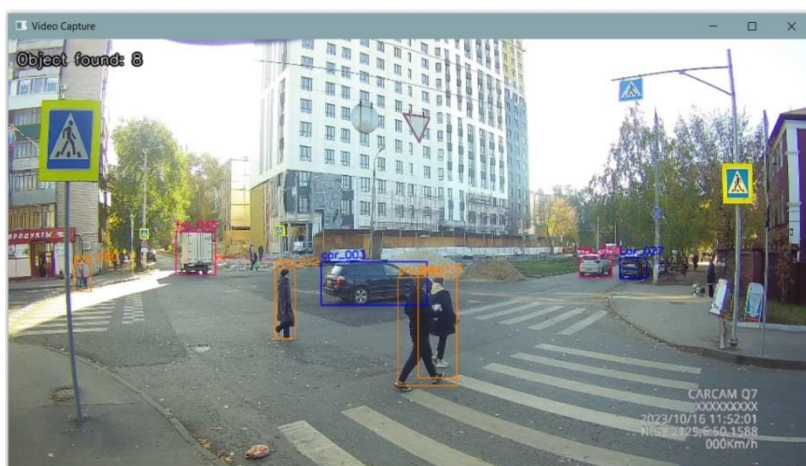


Рисунок 1 – Идентификация участников дорожного движения

**Методы распознавания траекторий транспортных средств.** Для эффективного мониторинга и анализа дорожного движения необходимо отслеживать перемещения объектов на последовательных кадрах видео, что позволяет анализировать их траектории и поведение во времени.

Для этой задачи часто применяются специализированные алгоритмы трекинга объектов на видео, например, методы оптического потока, методы машинного обучения, методы на основе фильтров слежения (фильтр Калмана).

В контексте данного исследования был выбран оптический метод, основанный на алгоритмах компьютерного зрения. Трекер объектов – алгоритм, который позволяет

отслеживать перемещение транспортных объектов на кадрах видео. Данный алгоритм присваивает идентификатор каждому объекту в кадре и указывает его местоположение.

Сначала применяется детектор объектов для обнаружения ТС в кадре. Затем трекер объектов отслеживает их перемещение. Это показано на рисунке 2, где синие точки обозначают координаты центра объекта на каждом кадре видео.

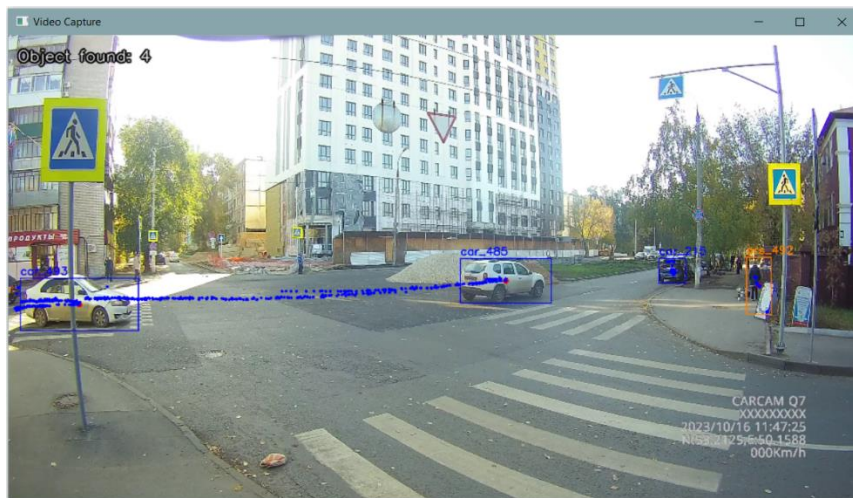


Рисунок 2 – Расчет траекторий движения участников дорожного движения

При выходе из области перекрестка объект считается учтенным, и данные о количестве проехавших ТС обновляются.

**Интенсивность движения транспортных средств по направлениям.** На перекрестке движение ТС может осуществляться в разных направлениях. Для обозначения направлений они нумеруются (рисунок 3).

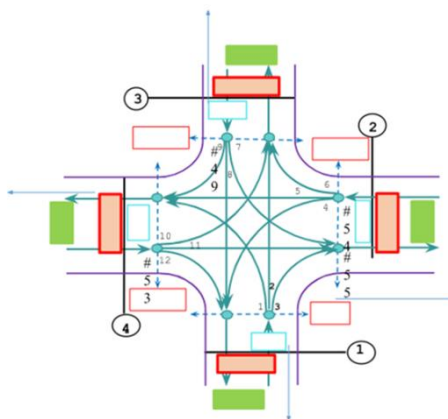


Рисунок 3 – Схема направлений движения ТС на перекрестке

Расчёт основных характеристик ТП осуществляется по направлениям движения ТС. При наличии нескольких полос движения ТС характеристик потоков могут рассчитываться отдельно. Для этого траектории движения ТС группируются по направлениям, каждая из которых рассматривается в отдельности. Такой подход позволяет более точно определить интенсивность движения и выявить другие особенности ТП.

Для определения направлений можно применять разные методы. Это может быть выполнено как вручную, так и автоматически.

Перемещение ТС через ограничительные линии ВХОДА-ВЫХОДА определяет направление движения объекта, с учётом дорожных правил, где желтые линии указывают направления отправления, красные – направления завершения движения. Для

автоматизированного разделения перекрестка по направлениям движения требуется предварительный сбор данных возможных траекторий ТС.

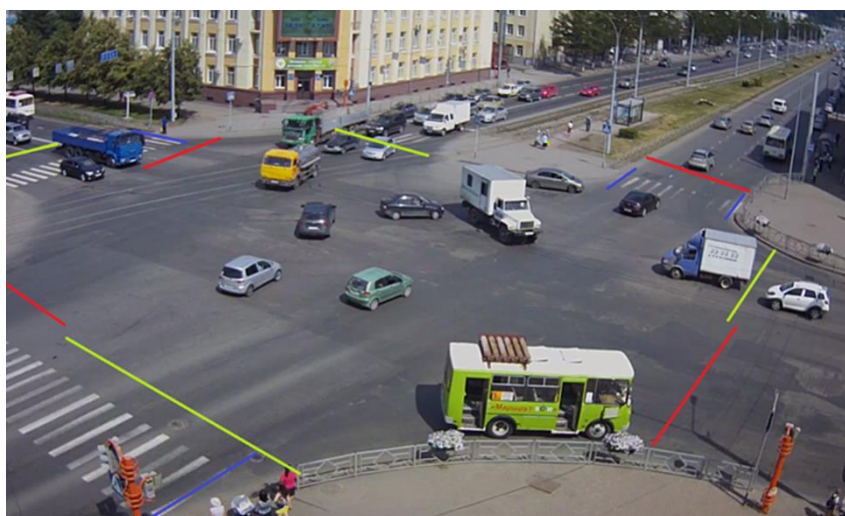


Рисунок 4 – Разделение перекрестка ограничительными линиями ВХОДА-ВЫХОДА

Другой метод для определения траекторий представляет собой разделение перекрестка на зоны ВХОДА-ВЫХОДА, где перемещение объектов между зонами определяет направление движения. Этот метод является более удобным для ручного разбиения перекрестка на зоны, поэтому в контексте данного исследования является приоритетным. Для получения параметров дорожного движения трекер объектов может быть доработан с учётом потребностей заказчика.



Рисунок 5 – Разделение перекрестка на зоны ВХОДА-ВЫХОДА

Результаты расчетов характеристик ТП по направлениям движения ТС могут сохраняться в базу данных или отдельные файлы для последующего анализа.

**Алгоритм работы системы.** Благодаря использованию Python можно упростить реализацию подпрограмм с использованием специализированных библиотек видеобработки. Алгоритм разрабатываемой системы представлен на рисунке 6.

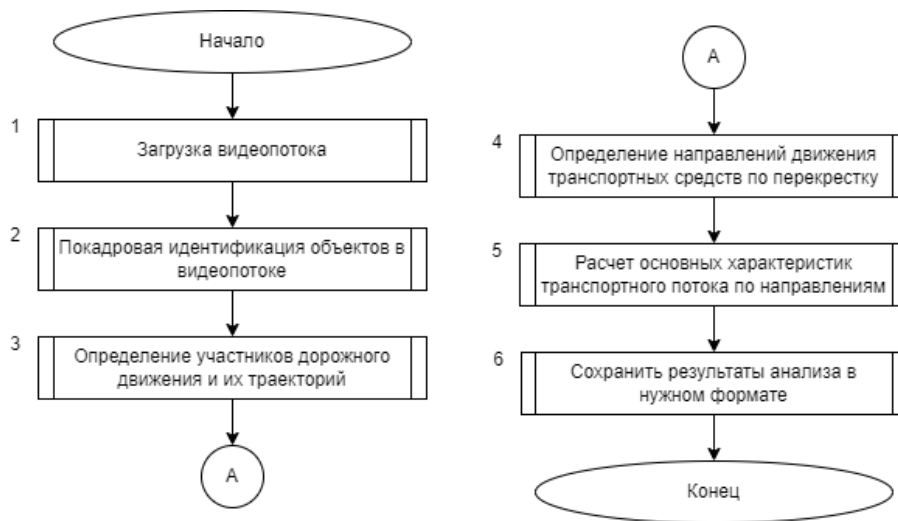


Рисунок 6 – Схема алгоритма работы системы

Рассмотрим действия подпрограмм алгоритма более подробно:

1. Загрузка видеопотока из файла или камеры;
2. Покадровая идентификация объектов в видеопотоке при помощи детектора объектов;
3. Определение участников дорожного движения и их траекторий при помощи трекера объектов, верификация и обработка ошибок идентификации объектов на основе дополнительной информации, собранной из соседних кадров;
4. Определение направлений движения транспортных средств по перекрестку (вручную или автоматически при условии предварительного сбора данных о существующих траекториях ТС);
5. Расчет основных характеристик транспортного потока по направлениям (интенсивность, состав движения, скорость движения, интервалы между автомобилями, плотность потока);
6. Сохранение результатов анализа в нужном формате (файл, база данных, передача в другую систему).

Разработанное программное обеспечение может быть запущено на любом персональном компьютере, а скорость обработки кадра будет зависеть от технического оборудования. Для использования разработанного программного обеспечения в условиях реального времени необходим подбор соответствующей конфигурации технического обеспечения.

**Вывод.** Разработанная программа может не только подсчитывать количество ТС, но и идентифицировать, классифицировать участников дорожного движения, определять и анализировать траектории их движения. Определение направлений движения ТС по перекрестку при дальнейшей разработке можно автоматизировать, учитывая возможные траектории ТС на рассматриваемых перекрестках.

Результаты контроля трафика могут быть использованы для управления дорожным движением, паспортизации дорог и перекрестков, обеспечения безопасности дорожного движения, контроля отдельных участков дороги или видов транспорта, выявления загруженных участков.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теодор М. Метсон и др. Организация дорожного движения / Сокр. пер с англ. - М.: НТП Минавтотранса и шоссдор. РСФСР, 1960. - 463 с.
2. Расчет транспортного потока на основе YOLOv5 и DeepSORT на базе Deepstream. [электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/articles/725916/> (дата обращения 31.03.2024)
3. Распознавание транспортных средств в потоковом видео с машинным обучением [электронный ресурс]. URL: <https://apni.ru/article/607-raspoznavanie-transportnikh-sredstv-v-potokov> (дата обращения 31.03.2024)

## СИСТЕМА ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ И УЧЕТА ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ПРОВОДА НА ЭКСТРУЗИОННОЙ ЛИНИИ SPE-10

Сизова Н. А., Якимов В. Н., Иванов Е. А.

Самарский государственный технический университет, Самара

**Аннотация:** в статье рассмотрена система диспетчеризации и учета (SCADA-система), разработанная на платформе высокотехнологичной российской программной системы TRACE MODE. Она входит в состав верхнего уровня автоматизированной системы управления процессом производства провода на экструзионной линии SPE-10, которая представляет собой комплекс специального оборудования, предназначенного для изготовления из полимеров методом экструзии предметов различной формы. Благодаря разработанной системе становится возможным эффективно управлять технологическим процессом в режиме реального времени, контролировать технологические операции, получать актуальную информацию о состоянии оборудования и параметрах работы. Собирая и анализируя данные с различных устройств и датчиков, она позволяет оперативно реагировать на любые отклонения или аварийные ситуации. Автоматизированный сбор и обработка данных в системе способствуют увеличению эффективности производства и сокращению времени реакции на аварийные ситуации. Благодаря использованию алгоритмов и аналитических инструментов, система позволяет выявлять тенденции, прогнозировать возможные отклонения и предотвращать сбои, что способствует снижению рисков и улучшению качества продукции.

**Ключевые слова:** автоматизированная система управления, SCADA-система, экструзионная линия, Trace Mode, контроль.

## THE SYSTEM OF DISPATCHING AND ACCOUNTING OF THE WIRE PRODUCTION PROCESS ON THE SPE-10 EXTRUSION LINE

Sizova N.A., Yakimov V.N., Ivanov E.A.

Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** the article presents the dispatch and accounting system (SCADA system) developed in the high-tech Russian TRACE MODE software system. It is included in the upper level of the automated control system for the wire production process on the SPE-10 extrusion line, which is a complex of special equipment designed for the manufacture of various shapes from polymers by extrusion. Thanks to the developed system, it becomes possible to effectively manage the technological process in real time, monitor processes, and receive up-to-date information about the condition of equipment and operating parameters. It also allows you to quickly respond to any deviations or emergencies by collecting and analyzing data from various devices and sensors. Automated data collection and processing in the system also helps to increase production efficiency and reduce response time to emergency situations. Thanks to the use of algorithms and analytical tools, the system allows you to identify trends, predict possible deviations and prevent failures, which helps reduce risks and improve product quality.

**Keywords:** automated control system, SCADA system, extrusion line, Trace Mode, control.

Использование систем диспетчеризации и учета (SCADA-систем) позволяет осуществлять мониторинг и контроль состояния большого числа удаленных объектов или одного объекта, распределенного на большой территории. К таким объектам могут относиться различные промышленные предприятия, на которых предусмотрено управление технологическими процессами [1]. В статье рассматривается система диспетчеризации для мониторинга процесса производства провода на экструзионной линии.

Основной целью разработки системы является модернизация технологического процесса производства провода на экструзионной линии. Модернизация заключалась в замене пневматических технических средств автоматизации (ТСА) на более точные электронные компоненты ТСА, а также на высокопроизводительное управляющее оборудование.

Система разработана на платформе 64-разрядной высокотехнологичной российской программной системы TRACE MODE, предназначенной для автоматизации технологических

процессов, телемеханики, диспетчеризации, учета ресурсов [2]. Разработка системы осуществлена с учетом требований стандарта к промышленной безопасности эксплуатации систем автоматики и систем контроля, которым должна удовлетворять также и разработка систем SCADA (системы диспетчерского контроля и сбора данных) [3].

Предварительное описание автоматизации технологического процесса производства провода осуществлено на основе поэтапной нисходящей детализации и выделения конструктивных элементов объект-свойства, и установление взаимодействия между этими объектами. Устойчивые конструкции объектов объединены в классы понятий [4]. Кроме того, учтены принципы процессного управления производственной деятельностью. В соответствии с этим предложена процессно-ориентированная концептуальная схема организации системы с учетом уже имеющихся автоматизированных программных компонентов [5-8]. Это позволило построить систему, процессно-ориентированную на исполнение, мониторинг и адаптацию рассматриваемого технологического процесса в условиях существующей производственной деятельности предприятия.

С помощью разработанной SCADA-системы становится возможным в ходе реализации технологического процесса производства провода на экструзионной линии в режиме реального времени осуществлять контроль основных ниже перечисленных параметров:

- 1) температура в зонах экструдера;
- 2) температура в зонах экструзионной головки;
- 3) уровень материалов в бункерах экструдеров;
- 4) текущая скорость вращения (число оборотов) шнеков экструдеров;
- 5) текущая скорость вращения бабин приемного и отдающего устройств;
- 6) текущая скорость прохождения токопроводящей жилы через охлаждающе-тяговое устройство;
- 7) толщина изоляции кабеля;
- 8) сопротивление изоляции;
- 9) длина кабеля.

При разработке системы в качестве генератора случайных чисел показаний приборов для контроля параметров технологического процесса в определенном диапазоне значений использовалась синусоида.

В проекте предусмотрено четыре экранных формы (экрана).

Главный экран (первая экранная форма). Здесь в графическом виде представлена полная схема технологического процесса, отображаются все средства ТСА, а также панель перехода на остальные три экрана экраны.

Второй экран (вторая экранная форма). Здесь выводится информация об аварийных ситуациях в виде текстовой строки.

Третий и четвертый экраны (третья и четвертая экранные формы). На этих экранах в режиме реального времени в графической форме выводятся текущие изменения значений всех контролируемых параметров (осуществляется построение трендов процесса).

Для отображения основных аппаратов, обеспечивающих выполнение технологического процесса, используется функциональная панель. Здесь же представлены инструменты и элементы для технологического проектирования.

Изображение каждого датчика на схеме осуществляется с использованием находящихся непосредственно рядом друг с другом трех текстовых окон. В первом из этих окон выводится название датчика, а также занимаемая им позиция в схеме автоматизации. Во втором окне указывается единица измерения параметра для этого датчика. Текущее значение параметра, измеряемого с помощью данного датчика, выводится в третьем окне.

Главный экран проекта со схемой технологического процесса, панелью управления проектом и ТСА представлен на рисунке 1. Панель управления предоставляет пользователю возможность осуществлять навигацию по проекту: открывать экраны трендов и аварийных сообщений. При помощи кнопки «Аварийные сообщения» осуществляется переход на экран 2. Нажатие на кнопку «Тренды 1» приводит к переходу на экран 3, на котором

отображаются графики трендов температур. Нажатие на кнопку «Тренды 2» приводит к открытию экрана 4, на котором выводятся графики трендов частоты вращения бабин и шнеков, уровня ПВХ в бункерах, метража кабеля, толщины изоляции, сопротивления изоляции. Наличие кнопки «Закрытие экрана», находящейся в правом верхнем углу каждого из этих экранов, позволяет осуществить возврат на главный экран проекта при ее нажатии.

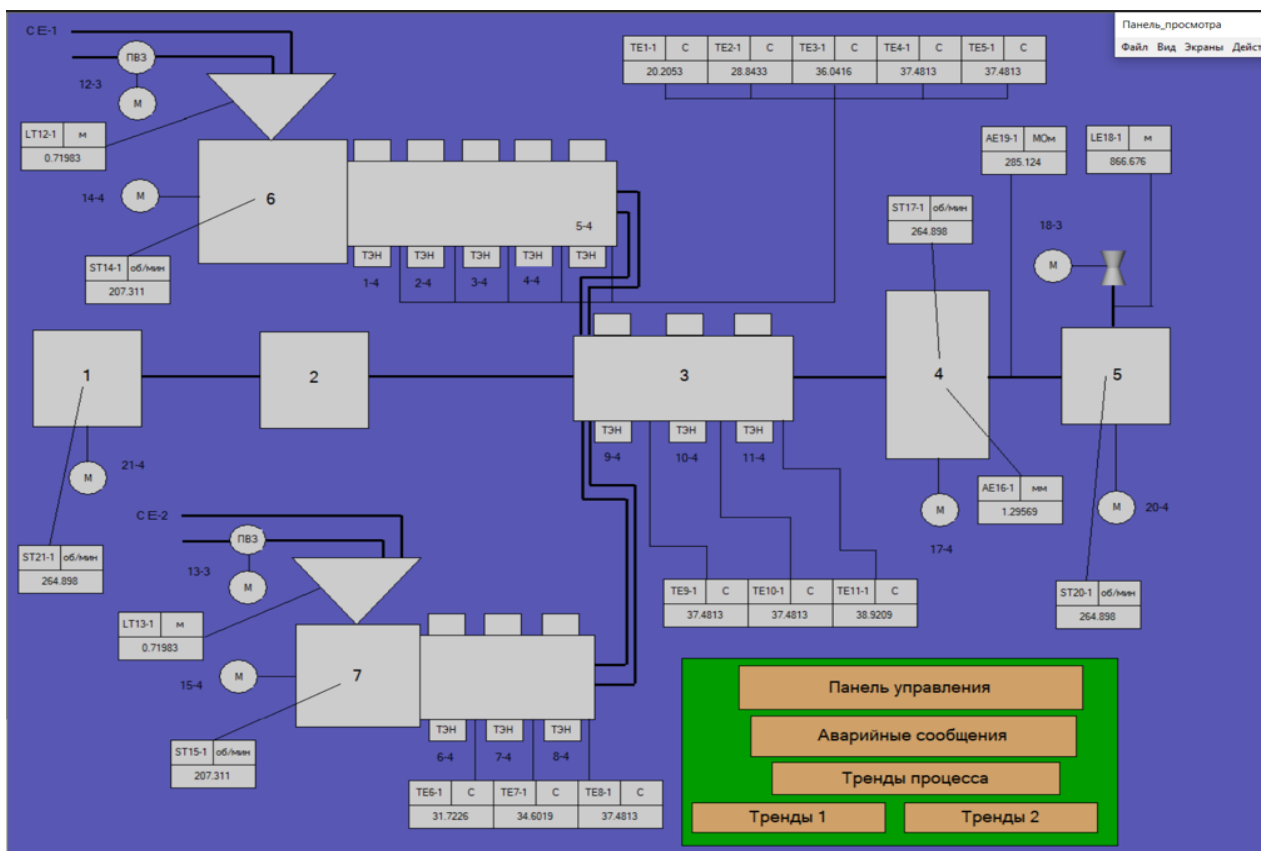


Рисунок 1 – Главный экран проекта

При создании словаря аварийных ситуаций предусмотрен вывод четырех категорий специальных сообщений в зависимости от текущего значения технологического параметра:

- 1) «NORMA» – отображается при нормальном значении и выделяется зеленым цветом;
- 2) «Высокое значение» и «Низкое значение» – отображаются при превышении верхнего и нижнего граничных значений и выделяются синим цветом;
- 3) «Очень высокое значение» и «Очень низкое значение» – отображаются при превышении верхнего и нижнего аварийных значений и выделяются желтым цветом;
- 4) «Аварийно-высокое значение» и «Аварийно-низкое значение» – отображаются при превышении верхнего и нижнего предельных значений и выделяются красным цветом.

Для каждой категории сообщений у операторов установки имеются соответствующие инструкции для принятия решений по управлению технологическим процессом.

Экран аварийных сообщений представлен на рисунке 2.



Аварийные сообщения					Закреть
! Время	Категория	Имя	Сообщение	Время квитирования	
18.04.2023 21:03:55	W	TE11-1	Очень высокое значение		
18.04.2023 21:03:55	W	TE10-1	Очень высокое значение		
18.04.2023 21:03:55	W	TE9-1	Очень высокое значение		
18.04.2023 21:03:55	W	TE8-1	Очень высокое значение		
18.04.2023 21:03:55	W	TE7-1	Очень высокое значение		
18.04.2023 21:03:55	W	TE5-1	Очень высокое значение		
18.04.2023 21:03:55	W	TE4-1	Очень высокое значение		
18.04.2023 21:03:55	W	TE3-1	Очень высокое значение		
18.04.2023 21:03:55	M	AE19-1	Высокое значение		
18.04.2023 21:03:55	A	AE16-1	Аварийно-высокое значение		
18.04.2023 21:03:55	W	LE18-1	Очень высокое значение		
18.04.2023 21:03:55	W	LT13-1	Очень высокое значение		
18.04.2023 21:03:55	W	LT12-1	Очень высокое значение		
18.04.2023 21:03:55	M	TE11-1	Высокое значение		
18.04.2023 21:03:55	M	TE10-1	Высокое значение		
18.04.2023 21:03:55	M	TE9-1	Высокое значение		
18.04.2023 21:03:55	M	TE8-1	Высокое значение		
18.04.2023 21:03:55	W	TE6-1	Очень высокое значение		
18.04.2023 21:03:55	M	TE4-1	Высокое значение		
18.04.2023 21:03:55	M	TE3-1	Высокое значение		
18.04.2023 21:03:55	W	TE2-1	Очень высокое значение		
18.04.2023 21:03:55	W	TE1-1	Очень высокое значение		
18.04.2023 21:03:54	W	AE16-1	Очень высокое значение		
18.04.2023 21:03:54	W	ST21-1	Очень высокое значение		
18.04.2023 21:03:54	W	ST20-1	Очень высокое значение		
18.04.2023 21:03:54	W	ST17-1	Очень высокое значение		
18.04.2023 21:03:54	M	LE18-1	Высокое значение		
18.04.2023 21:03:54	M	TE7-1	Высокое значение		
18.04.2023 21:03:54	M	TE6-1	Высокое значение		
18.04.2023 21:03:54	M	TE5-1	Высокое значение		
18.04.2023 21:03:54	M	TE2-1	Высокое значение		
18.04.2023 21:03:54	M	ST21-1	Высокое значение		
18.04.2023 21:03:54	M	ST20-1	Высокое значение		
18.04.2023 21:03:54	M	ST17-1	Высокое значение		
18.04.2023 21:03:54	W	ST15-1	Очень высокое значение		
18.04.2023 21:03:54	W	ST14-1	Очень высокое значение		
18.04.2023 21:03:54		TE11-1	NORMA		
18.04.2023 21:03:54	M	TE1-1	Высокое значение		
18.04.2023 21:03:53		TE16-1	МЕРЗА		

Рисунок 2 – Экран аварийных сообщений

На рисунке 3 представлен третий экран. На этом экране выводятся графики изменения температур в зонах экструдеров и экструзионной головки. На рисунке 4 приведены графики изменения остальных контролируемых параметров технологического процесса.

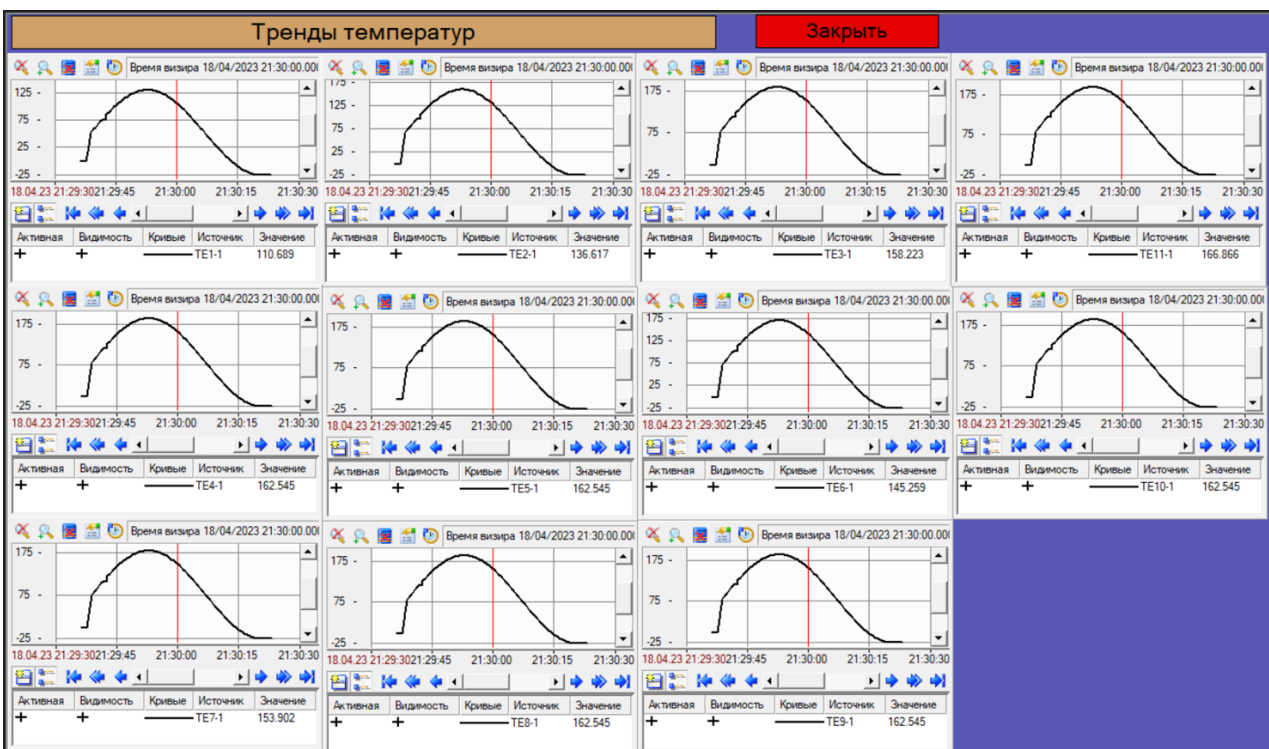


Рисунок 3 – Третий экран проекта

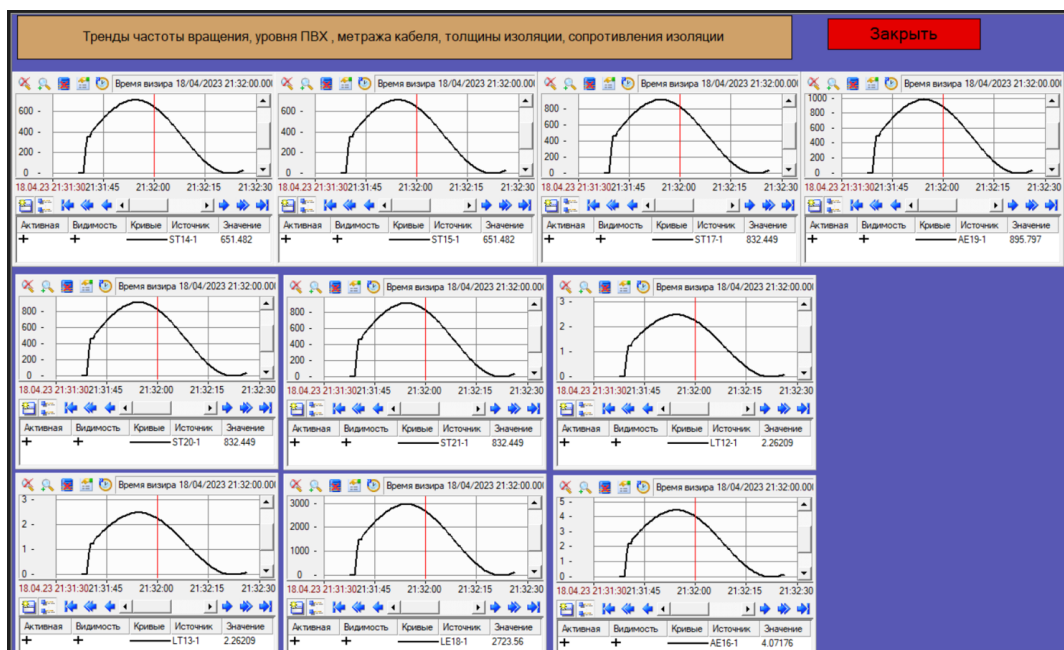


Рисунок 4 – Четвертый экран проекта

Для управления проектом и защиты от несанкционированного доступа в системе предусмотрено администрирование. Установлены три категории пользователей, которые имеют доступ ко всем экранам. При этом разрешенные им действия определяются их должностными инструкциями.

**Инженер (первая категория).** Пользователь данной категории имеет полный доступ к управлению системой. Он имеет право добавлять и удалять пользователей. Он может изменять настройки системы и выполнять запуск, выход, остановку, изменения, квитирование.

**Старший оператор (вторая категория).** Допустимыми действиями пользователя этой категории являются запуск, остановка, изменения и выход из системы.

**Оператор (третья Категория).** Он может выполнять только выход из системы.

Основные задачи разработанной системы визуализации технологического процесса:

- 1) обмен данными с контроллерами и устройствами сбора данных о состоянии контролируемого объекта;
- 2) обработка собранных данных о технологическом процессе и предоставление их в режиме реального времени обслуживающему персоналу;
- 3) управление технологическим процессом за счет удаленного управления исполнительными механизмами и технологическим оборудованием, предусмотренными технологическим регламентом;
- 4) хранение данных в базах данных на серверах;
- 5) управление процессом при срабатывании аварийной сигнализации.

Разработанная схема визуализации технологического процесса обладает следующими преимуществами:

- 1) отображает актуальные данные о параметрах технологического процесса в режиме реального времени;
- 2) повышает надежность и безопасность объектов благодаря возможности оперативного вмешательства и дистанционного управления производственным процессом;
- 3) благодаря непрерывному мониторингу параметров технологического процесса развывает оперативно выявлять опасные факторы и устранять их;
- 4) позволяет проводить постоянный анализ и диагностику системы;
- 5) осуществляет архивирование данных.

Проведенная модернизация позволила разработать современную и полноценную систему диспетчеризации и учета. С помощью данной системы становится возможным непрерывный

мониторинг проведения технологического процесса производства провода на экструзионной линии. Мониторинг обеспечивает постоянный контроль основных технологических параметров. В процессе его выполнения осуществляется сбор и хранение данных о протекании во времени технологического процесса. Оперативный анализ этих данных снижает риск возникновения аварийных ситуаций и обеспечивает своевременное принятие решений для безопасности выполнения производственной деятельности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. SCADA назначение систем – [Электронный ресурс]. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:SCADA\\_назначение\\_систем](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:SCADA_назначение_систем) (дата обращения: 25.03.2024);
2. Руководство пользователя TRACE MODE 6 – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.adastra.ru/products/rukovod/> (дата обращения: 25.03.2024);
3. ГОСТ Р 56205-2014 Сети коммуникационные промышленные. Защищенность (кибербезопасность) сети и системы. Часть 1-1. Терминология, концептуальные положения и модели. Введ. 2016-01-01. М.: Стандартинформ, 2014. 75 с.
4. 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.
5. Маслаков М.А., Якимов В.Н. Процессно-ориентированные информационные системы // Автоматизация и современные технологии. – 2009. № 11. – С. 17-22.
6. Артющкин 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.
7. Якимов В.Н., Машков А.В., Желонкин А.В. Специализированное программное обеспечение измерительной системы для оперативного оценивания спектрального состава многокомпонентных процессов // Программные продукты и системы. – 2019. № 1. – С. 159-166.
8. 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.

УДК 004.94  
621.865.8

### ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ФЛОЙДА, НАХОЖДЕНИЕ КРАТЧАЙШЕГО ПУТИ ДЛЯ СЕТЕВЫХ ЗАДАЧ

Фёдорова О. Н., Козлов Е. В., Баканова И. Г.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** в данной статье рассматривается алгоритм Флойда с описанием шагов и программной реализацией на языке программирования Java. Обсуждаются особенности работы алгоритма и его сфера применения в различных областях.

**Ключевые слова:** алгоритм Флойда, граф, программная реализация, применение, Java, ребра, веса.

### SOFTWARE IMPLEMENTATION OF FLOYD'S ALGORITHM, FINDING THE SHORTEST PATH FOR NETWORK TASKS

Fedorova O. N., Kozlov E.V., Bakanova I. G.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** this article discusses Floyd's algorithm with a description of the steps and a software implementation in the Java programming language. The features of the algorithm and its scope of application in various fields are discussed.

**Keywords:** Floyd's algorithm, graph, software implementation, application, Java, edges, weights.

Алгоритм Флойда является одним из самых простых алгоритмов. Данный алгоритм был разработан в 1962 году Робертом Флойдом и Стивеном Уоршеллом. Алгоритм служит для того, чтобы находить кратчайший путь между всеми парами вершин графа. Метод Флойда основывается на том факте, что в графе с положительными весами ребер любой непримитивный кратчайший путь состоит из других кратчайших путей.

Основная идея алгоритма заключается в том, чтобы разделить задачи нахождения самых кратчайших путей на отдельные этапы. В самом начале  $q$ -того этапа (где  $q = 1 \dots n$ ) предполагается, что существует матрица расстояний  $d$ , в которой хранятся значения самых коротких путей. Все вершины графа пронумерованы цифрами начиная с единицы. То есть, в начале  $q$ -того этапа значение  $d_{ij}$ , равно величине самого короткого пути между вершинами  $i$  и  $j$ , с учётом условия, что этот путь содержит только вершины, имеющие номера меньше  $q$  (начальная и конечная точка маршрута при этом не учитывается).

В данной работе рассмотрена программная реализация алгоритма Флойда для связного взвешенного графа, имеющего семь вершин и соответствующие ребра, представленные на рисунке 1. Имеющийся граф содержит семь узлов соединённые между собой ребрами с заданными весами.

Алгоритм Флойда требует выполнения следующих шагов:

Шаг 0. Создаем матрицу смежности размером  $7 \times 7$  и инициализируем ее значениями представленными весами ребер графа. Если между вершинами нет соединяющего ребра, то устанавливаем значение веса равное бесконечности.

Шаг 1. Инициализируем матрицу расстояний хранящую длину кратчайшего пути от вершины 1 к вершине 7.

Шаг 2. Инициализируем матрицу предшествующих вершин размером  $7 \times 7$ , где будут храниться предшествующие вершины.

Шаг 3. Инициализировать матрицу расстояний и предшествующих вершин следующим образом:

- $dist[i][j]$  = вес ребра между вершинами  $i$  и  $j$ , если оно существует, иначе  $dist[i][j]$  = бесконечность.
- $pred[i][j]$  =  $i$ , если между вершинами  $i$  и  $j$  существует ребро, иначе  $pred[i][j]$  =  $-1$ .

Шаг 4. Применить алгоритм Флойда для нахождения кратчайших путей между всеми парами вершин:

- для каждой вершины  $k$  от 0 до 6:
- для каждой вершины  $i$  от 0 до 6:
- для каждой вершины  $j$  от 0 до 6:
  - Если  $dist[i][j] > dist[i][k] + dist[k][j]$ , то обновить  $dist[i][j] = dist[i][k] + dist[k][j]$  и  $pred[i][j] = pred[k][j]$ .

Шаг 5. По окончании алгоритма, матрица  $dist$  будет содержать длины кратчайших путей между всеми существующими парами вершин, а матрица  $pred$  будет содержать предшествующие вершины.

Шаг 6. Для нахождения кратчайшего пути между двумя вершинами  $i$  и  $j$ , можно использовать матрицу  $pred$ , начиная с  $j$  и идя по предшествующим вершинам до тех пор, пока не достигнем вершины  $i$ .

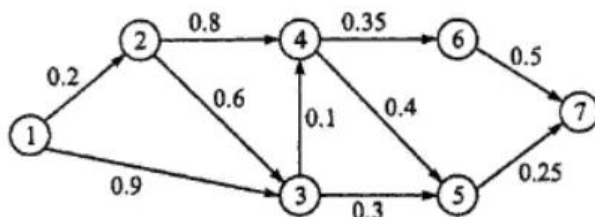


Рисунок 1 – Ориентированный взвешенный граф

На рисунке 2 представлен фрагмент кода программы, реализованный на языке Java в среде разработки программного обеспечения IntelliJ IDEA [1-3]. Java является строго типизированным объектно-ориентированным языком программирования общего назначения.

Основные плюсы:

- Мультифункциональность;
- Надежность;
- Хорошая организация кода и его легкая поддержка;
- Независимость (код может работать на любой платформе, которая поддерживает Java).

```

5 //создается матрица расстояний и инициализируется её значениями из исходного графа
6 double[][] S = new double[n][n];
7 for (int i = 0; i < n; i++) {
8     for (int j = 0; j < n; j++) {
9         S[i][j] = graph[i][j];
10    }
11 }
12
13 //применяем алгоритм Флойда для поиска кратчайших путей между всеми парами вершин
14 for (int k = 0; k < n; k++) { // Проходим по всем вершинам от 0 до n-1
15     for (int i = 0; i < n; i++) { // Проходим по всем вершинам от 0 до n-1
16         for (int j = 0; j < n; j++) { // Проходим по всем вершинам от 0 до n-1
17             // Если путь через вершину k короче, чем прямой путь от i до j,
18             // то обновляем значение расстояния между вершинами i и j
19             if (S[i][k] + S[k][j] < S[i][j]) {
20                 S[i][j] = S[i][k] + S[k][j];
21             }
22         }
23     }
24 }
25 // Выводим матрицу расстояний
26 for (int i = 0; i < n; i++) {
27     for (int j = 0; j < n; j++) {
28         if (S[i][j] == INF) {
29             System.out.print("INF ");
30         }
31         else {
32             System.out.print(S[i][j] + " ");
33         }
34     }
35     System.out.println();
36 }
    
```

Рисунок 2 – Фрагмент программной реализации алгоритма Флойда

Процесс выполнения алгоритма Флойда состоит из трех вложенных циклов. Первый цикл перебирает все вершины графа, второй цикл выбирает начальную вершину пути, а третий цикл выбирает конечную вершину. Отработка третьего цикла обновляет матрицу расстояний, при этом вычисляя минимальное расстояние между выбранными вершинами через промежуточные вершины.

Алгоритм работает следующим образом:

- Создается матрица расстояний S и инициализируется её значениями из исходного графа (рисунок 1).
- Применяется алгоритм Флойда, который проходится по всем вершинам от 0 до n-1, ищет кратчайшие пути между всеми парами вершин, и обновляет значения расстояний при нахождении более короткого пути через промежуточную вершину.
- В методе main создается входной граф с заданными весами рёбер и вызывается метод floyd для нахождения кратчайших путей в этом графе.
- В конце алгоритма выводится матрица расстояний с кратчайшими путями (рисунок 3).

В работе получен вариант программной реализации алгоритма Флойда. Данный алгоритм применяется во многих сферах, таких как навигация, логистика, транспортные системы, планирования, биоинформатики и экономики.

```

32     }
33     }
34     System.out.println();
35 }
36
37
38 public static void main(String[] args) {
39
40     double[][] graph = {{0, 0.2, 0.9, INF, INF, INF},
41                         {INF, 0, 0.6, 0.8, INF, INF},
42                         {INF, INF, 0, 0.1, 0.3, INF},
43                         {INF, INF, INF, 0, 0.4, 0.35},
44                         {INF, INF, INF, INF, 0, INF},
45                         {INF, INF, INF, INF, INF, 0, 0.5},
46                         {INF, INF, INF, INF, INF, INF, 0}};
47     floyd(graph);
48
49 }
    
```

```

Run: FloydAlgorithm x
C:\Users\Z\jdk\openjdk-18.0.1\bin\java.exe "-javaagent:C:\Program Files\JetBra
0.0 0.2 0.8 0.9 1.1 1.25 1.35
INF 0.0 0.6 0.7 0.8999999999999999 1.0499999999999998 1.15
INF INF 0.0 0.1 0.3 0.44999999999999996 0.55
INF INF INF 0.0 0.4 0.35 0.65
INF INF INF INF 0.0 INF 0.25 |
INF INF INF INF INF 0.0 0.5
INF INF INF INF INF INF 0.0
Process finished with exit code 0
    
```

Рисунок 3 – Результат работы программы

Алгоритм Флойда обладает большим рядом преимуществ, некоторые из которых такие как эффективность, простота реализации, универсальность, оптимальность и широта применения [4]. Он является универсальным инструментом для нахождения кратчайших путей в графах и может быть использован при разработке транспортных маршрутов и анализа данных до генетики и управления проектами.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кей Хорстманн. Java. Библиотека профессионала. Перевод с английского: Берштейн И. Издательство «Диалектика – Вильямс», 2020 год, 1 – й том – 864 с., 2 – й том – 1008 с.
2. Седжвик, Роберт, Уэйн, Кевин. Алгоритмы на Java, 4-е изд. : Пер. с англ. – М. : ООО «И.Д. Вильямс», 2013. - 848 с : ил. – Парал. тит. англ.
3. Герберт Шилдт. Java. Полное руководство. «Диалектика-Вильямс», 2018 год, 1488 с.
4. Плескунов, М. А. Задачи сетевого планирования: учебное пособие / М.А. Плескунов. - Екатеринбург: Изд-во Урал, ун-та, 2014. - 92 с.

УДК 004.94  
621.865.8

## ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ПРИМА НАХОЖДЕНИЯ КРАТЧАЙШЕГО ПУТИ ДЛЯ СЕТЕВЫХ ЗАДАЧ

Чурунова А. С., Козлов Е. В., Баканова И. Г.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** в данной статье представлена программная реализация алгоритма Прима для построения минимального остовного дерева в связном взвешенном графе. Описаны шаги алгоритма и приведен пример кода на языке Python, использование интегрированной среды разработки Visual Studio Code (VS Code) и подходящие области применения алгоритма.

**Ключевые слова:** алгоритм Прима, минимальное остовное дерево, связный взвешенный граф, программная реализация, Visual Studio Code, Python, машинное обучение.

## PROGRAM REALIZATION OF THE ALGORITHM OF PRIMA FINDING THE SHORTEST PATH FOR NETWORK TASKS

Churunova A. S., Kozlov E. V., Bakanova I. G.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** Abstract: This article presents a program implementation of Prim's algorithm for constructing a minimal spanning tree in a connected weighted graph. The steps of the algorithm are described and an example of Python code, the use of Visual Studio Code (VS Code) integrated development environment and suitable applications of the algorithm are presented.

**Keywords:** Prima Algorithm, minimum spanning tree, connected weighted graph, program implementation, Visual Studio Code, Python, machine learning.

Алгоритм Прима – алгоритм нахождения минимального остовного дерева в связном взвешенном графе. Задача состоит в том, чтобы связать все вершины графа, при этом свести к минимуму суммарную стоимость ребер. **Алгоритм был открыт в 1930 году чешским математиком Войцехом Ярником.** Позже алгоритм был переоткрыт **Робертом Примом** в 1957 году. Алгоритм Прима активно применяется в различных задачах, таких как оптимизация сетей связи, проектирование инфраструктуры и решение других задач, где требуется эффективное построение связного графа с минимальными затратами.

В данной статье рассмотрим программную реализацию алгоритма Прима для связного взвешенного графа с семью вершинами [4]. Алгоритм начинается с выбора стартовой вершины. Затем находится соседнее ребро с наименьшим весом и добавляется соответствующий узел в минимальное остовное дерево. После этого выбирается следующее ребро, которое является смежным с уже добавленной вершиной, но с наименьшим весом, и также добавляется соответствующий узел в минимальное остовное дерево. Таким образом, постепенно строится минимальное остовное дерево, добавляя ребра с наименьшим весом, связывающие вершины между собой.

Алгоритм Прима для построения минимального остовного дерева взвешенного связного графа можно описать следующими шагами:

1. Выбирается любая стартовая вершина из графа.
2. Создаются пустое множество посещенных вершин и пустой список ребер минимального остовного дерева.
3. Пока не все вершины графа посещены:
4. Проход по всем посещенным вершинам, рассматривая их соседние вершины и добавляя ребра во временный список с весами.

5. Выбор ребра с наименьшим весом из временного списка.

6. Добавление выбранного ребра и соответствующей ему не посещенной вершины в минимальное остовное дерево и отметка этой вершины как посещенной.

Представленный алгоритм Прима реализует построение минимального остовного дерева, связывающего все вершины графа, изображенного на рисунке 1, и имеющего минимальную сумму весов ребер, который основывается на подходе, выбирая каждый раз ребро с наименьшим весом, которое связывает уже посещенные и не посещенные вершины.

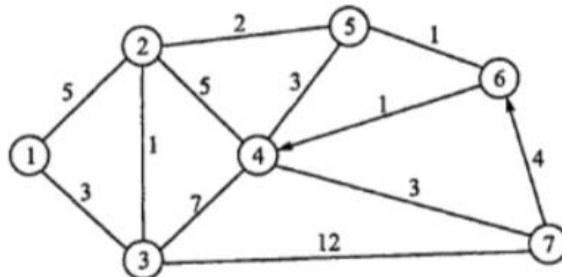


Рисунок 1 – Связный взвешенный граф

Для реализации алгоритма использовалась интегрированная среда разработки VS Code (IDE) от Microsoft, которая поддерживает различные языки программирования, включая Python. Python широко используется во многих областях, таких как веб-разработка, анализ данных и машинное обучение [1,2].

На рисунке 2 представлен фрагмент программной реализации кода, реализующего алгоритм Прима для построения минимального остовного дерева.

```

1 from collections import defaultdict, deque
2
3 def build_minimum_spanning_tree(graph):
4     start_vertex = list(graph.keys())[0]
5     visited = set([start_vertex])
6     minimum_spanning_tree = []
7
8     while len(visited) < len(graph):
9         min_weight = float('inf')
10        selected_edge = None
11
12        for visited_vertex in visited:
13            for neighbor, weight in graph[visited_vertex]:
14                if neighbor not in visited and weight < min_weight:
15                    min_weight = weight
16                    selected_edge = (visited_vertex, neighbor)
17
18        minimum_spanning_tree.append(selected_edge)
19        visited.add(selected_edge[1])
20
21    return minimum_spanning_tree
22
23 graph = defaultdict(list)
24 graph[1].append((2, 5))
25 graph[1].append((3, 3))
26 graph[2].append((1, 5))
27 graph[2].append((5, 2))
28 graph[5].append((2, 2))
29 graph[5].append((6, 1))
30 graph[6].append((5, 1))
31 graph[2].append((4, 5))
32 graph[4].append((2, 5))
33 graph[3].append((1, 3))
34 graph[3].append((4, 7))
35 graph[4].append((3, 7))
36 graph[2].append((3, 1))
37 graph[3].append((2, 1))

```

Рисунок 2 – Фрагмент программной реализации алгоритма Прима

Шаги алгоритма программной реализации:

1. Создается функция `build_minimum_spanning_tree`, которая принимает граф в виде словаря списков с ребрами и их весами. Внутри функции инициализируется стартовая вершина и множество посещенных вершин.

2. Затем запускается цикл, который будет повторяться до тех пор, пока все вершины не будут посещены. Внутри цикла происходит поиск минимального ребра с наименьшим весом, связанного с уже посещенными и не посещенными вершинами.

3. Проходя по всем посещенным вершинам и их соседям, происходит проверка, является ли соседняя вершина не посещенной и имеет ли ребро до нее меньший вес, чем текущий



минимальный вес. Если условие выполняется, обновляются значения минимального веса и выбранного ребра.

4. Выбранное ребро добавляется в список минимального остовного дерева и отмечается вершина соседа как посещенная.

5. По завершению цикла, возвращается список минимального остовного дерева.

6. После этого создается граф `graph`, представленный в виде словаря списков с ребрами и их весами.

7. Вызывается функция `build_minimum_spanning_tree` с передачей графа в качестве аргумента.

8. Результат выводится на экран с помощью функции `print` в виде списка минимального остовного дерева.

По результату выполнения данной программной реализации алгоритма Прима, будет выведен следующий результат в виде списка минимального остовного дерева:

[(1, 3), (3, 2), (2, 5), (5, 6), (6, 4), (4, 7)].

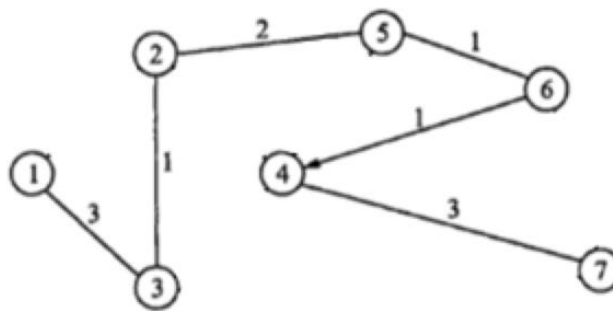


Рисунок 3 – Полученное остовное дерево

Данная реализация алгоритма Прима предназначена для построения минимального остовного дерева на основе заданного графа и может быть полезной для разработчиков и инженеров, работающих с графами.

Программа позволяет эффективно находить минимальные остовные деревья, которые имеют применение в оптимизации сетевых связей [3], планировании маршрутов и других задачах. Функциональность разработанной программной реализации можно расширить, добавив новые возможности для работы с различными видами графов. Таким образом, данная реализация позволяет строить минимальные остовные деревья и использовать результаты для решения задач в различных областях [3].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев, А.Н. Программирование на Python в примерах и задачах / А.Н. Васильев. – Москва: Бомбора, 2023. – 616с.
2. Майер, К. Однострочники Python: лаконичный и содержательный код / К. Майер. – Санкт-Петербург: Питер, 2022. – 256 с.
3. Плескунов, М. А. Задачи сетевого планирования: учебное пособие / М.А. Плескунов. - Екатеринбург: Изд-во Урал, ун-та, 2014. - 92 с.
4. Иванов, Б.Н. Дискретная математика и теория графов : учебное пособие для вузов / Б. Н. Иванов. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 177 с.

## ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ СТЕНД ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Строкин Л. П., Сироткин Д. О., Шишков Н. Ю., Колпащиков С. А.

Самарский государственный технический университет, Самара

**Аннотация:** в статье представлена разработка программно-аппаратного комплекса управления физическими параметрами гидродинамического стенда, моделирующего нефтеперекачивающую станцию. Описана структура стенда и конфигурация контроллера. Реализован вариант управления.

**Ключевые слова:** модель, нефтеперекачивающая станция, насос, контроллер, управление.

## HYDRODYNAMIC STAND FOR PRACTICAL WORK ON AUTOMATIC CONTROL THEORY

Strokin L. P., Sirotkin D. O., Shishkov N. Y., Kolphashchikov S. A.

Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** the paper presents the development of a hardware and software complex for controlling physical parameters of a hydrodynamic bench modelling an oil pumping station. The stand structure and controller configuration are described. The control variant is realised.

**Keywords:** model, oil pumping station, pump, pump, controller, control.

**Введение.** Процесс обучения профессиональным дисциплинам включает в себя получение знаний, умений и навыков. Теория автоматического управления является ключевым предметом для направления подготовки, связанных с управлением в технических системах и автоматизацией технологических процессов. Получение умений и навыков в области автоматического управления обычно происходит в программных средствах, основывающихся на численном моделировании.

Применение физических моделей – стендов, моделирующих технологические процессы, повышает уровень сопоставления полученных теоретических знаний с реальными прикладными задачами, давая обучающему возможность оценивать влияния математических абстракций на значения реальных физических величин.

В статье рассматривается разработка программно-аппаратного комплекса управления физическими параметрами гидродинамического стенда, моделирующего нефтеперекачивающую станцию [1]. Решалась задача технического обеспечения комплексного практического занятия, в рамках которого обучающийся проводит активный эксперимент по результатам которого формирует передаточную функцию объекта управления в терминах структурного представления динамических объектов [2, 3, 4, 5], определяет коэффициенты типового регулятора, проводит численное моделирование замкнутой системы управления, полученные коэффициенты устанавливает в программное обеспечение стенда и сравнивает результаты численного моделирования с результатами работы физической системы.

**Описание стенда.** Стенд представляет собой замкнутую систему, моделирующую насосную станцию из 4-х насосов. На рис. 1 представлена левая часть стенда. Слева располагается бак с водой, из него она попадает на два насоса, которые включены параллельно. При этом перед и после каждого насоса стоит аналоговый датчик давления, а также перед одним из насосов установлена управляемая задвижка с обводным контуром вокруг нее. В верхней части рисунка расположен выход системы с аналоговыми датчиками расхода и давления и аналогичной задвижкой. На рис. 2 представлена правая часть стенда.

После параллельных насосов установлены аналоговые расходомеры. Потоки воды с данных насосов объединяются для попадания во вторую часть стенда. Она представлена в виде двух насосов, включенных последовательно, при этом есть возможность миновать эти насосы, отправив воду обратно в бак. Аналоговые датчики давления, расположены перед каждым из последовательно включенных насосов. После первого по порядку насоса, также имеется датчик. После второго же насоса идет общий датчик давления, при этом данный насос можно обойти обводным контуром. Различные возмущения можно создавать, используя многочисленные ручные краны, расположенные по всему контуру.

**Аппаратное обеспечение стенда.** Для реализации управляющей части стенда была выбрана следующая конфигурация [6] программируемого логического контроллера:

1) Kinco CPU606 количество 1 шт. – ПЛК, общие входы/выходы – 14DI и 10DO (реле), высокоскоростные – 4 счетчика А/В до 200 кГц, возможность расширения основного блока (слот для модуль-вставки), подключение до 14 модулей расширения, коммуникационные порты - Ethernet, RS485, 24V DC.



Рисунок 1 – Фотография стенда 1



Рисунок 2 – Фотография стенда 2

2) Kinco K533-04IV количество 1 шт. – 2 канала аналогового ввода, 2 канала аналогового

вывода, 4-20 мА/1-5 В/0-10 В.

3) Kinco -K522-16XR количество 1 шт. – дискретных выходов 16 реле.

4) Kinco K531-04IV количество 2 шт. - 4 аналоговых входных канала, 0-20 мА/4-20 мА/±10 В/1-5В.

5) Kinco K633-04IV количество 1 шт. - 2 канала аналогового ввода, 2 канала аналогового вывода, 4-20 мА/1-5 В/0-10 В.

**Программное обеспечение стенда.** Программная часть САУ [7] состоит из двух компонентов – программы контроллера и программы панели оператора. Реализована система, которая поддерживает два режима управления – ручное и автоматическое. Переключение между ними осуществляется с панели оператора. При ручном управлении оператором задается процентная мощность насоса. При автоматическом режиме управления оператор должен задать желаемое давление и коэффициенты ПИД регулятора. Как только произошло изменение на автоматическое управление, система сразу начинает менять свое состояние в зависимости от текущего выхода ПИД регулятора. Помимо параметров для настроек режимов управления, на панели оператора, вид которой представлен на рис. 3, находится справочная информация по стенду, а также выводится график давления в системе за последние 15 секунд.

Интерфейс панели управления содержит:

- 1) ДАТЧИК ДАВЛЕНИЯ (Па) – давление с датчика.
- 2) КП – пропорциональный коэффициент ПИДа (можно задать).
- 3) КИ – интегральный коэффициент ПИДа (можно задать).
- 4) КД – дифференциальный коэффициент ПИДа (можно задать). Для сброса ПИДа: КИ=0.
- 5) % РАБОТЫ НАСОСА РУК – процент работы насоса (можно задать).
- 6) РУЧНОЙ/АВТОМАТ – кнопка смены режима (можно нажать).
- 7) УСТАНОВКА АВТО – задание давления (можно задать).



Рисунок 3 – Панель оператора

**Заключение.** Таким образом, предложенный вариант управления на данном гидродинамическом стенде позволит использовать его в качестве объекта управления для подготовки студентов, изучающих теорию автоматического управления. Использование такого стенда позволяет проводить различные эксперименты по настройке регуляторов, определению параметров системы, моделированию различных режимов работы насосов и задвижек. Студенты могут изучать как статические, так и динамические характеристики системы, а также проводить исследования по устойчивости и точности управления.

### Список литературы

1. Проектирование и эксплуатация нефтеперекачивающих станций: учебно-методическое пособие по выполнению практических работ / Е.В. Сошников. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2020 – 51 с.
2. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования/ М.: «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, – 1972 г. – 768 с.
3. Ротач В.Я. Расчет динамики промышленных автоматических систем регулирования. – М.: Энергия, 1973, – 440 с.
4. Теория автоматического управления. Ч.1., Ч.2 / Под ред. А.А. Воронова: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1977.
5. Иващенко Н.Н. Автоматическое регулирование. Теория и элементы систем: Учебник для вузов. Изд. 4-е перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 736 с.
6. Kinco. PLC [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://en.kinco.cn/product/plc.html>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ.
7. Аппаратные средства и программное обеспечение систем промышленной автоматизации: Учеб. пособ. / И.А. Данилушкин; Самар. гос. техн. ун-т. Самара, 2005. 168 с.

УДК 004.9  
656.2

## УПРАВЛЕНИЕ И ПЛАНИРОВАНИЕ АВАРИЙНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫМИ РАБОТАМИ МЕТОДАМИ ТЕОРИИ ГРАФОВ

Жукова А. В.<sup>1</sup>, Додонова Н. Л.<sup>1</sup>, Додонов М. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Самарский университет, Самара

<sup>2</sup>Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** рассматривается сетевой метод планирования в управлении аварийно-восстановительными работами на железной дороге. Реализуется основной метод сетевого планирования – метод критического пути. Приводится обзор основных понятий графов с нестандартной достижимостью. Предлагается использование графов со смешанной достижимостью порядка  $k$  для управления работами по восстановлению железнодорожного полотна с ограничениями на последовательное выполнение работ. Также рассматривается возможность применения графов с барьерной достижимостью для решения задачи координации действий восстановительного поезда.

**Ключевые слова:** аварийно-восстановительные работы, железная дорога, сетевое планирование, сетевой график, графы с нестандартной достижимостью, метод критического пути, смешанная достижимость порядка  $k$ , барьерная достижимость, аварийно-восстановительные работы, логистическая задача.

## MANAGEMENT AND PLANNING BY GRAPH THEORY METHODS

Zhukova A. V.<sup>1</sup>, Dodonova N. L.<sup>1</sup>, Dodonov M. V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Samara University, Samara

<sup>2</sup>Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** the method of network planning for managing emergency recovery work on railways is discussed. The critical path method, a major network planning technique, has been applied. A brief overview of basic graph concepts with non-standard reachability is provided. It is suggested to use mixed reachability graphs of order  $k$  to manage the restoration of railway tracks with restrictions on sequential work execution. The possibility of utilizing graphs with barrier reachability for coordinating the activities of recovery trains is also under consideration.

**Keywords:** emergency recovery work, railway, network planning, network graph, graphs with non-standard reachability, critical path method, mixed reachability of order  $k$ , barrier reachability, emergency recovery work, logistical task.

## АВАРИЙНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

Аварийно-восстановительные работы (АВР) на железной дороге имеют большое значение для обеспечения безопасности и качества услуг оказываемых РЖД. АВР необходимо выполнять в кратчайшие сроки, но при этом последовательность выполняемых работ должна соответствовать технологическим стандартам.

Для решения задачи управления АВР используется сетевое планирование. Сетевое планирование имеет большую актуальность в современном мире благодаря своей способности управлять сложными проектами и оптимизировать время, расходы и ресурсы. Построение сетевого графика и анализ оптимальности часто производятся вручную, поэтому данный процесс можно автоматизировать.

Для автоматизации разработано большое количество универсального и специализированного (по предметным областям) программного обеспечения. Например, Microsoft Project, Oracle Primavera, Jira, Advanta, Битрикс24, YouGile и т.п. В связи с уходом некоторых западных компаний с российского рынка возникает необходимость в их замещении сравнимыми или превосходящими по функционалу продуктами. Значительная часть автоматизированных систем управления проектами использует методы сетевого планирования и опирается на классическую теорию графов.

Однако для решения ряда задач планирования работ в условиях ограничений можно использовать современные методы теории графов, например, графов с нестандартной достижимостью. Соответствующие методы должны быть реализованы в разрабатываемом программном обеспечении.

Таким образом, цель: разработка прототипа программной системы сетевого планирования АВР с использованием теории графов с нестандартной достижимостью.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- изучить алгоритмы сетевого планирования;
- изучить процесс проведения АВР на железной дороге;
- рассмотреть использование алгоритмов теории графов, в частности графов с нестандартной достижимостью;
- реализовать прототип программной системы на языке Python с использованием библиотек NumPy, Pandas, NetworkX.

Общую схему АВР при чрезвычайных ситуациях на железной дороге можно представить в виде следующих шагов. Сначала передача информации об аварии, затем сбор персонала и отправление восстановительного поезда (ВП). После этого осуществляется сбор оперативной информации с места происшествия и составление оперативного плана восстановления движения. После этого происходит предварительная расстановка персонала и формирование состава, и отправление ВП с ближайшей станции. Затем на месте аварии проводятся подготовительные работы, выполняется оперативный план по проведению АВР. По завершению необходимых работ осуществляется открытие движения поездов.

Таким образом, при аварийной ситуации на железной дороге нужно координировать как работу восстановительного поезда, так и согласовывать работы с другими подразделениями.

#### СЕТЕВОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

Сетевой график — граф, отражающий работы проекта и связи между ними. В данной работе вершины графа отображают состояния некоторого объекта, а дуги — работы, ведущиеся на этом объекте, вес дуги – продолжительность работы.

Такая модель применяется для расчетов временных рисков, резерва времени для каждой задачи и т. п.

#### МЕТОД КРИТИЧЕСКОГО ПУТИ

К сетевому графу зачастую применяется метод критического пути. Данный метод позволяет анализировать сроки выполнения проекта. Он позволяет определять наиболее ранний возможный срок начала, наиболее поздний срок окончания и резерв времени для каждой работы. В этом методе вершины – состояния проекта, дуги – работы.

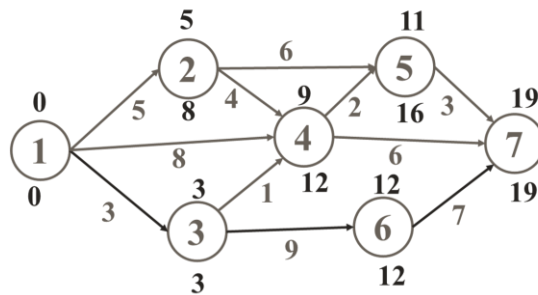


Рисунок 1 – Пример сетевого графа

Для метода критического пути реализуем несколько шагов:

- нахождение наиболее раннего времени выполнения состояния в графе, для этого реализуется алгоритм Дейкстры для нахождения наименьшего пути от 0 до всех прочих вершин;
- нахождение наиболее позднего срока выполнения состояния, для этого перестраиваем граф, направляя все дуги в противоположные стороны и используем алгоритм Дейкстры для нахождения путей аналогично предыдущему шагу;
- нахождение  $Sp(b)$  наиболее ранний возможный срок начала работы  $b = (i, j)$ , как равного наиболее раннему сроку наступления события  $i$  [1];
- нахождение  $Ep(b)$  наиболее позднего допустимого срока окончания работы  $b = (i, j)$ , как равного наиболее позднему сроку наступления события  $j$  [1];
- нахождение полного резерва времени работ найдем по формуле  $r = Ep(b) - Sp(b) - t(b)$ , где  $t(b)$  – продолжительность работы [1].

Рассмотрим пример выполнения программы для сетевого графа на рисунке 1. Результаты выполнения представлены на рисунке 2.

Состояние проекта	Ранний срок выполнения	Поздний срок выполнения	Резерв времени	Работа проекта	Ранний срок выполнения	Поздний срок выполнения	Резерв времени
0	0	0	0	0	(0, 1, 5)	0	9
1	1	5	4	1	(0, 2, 3)	0	3
2	2	3	0	2	(0, 3, 8)	0	13
3	3	9	4	3	(1, 3, 4)	5	13
4	4	11	5	4	(1, 4, 6)	5	16
5	5	12	0	5	(2, 3, 1)	3	13
6	6	19	0	6	(2, 5, 9)	3	12
				7	(3, 4, 2)	9	16
				8	(3, 6, 6)	9	19
				9	(4, 6, 3)	11	19
				10	(5, 6, 7)	12	19

Рисунок 2 – Результаты выполнения программы анализа графа (состояний и работ)

Для представленного примера получены результаты, совпадающие с ручными расчетами по методу критического пути. Критический путь - [(0, 2, 3), (2, 5, 9), (5, 6, 7)] Результаты выводятся в виде таблиц Pandas.DataFrame.

При построении и описании планов АВР с учетом ограничений зачастую не хватает элементов традиционной теории графов и возникает необходимость в другой интерпретации.

### ГРАФЫ С НЕСТАНДАРТНОЙ ДОСТИЖИМОСТЬЮ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В УПРАВЛЕНИИ И ПЛАНИРОВАНИИ

Введем основные понятия теории графов. Путь — это такая последовательность дуг графа, в которой каждая следующая дуга начинается в вершине, в которой заканчивается предыдущая дуга пути. Соединимость одной вершины путём, ведущим из другой вершины, называется достижимостью одной вершины из другой [2].

Для описания таких ограничений удобно использовать графы с нестандартной достижимостью. Граф с нестандартной достижимостью – граф, в котором не все пути одинаково достижимы. Условие достижимости зависит от параметров задачи.

В работах Я. М. Ерусалимского предлагается несколько видов достижимости, для управления и планирования в данной работе предлагается использовать графы со смешанной достижимостью порядка  $k$  и графы с барьерной достижимостью. На таких графах не представляется возможным напрямую применять основные методы теории графов. Для их использования применяется метод построения промежуточного графа – развертки, на котором уже можно применять стандартные алгоритмы.

Таким образом, алгоритм программы для работы с графами с нестандартной достижимостью представлен на рисунке 3.

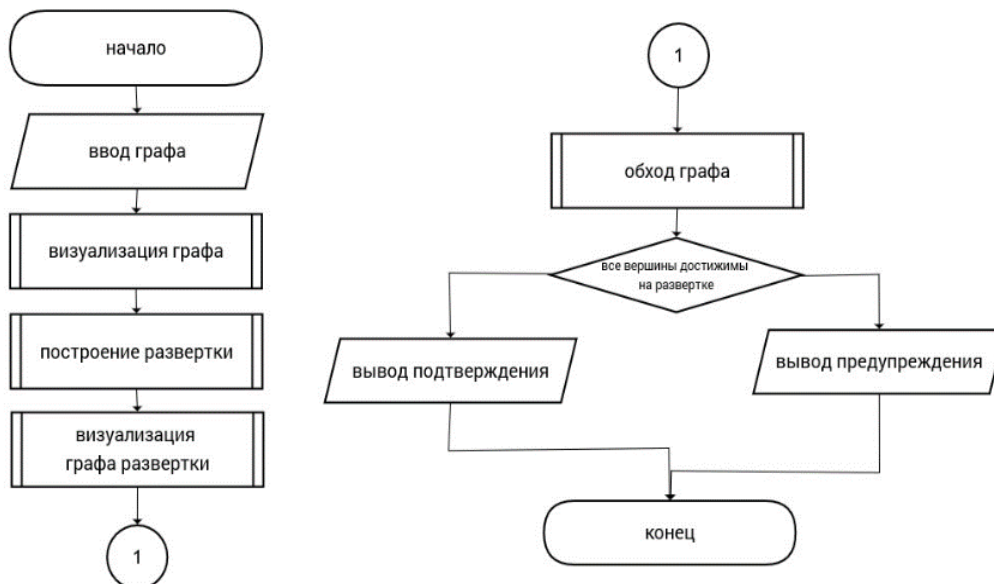


Рисунок 3 – Схема алгоритма

Далее рассмотрим два вида графов с нестандартной достижимостью и их применение в сетевом планировании для аварийно-восстановительных работ.

### ГРАФЫ СО СМЕШАННОЙ ДОСТИЖИМОСТЬЮ ПОРЯДКА $k$

В таком графе множество дуг разделяется на множество запрещенных  $U_Z$  и нейтральных  $U_R$  [2]. Граф со смешанной достижимостью порядка  $k$  – граф, на котором допустимыми являются только такие маршруты, в которых нет  $k$  подряд идущих запрещенных дуг. Введем визуальные обозначения на рисунке 3 запрещенные дуги – пунктирные, разрешенные – непрерывные.

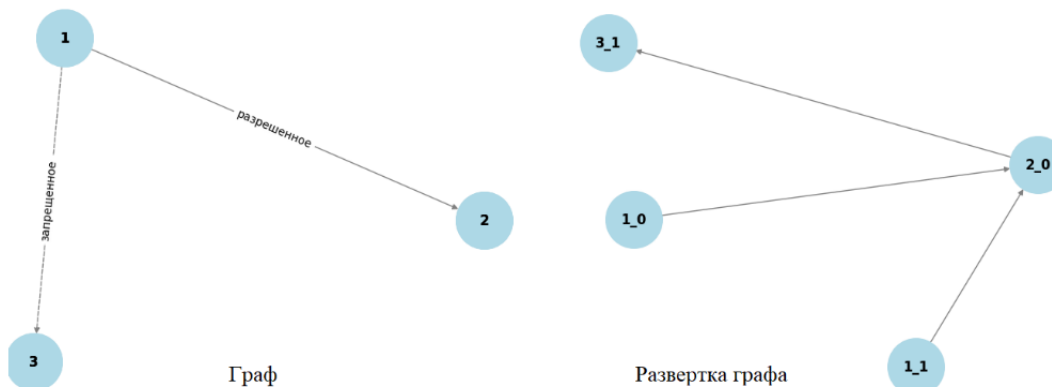


Рисунок 3 – Визуализация графа со смешанной достижимостью и его развертки средствами NetworkX



Рассмотрим возможную область применения такого графа. В управлении процессом АВР некоторые части процесса не должны выполняться друг за другом, если они могут привести к повреждению железнодорожного полотна.

Тогда, отнесение дуг, соответствующих таким работам, к множеству  $U_Z$ , а остальных дуг к множеству  $U_R$  и рассмотрение работ как графа со смешанной достижимостью позволит проверить, можно ли завершить данное задание без возможных проблем и в случае необходимости перестроить последовательность работ.

Далее приведем правила построения развертки для графов со смешанной достижимостью:

Исходный граф  $G(V, U=U_R \cup U_Z)$ , где  $V$  – вершины,  $U$  – ребра,  
 развертка по графу  $G'(V', U')$ ,  $\forall x \in V \Rightarrow \exists k + 1$  вершина  $x^0, \dots, x^k \in V'$ ,  
 $\forall u \in U_R: f(u) = (x, y) \Rightarrow \exists k + 1$  дуга  $(x^0, y^0), \dots, (x^k, y^0) \in U'$ ,  
 $\forall u \in U_Z: f(u) = (x, y) \Rightarrow \exists k$  дуг  $(x^0, y^1), \dots, (x^{k-1}, y^k) \in U'$ .

Приведем пример визуализации графа и его развертки для графа на рисунке 3. По полученной развертке следуют произвести обход графа, чтобы проверить можно ли пройти все вершины графа, соответственно проверить можно ли выполнить все работы в технологическом процессе. В случае если не все вершины-состояния проходимы будет выводиться предупреждение о том, что из-за ограничений такой план выполнить нельзя.

### ГРАФЫ С БАРЬЕРНОЙ ДОСТИЖИМОСТЬЮ

Пусть множество дуг графа разделено на данные подмножества:

- множество барьерных дуг (на графе обозначаются «b»);
- множество нейтральных дуг;
- множество дуг, увеличивающих барьерный показатель (обозначаются «+»).

Граф будет считаться графом с барьерной достижимостью высоты  $h$ , если к  $m$ -ому шагу путь  $\mu$  от своего начала накопил величину барьерного показателя  $\beta\mu(m-1)$ , большую либо равную  $h$ , то на последующем шаге становятся допустимыми для про хождения дуги из множества барьерных дуг [2].

Приведем пример такого графа на рисунке 5.

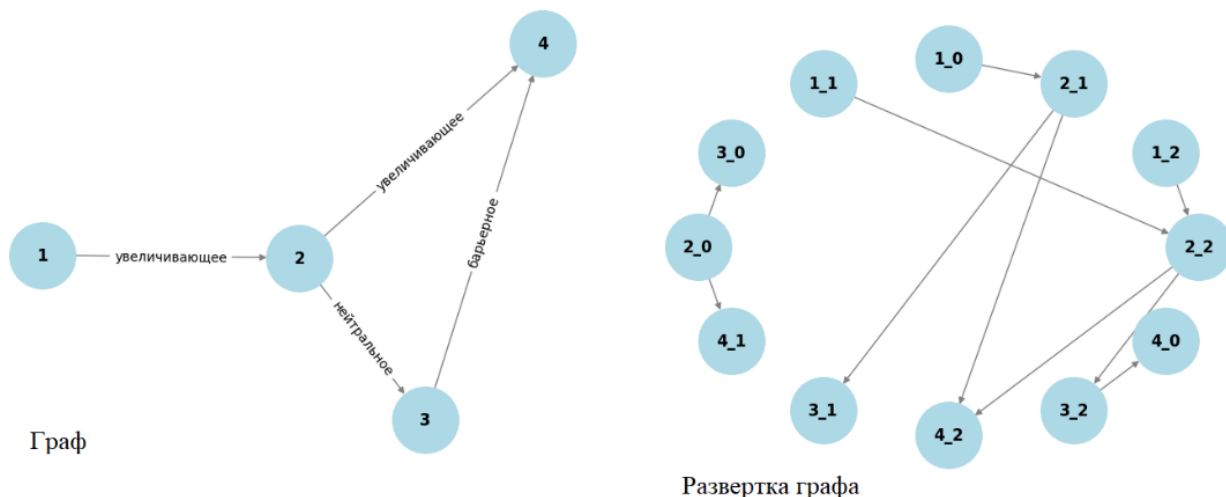


Рисунок 4 – Визуализация графа с барьерной достижимостью и его развертки

На практике если в процессе АВР необходимо планировать работу разных восстановительных поездов на разных участках пути, для ликвидации различных аварий, возможно, представить железнодорожное полотно в виде графа, где дуги – аварийно-восстановительные работы – нейтральные или барьерные дуги, другие дуги работы по перемещению восстановительных поездов – увеличивающие барьерный показатель дуги.

Далее приведем правила построения развертки для графов с барьерной достижимостью:

Исходный граф  $G(V, U=U_N \cup U_+ \cup U_B)$ , где  $V$  – вершины,  $U$  – ребра, развертка по графу  $G'(V', U')$ ,  $\forall x \in V \Rightarrow \exists h + 1$  вершина  $x^0, \dots, x^h \in V', \forall u \in U_N: f(u) = (x, y) \Rightarrow \exists h + 1$  дуга  $(x^i, y^i) \in U', i = 0, \dots, h, \forall u \in U_+: f(u) = (x, y) \Rightarrow \exists h$  дуг  $(x^i, y^{i+1}) \in U', i = 0, \dots, h-1$  и 1 дуга  $(x^h, y^h) \in U', \forall u \in U_B: f(u) = (x, y) \Rightarrow \exists$  дуга  $(x^h, y^0) \in U'$ .

Приведем пример построения развертки на рисунке 4. По полученной развертке так же, как и в случае со смешанной достижимостью необходимо выполнить обход графа, чтобы проверить возможность выполнения данного плана.

#### ВЫВОДЫ

Таким образом, разработка отечественных программных инструментов позволит заместить западные продукты, обеспечив, тем самым, безопасность их дальнейшего использования. Реализация в разрабатываемом программном обеспечении рассмотренных методов теории графов с нестандартной достижимостью позволит решать новые задачи в планировании и управлении проектами, актуальные в частности для АВР на железной дороге.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плескунов М. А., Задачи сетевого планирования: учебное пособие. –Екатеринбург: Изд-во Урал ун-та, 2014. – 92 с
2. Ерусалимский Я.М., Разработка и исследование методов решения экстремальных задач на ориентированных графах и сетях с ограничениями на достижимость: дис. д-ра техн. наук 05.13.17: защищена 21.11.2015. –Ростов-на-Дону, 2015. – 253 с.
3. Испухалеева, А.Н., Додонов, М.В. Разработка автоматизированной системы формирования и корректировки планов выполнения работ по текущему содержанию железнодорожных путей /Сборник: Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте: Материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 января 2021 года. –Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 58-60. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45740529>

УДК 004.94

### ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНОГО ПОТОКА НА ДВУХ Т-ОБРАЗНЫХ ПЕРЕКРЕСТКАХ ДЛЯ АНАЛИЗА ЗАГРУЖЕННОСТИ УЧАСТКОВ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Кельчина А. А., Портнов А. А., Иванов Д. В.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** имитационное моделирование как инструмент помогает в процессе анализа ситуаций различных систем без траты времени на выезд к реальному случаю, что упрощает работу и сокращает затраты. В данной статье будут проанализированы два Т-образных перекрестка участка дорожного движения для оценки их пропускной способности посредством программного обеспечения Anylogic.

**Ключевые слова:** anylogic, имитационное моделирование, перекресток, автотранспорт, пробка, затор, тупик, маршрут, загруженность, час пик, дорожное движение.

### SIMULATION AND STUDY OF TRAFFIC FLOW AT TWO T-SHAPED INTERSECTIONS TO ANALYZE TRAFFIC CONGESTION

Kelchina A. A., Portnov A. A., Ivanov D. V.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** simulation modeling as a tool helps in the process of analyzing situations of various systems without wasting time on going to the real situation, which simplifies work and reduces costs. In this article, two T-shaped intersections of a traffic section will be analyzed to assess their capacity using the Anylogic software.

**Keywords:** anylogic, simulation, traffic interchange, transport, traffic jam, congestion, dead end, optimization, rush hour, traffic.

**Введение.** Имитационное моделирование перекрестков играет важную роль для анализа и оптимизации инфраструктуры дорожного движения города и его ближайших поселений. Модель дает адекватную оценку внедрения разных вариантов проектирования движения, предсказание возможных проблем и способов их решения, а также способность создавать виртуальные модели уже готовых частей города для проведения на них экспериментов [1].

**Основная часть.** Моделирование дорожных развязок с помощью AnyLogic представляет собой многофункциональный инструмент, позволяющий реалистично воспроизводить сложные системы, такие как транспортные потоки на дорожных развязках. [2].

С помощью имитационной модели можно учесть широкий спектр параметров, влияющих на движение транспорта, изменять параметры перекрестков, добавлять световые индикации и изучать их влияние на загруженность. Кроме того, возможно провести анализ различных вариантов оптимизации или перестройки развязки, чтобы выбрать наиболее подходящее решение [2].

С помощью AnyLogic можно создавать модели поведения различных видов транспорта, пассажиров, пешеходов и других участников дорожного движения. Это позволяет проводить анализ эффективности существующих дорожных инфраструктур, оптимизировать потоки движения, повышать безопасность на дорогах и уменьшать временные задержки. В связи с этим данный продукт наиболее подходит для разработки имитационной модели транспортной развязки [3].

Для оценки загруженности рассматриваемого участка дорожной развязки необходимо построить имитационную модель в среде российского программного обеспечения Anylogic. После построения модели можно будет видеть проблему пробок на выбранных перекрестках. Имитационная модель способна рассмотреть действенные стратегии управления трафиком и повысить проходимость дорожных сетей.

Статья включает в себя разработку имитационной модели двух подряд идущих перекрестков. В период с 18:00 до 20:00 на выбранных участках происходят пробки, занимающие примерно от 15 до 40 минут простоя. Модель позволит увидеть заторы на участках и их пропускную способность за период времени равный примерно 3 часам. Результатом работы имитационной модели являются графики пропускной способности перекрестков в период с 18:00 до 21:00, на основании которых можно сделать вывод о неэффективности работы транспортной развязки.

1.Создание инфраструктуры развязки. Инфраструктура строится, включая в себя пересечение трех улиц и двух знаков «Уступи дорогу» (рис.1).

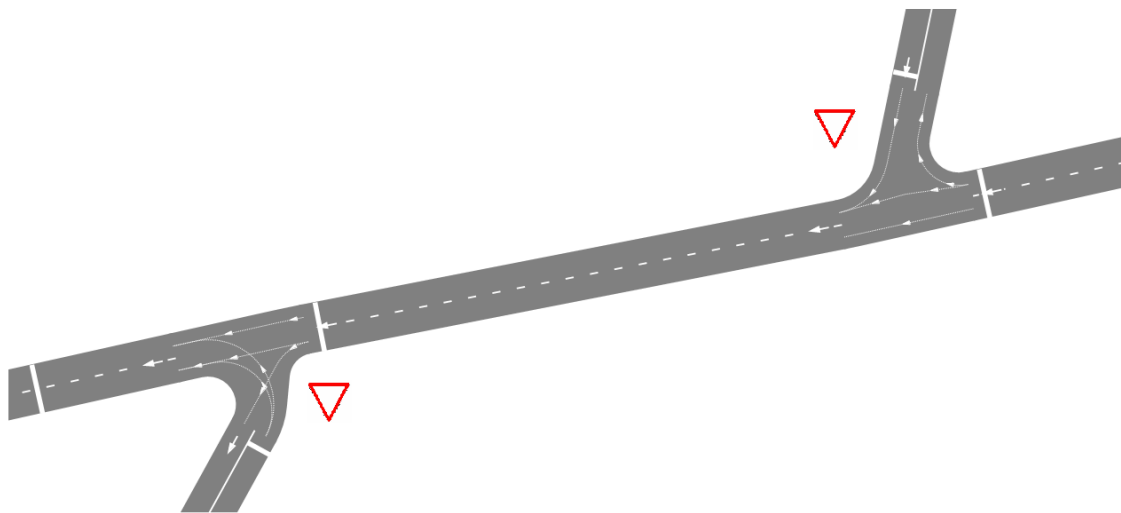


Рисунок 1 – Инфраструктура развязки

2. Создание логики движения модели. Процесс работы модели создается с помощью палитры «Библиотека дорожного движения» с использованием блоков «CarSource», «CarMoveTo», «CarDispose», «selectOutput», а также пяти автотранспортных дорог (road, road1, road2, road3, road4), двух перекрестков (intersection, intersection1) (рис.2)[3].

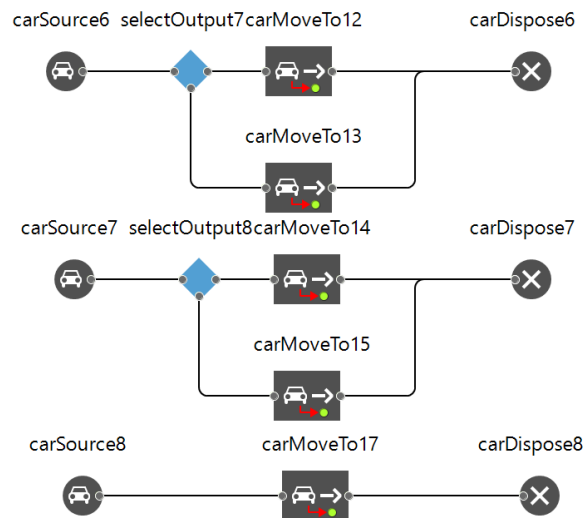


Рисунок 2 – Технологический процесс в виде диаграммы

Перекрестки оснащены лишь дорожным знаком «Уступи дорогу». Так как главная дорога почти всегда занята, поток автотранспорта вынужден ожидать достаточного для маневра места, которого почти не бывает в час пик. В данном случае автомобили пропускают транспорт с прилегающих территорий, что также создает дополнительный простой.

3. Запуск имитационной модели. На ней нанесены перекрестки рассматриваемой местности, а также задана логика. Все объекты библиотеки дорожного движения двигаются исходя из созданных потоковых диаграмм (рис.3).

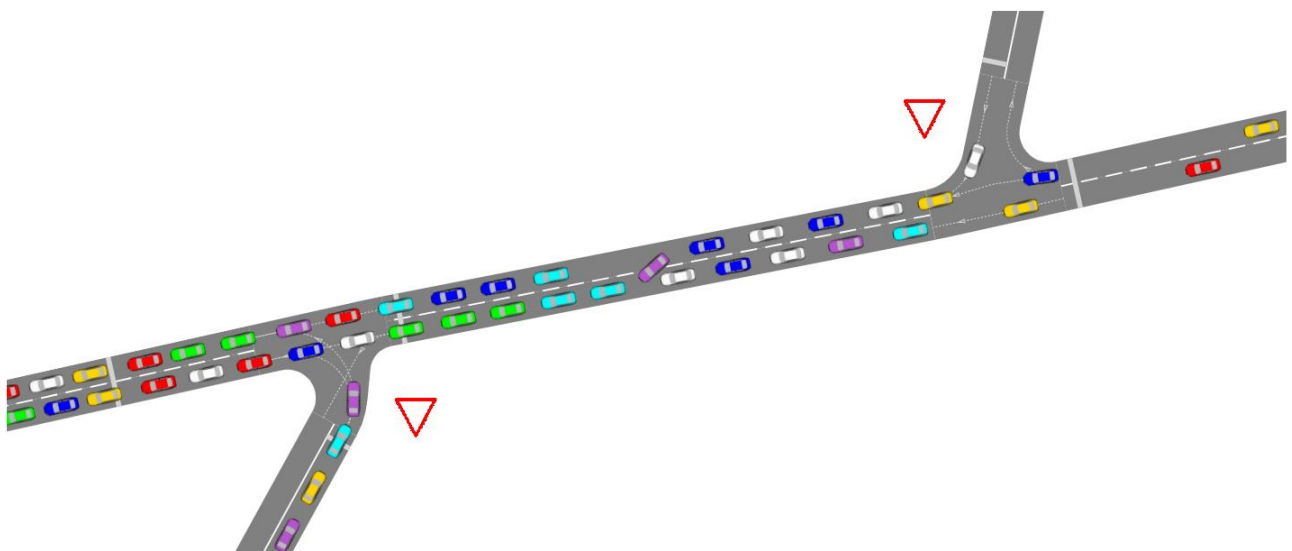


Рисунок 3 – Работа имитационной модели

4. Запуск имитации для сбора информации о пропускной способности участков в промежутке времени с 17:00 до 20:00.

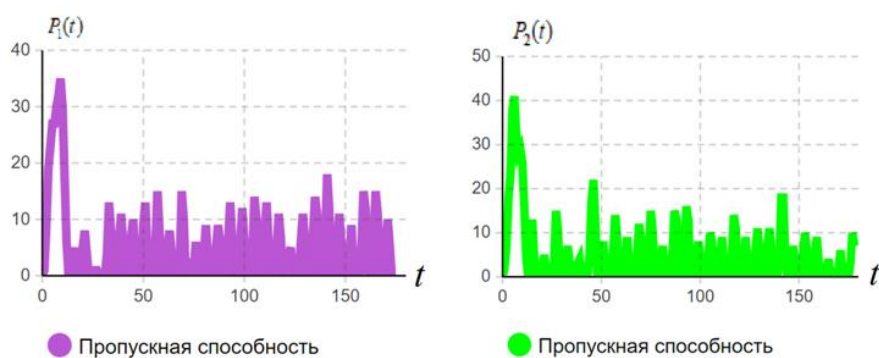


Рисунок 4 – График пропускной способности

На рисунке 4  $P_1(t)$  – пропускная способность первого перекрестка;  $P_2(t)$  – пропускная способность второго перекрестка;  $t$  – период сбора статистики. График показывает, что в 17:00 пропускная способность на перекрестке 1 и находится в пределах 35 машин в течение примерно 20 минут. Это высокий показатель относительно всей диаграммы. Далее же с приближением час пика (18:00) показатели графика падают достаточно быстро и существенно (сразу примерно до 15 машин в среднем). Это приводит к тому, что с 6 часов вечера на моделируемом перекрестке 1 происходит затор, в котором автотранспорт может провести до часа в связи с тем, что этот перекресток регулируется только уступающим дорожным знаком. Дальше по ходу движения потока стоит светофор с неравномерно распределенным временным интервалом, который также препятствует высокой проходимости. На втором графике ситуация не лучше – поток машин значительно снижается в пределах временного промежутка, схожего с ситуацией на первом графике, так как перекрестки находятся непосредственно друг за другом. Перекресток 2 не оборудован световой индикацией, как и первый, в связи с чем прилегающий поток вынужден ожидать «окошко» для въезда на основную дорогу. По данному участку передвигаются городские и пригородные маршруты, которые также вынуждены стоять в многочасовых заторах, не представляя возможным людям прибыть к пункту назначения вовремя, что снижает их эмпатию.

**Заключение.** Модель как инструмент позволяет не только изучить проблему возникновения заторов, но и внедрить различные пути оптимизации времени и реконструкции развязок. AnyLogic, позволяет анализировать различные сценарии и прогнозировать возможные последствия изменений в транспортной инфраструктуре, что позволит улучшить практичность дорожного движения.

Таким образом, имитационное моделирование, на сегодняшний день, становится важным инструментом для планирования и оптимизации не только транспортной, но и всей городской инфраструктуры, способствуя созданию более удобных и безопасных условий для всех участников дорожного движения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Имитационное моделирование в проектах ИТС: учебное пособие / С.В. Жанказиев, А.И. Воробьев, А.В. Шадрин, М.В. Гаврилюк; под ред. д-ра техн. наук, проф. С.В. Жанказиева. – М.: МАДИ, 2016. – 92 с.
2. Транспортное планирование. Особенности моделирования транспортных потоков в крупных российских городах: монография / М.Р. Якимов, А.А. Арпьева. – М: Логос, 2016. – 280 с.
3. Справка Anylogic. [Электронный ресурс]// Режим доступа: <https://anylogic.help/ru/anylogic/index.html>

## СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ПЕРЕВОЗИМЫЕ ПО ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ ГРУЗЫ

Засов В. А.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** в работе предлагается система мониторинга динамических и ударных воздействий на перевозимые по железной дороге грузы, отличающаяся от известных систем возможностью регистрации путевых координат, даты и времени событий динамических и ударных воздействий на перевозимые грузы; определением показателя усталостной повреждаемости перевозимых изделий; контролем измерительного оборудования, установленного на изделиях или транспортных платформах.

**Ключевые слова:** мониторинг, грузы, динамические, воздействия, ударные, нагрузки, ускорения, акселерометры, усталостная, повреждаемость.

## DYNAMIC IMPACT MONITORING SYSTEM FOR CARGO TRANSPORTED BY RAILWAY

Zasov V. A.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** the work proposes a system for monitoring dynamic and impact impacts on cargo transported by rail, which differs from known systems in the ability to register track coordinates, date and time of events of dynamic and impact impacts on transported cargo; determining the fatigue damage indicator of transported products; control of measuring equipment installed on products or transport platforms, scalability depending on the complexity of the transported object.

**Keywords:** monitoring, loads, dynamic, impacts, shock, loads, acceleration, accelerometers, fatigue, damage.

Существует определенная номенклатура грузов, для которых при транспортировке по железной дороге требуется соблюдать ограничения на динамические воздействия и ударные нагрузки. Превышение допустимых величин динамических и ударных воздействий на изделия и оборудование может привести к их деформации, сокращению срока эксплуатации и поломке.

Поэтому актуальной задачей является мониторинг динамических и ударных воздействий на изделия и оборудование в процесс их перевозки целью контроля выполнения ограничений на условия транспортировки.

В случае порчи грузов такой мониторинг позволяет определить: были ли допущены нарушения условий транспортировки грузов по динамическим воздействиям на этапе перевозки грузов или же эти нарушения допущены на этапах доставки к месту погрузки или собственно погрузке, т.е. разграничить ответственность участников перевозочного процесса.

В работе предлагается система мониторинга динамических и ударных воздействий на перевозимые по железной дороге грузы, отличающаяся от известных систем следующими дополнительными функциями:

- возможностью регистрации путевых координат, даты и времени событий динамических и ударных воздействий на перевозимые грузы;
- определением показателя усталостной повреждаемости перевозимых изделий;
- контролем измерительных преобразователей, установленных на изделиях или транспортных платформах;
- возможностью масштабирования в зависимости от сложности транспортируемого объекта.

Структурная схема системы мониторинга динамических и ударных воздействий на перевозимые по железной дороге грузы приведена на рисунке 1.

Динамические и ударные воздействия определяются путем измерения по трем координатам  $x, y, z$  величин ускорений [1, 2] с помощью измерительных преобразователей – акселерометров  $D_x, D_y, D_z$ .

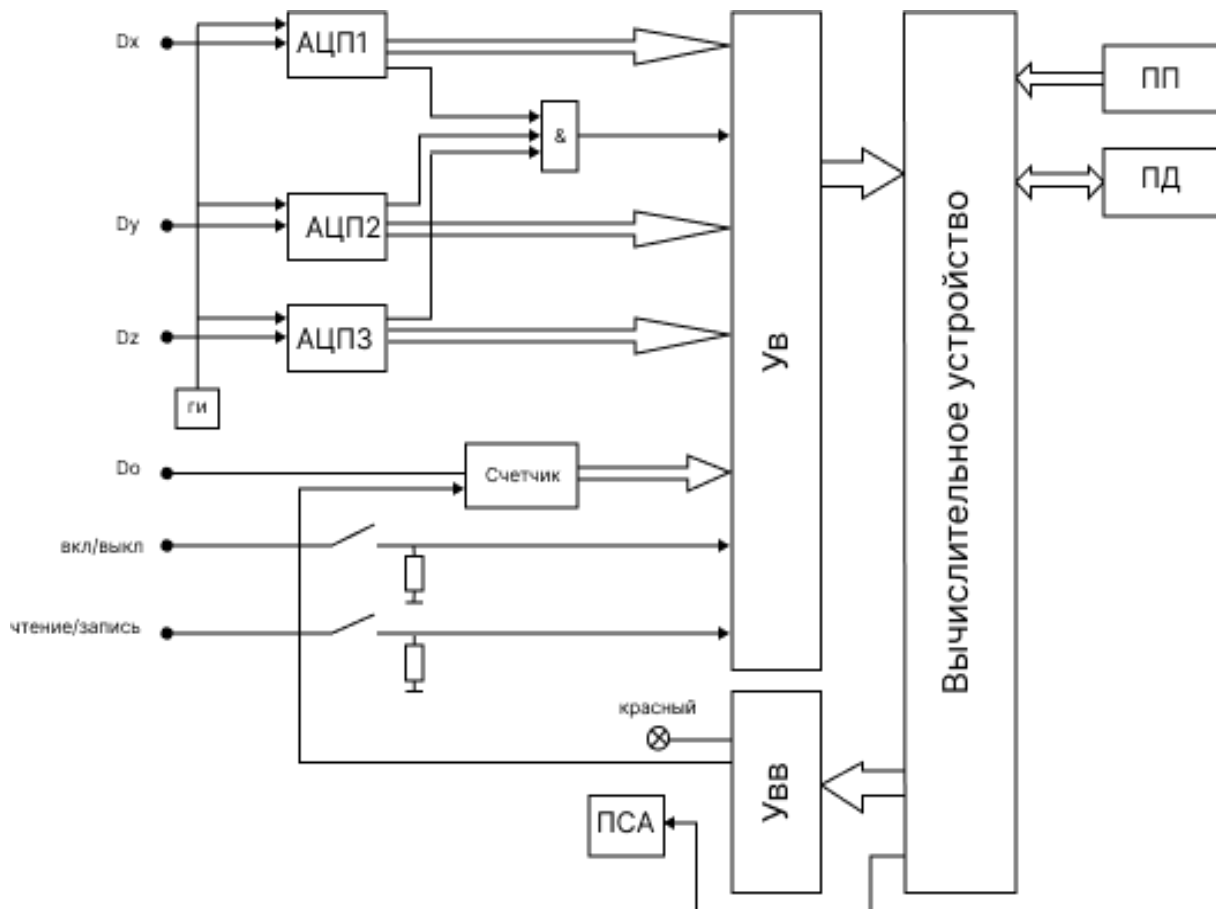


Рисунок 1 – Структурная схема системы мониторинга динамических и ударных воздействий на перевозимые по железной дороге грузы

Аналоговые сигналы ускорений преобразуются в цифровой код АЦП, передаются устройством ввода Ув в процессор и записываются в оперативную память ПД системы.

Так как измеряемые процессы имеют частотный диапазон единицы килогерц, частота дискретизации АЦП составляет 5 килогерц и АЦП выполнены с применением схем выборки и хранения [1, 2].

Если величины ускорений превышают пороговые ограничения, ускорения записываются в энергонезависимую память ПП на базе SSD дисков вместе с координатой пути, датой и астрономическим временем указанного события. В случаях отсутствия превышений порогов ускорений, запись в память не производится.

Путевая координата измеряется счетчиком, который подсчитывает обороты колеса транспортной платформы, а также навигационной системой ГЛОНАСС. Совокупное использование счетчика пути и навигационной системы позволяет повысить надежность определения путевых координат и достоверно локализовать место нарушений условий транспортировки.

Для определения показателя усталостной повреждаемости производится измерение числа ударных воздействий, величины которых, с одной стороны, не превышают предельные ограничения, приводящие к поломке перевозимого изделия, а с другой, достаточно велики и

вливают на техническое состояние изделий. Эти промежуточные величины задаются разработчиками изделий и оборудования.

Эффект накопления влияний таких промежуточных динамических воздействий (усталостная повреждаемость) не приводит к порче изделий, но ухудшает их техническое состояние и уменьшает ресурс работы [3].

Зная предельно допустимое число таких динамических и ударных воздействий и число измеренных при транспортировке, можно вычислить остаточный ресурс изделий и прогнозировать время до отказа изделий при дальнейшей их эксплуатации.

Схема алгоритма работы системы мониторинга динамических и ударных воздействий на перевозимые по железной дороге грузы приведена на рисунке 2.

Важнейшей характеристикой акселерометров являются динамические характеристики. В процессе эксплуатации эти характеристики изменяются из-за различных факторов, что приводит к увеличению погрешности измерений.

Для уменьшения погрешности измерений ускорения акселерометрами в системе мониторинга решена актуальная задача уменьшения погрешностей акселерометров путем автоматической коррекции их динамических характеристик, а именно импульсной, амплитудно-частотной и фаза-частотной характеристик [4, 5].

Рассмотренные особенности работы системы мониторинга поясняются схемой алгоритма работы на рисунке 2. Ниже описываются основные блоки этого алгоритма.

В блоках 5-6 осуществляется ввод ключа чтение/запись для проверки режима работы системы. Если установлен режим “запись”, то выполняются блоки 7-8 и записанные во время транспортировки данные передаются на компьютер через порт USB.

В блоке 9 производится включение счётчика пути для расчёта пройденного расстояния по оборотам колеса.

В блоках 10-11 производится ввод значения ускорения по оси  $D_x$  и сравнение его с пороговым. Если значение  $D_x$  больше порогового, то выполняются блоки 28-33 и событие превышения запишется в SSD диск вместе с пройденным расстоянием, датой и временем.

В блоках 12-13 производится ввод значения ускорения по оси  $D_y$  и сравнение его с пороговым. Если значение  $D_y$  больше порогового, то выполняются блоки 22-27 и событие превышения запишется в SSD диск вместе с пройденным расстоянием, датой и временем;

В блоках 14-15 производится ввод значения ускорения по оси  $D_z$  и сравнение его с пороговым. Если значение  $D_z$  больше порогового, то выполняются блоки 16-21 и событие превышения запишется в SSD диск вместе с пройденным расстоянием датой и временем.

Предложенная система мониторинга динамических и ударных воздействий на перевозимые грузы может использоваться для мониторинга систем амортизации, т.е. комфортности пассажирских вагонов [4, 5].



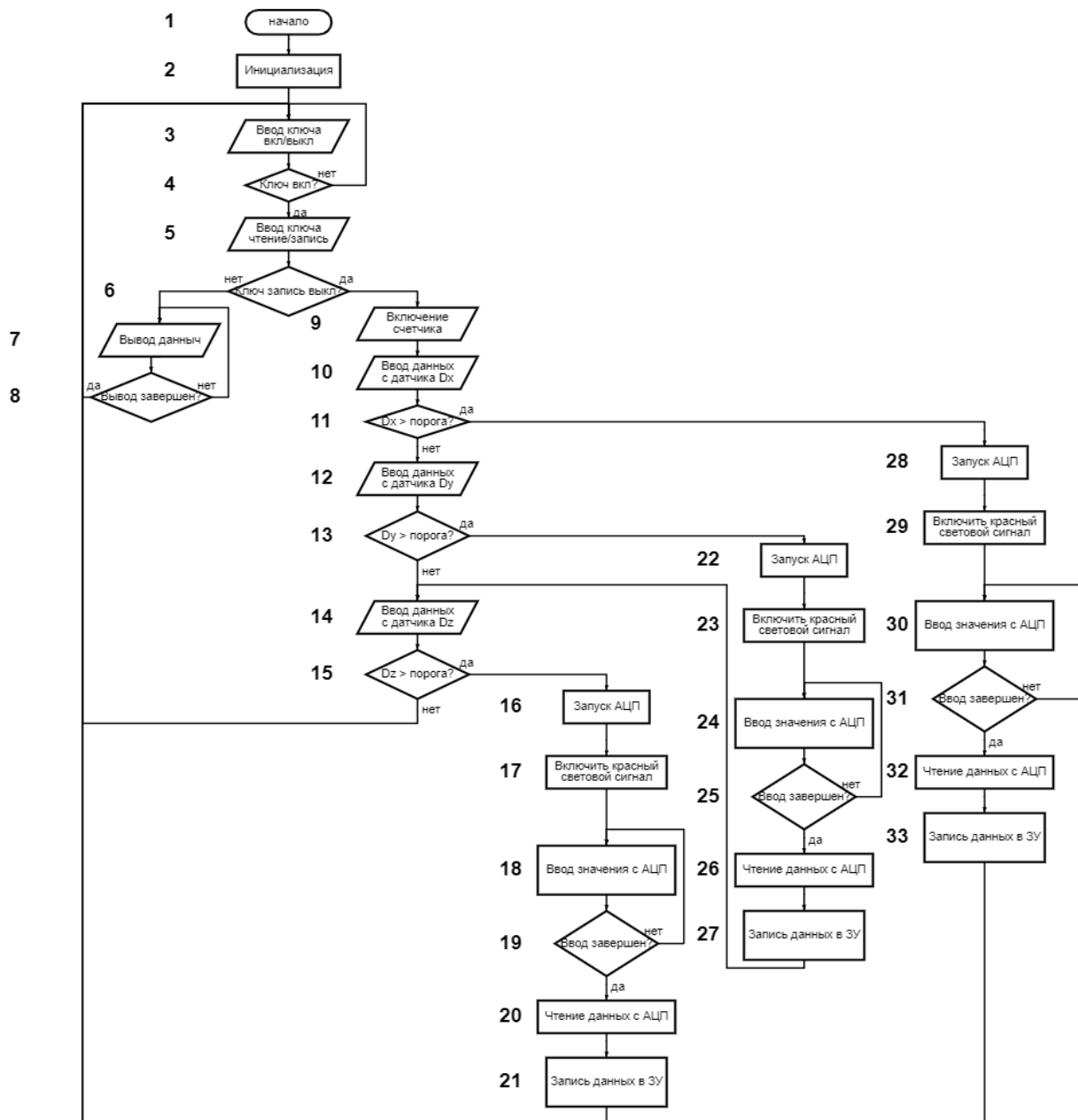


Рисунок 2 – Схема алгоритма работы системы мониторинга динамических и ударных воздействий на перевозимые по железной дороге грузы

Рассмотренная система мониторинга перевозки грузов может также найти применение для контроля транспортировки другими видами транспорта, например, автомобильным и авиационным.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клаassen К. Б. Основы измерений. Электронные методы и приборы в измерительной технике. – Москва: Постмаркет, 2000 – 352 с.
2. Топильский В. Б.: Микроэлектронные измерительные преобразователи: учебное пособие. – БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - 496 с.
3. Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. – М.: Горячая линия–Телеком, 2009.– 608 с.
4. Засов, В. А. Организация вычислительных процессов в параллельных системах: учебное пособие в двух частях.– Часть I. Мультипроцессорные системы / В.А. Засов. – Самара: СамГУПС, 2023. – 115 с.
5. Засов, В. А. Организация вычислительных процессов в параллельных системах: учебное пособие в двух частях.– Часть II. Мультипрограммные системы / В.А. Засов. – Самара: СамГУПС, 2023. – 159 с

## СЕКЦИЯ 2

### Современные цифровые технологии в различных областях науки и техники

УДК 005:331.108

#### СОВРЕМЕННЫЕ ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ ПОДБОРА ПЕРСОНАЛА

Гурьянова А. А.<sup>1</sup>, Аксютин Е. П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Самарский государственный экономический университет, Самара

<sup>2</sup>Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** правильный подбор персонала и выбор методики в современном обществе играет одну из ключевых ролей успешной деятельности любой организации. Охватываются различные методы подбора персонала, анализируются методы и охватываются различные аспекты подбора. Также обращают внимание на ключевые тенденции и перспективы в области подбора персонала, отмечая важность цифровизации HR-процессов и стремление организаций к привлечению высококвалифицированных специалистов в среде повышенной конкуренции.

**Ключевые слова:** методы, отбор персонала, набор персонала, технологии, кандидаты.

#### MODERN DIGITAL RECRUITMENT METHODS

Guryanova A. A.<sup>1</sup>, Aksyutina E. P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Samara State University of Economics, Samara

<sup>2</sup>Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** The correct selection of personnel and the choice of methodology in modern society plays one of the key roles in the successful operation of any organization. Various recruitment methods are covered, methods are analyzed and various aspects of recruitment are covered. They also draw attention to key trends and prospects in the field of recruitment, noting the importance of digitalization of HR processes and the desire of organizations to attract highly qualified specialists in an environment of increased competition.

**Keywords:** methods, personnel selection, recruitment, technologies, candidates.

Со стремительным развитием IT технологий в обществе все сферы претерпевают различные изменения. Появляются новые методы и технологии подбора персонала, а старые развиваются и внедряются новые технологии.

В современной методологии подбора и найма персонала встречается многочисленное количество мероприятий, включаемые в успешную стратегию отбора персонала.

Отбор персонала – это процесс систематического и целенаправленного подбора претендентов для работы в организации, основанное на сравнении их квалификации, профессионального опыта и навыков, предъявляемых к определенным вакансиям и сферам [1]. Процесс включает в себя активности и мероприятия для привлечения, оценки и принятия окончательного решения о приеме сотрудника, учитывая не только их технические навыки, но и соответствие ценностей, и корпоративной культуре компании.

Характерной особенностью отбора персонала – это совокупный подход, включающий в себя применение различных методик оценки, начиная от собеседования и интервью, тестирования, и заканчивая оценкой реального опыта. В современные практики в отбор включается, и подходящий культурный анализ для оптимально комфортного взаимодействия

с командой, успешной и быстрой акклиматизации к рабочей среде организации [2].

Различные авторы включают разные аспекты и дают разную оценку процессу отбора персонала. Рассмотрим некоторые из них в таблице 1.

Таблица 1

Методология процесса отбора персонала

Автор	Предлагаемые этапы процесса отбора персонала
Егоршин А. П.	1) Создание квалифицированной кадровой комиссии; 2) Формирование требований к вакансии; 3) Анализ данных каждого претендента; 4) Ранжирование списков претендентов; 5) Отбор и формирование списков, подходящих на должность; 6) Утверждение на должность; 7) Заключение трудового договора.
Мордовин С. К.	1) Получение анкетных данных; 2) Изучение рекомендаций; 3) Проведение собеседования; 4) Проверка проф. навыков, 5) Медицинский контроль (при необходимости); 6) Окончательное решение и найм сотрудника.

Выбор метода отбора помогает оценить, насколько претенденты на должность соответствуют необходимым требованиям для должности, и дает возможность провести все стороннюю оценку их качеств для дальнейшей работы и развития в компании [3].

Современные методы подбора персонала часто включают подбор персонала в социальных сетях.

Особой популярностью пользуются следующие методы: лизинг персонала, аутсорсинг, временных персонал, аутстаффинг.

В век цифровизации специалисты, которые занимаются подбором персонала, используют разные онлайн и офлайн методики и инструменты.

Плюсы и минусы современных методов онлайн-рекрутинга представлены в таблице 2.

Таблица 2

Плюсы и минусы онлайн-рекрутинга

Плюсы	Минусы
Значительная экономия времени: автоматизированные системы и ИИ позволяют быстро просматривать, тестировать и анализировать анкеты, которые отправляют кандидаты, позволяя отметить полностью не подходящие анкеты.[4]	Скрытность кандидатов: многие люди стараются ограничить интернет от своих данных и оставаться анонимными, что может затруднить процесс и оценку профиля требованиям вакансии.
Улучшение понимания данных: данные помогают в понимание рынка труда, современных трендов и потребностей кандидатов.	Отсутствие прямого контакта: при онлайн-рекрутинге снижается уровень личного взаимодействия, что является проблемой для полного понимания между кандидатом и рекрутером.
Уменьшение затрат организации: сокращение затрат на рекламу, снижает непроизводительность времени.	Проблемы с точностью и интерпретацией данных: не всегда можно оценить качества кандидата на основе поданных онлайн данных.
Широкая аудитория: открывается доступ к большому количеству кандидатов включающие в себя специалистов из разных географических областей.	Зашумление и лишние данные: так как интернет-пространство перенасыщено информацией, могут возникнуть сложности в привлечение внимания целевой аудитории к компании [5].

На основании этой таблице можно сделать вывод, что несмотря на плюсы, онлайн-рекрутинг требует особого внимания и комплексного подхода, сочетающим в себе и другие виды отбора персонала, при правильном подходе реально максимизировать преимущества и минимизировать недостатки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Варданян, В. Г. Методы подбора персонала на предприятии в современных условиях / В. Г. Варданян // Академическая публицистика. – 2017. – № 12. – С. 85-90. – EDN YLNJOV.
2. Гужина, Г. Н. Современные технологии подбора персонала и методы мотивации в процессе управления / Г. Н. Гужина, В. Г. Ежкова // Среднерусский вестник общественных наук. – 2021. – Т. 16, № 2. – С. 112-124. – DOI 10.22394/2071-2367-2021-16-2-112-124. – EDN KIQLCO.
3. Данилова, Ю. Д. VR–технологии в управлении персоналом организации / Ю. Д. Данилова, Ю. В. Скибин // Цифровые технологии в образовании : Материалы II Международной научно-практической конференции, Самара, 02–03 ноября 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 64-66. – EDN QVXVMF.
4. Минибаева, Р. М. Искусственный интеллект в управлении персоналом / Р. М. Минибаева, Ю. В. Скибин // Цифровые технологии в образовании : Материалы II Международной научно-практической конференции, Самара, 02–03 ноября 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 93-95. – EDN LUOWLO.
5. Тихонов, А. И. Современные методы оценки кандидатов при подборе персонала / А. И. Тихонов // Московский экономический журнал. – 2020. – № 5. – С. 70. – DOI 10.24411/2413-046X-2020-10334. – EDN WBZPEO.

УДК 005

## ИНДУСТРИИ 5.0: ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ

Харитонов Е.В., Шарикова Ю.В.

Самарский государственный экономический университет, Самара

**Аннотация.** тема данной работы является весьма актуальной в современном мире, что добавляет ей определенную ценность. Вокруг нас каждый день развивается все больше новых технологий, которые необходимо понимать и контролировать. Именно поэтому человечество пришло к индустрии 5.0, которая несёт в себе цель построить правильное взаимодействие между современными технологиями и человеком, а также повысить производительность и безопасность.

**Ключевые слова:** современные технологии, индустрия 5.0, робот, кобот, повышение производительности, цифровые двойники, искусственный интеллект.

## INDUSTRY 5.0: PROMISING AREAS OF DEVELOPMENT

Kharitonov E.V., Sharikova Y. V.

Samara State Economic University, Samara

**Abstract.** the topic of this paper is extremely relevant in today's world, adding significant value. With the daily development of new technologies, it is crucial to understand and manage them. This is the reason why humanity has progressed to Industry 5.0. The aim of Industry 5.0 is to establish the right interplay between modern technology and people, while also enhancing productivity and safety.

**Keywords:** modern technologies, industry 5.0, robot, robot, productivity improvement, digital twins, artificial intelligence.

В целом индустрию 5.0 можно охарактеризовать как использование роботов и интеллектуальных машин вместо обычных людей, чтобы добиться глобального подъёма производительности и экономического роста. Таким образом, человечество сможет упростить некоторую сложную работу, а также поставить в приоритет безопасность и сотрудничество. Такой исход событий можно назвать тенденцией к увеличению автоматизации и связи, а также выявлению наиболее важных аспектов в виде человекоориентированности, устойчивости и жизнестойкости. Целью данного проекта стоит обозначить желание оказывать положительное влияние на людей и планету. При этом важно понимать, что независимо от всех производственных процессов, человек должен стоять в центре, потому что именно он способен к критическому и творческому мышлению в отличие

от роботов, которые тоже несут в себе, несомненно, преимущества в виде абсолютной точности и отсутствия утомляемости [2].

Из вышеуказанного можно сделать лаконичный вывод: роботы действительно способны чётко выполнить определенные задачи, но только при совместной работе с людьми. Также после вышеописанного вывода стоит ввести новый и пока что непривычный для человеческого сознания термин. Кобот – это робот, работа которого заключается исключительно с людьми в виде помощника. Такие своего рода отношения можно назвать синергичными, потому что сильные качества обеих сторон объединяются, чтобы выполнить определенные и объективно значимые задачи [1].

Еще одним важным фактором индустрии 5.0 считается экологичность, которая проявляется в уменьшении воздействия на мир вокруг за счёт развития процессов экономики замкнутого цикла. Также в список стоит добавить такие аспекты как: снижение потребления энергии, выбросов парниковых газов и отходов, а ещё контроль над природными ресурсами, чтобы исключить их тотальное сокращение. Данная тема очень актуальна в современном мире. Необходимо научить людей «уважать» мир вокруг нас т.к. наша жизнь зависит от него очень сильно.

Стоит отметить устойчивость в промышленном производстве, которая благодаря индустрии 5.0 создаёт достаточно большой уровень надёжности. В данном случае не нужно будет беспокоиться о возможных перебоях, потому что они минимизированы, но при этом ещё имеется способность в условиях кризиса поддерживать необходимую инфраструктуру. Это действительно важный момент, потому что стабильности и безопасности людям очень не хватает [4].

В списке прочего есть проблема привлечения и удержания квалифицированного и талантливого персонала. Замена людей машинами на обычных работах, где не требуется творческий вклад, обеспечит людей современной и интересной рабочей средой, где будут оцениваться их достижения, мысли и таланты. При этом скорость и качество смогут повыситься во много раз. При этом допускается вариант массового изготовления на заказ, но все же индустрия 5.0 больше предполагают под собой нечто индивидуальное и персонализированное [3].

Также важен аспект цифровых двойников, которые присутствуют в индустрии 5.0. Именно они делают маловероятным износ реальных систем, а также улучшают обучение и эффективность рабочих. Такой аспект позволяет полностью погружаться в инновационность с маловероятным операционным риском.

Из вышеупомянутой информации вывод напрашивается сам. Индустрия 5.0 крайне важна в нынешнее время, потому что технологий с каждым днём становится всё больше, но при этом необходимо налаживать взаимодействие между ними и человеком, чтобы стремление сделать мир вокруг лучше оправдалось. От такого взаимодействия зависит колоссальное количество аспектов жизни. Сюда можно включить: существование коботов в работе, увеличение творческих возможностей человека за счёт искусственного интеллекта, абсолютно другая скорость, на ступень выше качество и безопасность, выработка правильного отношения к окружающей среде и т.д. [5].

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Будущее близко. Путь в «Индустрию 5.0» [Электронный ресурс]. -Режим доступа: URL: <https://dzen.ru/a/ZL6Qe90DvGVxljwg>
2. Индустрия 5.0 [Электронный ресурс]. -Режим доступа: URL: <https://www.sap.com/central-asia-caucasus/insights/industry-5-0.html>
3. Индустрия 5.0: золотой век или прыжок в темноту? [Электронный ресурс]. -Режим доступа: URL: <https://vestnik-ieran.ru/index.php/component/jdownloads/send/19-2023-n6-articles/139-vart-2023-6-p61-77>
4. Индустрия 5.0: что это такое и каково ее будущее? [Электронный ресурс]. -Режим доступа: URL:<https://www.itweek.ru/digitalization/article/detail.php?ID=227964>
5. Пятая индустриальная революция [Электронный ресурс]. -Режим доступа:URL: <https://indpolicy.hse.ru/data/2022/07/12/1620484059/Industry%205.0.pdf>

## АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИИ

Рындина Е. Е., Скибин Ю. В.

Самарский государственный экономический университет, Самара

**Аннотация:** прогнозирование и визуализация возможных ситуаций помогает вовремя сориентироваться и найти верный способ подстроиться под изменения, которые происходят в нашей жизни довольно часто с приходом новых технологий. Особенно это актуально сейчас, когда перед Россией стоит важный выбор пути самостоятельного развития. В данной статье рассматриваются направления и сценарии этого пути.

**Ключевые слова:** информационные технологии, инновации, кибербезопасность, искусственный интеллект, цифровизация, конкуренция на рынке, здравоохранение, образование, транспорт.

## CURRENT DIRECTIONS DEVELOPMENT OF INFORMATION TECHNOLOGY IN RUSSIA

Ryndina E. E., Skibin Yu. V.

Samara State Economic University, Samara

**Abstract.** Forecasting and visualizing possible situations helps us to orient ourselves in time and find the right way to adapt to the changes that occur in our lives quite often with the advent of new technologies. This is especially true now, when Russia faces an important choice of the path of independent development. This article discusses the directions and scenarios of this path.

**Keywords:** Information technology, innovation, cyber security, artificial intelligence, digitalization, market competition, healthcare, education, and transportation.

В последнее время мир вокруг значительно поменялся, наполнившись новейшими технологиями, которые необратимо поменяли жизнь человека. Однако периодически в истории возникают некоторые разлады и конфликты, которые мешают развитию прогресса и науки в целом. Наше время не стало исключением. Если оглянуться назад, Россия активно развивалась и постигала всё больше современных навыков, но в связи с нынешней геополитической ситуацией такая деятельность может попасть под риск. Именно поэтому необходимо рассмотреть несколько сценариев, чтобы просчитать возможные исходы [1].

К пессимистичному сценарию можно отнести тотальную блокировку зарубежных технологий и рынков, миграцию ИТ-специалистов из России, а также прекращение различных проектов в сфере цифровизации. Исход данного сценария очевиден: потеря конкурентоспособности на мировом уровне, стагнация ИТ-отрасли или вовсе её деградация.

К оптимистическому сценарию можно отнести один из самых важных аспектов: большую государственную поддержку отечественных разработок в области информационных технологий. Еще можно добавить такие факторы как: полное или частичное импортозамещение товаров и услуг, выбор приоритета в сторону искусственного интеллекта, больших данных, квантовых вычислений. Исход будет положителен и лаконичен: Россия сможет стать лидером в отдельных частях глобального ИТ-рынка, совершив мощнейший рывок в развитии цифровой экономики. Однако необходимо обратить внимание на тенденции развития технологий для положительного сценария [2].

Так как всё больше технологий вовлекаются в повседневную жизнь необходимо продолжать автоматизацию актуальных задач и развивать искусственный интеллект. Если брать в пример определенную компанию, которая не сможет грамотно выстроить стратегию адаптации к цифровизации, то высок риск, что данный сегмент перестанет быть способным к конкуренции на рынке [3].

Следует выделить области, в которых будут значительно широко применяться искусственный интеллект.

Таблица 1

Области активного применения искусственного интеллекта

Область применения	Направления применения искусственного интеллекта	Особенности применения
Транспорт	<ul style="list-style-type: none"> <li>– повышение безопасности,</li> <li>– грамотное управление трафиком,</li> <li>– прогнозирование возможных аварий,</li> <li>– освоение автономного транспорта</li> </ul>	К сожалению, статистика аварий и проблем на дорогах удручает. Поэтому современные технологии в данной отрасли необходимы, чтобы снизить все риски, которые угрожают человеческой жизни
Образование	<ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ данных об учащихся,</li> <li>– определение индивидуальных потребностей и методов обучения</li> </ul>	Каждый ребёнок сможет получить своё должное внимание и закрыть пробелы в знаниях, потребностях деликатным и комфортным способом, который будет возможен благодаря современным технологиям. Это повышает возможность вырастить действительно полноценную личность в обществе
Здравоохранение	<ul style="list-style-type: none"> <li>– улучшение диагностики,</li> <li>– прогнозирования и лечения,</li> <li>– тщательный и дательный анализ данных,</li> <li>– разработка лекарственных средств</li> </ul>	Улучшит жизнь людей в несколько раз. Также можно предположить, что продолжительность жизни станет больше, количество умерших людей (особенно в молодом возрасте) станет меньше, приток рождаемости здоровых детей увеличится
Персонализация сервисов	<ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ данных о предпочтениях клиентов</li> </ul>	Анализ данных о предпочтениях клиентов, чтобы создать и предложить особенные рекомендации, оптимизируя опыт пользователя

Однако с увеличением цифровых технологий необходимо не забывать ставить в приоритет кибербезопасность, потому что кибератаки стали крайне распространенным явлением. Стоит отметить, что Россия уже инвестирует в данное направление, уделяя особое внимание:

- развитие технологий, создание центров кибербезопасности, грамотное обучение специалистов;
- сотрудничество, с помощью которого общими усилиями можно спрогнозировать и отразить киберугрозы;
- создание особенного пространства для повышения знаний и умений в сфере кибербезопасности;
- продолжение развития инновационных проектов.

Всеобщая цифровизация бизнес процессов немыслима без развития технологий 5G и Интернет вещей [4].

Развитие 5G-сетей будет стимулировать развитие Интернета вещей (IoT). Всё это открывает абсолютно иные возможности для инноваций и бизнес-моделей. В пример можно поставить смарт-города.

Идея создать «Умный город» возникла весьма давно, но реализовать её казалось невозможным. Однако сейчас это наше прямое и скорое будущее. Построенный «Умный город» – это пространство, в котором всем комфортно и безопасно. А все благодаря цифровизации. Она связывает воедино жизненно важные системы городского хозяйства, например транспорт, ЖКХ, освещение. Если где-то происходит ЧП – ломается светофор –

городское управление моментально узнает об этом. В итоге меньше катастроф, человеческих жертв, беспорядка.

Уже сейчас есть проекты, которые реализовались в нашей повседневной жизни. Самый простой пример – умный домофон [5].

Таким образом, стремительный технологический информационный прогресс в цифровой сфере играет все более значимую роль в формировании пути самостоятельного развития России по оптимистическому сценарию, чему, в том числе, способствует государственная поддержка отечественных разработок в области информационных технологий.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Главные тренды цифровизации в России до 2030 года [Электронный ресурс]. -Режим доступа: URL: <https://ria.ru/20231026/shadaev-1905333357.html> (Дата обращения: 12.03.2024)
2. Информационные технологии [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://sudact.ru/law/prognoz-dolgosrochnogo-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiia-rossiiskoi-federatsii-na/prognoz/9/9.3/informatsionnye-tekhnologii/> (Дата обращения: 10.03.2024)
3. Новая Стратегия развития информационного общества [Электронный ресурс]. -Режим доступа:URL: <https://tass.ru/politika/3869202> (Дата обращения: 15.03.2024)
4. Сценарии развития информационных технологий в России до 2030 года [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://www.itweek.ru/business/article/detail.php?ID=226877> (Дата обращения: 12.03.2024)
5. Эксперты описали сценарии развития информтехнологий в России до 2030 года [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: [https://www.rbc.ru/technology\\_and\\_media/20/07/2023/64b7a9029a794727c538826a?from=copy](https://www.rbc.ru/technology_and_media/20/07/2023/64b7a9029a794727c538826a?from=copy) (Дата обращения: 15.03.2024)

*УДК 004.5*

### **РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ЗАСЛУГ (ДОСТИЖЕНИЙ) РАБОТНИКОВ КУЙБЫШЕВСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ**

Папиловская Л. И., Патутина Е. С.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** в статье будет описан процесс разработки информационной системы учета заслуг (достижений) работников. Представлена единая система нормативно-справочной информации (НСИ). Рассмотрены виды поощрений Открытого Акционерного Общества «Российские железные дороги», и ER-диаграмма (сущность – связь).

**Ключевые слова:** система поощрения и стимулирования персонала, кадровая политика, мотивация, стимулирование.

### **DEVELOPMENT OF AN INFORMATION SYSTEM FOR RECORDING THE MERITS (ACHIEVEMENTS) OF KUIBYSHEV RAILWAY EMPLOYEES**

Papirovskaya L. I., Patutina E. S.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** the article will describe the process of developing an information system for accounting for the merits (achievements) of employees. A unified system of normative reference information (NSI) is presented. The types of incentives of the Open Joint Stock Company "Russian Railways" and the ER diagram (essence – connection) are considered.

**Keywords:** the system of encouragement and stimulation of personnel, personnel policy, motivation, stimulation.



**Введение.** Российские Железные Дороги – компания с большой историей. За время работы на железнодорожном транспорте сформировалась целая наградная система. Куйбышевская железная дорога занимает определяющее место в экономике региона. В первую очередь успешное развитие и функционирование дороги зависит от коллектива предприятий. Работники предприятий поощряются за добросовестное выполнение трудовых обязанностей, улучшение качества работы, повышение производительности труда, новаторство, инициативу, обеспечение сохранности перевозимых грузов и багажа, бережное отношение к иному вверенному имуществу, продолжительную и безупречную работу. Награды стимулируют человека к росту и самосовершенствованию, и делают нас более продуктивными и успешными. Для работников железнодорожного транспорта применяются различные виды наград и поощрений. Каждая из ведомственных наград ОАО «РЖД» сопровождается определенным положением и порядком награждения, учетом заслуг, поощрений работников компании.

Объектом исследования является система учета заслуг (достижений) персонала.

Предметом исследования – инструментарию системы учета заслуг (достижений), наградные системы, поощрения и процессы стимулирования персонала в компании.

Цель – изучение видов наград (поощрений) персонала в организации, их систематизация для учета заслуг, разработка специализированных отчетов, вне информационных систем управления персоналом и социальной политикой.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- рассматриваются и анализируются такие понятия как наградная система, награда, разновидность и особые виды поощрений в ОАО «РЖД», приводятся определения этих понятий и положения по присвоению;
- исследуются процедуры учета заслуг персонала, формирования отчетов по предприятию и справок для предоставления в вышестоящие структуры компании.

В рамках исследования были изучены теоретические основы видов поощрений и стимулирования персонала в организации, сущность и содержание процессов мотиваций персонала. Информационные системы управления персоналом и социальной сферой, эксплуатируемые в ОАО «РЖД», отчетные формы и справки, по учету заслуг/поощрений работников различных сфер деятельности железнодорожного транспорта.

Методы и материалы исследования: научные статьи, функциональная стратегия развития кадрового потенциала компании, награды и наградная система, положения о наградах и поощрениях сотрудников. До сих пор понятие награды, поощрения, как меры воздействия на развитие производства, не имеет четкого определения, не в полной мере исследован вопрос о награде как особом виде поощрения, в процесс присвоения наград вмешивается субъективный фактор.

Создание информационной системы учета заслуг (достижений) работников Куйбышевской железной дороги позволит разработать индивидуальный реестр достижений работников компании. Позволит сформировать необходимые отчеты для руководителей структурных подразделений и профильных специалистов службы управления персоналом СУП по запросам, что будет способствовать более объективному подбору кандидатов на награждения, стимулируя сотрудников к профессиональному росту, повышению лояльности персонала к руководству предприятий/компании.

Рассмотрим алгоритм работы ИС по учету достижений. В отдел кадров предприятия приходит запрос на формирование списка кандидатов для поощрения на определенный вид награды за определенный период времени, специалист по кадрам со своего автоматизированного рабочего места (АРМ), «выгружает» из Автоматизированной системы управления персоналом АСУ Кадры, например, «ИС: Зарплата и управление персоналом», список всех сотрудников предприятия. Далее отправляет список в разрабатываемую информационную систему, программа которой формирует список претендентов на награду/поощрение по определенным критериям и возвращает готовый список на утверждение или корректировку руководителям предприятия, а далее специалистам СУП. При этом

специалисты СУП могут получать при необходимости два списка, список сформированный ИС и список, поданный руководством предприятия. На рисунках 1, 2 представлены «Контекстная диаграммы IDEF0» и «Диаграмма декомпозиции», разрабатываемой информационной системы по учету заслуг работников предприятия ИС УЗР.

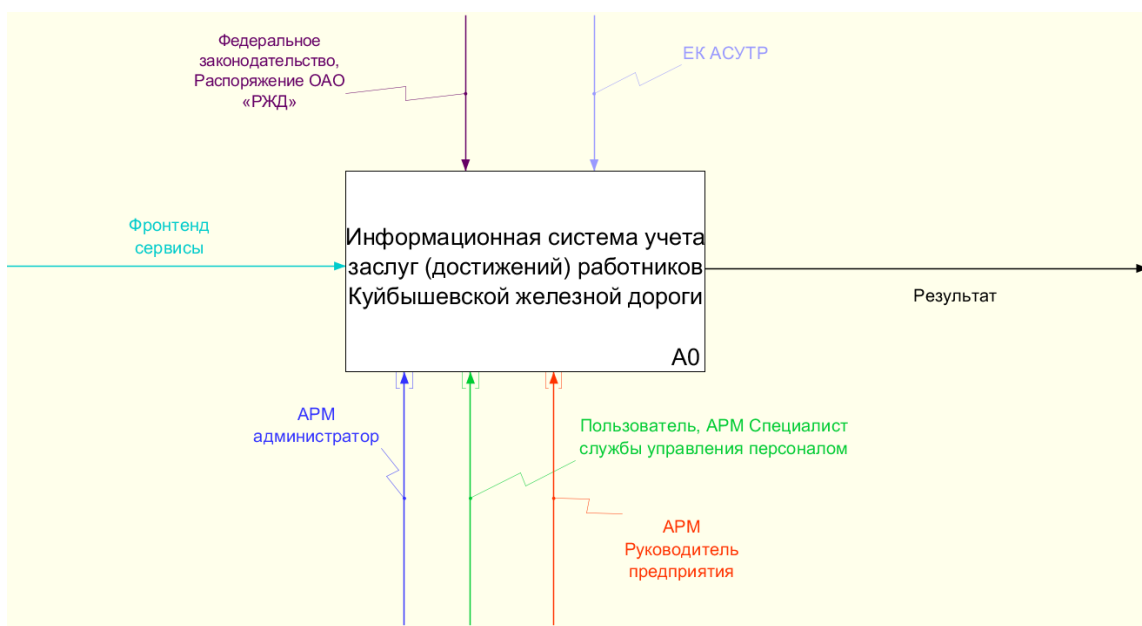


Рисунок 1 – Контекстная диаграммы IDEF0 ИС учета заслуг работников

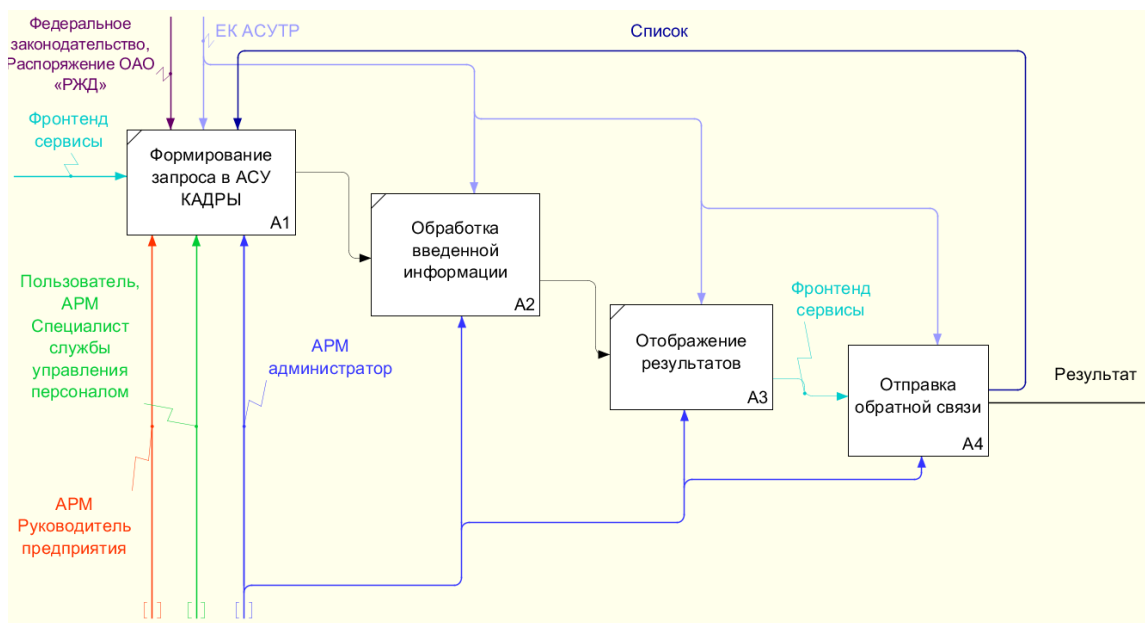


Рисунок 2 – Диаграмма декомпозиции

Основным элементом для отображения списка кандидатов на поощрения является база данных, в которой создана таблица для внесения необходимых данных по кандидатам. Для удобства разработана форма ввода со следующими функциями: ввод, редактирования, удаления данных с поддержкой из нормативно-справочной системы НСИ. НСИ представлена обычно набором справочников и классификаторов (рисунок 3).

Для отображения списка кандидатов на поощрения в ИС УЗР является база данных с необходимой информацией по работникам предприятия. Возможна корректировка представленного списка или отдельных данных. Рассмотрим виды поощрений на примере Куйбышевской железной дороги (таблица 1).

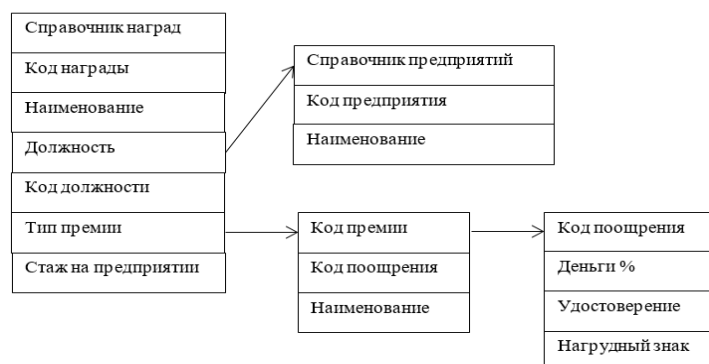


Рисунок 3 – Справочник наград

Таблица 1

О видах поощрений на Куйбышевской железной дороге – филиале ОАО «РЖД»

<b>Заслуженный работник КБШ</b>			
Ф.И.О.	Должность	Подразделение	<b>Стаж не менее 15 лет</b>
Можно награждать через 3 года после именных часов Начальника КБШ или Почетной грамоты КБШ			
<b>ВРУЧАЕТСЯ</b>	Удостоверение	Нагрудный знак	Премия 15 000 р
В течении года не более 15 человек			
<b>Почетный ветеран КБШ</b>			
Ф.И.О.	Должность	Подразделение	
бывшим работникам железной дороги (далее - ветераны), состоящие на учете в ветеранских организациях железной дороги, безупречно проработавшие до ухода на заслуженный отдых на железнодорожном транспорте, общественных организациях железнодорожного транспорта: <b>мужчины – 35 лет и женщины – 30 лет</b> , пользующиеся авторитетом в трудовых коллективах, а также независимо от стажа работы за мужество и самоотверженные действия, связанные с обеспечением безопасности движения поездов, жизни пассажиров, сохранности грузов, багажа.			
<b>ВРУЧАЕТСЯ</b>	Удостоверение	Нагрудный знак	Премия -
В течении года не более 10 человек			
<b>Лучший наставник КБШ</b>			
Ф.И.О.	Должность	Подразделение	
<b>Стаж не менее 5 лет, наставником не менее 3 лет</b> , отсутствии упущений в работе и дисциплинарных взысканий за последний календарный год как у наставника, так и у стажера.			
Ежегодно может быть присвоено не более 10 званий			
<b>ВРУЧАЕТСЯ</b>	Удостоверение	Нагрудный знак	Премия 5 000 р
<b>Именные часы Начальника КБШ</b>			
Ф.И.О.	Должность	Подразделение	<b>Стаж не менее 5 лет</b>
лица, как правило, имеющие Почетную грамоту Куйбышевской железной дороги или Благодарность начальника Куйбышевской железной дороги			
<b>ВРУЧАЕТСЯ</b>	Удостоверение	Нагрудный знак	Премия -
<b>О Благодарности Начальника КБШ</b>			
Ф.И.О.	Должность	Подразделение	<b>Стаж не менее 5 лет</b>
<b>Благодарность</b> оформляется на бланке установленного образца			
<b>ВРУЧАЕТСЯ</b>	-	-	Премия 8 000 р
<b>Почетной грамоте КБШ</b>			
Ф.И.О.	Должность	Подразделение	<b>Стаж не менее 3 года</b>
<b>Почетная грамота</b> оформляется на бланке установленного образца			
<b>ВРУЧАЕТСЯ</b>	-	-	Премия 6 000 р
<b>Об объявлении Благодарности КБШ</b>			
Ф.И.О.	Должность	Подразделение	
<b>Благодарность</b> оформляется на бланке, выполненном в фирменном стиле ОАО «РЖД»			
В течении года не более 10 человек			
<b>ВРУЧАЕТСЯ</b>	-	-	Премия -

Источник: составлено автором на основе документа [3].

На этапе анализа предметной области была накоплена и систематизирована информация по положениям о наградах. Эта информация представлена информационными элементами, и чтобы упорядочить эту информацию, классифицировать и структурировать информационные

элементы был проведен анализ данных предметной области и разработаны связи и структуры данных в виде модели. На рис. 4 представлена ER-диаграмма, показано с какими данными нужно будет работать при реализации проекта, как эти данные связаны между собой.

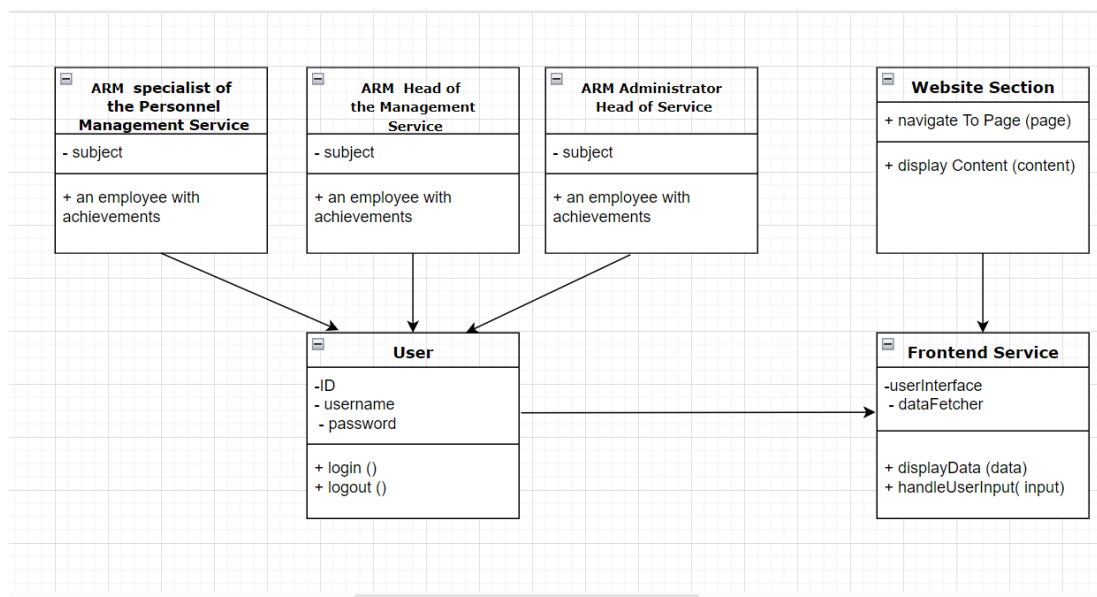


Рисунок 4 – ER-диаграмма (сущность – связь)

Можно сделать вывод, что для эффективной работы персонала в компании, для своевременного и справедливого поощрения лучших, необходимо создать универсальный инструмент в виде информационной системы учета заслуг (достижений) работников предприятий железнодорожного транспорта.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Распоряжение ОАО "РЖД" от 05.03.2021 N 450/р «Об утверждении Методики оценки человеческого капитала ОАО «РЖД»
2. Распоряжение ОАО "РЖД" от 26.05.2023 N 1293/р «Об утверждении положения о Единовременном вознаграждении работников структурных подразделений филиалов ОАО «РЖД» за обеспечение безопасности движения и вклад в культуру безопасности»
3. Распоряжение ОАО "РЖД" от 25.01.2021 N н «О видах поощрений на Куйбышевской железной дороге – филиале ОАО "РЖД"».

УДК 004.8:378.14

## УЧЕТ СТИЛЯ ОБУЧЕНИЯ В МОДЕЛИ ЗНАНИЙ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Беспалова А. Р.

Самарский государственный технический университет, Самара

**Аннотация:** в статье рассматривается роль индивидуальных особенностей в усвоении информации обучающимся и учет таких особенностей применительно к реализации модуля рекомендаций учебных материалов в адаптивной системе контроля знаний обучающегося. Приводится описание стилей обучения по модели Фелдера-Сильвермана и их связь с подачей учебного материала в форме общих рекомендаций. Описывается концепция практической реализации приведенной модели и её интеграция с моделью знаний обучающегося.

**Ключевые слова:** адаптивные системы, индивидуальное обучение, индекс стилей обучения, рекомендательные системы.

*Благодарности.* От всей души благодарю научного руководителя – к.т.н., доцента кафедры АУТС Левина Илью Сергеевича за Ваше время, терпение и поддержку при подготовке данной научной работы. Надеюсь на дальнейшее плодотворное сотрудничество.

## ACCOUNTING LEARNING STYLE IN THE KNOWN LEARNER MODEL

Bespalova A. R.

Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** the article discusses the role of individual characteristics in the assimilation of information by students and the consideration of such characteristics in relation to the implementation of the program module for recommending educational materials in the adaptive system for monitoring the student's knowledge. A description of learning styles according to the Felder-Silverman model and their connection with the presentation of educational material in the form of general recommendations is provided. The concept of practical implementation of the given model and its integration with the student's knowledge model is described.

**Keywords:** adaptive systems, individual training, index of learning styles, recommendation systems.

Индивидуальный стиль обучения играет важную роль в обучающих системах. Каждый человек уникален и имеет свои особенности, которые могут влиять на процесс обучения. Индивидуальный стиль обучения основан на учете индивидуальных особенностей каждого учащегося и зависит от особенностей восприятия информации, темперамента, типа нервной деятельности и т.п.. Учет таких особенностей помогает повысить эффективность обучения и улучшить результаты. Кроме того, индивидуальный стиль обучения способствует развитию творческого мышления и самостоятельности обучающегося [1].

Адаптивные обучающие системы, планирующие и поддерживающие индивидуальное обучение, как, например, в [2], должны быть способны учитывать индивидуальные особенности усвоения информации обучающимся [3]. Одним из этапов построения таких систем можно считать информационную систему контроля знаний, позволяющей построить модель знаний учащегося. Реализация данного этапа предложена в [4]. Однако для построения эффективной системы рекомендаций учебно-методических материалов и курсов требуется дополнить модель знаний обучающегося дополнительной информацией о его индивидуальных особенностях обучения.

Одной из самых известных моделей стилей обучения является модель Фелдера-Сильверман [1, 3]. На основе анкеты индекса стилей обучения, представленной в [5], которая состоит из 44 вопросов, определяется стиль обучения учащегося:

- сенсорный/интуитивный;
- визуальный/вербальный;
- активный/рефлексивный;
- последовательный/целостный.

Каждое из этих измерений отвечает за свой способ взаимодействия с информацией: восприятие, представление, обработка и организация соответственно. Каждому из этих способов соответствуют отдельные предпочтения обучающихся.

Обучающимся с сенсорным стилем необходимо преподносить информацию точно и ясно, они больше доверяют проверенным источникам и методам, лучше воспринимают факты, данные, реальные или гипотетические эксперименты и их результаты. Обучающимся с интуитивным стилем, наоборот, лучше всего преподносить информацию в виде абстрактных концепций, например, принципы, теории, математические модели.

Для обучающихся с визуальным стилем для усвоения материала очень важно визуальное подкрепление, они будут лучше воспринимать теоретические знания с графическими материалами в виде графиков, диаграмм, рисунков и т.д., в то время как обучающимся с вербальным стилем будут лучше даваться словесные объяснения в виде аудио- или видеоматериалов.

Обучающимся с активным стилем обучения лучше всего преподносить меньше

теоретических материалов и больше практических. Им можно рекомендовать вступать в группы «по интересам», искать напарников, с которыми можно будет вместе обучаться. Обучающимся с рефлексивным стилем, наоборот, лучше дать больше времени на изучение теоретического материала, таким людям лучше работается в одиночку.

Обучающимся с последовательным стилем обучения лучше рекомендовать изучение материала по отдельным темам, разбивать материал на более мелкие темы и преподносить обучающемуся последовательно. Для обучающихся с целостным типом обучения будут характерно системное восприятие учебного материала. Им лучше преподносить весь материал большими темами, чтобы они смогли более целостно воспринимать информацию.

Применительно к разработке блока рекомендаций в адаптивной системе контроля знаний обучающегося [4], анкетирование для определения индекса стиля обучения можно использовать как первоначальный тест, по результатам которого делается оценка в численном и качественном (нечетком) варианте, дополняющая модель знаний обучающегося. Далее, формируя базу данных учебно-методических материалов, необходимо предусмотреть возможность хранения различной формы представления этих материалов (например, в форме онлайн интерактивных учебных курсов или видеоуроков), а рекомендации давать в зависимости от индекса стиля обучения, рейтинга конкретной единицы учебного материала и пробелов в выявленных областях знаний.

Таким образом, практическая реализация приведенных рекомендаций позволит учесть качественные характеристики индивидуального стиля обучения для модели обучающегося в адаптивной системе контроля знаний и на основе неё разработать систему рекомендаций, которая бы удовлетворяла индивидуальные потребности каждого учащегося в подборе учебного материала.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Felder R.M., Silverman L.K. Learning and teaching styles in engineering education // Engineering education. – 1988. – Vol. 78, N 7. – P. 674–681.
2. Алешенко, А. С. Интеллектуальная обучающая система кафедры вуза / А. С. Алешенко, В. М. Трембач // Открытое образование. – 2016. – Т. 20, № 5. – С. 47-52. – DOI 10.21686/1818-4243-2016-5-47-52. – EDN WXOQGD.
3. Волянская, Т. А. Вопросы адаптивности в системах дистанционного обучения / Т. А. Волянская // Системная информатика. – 2020. – № 16. – С. 11-46. – DOI 10.31144/si.2307-6410.2020.n16.p11-46. – EDN GHNDWI.
4. Беспалова, А. Р. Разработка модели учащегося в интеллектуальной обучающей системе / А. Р. Беспалова, И. С. Левин // Системный анализ в проектировании и управлении сборник научных трудов XXVI Международной научно-практической конференции. В 3 ч., Санкт-Петербург, 13–14 октября 2022 года. Том Часть 3. – Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2023. – С. 277-284. – DOI 10.18720/SPBPU/2/id23-487. – EDN EIVYQJ.
5. Solomon, B.; Felder, R. Index of Learning Styles. 1999. URL: [https://www.researchgate.net/publication/239597589\\_Index\\_of\\_Learning\\_Styles](https://www.researchgate.net/publication/239597589_Index_of_Learning_Styles) (Дата обращения: 13.03.2024).

УДК: 004.891.333

### ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ: ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Скибин Ю. В.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** в условиях стремительных изменений, связанных с четвертой промышленной революцией и новым технологическим укладом, предприятиям необходимо активно внедрять новые подходы к управлению,

опираясь на современные цифровые технологии. Одной из самых перспективных технологий нашего времени является цифровой двойник, открывающий возможности для интеллектуального производства и вхождения в Индустрию 4.0. В данной статье рассматриваются возможности и перспективы использования цифровых двойников на транспорте как элемент цифровой трансформации отрасли.

**Ключевые слова:** цифровые двойники, цифровизация транспорта, виртуальная копия, цифровые технологии, информационные технологии, искусственный интеллект.

## **DIGITAL TWINS: FUTURE TECHNOLOGIES IN RAILWAY TRANSPORT**

Skibin Yu. V.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract.** in the context of rapid changes associated with the fourth industrial revolution and a new technological structure, enterprises need to actively implement new approaches to management, relying on modern digital technologies. One of the most promising technologies of our time is the digital twin, which opens up opportunities for smart manufacturing and entry into Industry 4.0. This article discusses the possibilities and prospects for using digital twins in transport as an element of the digital transformation of the industry.

**Keywords:** digital twins, digitalization of transport, virtual copy, digital technologies, information technologies, artificial intelligence.

Цифровой двойник представляет собой цифровую копию реального предмета, объекта, процесса или системы, синхронизированной с его физическим аналогом, что позволяет изучать и анализировать его поведение в виртуальном пространстве. Важной особенностью цифрового двойника является то, что он содержит данные о свойствах, возможных состояниях и поведении объекта или системы, и, как следствие, постоянно обновляется, что позволяет изучать его изменения в реальном времени.

Современную организацию, рассматриваемую как систему со множеством внутренних и внешних связей, также можно представить в виде виртуальной модели, то есть цифрового двойника предприятия, на основе которого можно изучать функционирование организации и моделировать варианты принятия решений на основе прогнозов и анализа ситуаций, созданных в виртуальной среде. Возможность оперативного и многовариантного моделирования реакций компании на различные управленческие решения является одним из ключевых преимуществ использования цифровых двойников в современной практике управления.

Многокритериальный анализ поведения цифровой модели на основе аналитических данных и быстро генерируемых автоматизированных решений помогает повысить гибкость управления предприятием.

Широкие возможности цифровых двойников, подкрепленные функциями моделирования и анализом большого объема информации, позволяют современной организации быстро адаптироваться к меняющимся условиям рыночных отношений и эффективно реагировать на новые вызовы в различных сферах деятельности. Стремительно возросший интерес к данной технологии привел к появлению новых возможностей их применения в различных отраслях, в том числе и на транспорте, а также позволяет не только оптимизировать производственные и бизнес-процессы организации, но и эффективно управлять ими, при этом значительно минимизируя риски принятия нерациональных решений.

Создание цифрового двойника организации является очень важным шагом в процессе цифровой трансформации. Использование технологии цифровых двойников на предприятиях транспорта помогает моделировать различные ситуации, принимать рациональные и стратегически обоснованные решения, быстро реагировать на изменения в отрасли, оптимизировать управленческие процессы, а также может использоваться для информирования руководителей о состоянии физических ресурсов и процессов, и, в итоге, приводит к снижению затрат на перевозки и улучшению качества услуг.

Рассмотрим ряд тенденций, которые можно наблюдать в настоящее время в развитии цифровых технологий:

- в геометрической прогрессии возрастает число компаний, которые используют облачные сервисы для хранения и обработки большого объема информации для решения своих профессиональных задач, а также для создания и эксплуатации цифровых двойников;
- для управления производственными процессами организации, выявления закономерностей в технологических и бизнес-процессах активно используются технологии искусственного интеллекта (ИИ) и применяются Большие данные;
- синергетический эффект достигается в результате того, что цифровые двойники интегрируются с технологиями Интернет вещей (IoT) и дополненной реальностью (AR). С практической и стратегической точки зрения такая интеграция позволяет создавать более полные и реалистичные виртуальные модели, а также расширяет спектр их применения.

Данные тенденции можно рассматривать как доказательство того, что технологии цифровых двойников будут продолжать развиваться и находить новые применения, в том числе на железнодорожном транспорте [2].

Одним из ключевых достоинств практического применения технологии цифровых двойников по праву можно считать возможность проводить различные эксперименты и испытания в виртуальной среде без риска для жизни и здоровья людей, при этом, такая практика помогает значительно сократить время и минимизировать затраты на разработку и тестирование новых технологий и более совершенных систем безопасности, как организации в целом, так и ее компонентов.

Как показывает практика, внедрения ряда пилотных проектов на предприятиях железнодорожного транспорта, в рамках реализации стратегии Минтранса до 2030 года, уже сейчас цифровые системы активно используются в управлении движением поездов, также для оперативности грузооборота применяются электронные перевозочные документа, а для обеспечения безопасности перевозочного процесса используются автоматизированные системы контроля и диагностики. Активное использование и дальнейшее развития цифровых технологий позволяет предприятиям транспорта выйти на новый уровень конкурентоспособности.

Транспортная стратегия предусматривает активное развитие беспилотных технологий как для перевозки грузов, так и пассажиров. Цифровые технологии позволят оптимизировать маршруты грузо-и пассажироперевозок, сократить время в пути и сделать транспорт более экологичным. Внедрение цифровых инструментов позволит повысить эффективность управления транспортной системой, оптимизировать расходы и принимать более обоснованные решения. Цифровизация позволяет создать единую систему для отслеживания грузов на всем пути следования, что ускорит и упростит грузоперевозки, снизит расходы и повысит безопасность [1, 3].

Цифровые двойники также помогают повышать безопасность транспортных средств и инфраструктуры. Они могут проводить диагностику и прогнозировать возможные поломки, аварии и другие проблемы, что позволяет своевременно принимать меры. Кроме того, с помощью цифровых двойников можно оптимизировать режим работы транспортных средств и инфраструктуры, например, для достижения максимальной эффективности и снижения энергопотребления.

В железнодорожной отрасли цифровые двойники используются для мониторинга состояния железнодорожных путей. Они могут определять места, требующие ремонта, и анализировать данные о состоянии путей, предоставляя рекомендации по оптимизации технического обслуживания. Это повышает безопасность и эффективность железнодорожных перевозок.

Таким образом, цифровые двойники являются важным технологическим прорывом в транспортной отрасли. Они помогают сокращать риски, затраты на разработку и эксплуатацию транспортных средств и инфраструктуры, повышают безопасность и эффективность перевозок. По мере совершенствования технологий цифровые двойники



будут играть еще более значительную роль в развитии транспортной отрасли, обеспечивая более безопасный, надежный и эффективный транспорт для всех.

В целом, цифровая трансформация транспортной системы – это амбициозная задача, которая вполне реализуема благодаря грамотному стратегическому планированию, скоординированным действием и сбалансированному подходу в организации данного процесса со стороны государства, бизнеса и научного сообщества.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреева, А. Р. Анализ применения цифровых двойников на железнодорожном транспорте / А. Р. Андреева, А. К. Канаев // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2023) : Сборник научных статей. XII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция. В 4 т., Санкт-Петербург, 28 февраля – 01 2023 года. Том 1. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2023. – С. 76-79. – EDN IAPFS.

2. Ларин, А. Н. Цифровые двойники на железнодорожном транспорте / А. Н. Ларин, А. П. Вахрушева // Актуальные проблемы современной экономики и общества : Материалы XI международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Омск, 16–17 мая 2023 года. Том Часть 1. – Омск: Омский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 317-325. – EDN VMNJD1.

3. Петрова, А. В. Цифровые двойники и цифровые тени в транспортно-логистической сфере / А. В. Петрова // Железнодорожный транспорт и технологии : сборник трудов международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 29–30 ноября 2022 года / Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС). Том Выпуск 1(249). – Екатеринбург: Уральский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 206-208. – EDN ROXONM.

УДК 004.94

## РАСЧЁТ ВРЕМЕНИ ПРОВЕДЕНИЯ МАНЕВРОВЫХ РАБОТ ПРИ ПОДАЧЕ ПАССАЖИРСКИХ СОСТАВОВ НА ПТС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Шаталов Д. А., Кельчина А. А., Додонов М. В.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** имитационное моделирование различных процессов обрело большую популярность и значимость в развитии современной инфраструктуры, в том числе железных дорог и транспорта. В рамках статьи будет рассмотрено применение программного обеспечения Anylogic для оптимизации работы пассажирской технической станции: составлена имитационная модель движения поездов по путям, подходящим к станции, проведена ее дальнейшая модернизация и составлены графики сравнения показателей времени выполнения маневровых работ.

**Ключевые слова:** anylogic, имитационное моделирование, маневровые работы, пассажирская техническая станция.

## CALCULATION OF TIME FOR MANEUVERING WORKS WHEN SUPPLYING PASSENGER TRAINS TO PTS USING SIMULATION MODELING

Shatalov D. A., Kelchina A. A., Dodonov M. V.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** simulation modeling of various processes has gained great popularity and significance in the development of modern infrastructure, including railways and transport. The article will consider the use of Anylogic software to optimize the operation of a passenger technical station: a simulation model of train movement along the tracks approaching the station has been compiled, its further modernization has been carried out, and graphs have been drawn up to compare the time indicators for shunting work.

**Keywords:** anylogic, simulation modeling, shunting operations, passenger technical station.

**Введение.** Пассажирские технические станции (далее – ПТС) являются основой для проведения технологических работ над пассажирскими поездами. Именно ПТС занимаются подготовкой и экипировкой пассажирских поездов перед отправкой в рейс. Благодаря имитационному моделированию можно проводить эксперименты и проверять проектные решения без рисков и больших финансовых затрат. В данной работе имитационное моделирование будет производиться на базе российского программного обеспечения Anylogic. За основу взята схема пассажирской технической станции тупикового типа.

**Основная часть.** Весь технологический процесс обслуживания пассажирских поездов [1] можно разделить на несколько этапов:

- проведение маневровых работ по подаче состава на территорию ПТС;
- подача состава в вагонмоечный комплекс для проведения внешней мойки вагонов;
- подача состава на пути для проведения работ, предусмотренных в объёме ТО-1;
- подача отдельных вагонов для проведения, текущего отцепочного ремонта при необходимости;
- выполнение работ по подаче состава на станцию отправления.

В данной работе рассматривается этап проведения маневровых работ по подаче состава на территорию ПТС [2]. Путь подачи состава на ПТС проходит по главному ходу железной дороги, что негативно сказывается на времени прибытия составов на территорию ПТС, ведь по главному ходу идёт постоянный поток транзитных поездов, поэтому для проведения маневровых работ по подаче состава на территорию ПТС необходимо «окно».

Необходимо построить имитационную модель ПТС и построить графики задержки начала маневровых работ для подачи состава на территорию ПТС и график общего времени проведения маневровых работ.

Первым этапом в создании имитационной модели является построение путевой инфраструктуры ПТС. Она включает в себя 10 путей ПТС и 2 пути главного хода. Каждый из путей ПТС имеет своё назначение для проведения определённых работ. На рисунке 1 изображена путевая инфраструктура в виде имитационной модели.

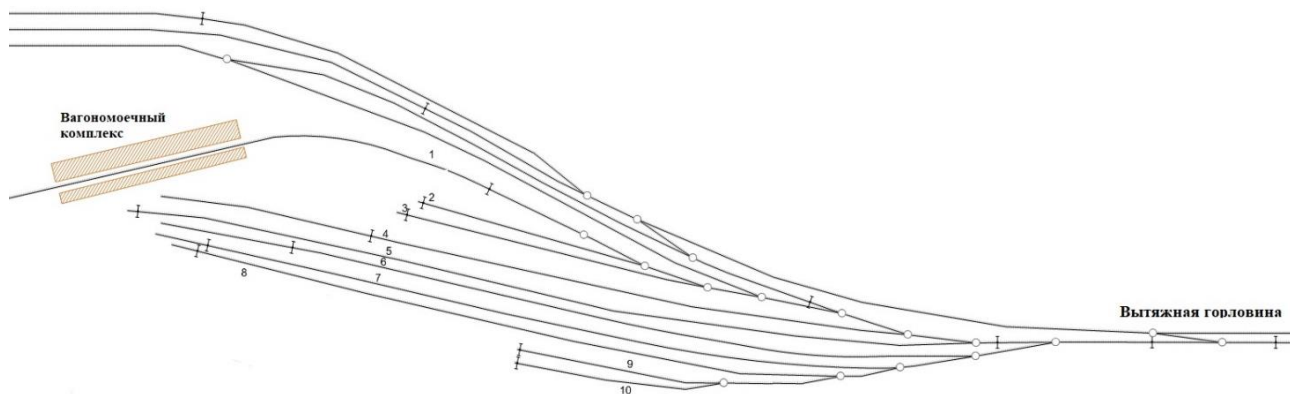


Рисунок 1 – Путевая инфраструктура в имитационной модели

Вторым этапом в создании имитационной модели является построение логики движения транзитных поездов, маневровых локомотивов и составов, прибывающих на территорию ПТС. В логику движения поездов закладывается расписание прибытия поездов на станцию ПТС: транзитные поезда идут с определённой периодичностью по главному ходу и имеют высший приоритет, чем составы, прибывающие на территорию ПТС. На рисунке 2 изображена схема логики движения поездов прибытия на станцию ПТС и главного хода.

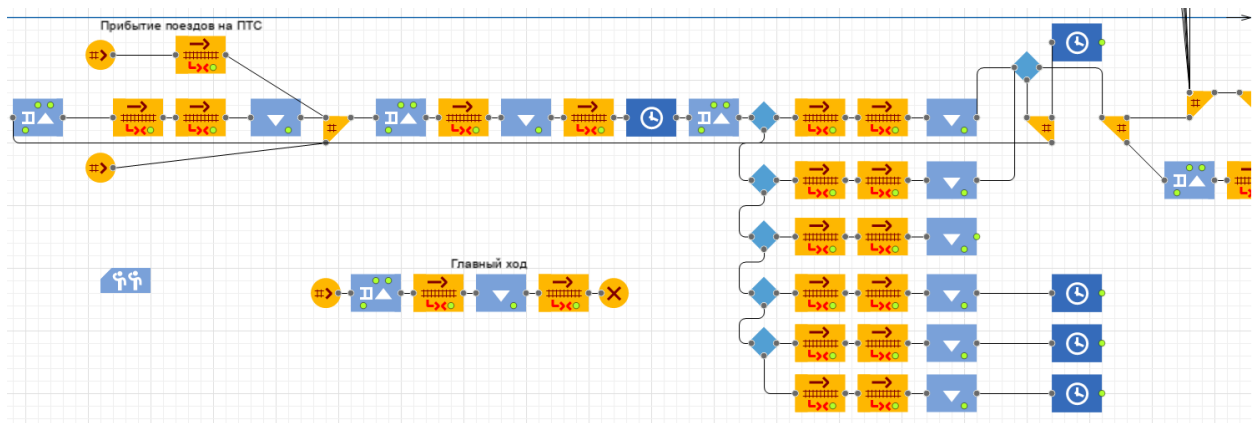


Рисунок 2 – Логика движения поездов

Третьим этапом в разработке модели является ввод данных прибытия/убытия поездов в базу данных. На основе этих данных будут поступать агенты в блок Source[3] в диаграмме процессов и ожидать получение доступа к освободившемуся главному пути.

Заключительным этапом будет расчёт времени ожидания освобождения главного хода и расчёт времени проведения маневровых работ. На основе этих данных строятся графики, представленные на рисунке 3.

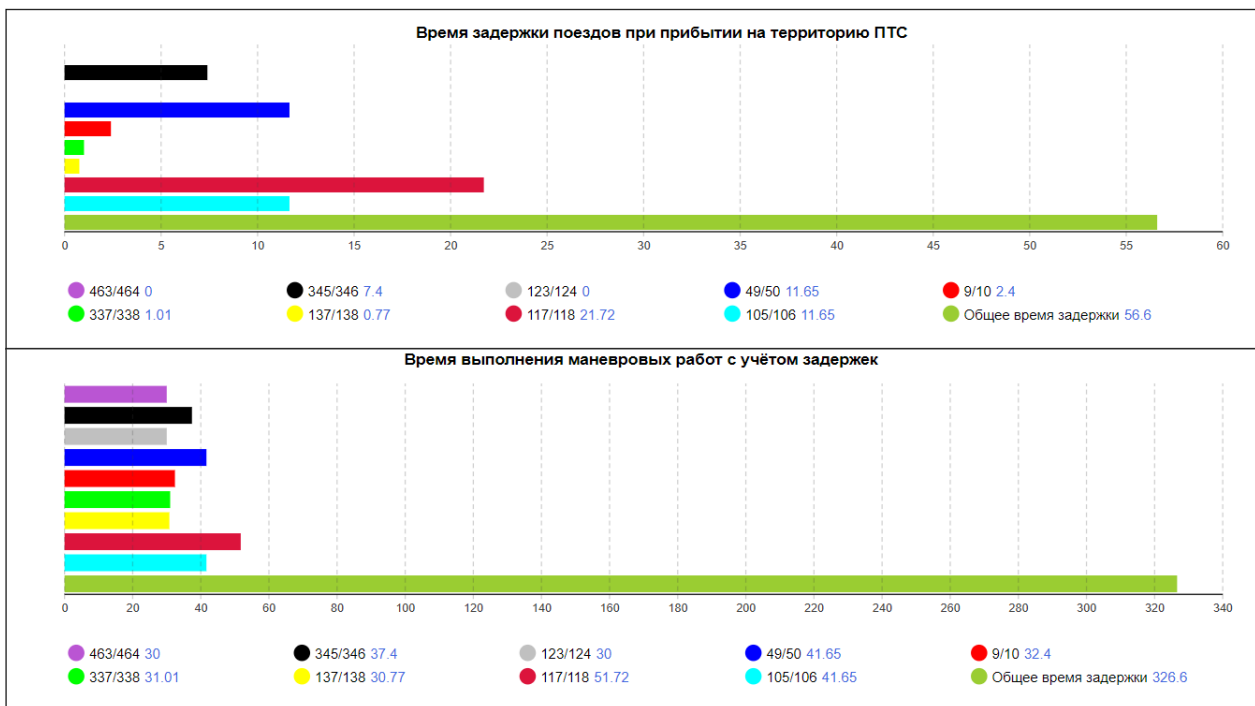


Рисунок 3 – График времени выполнения маневровых работ

После расчета исходных данных и построения графиков, составляется альтернативная имитационная модель с объединением 4, 5, 6, 7, 8 путей в один путь и продлением на прямую до пассажирской станции для того, чтобы минимизировать задержки из-за занятости главного хода. Этапы составления имитационной модели остаются теми же, что описаны выше. Выводятся результаты моделирования. На рисунке 4 представлена обновленная путевая инфраструктура.

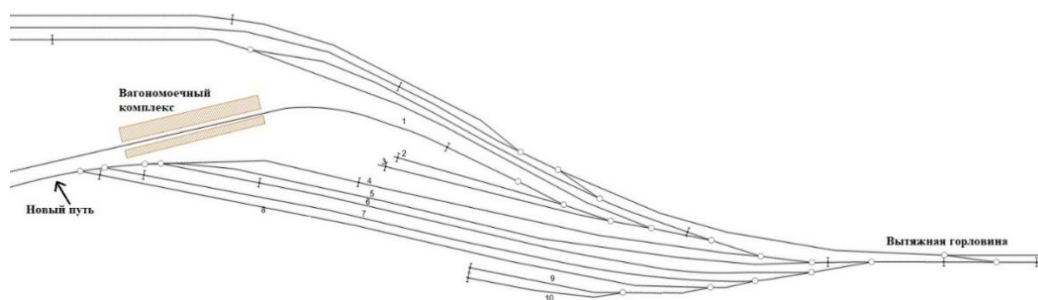


Рисунок 4 – Обновлённая путевая инфраструктура в имитационной модели

Строится график по обновленной модели. Результат моделирования показывает, что время задержки поездов при ожидании освобождения главного хода минимально и возникает только при подаче состава в вагономоечный комплекс. Общее время выполнения маневровых работ значительно снизилось. На рисунке 5 приведён обновлённый график.

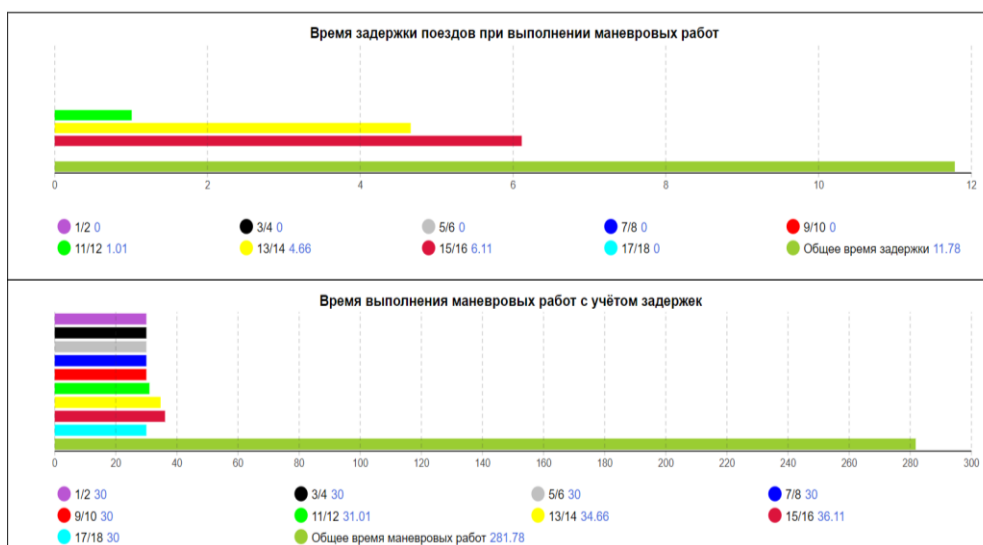


Рисунок 5 – Обновлённый график времени выполнения маневровых работ

**Заключение.** Таким образом, в работе были рассмотрены 2 варианта имитационной модели расчёта времени проведения маневровых работ при подаче пассажирских составов со станции на территорию пассажирской технической станции. Результаты работ имитационных моделей отображены на рисунках 3,5. Исходя из полученных графиков времени задержки поездов видно, что суточное время задержки поездов на первой имитационной модели составляет 1,57 %, а на второй составляет 0,32 %, время проведения маневровых работ сократилось на 1,25 %. Используя разработанную имитационную модель можно оценивать и другие параметры подачи пассажирских составов на ПТС в зависимости от развития путевой инфраструктуры, обеспеченности персоналом и техническими средствами. На основе проведённого анализа можно принимать эффективные решения по строительству новых ПТС и реконструкции элементов инфраструктуры ПТС.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еловой, И. А. Расчет путевого развития технических пассажирских станций / И. А. Еловой // Проектирование железнодорожных станций и грузовая работа / Белорусский институт инженеров железнодорожного транспорта. – Гомель : Белорусский институт инженеров железнодорожного транспорта, 1976. – С. 10-20. – EDN JYKLYT.
2. Подвижной состав: ремонт и техническое обслуживание вагонов: учеб.метод. пособие / Т. В. Захарова, С. М. Васильев, Р. И. Чернин ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2015. – 34 с.
3. Справка AnyLogic | Документация AnyLogic // AnyLogic: имитационное моделирование для бизнеса URL: <https://anylogic.help/ru/anylogic/index.html> (дата обращения: 02.03.2024).

## АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ РИСКОВ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ТЕХНОЛОГИИ RPA

Васильева Е. А., Папиловская Л. И.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** в статье были проанализированы риски, встречающиеся при внедрении технологии RPA для автоматизации бизнес-процессов. Составлена матрица рисков и выделены проблемы, на которые стоит обратить особое внимание.

**Ключевые слова:** автоматизация бизнес-процессов, программная роботизация, риски, Robotic Process Automation, RPA.

## ANALYSIS OF POTENTIAL RISKS OF RPA TECHNOLOGY IMPLEMENTATION

Vasilyeva E. A., Papirovskaya L. I.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** the article analyzes the risks encountered in the implementation of RPA technology for business process automation. A risk matrix has been compiled and problems that are worth paying special attention to have been highlighted.

**Keywords:** automation of business processes, software robotics, risks, Robotic Process Automation, RPA.

Каждое предприятия заинтересовано в успешной реализации своих проектов. Принятие решения о внедрении проекта всегда происходит в условиях неопределенности, и поэтому необходимо заранее оценить события или обстоятельства, которые могут негативно повлиять на достижение поставленных целей.

На сегодняшний день большую популярность приобретает технология роботизированной автоматизации процессов (Robotic Process Automation – RPA). Данная технология предусматривает применение программных роботов для автоматизации бизнес-процессов.

RPA позволяет освободить сотрудников от рутинных задач, тем самым повысить уровень эффективности компании, сократить время выполнения некоторых операций, снизить процент ошибок, возникающих из-за человеческого фактора.

RPA применяют во многих российских компаниях. Компания ОАО «РЖД» применяет роботизацию процессов с 2019 года. Несмотря на все достоинства RPA существуют различные риски при внедрении данной технологии. Для успешного и долговременного использования программного робота в рамках определённой задачи следует заранее идентифицировать все возможные риски, с которыми можно столкнуться при реализации проекта.

Предлагается рассмотреть проблемы, которые могут возникнуть у компании, решившей внедрить технологию роботизации.

1. Одна из часто встречающихся проблем – это неправильный выбор процесса для автоматизации. Если выбрана задача, сложно подчиняющаяся строгой алгоритмизации – робот будет неэффективен, либо его даже нельзя будет разработать. Ситуации, где в работе робота будут постоянно появляться ошибки, принесут ущерб организации. Будет впустую затрачено время разработчика и сотрудника, ответственного за эксплуатацию робота [1, 2].

2. Ошибки в логике сценария. Сбор требований для программного робота – важный этап в разработке. На этом шаге важно не упустить особенности автоматизируемой задачи, провести декомпозицию процесса. Ошибки могут последовать в случаях:

- не определены различные варианты развития событий;
- не учтены все необходимые операции;

– не рассмотрены ситуации с условиями выбора;

не прописаны все действия с необязательными диалоговыми окнами и уведомлениями, которые может выдавать приложение.

3. Отказ сотрудников от внедрения и сопровождения программного робота. Адаптация сотрудников также является проблемой при внедрении технологии RPA. Некоторые сотрудники воспринимают технологию RPA как конкурента, боятся, что могут потерять свои рабочие места, так как больше не потребуется человек для выполнения определённых задач. Стоит понимать, что автоматизация не обязательно влечёт за собой сокращение штата. Большинство предприятий переводят своих сотрудников на должности, где требуется творческий подход и ответственность для решения вопросов, с чем робот не справится [1].

4. Отсутствие компетенций и опыта у сотрудников. Для нужд каждого предприятия приходится разрабатывать нового программного робота, поскольку у каждого предприятия свои уникальные процессы и единое решение для всех найти трудно. Заказ готового программного робота под определённые требования обойдётся дорого, особенно если необходим не один робот. Большим корпорациям легче обучать своих сотрудников для работы с данной технологией [2].

5. Изменение технологии выполнения процесса. Чтобы поддерживать технологию RPA в рабочем состоянии, необходимо следить за самим процессом автоматизации. Возможно, изменилась структура программы, к которой раньше обращался робот, либо поменялись ссылки на ресурсы, изменились детали, которые влияют на успешные выполнения задачи.

6. Безопасность. В своей работе робот использует пароли от разных сервисов. При взломе сервера можно скомпрометировать все учетные данные, которые там хранились. Во избежание риска необходимо с осторожностью назначать права доступа. При необходимости изолировать окружение робота от корпоративных ресурсов. Хранить используемые в сценариях пароли только в зашифрованном виде.

7. Ещё один риск – это стоимость внедрения. Затраты связаны с обучением сотрудников на предприятии, закупкой программного обеспечения. Очень важно проанализировать, окупаются ли затраты на внедрение RPA [1].

8. Время выполнения процесса роботом больше, чем сотрудником. В таком случае выгоды от внедрения практически нет.

9. Сбой платформы RPA. Могут возникнуть проблемы, когда закончится срок действия лицензии, приложение начнёт работать с ошибками, появятся неисправности при управлении запуском роботов. Для устранения проблем необходимо обращаться в техподдержку поставщика ПО. За сопровождение пользователей платформы RPA также необходимо платить деньги.

Для наглядного отображения рисков можно воспользоваться методом качественного анализа, а именно составлением матрицы оценки рисков [3]. В таблице 1 показано распределение рисков относительно вероятности их наступления и степени отрицательного воздействия на проект.

Таблица 1

Риски при внедрении RPA

Степень воздействия	Высокая	Неподходящий процесса для автоматизации	Нарушения безопасности	Ошибки в логике сценария
	Средняя	Сбой платформы, необходимость обновления	Изменение технологии выполнения процесса	Высокое время выполнения после автоматизации
	Низкая	Негативный настрой сотрудников	Высокая стоимость внедрения	Отсутствие опыта у сотрудников
		0-33%	34-67%	68-100%
Вероятность наступления				

Таким образом, самыми критичными являются риски, связанные с безопасностью данных, ошибками в логике сценариев роботов и высоким временем выполнения процесса после автоматизации. На основе данной матрицы можно актуализировать план работы по внедрению проекта, продумать способы устранения рисков или уменьшения их негативного влияния.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бадмаева, А. Д. Риски внедрения технологии RPA на наукоемкое предприятие / А. Д. Бадмаева, О. Л. Перерва // Научный результат. Экономические исследования. – 2020. – Т. 6, № 3. – С. 46-52. – DOI 10.18413/2409-1634-2020-6-3-0-6. – EDN USKYSN.
2. Загорская К.Р. Исследование причин неэффективного внедрения RPA на предприятиях / К.Р. Загорская, И.В. Иванова // Дневник науки. – 2024. – № 2.
3. Залеская Л. Н., Митина В. В., Евдокимова Е. А. Управление рисками проектов, концепции рисков, количественный и качественный анализ рисков // Актуальные исследования. 2020. №9 (12). Ч.II. С. 78-81. URL: <https://apni.ru/article/689-upravlenie-riskami-proektov-kontseptsii-riskov> (Дата обращения: 01.03.2024).

УДК 005

## АВТОМАТИЗАЦИЯ, ЦИФРОВИЗАЦИЯ, ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ: ВЫБОР ПУТИ РАЗВИТИЯ

Аксютин Е. П.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** в современном мире цифровизация становится неотъемлемой частью всех сфер жизни. Цифровые технологии стремительно развиваются и внедряются во все сферы бизнеса. Компании, правительства и целые отрасли промышленности внедряют цифровые технологии, чтобы повысить свою эффективность, оптимизировать бизнес-процессы и значительно улучшить взаимодействие с клиентами. Многие компании сталкиваются с вопросом: проводить ли цифровую трансформацию или достаточно автоматизировать бизнес-процессы? В статье рассматриваются ключевые особенности автоматизации и цифровой трансформации в системе управления.

**Ключевые слова:** автоматизация, цифровизация, цифровая трансформация, ERP-системы.

## AUTOMATION, DIGITIZATION, DIGITAL TRANSFORMATION: CHOOSING A DEVELOPMENT PATH

Aksyutina E. P.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** in the modern world, digitalization of keys is becoming part of the entire sphere of life. Digital technologies are rapidly developing and being introduced into all areas of business. Companies, governments and targeted industries are adopting digital technologies to increase their efficiency, streamline business processes and significantly improve customer interactions. Many companies are faced with the question: should they carry out digital transformation or is it enough to automate business processes? The article discusses the key features of automation and digital transformation in the management system.

**Keywords:** automation, digitalization, digital transformation, ERP systems.

В последние годы понятия «автоматизация», «цифровизация» и «цифровая трансформация» стали широко использоваться в деловом мире [1]. Однако многие руководители организаций не понимают, в чем разница между этими терминами.

Автоматизация представляет собой процесс замены человеческого труда машинами или программным обеспечением и, в основном, используется для выполнения определенного круга задач в производстве, при обработке данных по заранее заданному алгоритму, при обслуживании клиентов по переделённой программе и т.п. При этом основной целью автоматизации является повышение производительности, снижение ошибок или исключения

человеческого фактора, а также оптимизация использования ресурсов. Для этих целей часто используют ERP-системы, то есть программное обеспечение, помогающее предприятиям автоматизировать основные бизнес-процессы и управлять ими для достижения оптимальной производительности. Примером автоматизации может являться внедрение ERP-системы для автоматизации бухгалтерского учета, складских операций, управления заказами и др.

Цифровизация же является процессом перевода информации из аналогового в цифровой формат, и может быть использована для хранения, передачи и обработки данных. Цифровизация также может быть использована для создания иных, новых видов продуктов и услуг, что в дальнейшем может привести к следующему технологическому уровню – цифровой трансформации управления.

Цифровая трансформация – процесс внедрения организацией цифровых технологий во все сферы бизнеса, который сопровождается оптимизацией системы управления основными технологическими процессами. Как правило, это приводит к изменениям в бизнес-модели, процессах, продуктах и услугах компании. Главная цель этого процесса - создание новых ценностей, которые приводят к изменению роли человека в бизнес-процессах организации и повышению ее конкурентоспособности. [2].

Принимая решение о начале цифровой трансформации своего бизнеса, важно хорошо подготовиться к этому процессу, тщательно взвесить все «за» и «против», проанализировать преимущества и недостатки процесса трансформации, в особенности в отношении каждой конкретной организации. Необходимо определить стратегические бизнес-цели организации, провести детальный анализ существующих бизнес-процессов, затем выбрать подходящие цифровые технологии и информационные платформы и только после этого заняться вопросом их внедрения в свой бизнес. [3] При этом важно обучить сотрудников использованию применяемых технологий и постоянно отслеживать результаты внедрения.

Рассмотрим преимущества, которые получает организация в результате цифровизации бизнеса или цифровой трансформации бизнес-процессов (табл. 1).

Таблица 1

Преимущества цифровизации управления

Преимущественный фактор	Описание преимущества
Повышение эффективности работы	1. Использование цифровых технологий позволяет автоматизировать многие процессы, что приводит к сокращению времени и затрат на их выполнение. 2. Телекоммуникационные системы, видеоконференции, облачные сервисы и мессенджеры упрощают взаимодействие между сотрудниками и позволяют быстрее обмениваться информацией. 3. Использование технологий BigData и аналитики способствуют более обоснованному принятию рациональных решений, что повышает эффективность работы организации в целом.
Улучшение качества обслуживания клиентов	1. Цифровые технологии позволяют клиентам получать полную информацию о продуктах и услугах в любое время из любой точки Мира. 2. Использование телекоммуникационных систем решает вопрос качественной круглосуточной поддержки. 3. Цифровизация на основе анализа предпочтений клиентов позволяет персонализировать услуги и продукты, что повышает уровень удовлетворенности клиентов.
Повышение конкурентоспособности	1. Внедрение цифровых технологий позволяет компаниям повысить свою конкурентоспособность на рынке, предлагая более инновационные и востребованные продукты и услуги. 2. Цифровые технологии помогают быстрее адаптироваться к изменениям на рынке и находить новые возможности для своего развития. 3. Использование цифровых технологий позволяют снизить затраты на маркетинг и рекламу, что в итоге сказывается и на конкурентоспособности организации.
Создание новых рабочих мест	Цифровизация создает новые рабочие места в следующих областях: <ul style="list-style-type: none"> <li>– разработка программного обеспечения,</li> <li>– анализ данных,</li> <li>– цифровой маркетинг и т.п.,</li> <li>– сфера образования для подготовки соответствующих кадров.</li> </ul>



Рассмотрим недостатки цифровизация, с которыми может столкнуться организация, и способы их минимизации.

Таблица 2

Недостатки цифровизации управления организацией

Недостатки цифровизации	Описание недостатков	Примечание
Необходимость инвестиций	Внедрение цифровых технологий на начальном этапе требует значительных инвестиций в: <ul style="list-style-type: none"> <li>– оборудование,</li> <li>– программное обеспечение,</li> <li>– обучение персонала.</li> </ul>	Инвестиции окупаются за счет: <ul style="list-style-type: none"> <li>– повышения эффективности работы;</li> <li>– улучшения качества обслуживания клиентов;</li> <li>– повышения конкурентоспособности компании.</li> </ul>
Риски безопасности	Переход на цифровые технологии может привести к увеличению рисков безопасности, связанных с киберпреступностью и утечкой данных.	Риски можно минимизировать, соблюдая соответствующие меры кибербезопасности, в том числе за счет использования: <ul style="list-style-type: none"> <li>– защищенных каналов передачи данных;</li> <li>– надежных паролей;</li> <li>– двухфакторной аутентификация;</li> <li>– шифрование данных.</li> </ul>
Цифровой разрыв	Цифровизация может привести к увеличению цифрового разрыва между теми, кто имеет доступ к цифровым технологиям, и теми, кто не имеет.	Рационально подходить к вопросам цифровизации и цифровой трансформации в соответствующих областях

Анализ уровня использования информационных технологий показывает, что большинство современных компаний уже внедряют или активно используют ERP-системы, что является важным шагом в оптимизации бизнес-процессов. Однако, это еще не означает автоматическую цифровую трансформацию. Чтобы понять, на какой стадии цифровой трансформации находится компания, рассмотрим разницу между этими двумя понятиями (рис. 1).

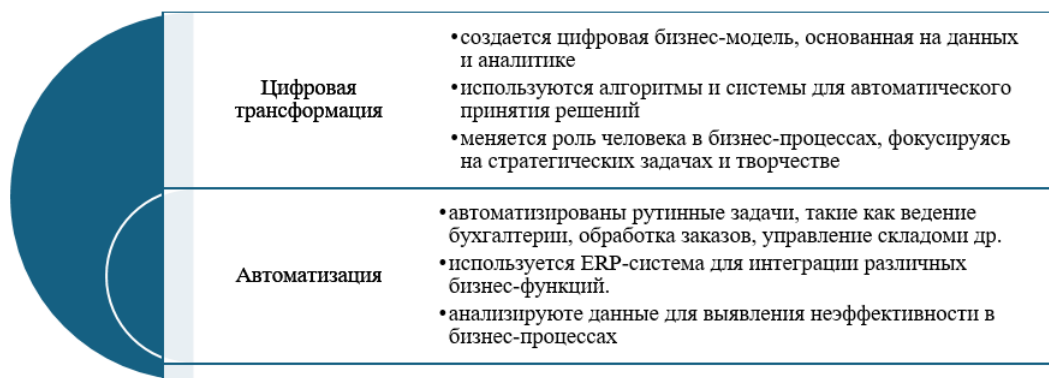


Рисунок 1 – Сравнительные особенности автоматизации и цифровой трансформации

Как уже упоминалось, руководители многих компаний, для того чтобы повысить эффективность управления, задаются вопросом: проводить цифровую трансформацию или просто автоматизировать бизнес-процессы организации? В зависимости от специфики деятельности компаний, их масштаба и уровня цифровой готовности, не все нуждаются в полномасштабной цифровой трансформации. Некоторым достаточно просто автоматизировать уже существующие бизнес-процессы. Тем не менее, выбор между цифровой трансформацией и автоматизацией определяется рядом факторов (табл. 3).

Факторы, определяющие целесообразность цифровой трансформации

Фактор	Обоснование
1. Стратегические цели и стремление занять лидирующие позиции	Если организация нацелена на то, чтобы стать лидером в своей области, ей целесообразно выбрать путь цифровой трансформации для достижения этой цели.
2. Высококонкурентная ниша	Организация ведет свой бизнес в очень высококонкурентной отрасли, и хочет выиграть в этой борьбе или войти в число лидеров, то руководители должны всерьез задуматься о цифровой трансформации бизнеса.
3. Расширение рынка сбыта	Организации, для расширения рынка сбыта продукции или оказания услуг, при выходе на новые города или страны, также необходимо трансформировать свои бизнес-процессы, чтобы она могла их масштабировать.
4. Инновационные продукты и услуги	В эпоху, когда информация имеет основополагающее значение во всех сферах деятельности, для современной организации создание и внедрение инновационных продуктов и услуг немисливо без преобразования своего бизнеса.
5. Большой объем данных	Сбор и обработка большого объема информации требует применения технологий BigData, а это требует соответствующего подхода к организации использования данных.

Если организация не соответствует ни одному из перечисленных в таблице 3 критерию, то ей достаточно лишь автоматизировать свои бизнес-процессы.

Опираясь на проведенный анализ, можно сделать вывод, что цифровая трансформация – сложный и дорогостоящий процесс, который подходит не для всех организаций. Автоматизация бизнеса, в свою очередь, – это простой и доступный метод повышения эффективности бизнеса и улучшения качества управления. Перед тем как принять окончательное решение о выборе пути цифровой трансформации, а не просто автоматизировать бизнес-процессы, организация должна тщательно взвесить все «за» и «против».

Цифровая трансформация влияет на все аспекты бизнеса и, в большинстве случаев, может быть сложным и длительным процессом, который требует значительных инвестиций и усилий. С точки зрения стратегии, цифровая трансформация может принести значительные положительные результаты, но, как правило, она не может решить абсолютно все проблемы бизнеса. Тем не менее, она позволяет создать новые рабочие места и повысить производительность труда.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузьменкова, В. Д. Современные тренды цифровой революции / В. Д. Кузьменкова // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 7(144). – С. 287-289. – DOI 10.34925/EIP.2022.144.7.052. – EDN MIONJV.
2. Молчанова, Р. В. Цифровизация процессов в производственной сфере / Р. В. Молчанова // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2023. – Т. 3, № 6(138). – С. 164-169. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2023.06.03.018. – EDN UXIGOY.
3. Удальцова, Н. Л. Цифровизация и новые формы бизнеса / Н. Л. Удальцова // Экономические науки. – 2023. – № 223. – С. 393-404. – DOI 10.14451/1.223.393. – EDN GCAGJA.

## МЕТОДЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ УГРОЗАМ БЕЗОПАСНОСТИ МОДЕЛЬНЫХ НЕЙРОСЕТЕЙ

Голованов Р. В., Буримский Н. А., Рычков В. А.

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара

**Аннотация:** в данной статье рассматриваются основные методы и принципы работы атак на нейросетевые модели, а также методы защиты от них. Нейронные сети и машинное обучение стали неотъемлемой частью современного мира. Однако их применение также влечет за собой ряд угроз безопасности, включающих атаки на нейросети.

**Ключевые слова:** модельные нейросети, угрозы безопасности, машинное обучение, искусственный интеллект, обеспечение безопасности.

## METHODS FOR COUNTERING SECURITY THREATS TO MODEL NEURAL NETWORKS

Golovanov R. V., Burimsky N. A., Rychkov V. A.

Povolzhsky State University of Telecommunications and Informatics, Samara

**Abstract:** the article discusses the main methods and principles of attacks on neural network models, as well as methods of defense against them. Neural networks and machine learning have become an integral part of the modern world. However, their application also entails a number of security threats that include attacks on neural networks.

**Keywords:** neural network models, security threats, machine learning, artificial intelligence, security assurance.

С наступлением эры искусственного интеллекта нейросетевые модели становятся всё более распространёнными в различных областях: нейросети используются в беспилотных летательных аппаратах, умных автомобилях, системах видеофиксации нарушений, голосовых помощниках, системах безопасности на основе распознавания лиц. Модели, на базе которых создаются подобные передовые устройства, уязвимы к атакам, которые могут привести к несанкционированному доступу к конфиденциальной информации, изменению поведения модели, что приведет к непредсказуемым и потенциально опасным действиям.

Градиентный спуск – метод оптимизации, активно используемый в машинном обучении и нейросетевых моделях. В математическом представлении градиентный спуск описывается следующим алгоритмом:

- инициализация входных весов и смещений модели случайными данными;
- подача инициализированных значений в модель, получение предсказания;
- вычисление функции ошибки, сравнение прогноза и фактического результата.

Математической моделью применения алгоритма градиентного спуска в задачах регрессии выступает формула

$$\frac{1}{n} \cdot \sum (y - Y)^2,$$

где  $n$  – количество примеров,  $y$  – фактическое значение,  $Y$  – предсказательное значение;

- определение градиента функции ошибки с учётом параметров модели;
- обновление параметров по формуле «обновлённое значение = старое значение – скорость обучения»;
- повторная подача и поэтапное обновление входных данных до достижения целевого критерия остановки [1].

Атаки на основе градиентов используют информацию о градиентах функции потерь модели, чтобы преобразовать входные данные таким образом, чтобы модель выдавала желаемый результат, даже если эти данные изначально не принадлежали обучающему набору.

Атака «белого ящика» – метод атаки на нейросетевую модель, при котором злоумышленник имеет полный доступ к внутренней структуре модели. Это включает в себя знание архитектуры модели, параметров, алгоритмов обучения и обучающих данных. Представим, злоумышленник пытается взломать систему распознавания лиц, основанную на нейросетевой модели. Он может:

- изучив архитектуру модели, понять, из скольких слоев состоит сеть, какие функции активации используются, как происходит обработка данных.
- проанализировать обучающие данные, получить изображения, на которых обучалась модель, чтобы найти закономерности.
- сгенерировать изображения, которые будут максимально похожи на изображения из обучающего набора, но будут содержать небольшие изменения (шум), вводящие модель в заблуждение.

В 2017 году группа исследователей в целях эксперимента успешно атаковала систему распознавания лиц Google, используя метод FGSM (Fast Gradient Sign Method). Метод можно представить в виде следующей формулы:

$$X' = X + \epsilon \cdot \text{sign}(\nabla_x J(X, y_{\text{true}})),$$

где  $X'$  – искажённое изображение,  $X$  – исходное изображение,  $\epsilon$  – коэффициент масштабирования, контролирующий интенсивность искажения,  $\text{sign}(\nabla_x J(X, y_{\text{true}}))$  – функция потерь по отношению к входным данным,  $y_{\text{true}}$  – истинная метка класса изображения. Исследователи смогли обмануть модель, добавив к изображению лица незаметный шум, который не был виден человеческому глазу, но был достаточным, чтобы модель неправильно классифицировала изображение.

Перспективным методом противодействия подобным атакам считается ансамблевое обучение, объединяющее разные модели машинного обучения для создания более точной и надежной модели. Среди основных ансамблевых методов выделяют стекинг, бэггинг и бустинг. Модели машинного обучения обучаются на одном и том же массиве данных, после чего прогнозы всех моделей объединяются в итоговый прогноз.

Метод стекинга включает в себя использование нескольких разнородных нейросетевых моделей, которые обучаются независимо, затем их прогнозы объединяются для создания более точного общего прогноза, складываемого из выходных данных нескольких моделей.

В методе бэггинга модели обучаются на подмножествах данных, после чего прогнозы усредняются для получения итогового прогноза. Например, если в качестве базовой модели используется алгоритм «дерево принятия решений», основанный на правиле «если (условие), то (ожидаемый результат)», то получается случайный лес – универсальный алгоритм машинного обучения, использующий ансамбль деревьев принятия решений.

Метод бустинга предполагает последовательное обучение нескольких однородных моделей, каждая из которых исправляет ошибки предыдущей модели, что позволяет получить более точный прогноз.

Метод адаптивного бустинга начинается с обучения первой базовой модели на тренировочном наборе данных. Затем веса некорректно предсказанных значений увеличиваются, что позволяет тренировать нейросеть с учётом ошибок. После этого обновленные веса подаются на вход второй базовой модели, которая также обучается на этих данных. Прогнозы генерируются, и процесс повторяется в цикле

$$C = \sum_{i=1}^N W \cdot X,$$

где  $C$  – результат работы ансамбля,  $W$  – вес,  $X$  – значение прогнозатора.

Ансамблевое обучение подразделяется на агрегирование и иерархию. При агрегировании прогнозы от разных моделей усредняются или суммируются. При иерархии модели

обучаются последовательно, где прогнозы одной модели используются как входные данные для следующей.

Преимуществами ансамблевого обучения являются повышенная точность за счёт снижения ошибок обучения, повышенная устойчивость к шуму. К недостаткам данного метода относится повышенная требовательность к вычислительным ресурсам, сложная интерпретируемость, зависимость от качества базовых моделей.

Атака «чёрного ящика» – метод атаки на нейросетевую модель, при котором злоумышленник имеет ограниченный доступ к модели, не зная архитектуры модели, алгоритмов обучения и обучающих данных.

Представим, что злоумышленник собирается обмануть систему дорожного наблюдения, размещённую на перекрестке. Используя метод атаки чёрного ящика, он может:

- изучая работу системы наблюдения, определить условия регистрации нарушения;
- нанести незаметные человеческому глазу средства на опознаваемые системой элементы, отработать маневры, делающие эти элементы нераспознаваемыми;
- произвести нарушение, предполагая, что штрафы за нарушения не будут приходить.

В 2020 году группе исследователей в целях эксперимента удалось взломать систему распознавания речи, голосового помощника Alexa от компании Amazon, с помощью атаки чёрного ящика. Они смогли обмануть систему, заставив ее транскрибировать речь в другую фразу, путем создания шума и добавления его к исходной аудиозаписи.

При наличии возможности неограниченного тестирования возможно создать модель-имитатор, обучив её на нескольких обучающих выборках и получив желаемый результат. Далее, используя эти помеченные обучающие примеры, можно обучить новую модель, которая будет выдавать такой же результат, как и исходная. Обладая моделью-имитатором, можно генерировать состязательные примеры для неё, а затем использовать их для атаки на исходную модель. Знание архитектуры исходной модели не является обязательным условием для атаки, но может упростить ее проведение.

Методом противодействия атакам чёрного ящика, помимо ансамблевого обучения может выступать использование алгоритмов самообучения модели на «ложных» данных, генерируемых самой моделью. Предполагается, что модель сама будет генерировать тренировочные данные. Метод является наиболее перспективным, делающим модель непредсказуемой для злоумышленника. Метод может иметь следующий алгоритм:

- модель обучается на стандартном наборе данных;
- модель используется для генерации «ложных данных», имитирующих данные из обучающего набора;
- «ложные данные» добавляются к обучающему набору;
- модель обучается на расширенном наборе данных, включающем и ложные данные.

Преимуществами данного метода является повышение устойчивости к атакам, универсальность, простота реализации, отсутствие сложных вычислений. Недостатками метода является потенциальное снижение производительности, неэффективность при защите от остальных типов атак.

Состязательная тренировка – метод машинного обучения, в котором используются две нейросети: генератор и дискриминатор. Генератор обучается генерировать данные, аналогичные данным из обучающего набора, а дискриминатор обучается отличать фактические данные от данных, полученных в результате работы генератора [2]. Метод состязательной тренировки имеет следующий алгоритм:

- генератор создаёт новые данные (например, изображения, текст, аудио);
- дискриминатор оценивает эти данные, определяя, являются ли они реальными или сгенерированными;
- генератор получает обратную связь о том, насколько точно дискриминатор смог определить, реальны ли данные;

• процесс повторяется, и обе нейросети совершенствуются и обучаются: генератор обучается создавать всё более реалистичные изображения, а дискриминатор – всё точнее их распознавать.

В данной статье были рассмотрены методы противодействия угрозам безопасности модельных нейросетей, были проанализированы различные методы атак на нейросеть и определены методы противодействия этим атакам.

Не существует метода, способного защитить нейросетевую модель от всех типов атак, однако применение всестороннего подхода позволяет не только подготовить модель к обнаружению и противостоянию возможным атакам, но и повысить эффективность их распознавания. Дальнейшие исследования в области защиты нейросетевых моделей стратегически важны для безопасности областей их интеграции.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Градиентный спуск – метод обучения нейронных сетей [Электронный ресурс]. URL: <https://hackernoon.com/gradient-descent-aunk-7cbe95a778da> (дата обращения 21.03.2024)
2. Котляров Д.В., Дюдюн Г.Д., Ржевская Н.В., Лапина М.А., Бабенко М.Г. Исследование состязательных атак на нейронные сети распознавания образов // Труды Института системного программирования РАН. – 2023. – С. 35-48. – URL: [https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2023-35\(2\)-3](https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2023-35(2)-3) (дата обращения 21.03.2024)
3. Papernot N., McDaniel P., Goodfellow I., Jha S., Celik Z.B., Swami A. Practical black-box attacks against machine learning // Proceedings of the 2017 ACM Asia Conference on Computer and Communications Security. – 2017. – С. 506-519. – URL: <https://doi.org/10.1145/3052973.3053009> (дата обращения 21.03.2024)

УДК 004.85

### ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЬНЫХ НЕЙРОСЕТЕЙ ПРИ АНАЛИЗЕ ФОНДОВОГО РЫНКА

Голованов Р. В., Буримский Н. А., Козлов В. В.

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара

**Аннотация:** в данной статье рассматривается специфика использования нейросетевых моделей искусственного интеллекта при анализе фондового рынка, описываются принципы работы нейросети, методы взаимодействия роботизированного советника с потенциальным инвестором.

**Ключевые слова:** модельные нейросети, инвестирование, машинное обучение, анализ фондового рынка, оценка рисков.

### APPLICATION OF MODEL NEURAL NETWORKS IN ANALYSIS STOCK MARKET

Golovanov R. V., Burimsky N. A., Kozlov V. V.

Povolzhsky State University of Telecommunications and Informatics, Samara.

**Abstract:** article discusses the specifics of using neural network models of artificial intelligence in analyzing the stock market, describes the principles of operation of the neural network, and methods of interaction between a robotic advisor and a potential investor.

**Keywords:** model neural networks, investing, machine learning, stock market analysis, risk assessment.

Фондовый рынок, являясь комплексной системой, во все времена привлекал внимание исследователей и инвесторов, стремящихся предсказать и определить его зависимости и тенденции. Традиционные методы анализа, такие как технический и фундаментальный анализ, основанные на анализе графиков трендов и фундаментальных показателей, зачастую

не справляются с задачей прогнозирования из-за нелинейности и хаотичности рынка. В связи с этим в последние годы всё больше применяются модельные нейросети, способные обучаться на больших объёмах данных фондового рынка.

Современные модельные нейросети основаны на принципе работы нейронов в головном мозге человека.

Архитектурно нейронная сеть симулирует структуру биологической нервной системы, состоя из взаимосвязанных нейронов, организованных в слои. Каждый нейрон, подобно своему биологическому аналогу, получает сигналы от других нейронов, обрабатывает их с помощью функций активации и передает модифицированные сигналы далее по сети. Сила связи между нейронами определяется коэффициентами, называемыми весами.

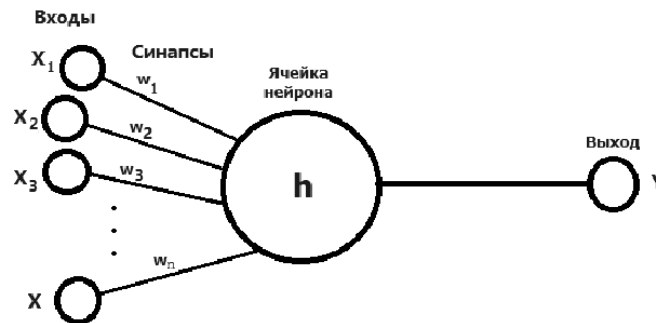


Рисунок – Нейрон

В основе работы нейросети лежит математический аппарат на базе формулы вычисления выходных значений нейронов в сети. Примером формулы является данное математическое уравнение:

$$h = \sum_i x_i \cdot w_i \quad y = f(h),$$

где  $h$  – выходное значение нейрона,  $x_i$  – входное значение,  $w_i$  – вес, связывающий входное значение с нейроном.

Нейронная сеть – это абстрактная модель, используемая для решения задач машинного обучения. Она состоит из последовательности преобразований. Нейронную сеть можно представить как функцию  $F(x)$ , где  $x$  – входные признаки, а  $F$  – функция преобразования нейронной сети. Первый слой F1 нейронной сети состоит из нейронов, каждый из которых с одними и теми же признаками  $x_1, x_2, x_3$ . Тогда входной сигнал для нейрона  $i$  в слое F1 вычисляется по формуле

$$z_j = \sum_{i=1}^n w_{ij} \cdot x_i + b_j,$$

где  $w_{ij}$  – вес, с которым нейрон  $j$  работает с признаком  $i$ ,  $x_i$  – входной признак,  $b_j$  – смещение нейрона  $j$

При обучении нейросети производится постепенная оптимизация весов для минимизации функции ошибки. Для этого применяются алгоритмы оптимизации, такие как обратное распространение ошибки на базе градиентного спуска или пропагация максимума вероятности в рекуррентных сетях.

Градиентный спуск – итеративный метод оптимизации нейросети, позволяющий ей обучаться. На математическом языке градиентный спуск может быть описан следующим алгоритмом:

- инициализация параметров модели случайными значениями;
- подача входных данных в модель и получение предсказания;
- вычисление функции ошибки путем сравнения предсказанного значения с фактическим

Примером использования алгоритма градиентного спуска в задачах регрессии является формула

$$\frac{1}{n} \cdot \sum (y - Y)^2,$$

где  $n$  – количество примеров,  $y$  – фактическое значение,  $Y$  – предсказательное значение целевой переменной);

- определение градиента функции ошибки, по каждому параметру модели;
- обновление значения параметров по формуле «обновленное значение параметра = старое значение – скорость обучения»;
- повторная подача входных данных, обновление значения параметров, для каждого этапа (эпохи), или до достижения критерия остановки [1].

Существует множество архитектур нейронных сетей, отличающихся друг от друга структурой слоёв и типом связей между нейронами:

- многослойные перцептроны (МЛП) используются для классификации объектов в задачах машинного обучения и состоят из входного, выходного и скрытых слоёв;
- свёрточные нейронные сети (СНС) применяются для обработки изображений и текста, решения задач компьютерного зрения, состоят из свёрточного, субдискретизирующего и полносвязного слоя;
- рекуррентные нейронные сети (РНС) используются для обработки последовательности текстовых, графических данных, временных рядов и других объектов, состоят из входных, выходных, скрытых узлов и блоков памяти.

Сигмоидальная или выпрямленная функции активации позволяют нейросети обрабатывать информацию и определять входные данные, необходимые для получения правильного результата.

Для обучения нейросетевых моделей применяются следующие виды их тренировки:

- обучение с учителем подразумевает тренировку с набором данных, содержащим заранее известные выходные значения;
- обучение без учителя предполагает тренировку нейросети, при которой модель самостоятельно определяет закономерности в данных.

Для оценки производительности модели машинного обучения применяется анализ метрик точности, ошибки классификации и средней квадратичной ошибки.

На сегодняшний день нейросети становятся всё более распространённым инструментом исследования финансового рынка. Машинное обучение и нейронные сети, построенные на научных данных в области экономики и технического анализа, открывают новые перспективы и возможности для инвесторов и трейдеров. Среди задач, решаемых нейросетью при работе с фондовым рынком, выделяют:

- анализ экономических показателей: цен акций, объёма торгов и рынка;
- выявление паттернов и трендов, указывающих на будущее движение цен;
- анализ настроения рынка в режиме реального времени на основе данных и ключевых слов и фраз из новостных и социальных платформ и политических событий;
- выявление аномалий на финансовых рынках, обнаружение непредсказуемых паттернов графиков акций, объёмов торгов и других финансовых параметров;
- автоматизация торговли на рынке;
- прогнозирование уровня волатильности активов;
- анализ доходности и оценка рисков инвестиционного портфеля.

Модельные нейросети становятся всё более важным инструментом в анализе фондового рынка, решающим задачи, неподвластные традиционным методам технического и фундаментального анализа. Нейросети предоставляют инвесторам ценную информацию, позволяют выявлять скрытые закономерности и прогнозировать тенденции на рынке, помогают принимать решения о покупке, продаже или удержании акций на основе динамического анализа.

Несмотря на ряд ограничений, таких как сложность интерпретации результатов и необходимость большого объема данных для обучения, нейросети обладают значительным потенциалом для улучшения анализа рынка и оптимизации инвестиционного портфеля.



Таким образом, применение модельных нейросетей в анализе фондового рынка является важным шагом в развитии финансовых технологий.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Градиентный спуск – метод обучения нейронных сетей [Электронный ресурс]. URL: <https://hackernoon.com/gradient-descent-aynk-7cbe95a778da> (дата обращения 24.03.2024)
2. Терешенко А.А. Возможности и перспективы использования искусственного интеллекта и машинного обучения для анализа фондового рынка // Скиф. – 2023. – С. 80. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-i-perspektivy-ispolzovaniya-iskusstvennogo-intellekta-i-mashinnogo-obucheniya-dlya-analiza-fondovogo-rynka> (дата обращения: 24.03.2024).
3. Papernot N., McDaniel P., Goodfellow I., Jha S., Celik Z.B., Swami A. Practical black-box attacks against machine learning // Proceedings of the 2017 ACM Asia Conference on Computer and Communications Security. – 2017. – С. 506-519. – URL: <https://doi.org/10.1145/3052973.3053009> (дата обращения 24.03.2024)

УДК 004.4'242

## ПРОГРАММА ГЕНЕРАЦИИ РАВНОМЕРНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ

Губачева К. С.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** в статье рассматривается программа генерации равномерных распределений. Используется линейный конгруэнтный метод генерации псевдослучайных чисел. Разработанная программа автоматически подбирает параметры для работы в распределенной системе при определенных настройках генератора. Для линейных генераторов также рассматривается мультипликативный метод функционального расширения.

**Ключевые слова:** линейный конгруэнтный, тест  $\chi^2$ -квadrat, ГПСЧ, мультипликативный метод, декаметровая радиосвязь.

## A PROGRAM FOR GENERATING UNIFORM DISTRIBUTIONS

Gubacheva K. S.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** the article discusses a program for generating uniform distributions. A linear congruent method for generating pseudorandom numbers is used. A program has been developed that automatically selects parameters for operation in a distributed system with certain generator settings. The multiplicative method of functional expansion is also considered for linear generators.

**Keywords:** linear congruent,  $\chi^2$ -square test, RNG, multiplicative method, decameter radio communication.

**Введение.** Программа генерации равномерных распределений – это инструмент, который позволяет получать случайные числа, равномерно распределенные в заданном интервале. Такая программа может быть полезна для проведения экспериментов, симуляций или разработки статистических моделей, где требуется случайный выбор значений с постоянной вероятностью в интервале. В данной статье рассматривается метод генерации псевдослучайных чисел и статистические тесты.

**Цель работы** – разработка алгоритма автоматизированного подбора оптимально связанных параметров для генерации равномерных распределений.

**Основная часть.** Генерация псевдослучайных чисел с равномерным распределением является важным аспектом для множества приложений, включая статистику, моделирование и симуляцию. Псевдослучайные числа (последовательности) представляют собой набор случайных чисел, но на самом деле они являются детерминированными. Поэтому для оценки

качества генератора псевдослучайных равномерных распределений необходимо оценивать его статистические свойства и уровень предсказуемости.

Существуют множество статистических тестов, с помощью которых можно оценить качество работы генератора псевдослучайных равномерных распределений. Тесты включают в себя проверку на равномерность распределений, в статье рассматривается статистический тест  $\chi^2$ -квadrat.

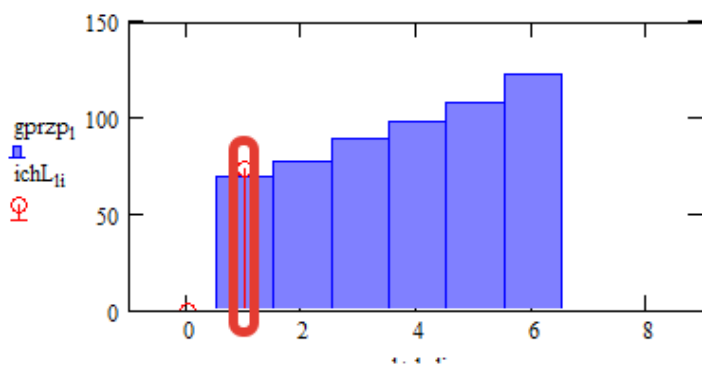
Пример испытания по критерию  $\chi^2$ -квadrat. Степень свободы  $N=99$ ; статистика распределений равна 74. Распределение определяет соответствие значений статистическим интервалам уровней значимости. Попадание в диапазон «Подозрительный»  $V [1-5]\%$  (таблица 1). Гипотеза равномерного случайного распределения числовой последовательности принимается.

Таблица 1

Значимость отклонения критериев

Диапазон V	Указание
0—1%, 99—100%	Отбросить
1—5%, 95—99%	Подозрительный
5—10%, 90—95%	Почти подозрительный

Пример испытания по КС-критерию. Степеней свободы  $N=99$ ; Составляем выражение эмпирического интегрального закона распределения  $F \cdot (x)$ . графическое изображение сравнения  $F^*(n)$  и  $F(n)$  приводится на рисунках 1-2.



Квантили  $przp^T = (69.23 \ 77.046 \ 89.181 \ 98.334 \ 108.093 \ 123.225 \ 134.642)$

Статистика Хи-квadrat:  $V = 74$

Рисунок 1 – Программная генерация оптимальных параметров ПСЧ

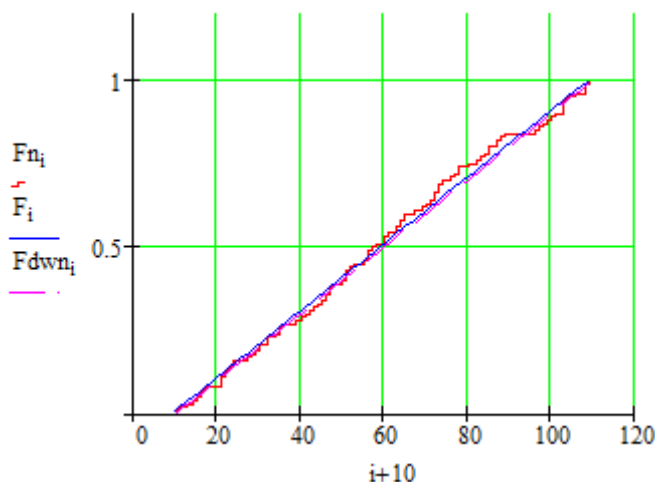


Рисунок 2 – Эмпирическое и эталонное распределение ПСП

Критерий (статистика) проверки гипотезы равен 0.6. Вероятность события, что критерий больше уровня значимости,  $\alpha$  равна 0.864, что соответствует интервалу доверия в диапазоне «Почти подозрительный»  $V \in [90-95]\%$ . Принимается гипотеза равномерного случайного распределения числовой последовательности [1].

Наиболее распространенным алгоритмом для генерации последовательности псевдослучайных чисел с равномерным распределением является линейный конгруэнтный генератор. Он опирается на следующее соотношение:

$$X_{n+1} = (a \cdot X_n + c) \bmod m,$$

где  $X_n$  – текущий элемент последовательности,  $a$  – множитель,  $c$  – смещение,  $m$  – модуль.

Данные параметры выбираются таким образом, чтобы обеспечить равномерность распределения. Важно выбирать параметры верно, чтобы избежать нежелательных повторений в последовательности. Метод генерации последовательности при  $c = 0$ , называется мультипликативным конгруэнтным методом, а при  $c \neq 0$  смешанным конгруэнтным методом.

Применение псевдослучайных чисел в криптографии.

Криптография – наука о защите информации, которая преобразует данные в незначущую или непонятную форму. Псевдослучайные числа не бесконечны, но последовательности достаточно для того, чтобы использовать их в криптографии для создания шифров и ключей.

Одним из примеров использования последовательности в криптографии является генерация ключей. Для каждой абонентской пары генерируются публичные и приватные ключи. Приватный ключ имеет свойство быть случайным и не должен восстанавливаться из публичного. В этом случае случайные числа используются для генерации приватных ключей.

Примером использования псевдослучайной последовательности является генерация случайного вектора инициализации для симметричного шифрования. Используется вместе с ключом шифрования для уникального шифрования каждого блока данных.

В криптографии много других применений псевдослучайных чисел. Используются для генерации случайной последовательности для заполнения потоков данных, аутентификации и шифрования. Таким образом, последовательность вносит огромный вклад в криптографию, обеспечивает создание шифров и ключей, без которых безопасность данных была бы под угрозой взлома.

Применение псевдослучайных чисел в компьютерных играх.

Псевдослучайная последовательность чисел широко применяется в компьютерных играх для улучшения геймплея и создания случайных событий в игре, которые делают компьютерные игры интереснее и более востребованными. Одним из простейших применений псевдослучайных чисел в играх является появление случайных уровней или карт. При запуске игры генерируются уникальные карты, которые делают игру более разнообразной и повышает уровень её проходимости. Каждый раз, когда будет новый запуск игры, она будет уникальной и позволяет приобрести новый опыт. Также применение в ролевых играх, когда нужен исход боя или появления бонусов во время прохождения игры.

Генератор псевдослучайных чисел делает игры более реалистичными и непредсказуемыми. Плохой алгоритм генератора псевдослучайных чисел может создать несбалансированные действия в игре или повторяющиеся игровые ситуации.

Применение псевдослучайных чисел в искусственном интеллекте.

Применение ГСПЧ одна из важных задач данной области. Числа используются в моделировании случайных величин и принятия решений искусственного интеллекта. Искусственный интеллект при помощи генератора принимает решения на основе случайных факторов, это делает поведение более реалистичным. Применение в различных областях искусственного интеллекта:

– Моделирование сложных систем. С помощью ГПСЧ возможно произвести имитацию случайных факторов, влияющих на систему, и исследовать их поведения в разных условиях. К таким системам относятся: технические процессы, экономические и биологические системы.

– Генетические алгоритмы. Псевдослучайные числа используются в генетических алгоритмах. Числа добавляют случайные изменения в генетический алгоритм. В пример можно привести алгоритм моделирования эволюции для поиска оптимального решения задач. Псевдослучайные числа позволяют вводить случайность в генетические алгоритмы для генерации новых задач.

Применение псевдослучайных чисел в моделировании.

Модели на основе генератора псевдослучайных чисел могут быть использованы для анализа и предсказания поведения системы. Используются в различных системах и процессах.

Области применения псевдослучайных чисел в моделировании:

– Моделирование физических процессов. ПСЧ используются в моделировании физических процессов, можно привести пример движения частиц, распространения электромагнитных волн и других явлений. Модели позволяют воспроизводить и анализировать поведение системы в разных условиях.

– Моделирование систем массового обслуживания. ПСЧ используются в системах массового обслуживания, в пример можно привести сети обработки запросов или телефонные сети. Помогают анализировать процессы прихода и обработки заявок, оценивает её производительность и оптимизирует работу системы [2].

Обычно в станциях сети декаметровой радиосвязи для генерации псевдослучайных чисел используют специальные алгоритмы и генераторы случайных чисел, которые обеспечивают высокий уровень случайности данных. Последовательности могут быть использованы в разных областях, таких как шифрование данных или генерация случайных ключей. Генераторы псевдослучайных чисел важны для обеспечения безопасности и надежности связи в сети декаметровой радиосвязи. Декаметровая радиосвязь обладает многими достоинствами, которые определяют актуальность её использования при функционировании такого сложного комплекса как Российские железные дороги (РЖД). Прежде всего, это выражается в потенциальной возможности организации глобальной связи, включающей все объекты РЖД, на сравнительно недорогом радиооборудовании; отсутствии необходимости в развитой инфраструктуре, обслуживающей радиосвязь и в устойчивости к целенаправленному радиоэлектронному противодействию, что делает КВ-радиосвязь просто незаменимой в экстремальных ситуациях.

Пример работы алгоритма. Интерфейс запуска алгоритма встроен в клиентскую часть страницы <https://jr.samgups.ru/math/>. Серверная часть реализована стандартными ресурсами языка PHP с подключением библиотеки работы с большими числами. Этапы реализации решения изображены на рисунке 3.

**Исходные данные (Генераторы ПСЧ):**

**Метод:**  Линейный конгруэнтный  Квадратичный конгруэнтный

**Параметры генерации:**

$$X_{n+1} = (aX_n + C) \bmod m$$

$x_0 = 1$      $a = 9029$      $C=0$      $m = 47394209$

• **Подбор** »  Случайный выбор параметров

Делители q | 47394208 : 2,19

Рекомендуется параметр "a" :  
2,3,5,7,11,13,17,19,23,29,31,37,41,43,47,53,59,61,67,71,73,79,83,89,97,101,103,107

Рисунок 3 – Программная генерация оптимальных параметров ПСЧ

**Вывод.** Таким образом, программа генерации равномерных распределений – это мощный инструмент, который позволяет автоматизировать процесс создания случайных чисел с равномерным распределением. Благодаря этому программному обеспечению и

использованию различных методов генерации, исследователи, программисты и аналитики могут быстро и эффективно получать необходимые данные для своих исследований или приложений. Важно помнить о том, что для достижения качественных результатов необходимо тщательно выбирать метод генерации и проверять полученные данные на соответствие требованиям равномерного распределения. Генератор может использоваться в крупнейшей российской компании РЖД в радиосвязи.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуцин А.В., Пространственный детерминизм системных методов приближения и адаптации : монография / А. В. Гуцин ; А. В. Гуцин ; М-во трансп. Российской Федерации, Федеральное агентство ж.-д. трансп., Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования "Самарский гос. ун-т путей сообщ.". – Самара : Изд-во СамГУПС, 2011. – 177 с.
2. Губачева К.С. Простой алгоритм псевдослучайных чисел и его применение. Материалы XVI Международной научно-практической конференции «Наука и образование транспорту». — Самара: СамГУПС, 2023
3. Губачева К.С., Гуцин А.В. Программный подбор параметров генератора псевдослучайных чисел. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции «Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте». — Самара: СамГУПС, 2022 — С. 187-190.

УДК 001.83

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ЧЕРЕЗ ВНЕДРЕНИЕ «ЛАБОРАТОРИИ КАДРОВ»

Михайлова А. Г., Колягин И. К., Кононова Е. В., Печорин А. С., Авсиевич В. В.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** в статье предложено внедрение специального внутривузовского подразделения «Лаборатория Кадров». Данное подразделение позволит наладить процесс подготовки будущих специалистов, которые будут востребованы рынком, за счет универсального и гибкого подхода к обучению, а также актуальных знаний, предоставляемых студентам. Предлагаемое решение подразумевает реализацию студенческой практической подготовки напрямую с компаниями, а также возможность компаниям получать кадры, соответствующие их реальным потребностям.

**Ключевые слова:** IT, обучение студентов, стажировка, взаимодействие с компаниями.

### IMPROVING THE EFFICIENCY OF TRAINING SPECIALISTS THROUGH THE INTRODUCTION OF THE "PERSONNEL LABORATORY"

Mikhailova A.G., Kolyagin I.K., Kononova E.V., Pechorin A.S., Avsievich V.V.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** the article proposes the introduction of a special intra-university unit «Personnel Laboratory». This division will allow to establish the process of training future specialists who will be in demand by the market, due to a universal and flexible approach to training, as well as relevant knowledge provided to students. The proposed solution implies the implementation of student practical training directly with companies, as well as the opportunity for companies to receive personnel that meet their real needs.

**Keywords:** IT, student education, internship, interaction with companies.

В современном мире информационные технологии играют важную роль в различных сферах деятельности. Понимание этих технологий и умение их применять становится необходимым условием для успешной карьеры. Более того, профессии IT-сферы становятся

всё более актуальными и востребованными. Однако, не всегда образовательные учреждения способны быстро реагировать на изменения в требованиях работодателей и предоставлять актуальные знания своим студентам. В связи с этим возникает необходимость в разработке новых подходов к обучению IT-специалистов [2].

Один из таких подходов предлагает проект «Лаборатория кадров». Это научно-исследовательская лаборатория на базе университета, целью которой является освоение IT-специальностей с учетом реальных потребностей работодателей.

Проект «Лаборатория кадров» предусматривает несколько этапов обучения. Первым этапом является наработка базовых знаний в выбранной сфере. Студенты изучают основы для успешного освоения выбранной специализации.

На втором этапе студенты изучают знания, необходимые для выполнения конкретных задач или проектов, предлагаемых работодателями. Этот этап включает в себя обучение работе с конкретными инструментами и технологиями, а также решение реальных задач. Ключевым элементом проекта «Лаборатория кадров» является привлечение работодателей к процессу обучения [2].

Работодатели могут предлагать вакансии для стажировки или трудоустройства, а также предлагать проекты для реализации. Таким образом, студенты имеют возможность получить практический опыт еще во время обучения, что значительно повышает их конкурентоспособность на рынке труда.

Учебные программы в «Лаборатории кадров» выстраиваются с учетом потребностей работодателей, а также с учетом опыта и знаний студентов. Программы разрабатывают студенты старших курсов, имеющие опыт работы в соответствующих сферах и собственные портфолио. Также компании могут предлагать свои методы обучения, что позволяет обучающимся работать напрямую с ними [1].

Для контроля за обучением и проведение отчетности перед компаниями организуется система контрольных точек. Она представляет собою тестирование, проходящее в несколько этапов, аналогом данного решения является «Code Review» [2]. Старший специалист, ментор, проводит анализ проделанной работы студента и, в случае ее успешного прохождения, отправляет на следующий этап. Данное тестирование включает в себя следующие этапы:

1. Постановка задачи, где ментор предоставляет обучающемуся задания. Например, практические задачи или же поиск ошибки в имеющемся решении.
2. Проведение обсуждения представленного решения и выявление его недостатков.
3. В случае успешной аналитики и внесения быстрых исправлений ошибок обучающийся проходит контрольную точку. В ином случае формируется отчет о недостающих компетенциях и проводится переподготовка до тех пор, пока обучающийся не освоит необходимые компетенции и пройдет контрольную точку.

После прохождения базовой подготовки, обучающихся подключают к рабочим кейсам, которые предоставляют сами компании или которые уже были разработаны ранее. Подключение подразумевает присоединение к рабочей команде, где рабочий процесс уже налажен. При решении кейса происходит внедрение обучающегося в решении поставленных команде задач. При этом в команде выстроена своя иерархия, что является прямым аналогом системы «грейдов» - senior, middle, junior. Данная иерархия представлена на рис. 1.

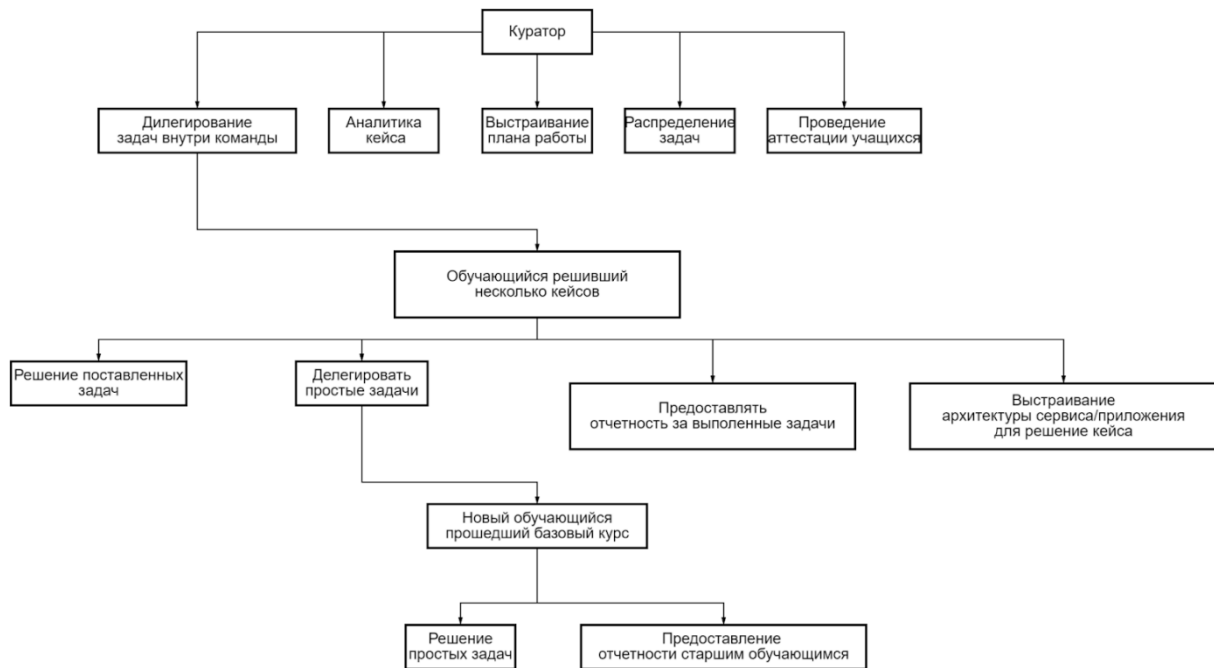


Рисунок 1—Иерархическая структура для решения кейса

По мере решения кейс производится оценка работы команды, а также каждого из её членов. Данный анализ позволяет определить уровень взаимодействия внутри рабочей группы, а также профессиональных компетенций. Вследствие чего, появляется возможность скорректировать подход к обучению, что повышает вероятность полного усвоения материала обучающимися [3].

Кейс представляет из себя «мини-проект», который реализуется командой от трёх человек. Данный кейс направлен на несколько направлений подготовки сразу, что позволяет учащимся освоить не только знания в сфере своей специализации, но и сотрудничеству с другими. В качестве кейса может выступать, например, реализация лендинга сайта. В данном примере команда будет состоять из: дизайнера, аналитика, front-end и back-end разработчиков, а также куратора, контролирующего весь процесс. Для того чтобы проверять корректность выполнения кейса, предусмотрены «флаги» - на этих флагах производится демонстрация и тестирование получаемого продукта перед компаниями или кураторами. В случае успешного завершения кейса выставляются оценки за его реализацию и добавление решенного кейса в портфолио участников [3].

После окончания обучения и прохождения финальных контрольных точек, производится оформление портфолио и составления резюме для дальнейшего прохождения собеседований. Далее происходит сбор обратной связи от обучающихся и от компаний в формате:

1. Что ожидали?
2. Что получили?
3. Что хотели бы улучшить или изменить?

Следующим этапом, на основании полученной обратной связи, производятся корректировки в процесс обучения. Полная схема обучения представлена на рис. 2

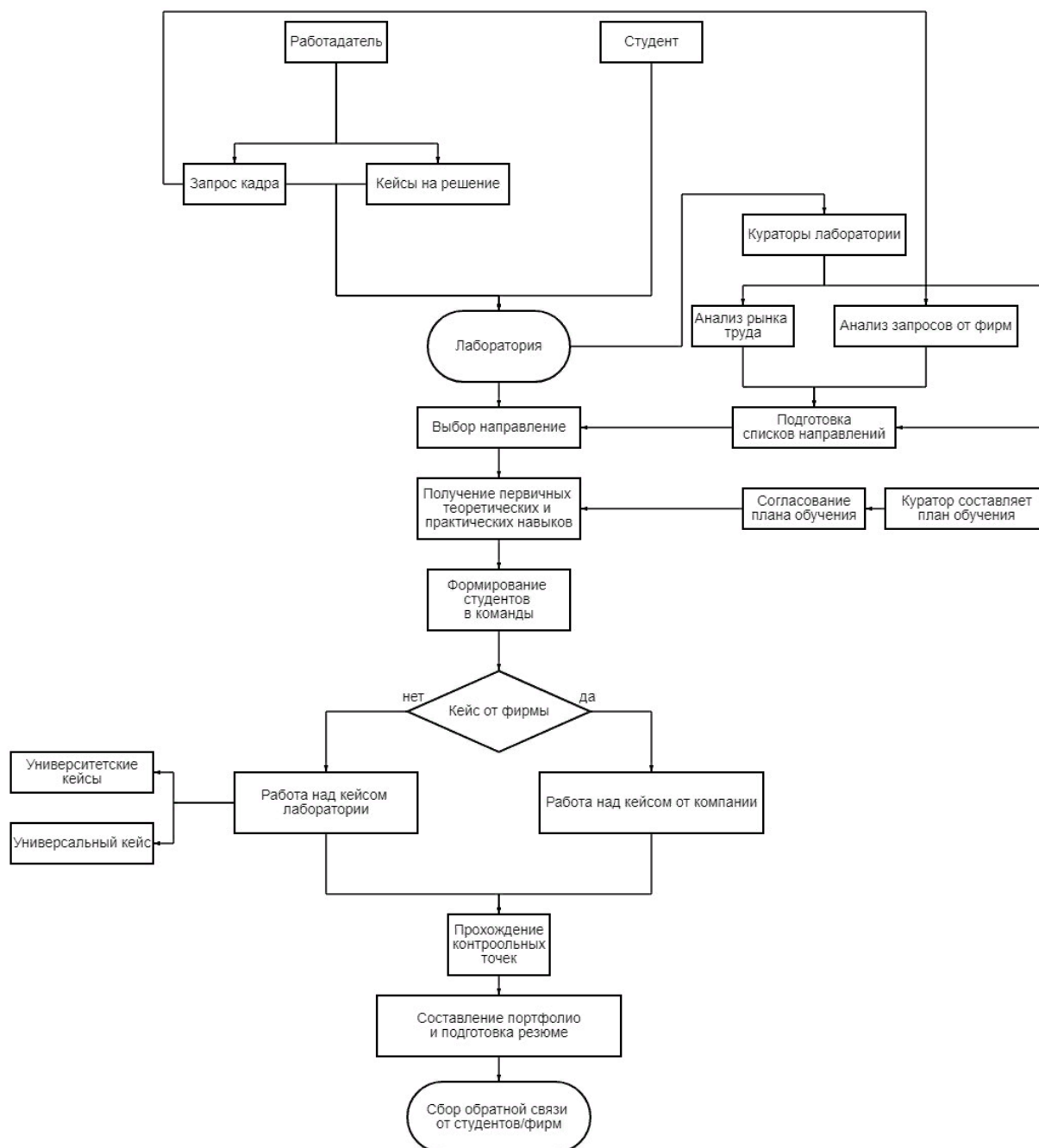


Рисунок 2— План построение обучения

Как показывает статистика, полученная при опросе около 200 человек, востребованность данного подразделения достаточно велика. На представленном графике видно, что более 89 процентов опрошенных студентов хотели бы участвовать в реализации реальных проектов от компаний или же стажировках еще в процессе обучения в высшем учебном заведении. Помимо этого, 66 процентов участников опроса считают, что в ВУЗах недостаточно практических занятий. Вследствие чего, студенты отмечают недостаток понимания фактических требований от работодателей и испытывают недостаток необходимых компетенций для конкурентоспособности на рынке труда. Диаграмма представленная рис. 3 показывает заинтересованность в данном проекте.



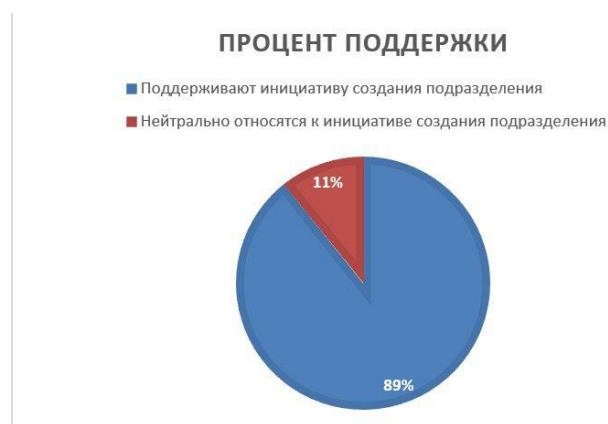


Рисунок 3 – Статистика

В результате проведения анализа рынка труда, было выявлено несколько похожих структур, таких как «Академия АйТи» и Центр специализированной подготовки Иннополис. В отличие от представленных площадок, предлагаемая структура по окончанию подготовки предоставляет не сертификаты о прохождении, а реальный опыт, полученный при решении актуальных задач, что позволяет выделяться на фоне других кадров, окончивших курсы. Также «Лаборатория кадров» гарантирует поддержку при дальнейшем трудоустройстве.

Подводя итоги, проект «Лаборатория кадров» предлагает инновационный подход к обучению IT-специалистов, который ориентирован на реальные потребности рынка труда. Данный подход включает активное сотрудничество с работодателями и обеспечивает студентам получение актуальных знаний, практических навыков и умений командной работы. Это может способствовать повышению конкурентоспособности выпускников на рынке труда и развитию IT-сферы в целом. Тем не менее, для успешного внедрения такого подхода требуется дальнейшая разработка методик и оценка его эффективности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беркутова, О. В. Организация обучения студентов по методу кейс-стади / О. В. Беркутова // Мир науки, культуры, образования. – 2018. – № 6(73). – С. 150-151. – EDN VRVINK.
2. Абдыбек, к. А. Компетентностный подход к организации обучения студентов в вузе / к. А. Абдыбек, Л. А. Токтомушова, А. К. Буржуева // Вестник Кыргызстана. – 2019. – № 1. – С. 38-41. – DOI 10.33514/BK-1694-7711-2019-1-38-41. – EDN MNURCE.
3. Саяпин, Н. В. Инновационные формы организации обучения студентов в вузе / Н. В. Саяпин, Т. С. Мирошниченко // Инновации и рискологическая компетентность педагога : Сборник научных трудов Шестнадцатой Международной заочной научно-методической конференции. В 2-х частях, Саратов, 13 марта 2019 года. Том Часть 2. – Саратов: Издательство "Саратовский источник", 2020. – С. 200-203. – EDN NIWUNT.

УДК 004.4

## ПРОБЛЕМЫ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ СИЛ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МЕТРОПОЛИТЕНА

Кононов М. И., Авсиевич В. В., Кононов И. И.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** данная научная статья посвящена анализу проблемы мобильных приложений сил обеспечения транспортной безопасности метрополитена. В контексте быстрого развития технологий и всеобщей доступности мобильных устройств, авторы исследования предлагают разработку мобильного приложения, которое предоставит сотрудникам, отвечающим за транспортную безопасность, эффективные инструменты для взаимодействия, оперативного получения информации и реагирования на возникающие

ситуации. Для достижения этой цели предлагается выполнить анализ аналогичных решений, провести обзор технологий разработки мобильных приложений и определить задачи, связанные с разработкой приложения.

**Ключевые слова:** веб-сервис, транспортная безопасность, мобильное приложение, метрополитен

## PROBLEMS OF MOBILE APPLICATIONS OF THE METRO TRANSPORT SECURITY FORCES

Kononov M. I., Avsievich V. V., Kononov I. I.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** this scientific article is devoted to the analysis of the problem of mobile applications of the metro transport security forces. In the context of the rapid development of technology and universal accessibility of mobile devices, the authors of the study propose the development of a mobile application that will provide employees responsible for transport security with effective tools for interaction, prompt receipt of information and response to emerging situations. To achieve this goal, it is proposed to analyze similar solutions, review mobile application development technologies and identify tasks related to application development.

**Keywords:** web service, transport security, mobile application, metro

В области общественного транспорта, в особенности метрополитена, обеспечение безопасности является одной из ключевых задач. Существующая система коммуникации для организации взаимодействия и связи основана на использовании линий городской и производственной телефонной сети, служебной радиосвязи и служебных мобильных телефонов. Однако, в свете быстрого развития технологий и всеобщей доступности мобильных устройств, возникает необходимость в цифровизации связи и внедрении современных технологий.

В этом контексте, разработка мобильного приложения становится перспективным решением для улучшения коммуникации и обеспечения безопасности в метрополитене. Такое приложение может предоставить сотрудникам, ответственным за обеспечение транспортной безопасности, эффективные инструменты для взаимодействия, получения информации и оперативного реагирования на чрезвычайные ситуации.

Цель настоящего исследования заключается в обосновании актуальности разработки мобильного приложения для обеспечения безопасности в метрополитене, а также в определении основных задач, которые преследуются в рамках данного проекта.

Для достижения поставленной цели требуется выполнить следующие задачи. Во-первых, провести анализ аналогичных решений, то есть изучить уже существующие мобильные приложения, которые применяются в транспортной отрасли для обеспечения безопасности. Такой анализ позволит выявить уже существующие возможности разработки и оценить их эффективность и применимость для работы в метрополитене.

Во-вторых, необходимо провести краткий обзор технологий, используемых для разработки мобильных приложений, на его основе обосновать выбранную технологию. Для выполнения задачи требуется проанализировать современные тренды в разработке мобильных приложений, фреймворки и инструменты для упрощения работы. Этот анализ позволит принять обоснованное решение о выборе подходящей технологии разработки, учитывая требования безопасности, необходимой функциональности и доступности сервиса.

В-третьих, требуется определить функциональные и технические требования на разработку мобильного сервиса. При разработке нужно учесть интерфейс пользователя, механизмы обеспечения безопасности, интеграцию с существующими системами и другие аспекты, что необходимо для успешной реализации.

Рассмотрим актуальные решения в сфере метрополитена, все они разработаны компанией «Транссеть» [1]. Одним из таких является приложение "TRS.Обходчик", предоставляет управление инфраструктурой на платформе TRS.EVA. Оно позволяет операторам и персоналу возможность реагирования на происшествия, а также планировать

сроки технического обслуживания. Другим решением является приложение "TRS.Навигатор", разработанное для использования в ОС "Аврора", его основное преимущество – оно позволяет пользователям функции ориентации на местности и расчета оптимальных маршрутов, и эти функции можно использовать в автономном режиме. Третье приложение - "Аттестат контроль", предоставляет возможность проверки действительности свидетельств об аттестации сотрудников безопасности.

К сожалению, мобильные приложения от компании "Транссеть" имеют весомый недостаток - они разделены на отдельные приложения, что может затруднять их использование. В связи с этим, в данной работе предлагается разработка мобильного приложения, включающего в себя обширный функционал, специально адаптированный для использования в метрополитене. На рисунке 1 диаграмма сравнения функциональности приложений, для удобства сравнения все приложения компании «Транссеть» объединены в один пункт.



Рисунок 1 – Сравнение функциональности приложений

Из диаграммы видно, что предлагаемый сервис будет эффективным и функциональным решением, для использования в метрополитене.

При изучении современных технологий разработки мобильных приложений для выбора наиболее подходящей, существует большое количество вариантов для разработки [2]. Рассмотрим три популярные технологии разработки: гибридные приложения, веб-приложения и нативные приложения.

Веб-приложения – это сайты, которые оптимизированы для просмотра в телефонах. Для работы они используют веб-браузер и не требуют установки на устройство. Такие приложения обладают кроссплатформенностью, что позволяет им работать на различных устройствах без дополнительной адаптации.

Нативные приложения представляют собой приложения, которые разработаны специально для определенной операционной системы смартфонов. Распространение таких приложений происходит через официальные магазины. Они обеспечивают удобство использования и доступность к наибольшему количеству функций. Такие приложения обеспечивают максимальную производительность приложения.

Гибридные приложения разновидность веб-приложений, разработанные с использованием технологиями HTML5 и JavaScript, которые затем обертываются в собственный контейнер для доступа к встроенным функциям платформы. Они сочетают в себе преимущества нативных и веб-приложений, но также требуют постоянный доступ в интернет.

Проанализировав плюсы и минусы всех технологий разработки, останавливаемся на выборе гибридного приложения. Это обеспечит производительность на уровне нативного приложения, расширение функционала без необходимости постоянных обновлений и качественный пользовательский интерфейс.

В мобильном приложении должен быть реализован ряд функций, специально адаптированных для эффективного выполнения задач и обеспечения безопасности [3, 4]. Рассмотрим некоторые из возможных функций и требований к приложению:

1. Информационная безопасность: использование шифрования данных и защищенных протоколов передачи информации.
2. Оповещения и уведомления: возможность отправки мгновенных уведомлений пользователям в случае возникновения ЧП.
3. Экстренные вызовы и контакты: возможность вызова экстренных служб из соответствующего списка контактов в приложении.
4. Живая мониторинговая система: оперативный мониторинг и получение актуальной информации о происходящих событиях.
5. Отчетность и аналитика: функционал отчётности и детальной аналитики по разным пунктам.
6. Доступность и удобство использования: интуитивно понятный интерфейс.
7. Обучение и тренировки: обеспечение обучение и тренировки персонала.
8. Интеграция с системами безопасности метрополитена.
9. Навигация и маршрутизация: предоставление подробной информации о метрополитене, включая карту станции, линий и переходов.
10. Информационные ресурсы и инструкции: предоставление доступа к информационным ресурсам и инструкциям для сотрудников.
11. Персонализация и управление профилем пользователя.
12. Чат и обмен сообщениями
13. Автоматическое определение местоположения инцидентов: интеграция с системами отслеживания местоположения в реальном времени.

В данной научной статье была рассмотрена проблема обеспечения транспортной безопасности в метрополитене. Проведён анализ существующих аналогичных решений, выявлены их плюсы и минусы, на основе этого был предложена разработка мобильного сервиса. Краткий обзор современных технологий разработки показал, что лучшее решение – использование гибридного мобильного приложения для разработки сервиса.

Предложенная разработка позволяет улучшить коммуникацию и обеспечить безопасность в метрополитене. Использование такого приложения повысит эффективность работы приблизительно на 60%.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мобильные приложения семейства Транссеть [Электронный ресурс]: URL: [https://transset.ru/products/?klyuchevyenaopravleniya=mobile\\_apps](https://transset.ru/products/?klyuchevyenaopravleniya=mobile_apps)
2. Нгуен Ба Хью, Нгуен Динь Чьонг, Нгуен Нгок Хуэ, Лай Тхи Линь, Нгуен Чунг Лам, Буй Минь Дык / Виды мобильных приложений // Синергия наук. 2017. № 7. – С. 246 – 253. – URL: <http://synergy-journal.ru/archive/article0173>
3. Основы информационной безопасности : учебное пособие для студентов вузов / Е.В. Вострецова. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. – 204 с.
4. Проблемы защиты информации в приложениях для мобильных систем / Зубков К. Н., Диасамидзе С. В. // Интеллектуальные технологии на транспорте – 2017. – С. 40 – 46. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ugrozy-bezopasnosti-mobilnyh-platform-i-prakticheskie-puti-ih-razresheniya/viewer>

УДК 004.42  
615.47

## ОПТИМИЗАЦИЯ ЦИРКАДНЫХ РИТМОВ: ИССЛЕДОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА И ПЕРСОНАЛЬНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Бахтиева Н. Р., Камальдинова З. Ф.

Самарский медицинский государственный университет  
(Передовая медицинская инженерная школа), Самара  
Самарский государственный технический университет, Самара

**Аннотация:** данная научная статья посвящена результатам проведенного исследования, в рамках которого ведется разработка проекта по регуляции и отслеживанию циркадных ритмов с целью улучшения качества сна и общего здоровья. В статье рассматриваются цели и задачи разработки приложения, проводится анализ рынка и типов предыдущих приложений, а также выделяются основные этапы разработки проекта.

**Ключевые слова:** циркадные ритмы, качество сна, здоровье, мониторинг, регуляция сна, мобильное приложение, машинное обучение, пользовательские рекомендации, рыночный анализ, мультитаскинг.

## OPTIMIZATION OF CIRCADIAN RHYTHMS: RESEARCH, DEVELOPMENT AND PERSONAL RECOMMENDATIONS

Bakhtieva N. R., Kamaldinova Z. F.

Samara State Medical University (Advanced Medical Engineering School), Samara,  
Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** this scientific article is dedicated to the results of the conducted research, within which a project is being developed to regulate and monitor circadian rhythms with the aim of improving sleep quality and overall health. The article discusses the objectives and tasks of application development, analyzes the market and types of previous applications, and outlines the main stages of project development.

**Keywords:** circadian rhythms, sleep quality, health, monitoring, sleep regulation, mobile application, machine learning, user recommendations, market analysis, multitasking.

Согласно результатам шестилетнего исследования [1-4], включавшего более 400 тысяч участников, риск смертности у лиц, ложащихся спать поздно, увеличивается на 10%. Также среди негативных последствий циркадных нарушений здоровья можно выделить заболевания сердечно-сосудистой системы, рак, депрессию, тревожность, диабет и ожирение. Это лишь часть рисков, на которые указывают медики, причиной которых является нарушение циркадных ритмов.

В ходе работы над проектом было проведено исследование. Была взята группа "сов" (т.е. людей с экстремально поздним режимом сна и бодрствования) и предпринята попытка изменить их привычное позднее время в реальных условиях, используя простые, практичные немедикаментозные вмешательства. Было продемонстрировано значительное улучшение качества сна у испытуемых путем простой коррекции их расписания дня.

В результате этого вмешательства мы можем:

- добиться опережения фазы примерно на два часа,
- снизить уровень депрессии и стресса,
- уменьшить сонливость по утрам,
- значительно улучшить простые показатели когнитивной и физической работоспособности.

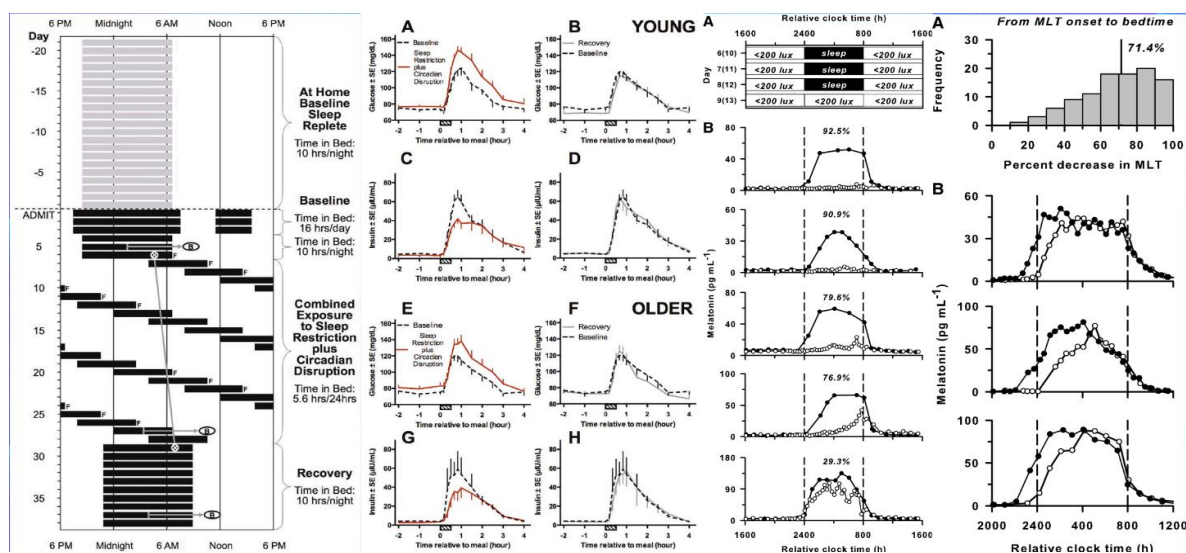


Рисунок 1 – Графическое отображение результатов исследования

Но далеко не всегда находятся силы следовать простым правилам. Именно поэтому на помощь приходят соответствующие приложения, разработкой одного из них было решено заняться в этой работе.

Целью работы является разработка приложения для регуляции и отслеживания циркадных ритмов. К списку функциональности приложения можно отнести:

- подбор оптимального графика перехода к новому режиму сна для каждого пользователя;
- мониторинг продолжительности сна, времени засыпания и пробуждения;
- статистика количества пройденных шагов;
- статистика потребляемых калорий;
- создание персонализированных рекомендаций по сну, питанию, нагрузкам и медицинским показателям;
- регулирование времени использования телефона;
- регулирование уровня освещения, пробуждения и засыпания;
- регулирование выполнения задач в соответствии с целями пользователя.

Таким образом, приложение будет мониторить несколько различных показателей физической и психологической активности пользователя и благодаря этой статистике и будет пополняться база знаний модели машинного обучения.

Также благодаря умным алгоритмам приложение будет генерировать индивидуальные рекомендации по сну, питанию, оптимальным физическим нагрузкам, медицинским показателям, создавать для пользователя оптимальный график сна, приема пищи, спортивных занятий, умственной работы, прогулок.

Приложение также будет регулировать индивидуальное для каждого пользователя время использования телефона, уровень освещения в помещении для сна (до, во время и сразу после пробуждения), время пробуждения и засыпания, количество и результативность выполненных задач в соответствии с заданными целями человека.

В итоге пользователю останется только четко следовать рекомендациям, которые составлены с помощью предобученной и постоянно развивающейся за счет пополняющихся обезличенных данных пользователей модели Искусственного Интеллекта специально для конкретного человека для достижения его личных целей.

По результатам опроса (Здоровье Mail.ru и Hi-Tech Mail.ru) выяснилось, что 50 % россиян используют умные часы, фитнес-браслеты или специальные приложения в смартфоне [5]. Самым популярным гаджетом для мониторинга здоровья и активности в России стали умные часы: их носят 47 % из числа тех, кто использует какие-либо устройства. Еще 31 % отдают предпочтение фитнес-браслетам. 18 % россиян используют для этих целей смартфон. Оставшиеся 4 % выбрали «другое».

TAM (общий объем целевого рынка) соответствует 71,5 млн пользователей (половина население России), SAM (доступный объем рынка) – 7,1 млн пользователей (около 10 процента от предельного рынка), SOM (реально достижимый объем) – 10 тыс. пользователей [6].

На рынке уже есть множество приложений для сна, выполнения задач, тренировок и питания, но все они очень узко направлены на одну определенную функцию.

В результате исследования было выделено несколько типов таких приложений:

- 1) отслеживание движения,
- 2) отслеживание сна + храп + запись признаков лунатизма + будильник,
- 3) теплый экран,
- 4) медитации и расслабляющая музыка для сна (не рекомендуем),
- 5) отслеживание питания,
- 6) отслеживание женского цикла + советы,
- 7) forest или спящий город,
- 8) task manager.

Современные тенденции указывают на необходимость создания мультизадачных приложений, способных комплексно решать проблему. Явные примеры таких приложений можно увидеть у таких гигантов рынка, как Samsung, Apple, Xiaomi и Polar [7].

Таким образом, разработку приложения планируется разбить на следующие этапы:

- провести или использовать исследование в области циркадных ритмов, сформировать гипотезы и провести их анализ, на основе полученных результатов сформировать концепции проекта;
- разработать детальный план действий для создания программного продукта, создать макет и прототип;
- непосредственная работа над созданием мобильной, а затем и десктопной версии, создание MLP (минимальный лояльный продукт), обучение и тестирование модели машинного обучения, повышение точности;
- проведение серии тестов на соответствие установленным целям и параметрам, сбор обратной связи от демопользователей позволит уточнить курс развития приложения и исправить появившиеся ошибки;
- заключительным этапом станет запуск и внедрение разработанного программного продукта на целевых платформах, интеграция платных тарифов.

Результатом этого процесса станет разработанное приложение, предназначенное для помощи пользователям в отслеживании и улучшении их циркадных ритмов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Knutson, K.L., von Schantz, M. Associations between chronotype, morbidity and mortality in the UK Biobank cohort [Electronic resource] // The Journal of Biological and Medical Rhythm Research – 2018. – Vol. 35. – P. 1405-1413. – URL: <https://doi.org/10.1080/07420528.2018.1454458> (дата обращения: 11.12.2023).
2. Roenneberg T., Allebrandt K.V., Merrow M., Vetter C. Social Jetlag and Obesity [Electronic resource] // Journal Current Biology. – 2013. – Vol. 22. – P. 939 – URL: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.03.038> (дата обращения: 11.12.2023).
3. Merikanto I., Lahti T., Puolijoki H., Vanhala M., Peltone M. Associations of Chronotype and Sleep With Cardiovascular Diseases and Type 2 Diabetes [Electronic resource] // The Journal of Biological and Medical Rhythm Research – 2019. – Vol. 30. – P. 470-477. – URL: <https://doi.org/10.3109/07420528.2012.741171> (дата обращения: 11.12.2023).
4. IARC Monographs Meeting 124: Night Shift Work (4–11 June 2019) [Electronic resource]: International agency for research on cancer. – WHO, 2019. – URL: [https://www.iarc.who.int/wp-content/uploads/2019/07/QA\\_Monographs\\_Volume124.pdf](https://www.iarc.who.int/wp-content/uploads/2019/07/QA_Monographs_Volume124.pdf) (дата обращения: 11.12.2023).
5. Камальдинова, З.Ф. Разработка корпоративной образовательной платформы / З.Ф. Камальдинова, Н.А. Князев, Г.А. Приставка, А.А. Яковлев, Я.А. Якунин // Перспективные информационные технологии [Электронный ресурс]. – Самара: СНЦ РАН. – 2021. – С. 627–628.
6. Газизова, Н.Р. Система электронного обучения Decidium. Дни науки – 2022. 77-я научно-техническая конференция обучающихся СамГТУ. – Самара: СамГТУ, 2022. – С. 16–17.
7. Газизова Н.Р., Камальдинова З.Ф. Современные решения при постановке задачи разработки образовательной онлайн-платформы // Цифровые технологии: настоящее и будущее. – Тольятти, 2022. С. 79–87.

## ИНТЕГРАЦИЯ БАНКОВСКИХ СИСТЕМ НА ИНТЕРНЕТ ПЛОЩАДКАХ-АГРЕГАТОРАХ

Курочкина А. С., Буканова Ю. В.

Самарский государственный технический университет, Самара

**Аннотация:** данная статья рассматривает вопрос интеграции интернет-площадок агрегаторов с банковской системой и ее важность для бизнеса. В статье описывается процесс подключения сайта к банковской системе, а также преимущества, которые получает компания от такой интеграции. Рассматриваются различные типы платежных систем и способы их интеграции с сайтом. Также в статье приводятся примеры успешной интеграции сайта, реализующего организацию совместных покупок, с банковской системой и ее положительного влияния на бизнес-процессы компании.

**Ключевые слова:** интернет-площадка агрегатор; платежные системы; лицевой счет, интеграция с банком, совместные закупки.

## INTEGRATION OF BANKING SYSTEMS ON INTERNET AGGREGATOR PLATFORMS

Kurochkina A.S., Bukanova U.V

Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** this article examines the integration of aggregator Internet platforms with the banking system and its importance for business. The article describes the process of connecting the site to the banking system, as well as the benefit that the company receives from such integration. Various types of payment systems and ways of their integration with the site are considered. The article also provides examples of successful integration of a website that implements the organization of joint purchases with the banking system and its positive impact on the company's business processes.

**Keywords:** aggregator of Internet platforms; payment systems; personal account, integration with the bank, joint purchases.

Современный бизнес не может обойтись без электронных платежей. Интеграция сайта с банковской системой позволяет компаниям принимать онлайн-платежи и ускорить процесс оплаты товаров и услуг. Это существенно повышает удобство для клиентов и увеличивает объем продаж.

Интернет-площадки агрегаторы являются площадками посредника между продавцами и покупателями, то есть клиенты используют сайт для поиска услуг от конкурирующих компаний, сравнения аналогичных позиций и выбора нужного товара. Интеграция сайта с банковской системой позволяет компаниям принимать онлайн-платежи и ускорить процесс оплаты товаров и услуг. Это существенно повышает удобство для клиентов и увеличивает объем продаж [1].

Интеграция сайта с банковской системой позволяет компаниям получить ряд преимуществ. Во-первых, это увеличение объема продаж и ускорение процесса оплаты. Во-вторых, это повышение удобства для клиентов и улучшение имиджа компании. В-третьих, это возможность получения дополнительных услуг от банка или платежной системы, например, кредитования или финансового консультирования.

В качестве основных средств электронной коммерции на данный момент предлагаются несколько вариантов. Самый популярный из них – банковский эквайринг, представляющих собой технологию безналичного приема платежей с использованием банковских карт и систем бесконтактной оплаты [2]. Данная система, безусловно, упрощает процесс оплаты пользователя, но несет за собой и определенные сложности. При использовании эквайринга, нужно платить процент от каждого заказа, который придется брать на себя компании,



вычитать из прибыли поставщиков товаров, либо же включать в стоимость товаров. Площадки агрегаторы обычно пользуются спросом именно благодаря низкой цене, которую они могут предоставить пользователям, соответственно, поднимать цену товара при использовании эквайринга не лучший вариант для данного типа интернет-торговли.

Для подключения сайта к банковской системе необходимо выполнить ряд технических шагов. Сначала компания должна выбрать подходящую платежную систему, которая будет интегрирована с сайтом. Далее необходимо получить техническую документацию от банка или платежной системы и настроить соответствующие API-интерфейсы. После этого можно начать тестирование системы и приступить к работе.

Одной из разновидности площадок-интеграторов являются сайты для организации совместных покупок. Далее интеграция с банковской системой будет рассмотрена уже в рамках конкретного сайта для совместных покупок - «63рокуркі». Принцип совместных покупок заключается в организации покупок, при котором набирается группа желающих приобрести товар крупной партией по оптовой цене. На сайтах работают организаторы. Они договариваются с поставщиками, заказывают, оплачивают, сортируют заказанный участниками товар и отвозят заказы в пункты выдачи. За свои услуги организаторы берут орг.сбор – процент от стоимости покупки.

Чтобы подробнее разобраться в специфике работы сайта и необходимости внедрения банковской системы рассмотрим платежный механизм, который работал на сайте до интеграции с банковской системой. Полную цепочку оплаты товара приведем на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема покупки товара до интеграции с банком

Как видно из такой схемы работы, платежные транзакции не прозрачны, и данная система не выгодна, особенно для самого бизнеса. Компания не имеет прибыли, пока организатор не выплатит определенный процент, причем весь учет он ведет сам, не в рамках общей системы, а бухгалтер только контролирует суммы через выписки, которые организаторы должны ежедневно загружать на сайт. Для пользователей тоже возникают определенные трудности: они должны отслеживать статус закупки «Оплата», который обычно идет несколько дней, если же они не успели оплатить, их заказ переносится в следующий выкуп и им нужно ждать снова весь цикл закупки.

Также важен момент, что, если возникают какие-то споры между участником и организатором по поводу оплаты товаров, самой компании тяжело контролировать данный вопрос и, следуя из этого, увеличивается вероятность потери клиентов.

Кроме того, импульсные покупки (когда человек принимает мгновенное решение приобрести товар или услугу) очень выгодны для предпринимателя: ускоряется процесс продажи, уменьшаются затраты на то, чтобы вернуть покупателя, ушедшего «подумать» [3]. А с текущим механизмом оплаты товаров компания теряла больше количество прибыли из-за невозможности совершить импульсивные покупки.

Таким образом, можно выделить много проблем при данной организации работы, но основные из них – компания не может управлять своей прибылью, нет прозрачности транзакций, задержки платежей, ручной учет без автоматизации, потеря клиентов.

Область совместных покупок является очень специфичной онлайн-платформой, которая работает по агентской схеме. Агентская схема – это форма сотрудничества между компаниями. Интернет площадки-агрегаторы чаще всего работают именно по такой системе заключения договора. Для таких компаний «Точка» банк предоставляет свой сервис «Расчеты для онлайн-платформ», который и был выбран для интеграции на сайте 63rocurki [4]. В рамках интеграции была также разработана система лицевого счета.

Лицевой счет пользователя представляет собой схему расчета с применением электронных кошельков. Изучая современную литературу, можно прийти к выводу, что данная система предоставляет в большей степени по сравнению с другими прозрачность транзакций. Так в своей работе на тему платежных технологий в сети Интернет доктор экономических наук О.М. Коробейникова пишет: «Наряду с преимуществами безопасности по сравнению с пластиковыми картами данная методика имеет большую прозрачность, отличается выстраиванием более тесных отношений и представляется достаточно простой» [5, 6].

Лицевой счет представляет собой баланс пользователя на сайте, куда он сможет зачислять средства в любой момент времени для взаиморасчета по выкупу. Основные цели данной системы:

— клиент сможет вносить средства, в счет уплаты заказа, сразу после добавления товара в корзину;

— возможность регулировать баланс счета в любое удобное время для пользователя;

— быстрое взаимодействие с клиентом при финансовых движениях.

Таким образом, внедрение системы лицевого счета решит проблему с оплатой заказов, пользователь сможет оплачивать заказы в любое время. Если же у поставщика товара не будет в наличии, средства просто вернуться на лицевой счет, с которого он сможет оплатить последующие заказы. Существует несколько причин, почему пользователи склонны тратить деньги в системе сайта, используя кошельки, вместо того чтобы выводить их на карту:

— удобство - использование кошелька на маркетплейсе может быть более удобным, чем постоянно вводить данные карты или банковского счета для каждой покупки;

— наличие скидок - сайт предлагает скидки на покупки, если они совершаются через кошелек на их платформе;

— бонусы и кэшбэк - сайт предлагают бонусы и кэшбэк за использование кошелька на их платформе, что может стимулировать пользователей тратить деньги внутри системы;

— ограничения вывода - сайт имеет подробную форму для вывода средств, которую пользователи не всегда хотят заполнять, это может стимулировать пользователей оставлять деньги на своих кошельках внутри системы.

Лицевой счет, безусловно, решает определенные проблемы и дает пользователям системы новые возможности, но сам по себе он недостаточно эффективен. При работе такой системы важным аспектом является интеграция с банком. При подключении интеграции, все операции на сайте автоматически фиксируются в банке. При выбранной организации платежной системы каждому организатору открывается виртуальный счет, на который поступают средства при оплате заказа. Все выплаты, включая списание комиссии площадки, происходят по API.

Рассмотрим схему оплаты заказа, которая стала доступной после интеграции. Пользователь кладет заказ в корзину и может сразу его оплатить, при этом деньги будут зачислены на его кошелек. При включении в счет заказа, осуществляется сделка, при которой комиссия уходит на расчетный счет компании, а плата за заказ и прибыль организатора - на его расчетный счет. В случае отказа заказа денежные средства возвращаются на лицевой счет пользователя, а банк не берет комиссию за совершенные платежи. Алгоритм, отображающий данную схему, представлен на рисунке 2.

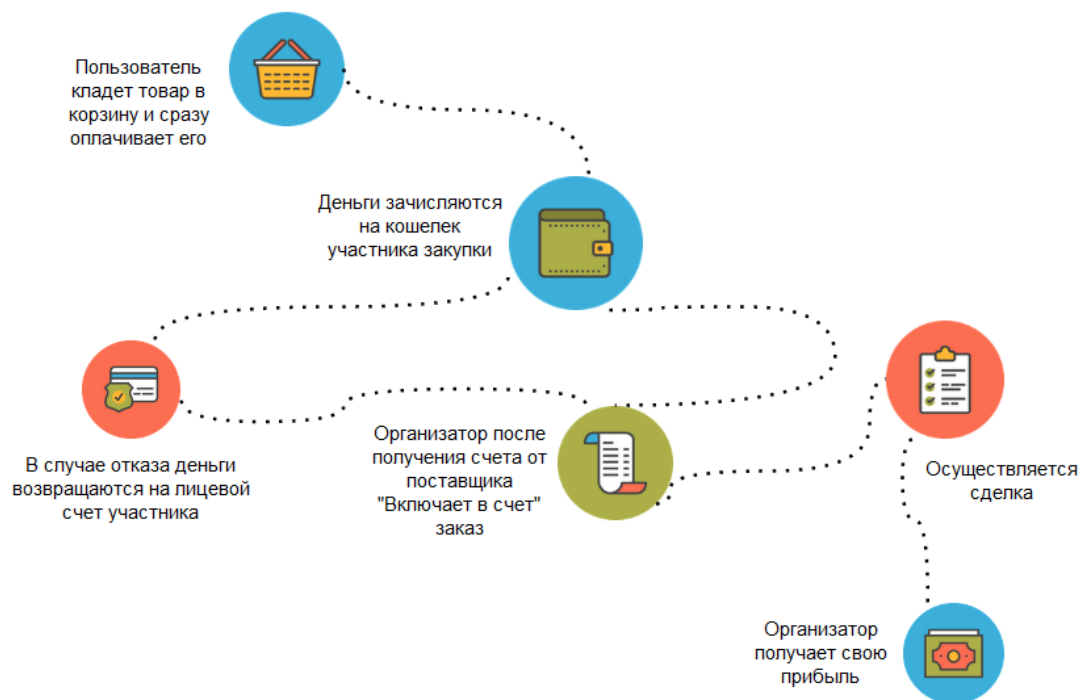


Рисунок 2 – Схема покупки товара после интеграции с банком

Таким образом, интеграция с банком дает следующие преимущества компании:

- счет принадлежит самой компании, а деньги на нем – клиенту;
- деньги на счёте нельзя арестовать или заморозить из-за долгов;
- уменьшение налоговой базы, поскольку налог рассчитывается с комиссии, а не с общей суммы поступлений;
- плата только за успешные сделки, а комиссия зависит от оборота, за отмену или возврат комиссия не взимается;
- комиссия списывается автоматически, не нужно просить клиента уплатить её потом или заранее;
- все операции происходят с помощью API, компания контролирует все движения средств по счёту.

Следуя из всего вышеописанного, можно сделать вывод, что правильный выбор системы для управления платежами и интеграции с банком напрямую влияет на прибыль компании, рост клиентов, прозрачность и управление всеми транзакциями.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сайдалиев Э.С., Тимошук О.А. ВОЗМОЖНОСТИ САЙТА-АГРЕГАТОРА // Информационно-компьютерные технологии в экономике, образовании и социальной сфере. 2020. № 4 (30). С. 102-108.
2. Directline: официальный сайт. – Новосибирск. – URL: <https://www.directline.pro/?ysclid=lojvp6vi3736260711> (дата обращения: 19.02.2018). – Текст: электронный.
3. RB.RU: официальный сайт. – Москва. – URL: <https://rb.ru/opinion/impulse-purchase/?ysclid=lohi8msomp101928365> (дата обращения: 28.10.2023). – Текст: электронный.
4. Точка: официальный сайт. – Москва. – URL: <https://tochka.com/>(дата обращения: 28.10.2023). – Текст: электронный.
5. Коробейникова, О.М. Платежные технологии в среде Интернет // Финансы и кредит. 2012. № 47 (527). С. 29-38.
6. Буканова Ю.В. Классификация и анализ рисков в деятельности предприятий геологоразведки применительно к задачам обеспечения комплексной безопасности. /Ю.В. Буканова// Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки – 2009. - №3. – С. 117-122

## РАЗРАБОТКА МУЗЫКАЛЬНОГО СТРИМНОГО СЕРВИСА «FRISSON»

Мельник Г. А., Буканова Ю. В.

Самарский государственный технический университет, Самара

**Аннотация:** статья о разработке музыкального стримингового сервиса "Frisson", который предназначен для начинающих артистов и их слушателей. Сервис будет предоставлять пользователям возможность делиться своими композициями в рамках площадки, а редакторы платформы в свою очередь будут продвигать загруженный материал, исходя из его потенциала.

**Ключевые слова:** музыкальный сервис, музыкальный стриминг, Frisson, пользовательские композиции, рекомендательная система.

## DEVELOPMENT OF THE MUSIC STREAMING SERVICE «FRISSON»

Melnik G. A., Bukanova U. V.

Samara State Technical University, Samara

**Annotation:** an article about the development of the music streaming service "Frisson", which is intended for aspiring artists and their listeners. The service will provide users with the opportunity to share their compositions within the framework of the platform, and the editors of the platform, in turn, will promote the uploaded material based on its potential.

**Keywords:** music service, music streaming, Frisson, custom compositions, recommendation system.

Современный мир сталкивается с огромным объемом информации, работа с которым требует постоянного увеличения скорости обработки информации и автоматизации значительной части этих задач. В связи с этим музыкальная индустрия также претерпевает значительные изменения. Все более популярными становятся потоковые музыкальные сервисы, позволяющие предоставить пользователям удобный доступ к музыке.

Проведя обзор существующих практических разработок в области потоковых музыкальных сервисов позволяет выделить несколько наиболее популярных и функциональных пакетов программ. Среди них можно выделить Spotify [1], Apple Music [2], Tidal [3], Deezer [4] и другие.

На рис.1 представлен рейтинг музыкальных сервисов по популярности в социальных медиа за 2021 г. Ввиду политических событий за последние два года, для статистики был взят именно 2021 год, так как большинство зарубежных сервисов еще были доступны на отечественном рынке.

Перечисленные сервисы в своем большинстве не предоставляют пользователю возможности загружать собственные аудиозаписи. Прямым конкурентом на этом поприще для сервиса «Frisson» является шведский «Soundcloud».

SoundCloud - это музыкальная платформа, которая позволяет пользователям загружать и делиться своей музыкой, а также прослушивать и открывать новые треки от других пользователей. Она была создана в 2007 году в Берлине и с тех пор стала одной из самых популярных музыкальных платформ в мире.

На SoundCloud можно найти музыку различных жанров, от электронной до рэпа и рока. Пользователи могут загружать свои треки, создавать плейлисты, подписываться на других пользователей и оставлять комментарии к трекам.

SoundCloud также имеет функцию рекомендации музыки на основе предпочтений пользователя, что помогает открывать новых исполнителей и находить интересные треки. Кроме того, платформа предоставляет возможность создавать и прослушивать подкасты.

Одним из главных преимуществ SoundCloud является то, что она предоставляет возможность независимым музыкантам загружать свои композиции и получать обратную связь от слушателей. Это позволяет им расширять свою аудиторию и получать поддержку от любителей музыки.



Рисунок 1 – «ТОП-10 музыкальных сервисов по популярности в социальных медиа за 2021 г.»

В таблице 1 представлен анализ популярных функций музыкальных стриминговых сервисов.

Таблица 1  
Обзор популярных функций музыкальных стриминговых сервисов

Функциональность	Яндекс.Музыка	Spotify	SoundCloud	Apple Music
Огромная библиотека	Предлагает доступ к огромному каталогу музыки, включая российских и зарубежных исполнителей.	Обладает огромной коллекцией песен, альбомов и плейлистов, охватывающей множество жанров.	Позволяет пользователям загружать свои собственные треки и миксы, а также прослушивать музыку от независимых артистов.	Предоставляет доступ к многомиллионному каталогу музыки, включая эксклюзивные релизы и альбомы.
Рекомендации	Предлагает персональные рекомендации на основе предпочтений пользователя и истории прослушивания.	Использует алгоритмы и "Подборки" для рекомендации музыки, а также обладает функцией "Discover Weekly".	Имеет функцию "The Upload", которая предлагает музыку на основе интересов пользователя.	Предлагает персональные рекомендации и плейлисты, включая "For You" и "New Music Mix".
Сохранение оффлайн	Позволяет скачивать музыку для прослушивания оффлайн без доступа к интернету.	Предоставляет возможность скачивать плейлисты и альбомы для прослушивания в оффлайн-режиме.	Дает возможность сохранить треки для прослушивания без интернет-соединения.	Позволяет скачивать песни и плейлисты для прослушивания без интернета.
Социальное взаимодействие	Не предоставляет функций для социального взаимодействия.	Не предоставляет функций для социального взаимодействия.	Не предоставляет функций для социального взаимодействия.	Не предоставляет функций для социального взаимодействия.

Подписка на артистов	Пользователи могут подписываться на своих любимых исполнителей, чтобы получать обновления и новости о них.	Позволяет пользователям подписываться на артистов и получать уведомления о новых релизах.	Пользователи могут подписываться на артистов и получать уведомления о их новых треках и мероприятиях.	Позволяет подписываться на артистов и получать уведомления о их новых релизах и концертах.
Поддержка множества устройств	Поддерживает различные платформы, включая веб-плеер, мобильные приложения и десктопные версии.	Доступен на разных устройствах, включая смартфоны, планшеты, компьютеры и смарт-гаджеты.	Предоставляет доступ через браузер, мобильные приложения и приложения для настольных компьютеров.	Поддерживает множество устройств, включая iPhone, iPad, Mac, Windows и Android.
Эксклюзивные контент	Предоставляет эксклюзивные релизы, живые выступления и плейлисты от популярных артистов и диджеев.	Имеет эксклюзивные партнерства с артистами и лейблами, что позволяет предоставлять эксклюзивный контент.	Позволяет независимым артистам и лейблам публиковать музыку, что делает доступным эксклюзивный контент.	Предоставляет эксклюзивные релизы и концерты от известных артистов и брендов.
Возможность загружать собственные композиции	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Предоставляет возможность пользователям загружать собственные композиции, однако отсутствует фильтрация материала, соответственно в каталоге могут присутствовать аудиофайлы низкого качества.

Проанализировав данные представленные в таблице 1 можно сделать следующие вывод о том, что каждый из этих сервисов имеет свои преимущества и недостатки. Например, Spotify и Apple Music обладают широким функционалом, но имеют проблемы с авторскими правами и ограниченным выбором музыки в некоторых регионах. Tidal ориентирован на качество звука, а Deezer предлагает более широкий выбор музыки, чем Spotify. SoundCloud отличается от других сервисов тем, что позволяет пользователям загружать и делиться своей музыкой, а также прослушивать и открывать новые треки от других пользователей, среди отечественных сервис нет подобных популярных аналогов.

Большинство из представленных сервисов ограничиваются предоставлением контента от уже известных артистов, оставляя мало возможностей для новых талантов. Проведя анализ представленных сервисов мною принято решение о создании музыкального потокового стримингового сервиса "Frisson", который позволит пользователям самостоятельно загружать свои композиции и прослушивать чужие. Данный сервис будет не только предоставлять пользователю возможность слушать музыку, но и будет способствовать продвижению новых талантов.

Реализация данного сервиса предусматривает решение следующих задач:

1. Провести анализ существующих музыкальные стриминговые сервисы и выявить их преимущества и недостатки.
2. Разработать дизайн и архитектуру веб-приложения. Реализовать систему монетизации и платной подписки.
3. Реализовать автоматическое формирование топ чартов и редакторских плейлистов.
4. Создать систему продвижения талантливых артистов в рамках площадки.
5. Разработать функционал для загрузки и прослушивания музыкальных композиций.
6. Реализовать новостной раздел.

7. Разработать функциональную админ-панель для редакторов, которые будут формировать новые плейлисты, расположенные на главной странице, а также обновлять раздел с новостями.

8. Реализовать систему комментариев и прямой связи между артистами.

Практическая значимость разрабатываемого сервиса заключается в возможности использования для продвижения новых музыкальных талантов и предоставления пользователям уникального контента. Данная разработка будет полезна для музыкантов, которые ищут новые возможности для продвижения своей музыки. Они могут загружать свои композиции на платформу "Frisson" и получать обратную связь от слушателей и других артистов. Это может помочь им улучшить свои навыки и развить свой творческий потенциал. В свою очередь, ввиду платной подписки на сервис – особо успешные музыканты смогут в перспективе монетизировать свое творчество. Данная концепция может привлечь к площадке интерес безынициативной публики, поэтому каждая композиция, загруженная пользователем будет проходить проверку на качество от редакторов площадки.

Система непосредственного общения между артистами расширяет возможности для сотрудничества и позволяет открыть новые горизонты в творческом процессе. Грамотные коллаборации могут принести артистам существенный прирост слушателей, а также увеличение прибыли с платформы.

Таким образом, создание музыкального потокового стримингового сервиса "Frisson" имеет большую практическую значимость для музыкальной индустрии и может способствовать ее развитию, а также предоставлять новые возможности для артистов и слушателей [5].

В таблице 2 представлено описание функций стримингового сервиса "Frisson" по аналогии с описанием популярных сервисов, представленных в таблице 1.

Таблица 2

Обзор популярных функций музыкальных стриминговых сервисов

Функциональность	Frisson
Огромная библиотека	Предоставляет доступ к библиотеке пользовательских композиций, отобранной редакторами площадки
Рекомендации	Предоставляет рекомендательную систему, которая ориентируется на основе ранее прослушанных и оцененных композиций.
Сохранение оффлайн	Не позволяет скачивать песни для оффлайн прослушивания
Социальное взаимодействие	Предоставляет систему социального взаимодействия между артистами.
Подписка на артистов	Пользователи могут подписываться на любимых артистов, что будет влиять на систему рекомендаций, а также позволит слушателям узнавать о новых релизах исполнителя
Поддержка множества устройств	На первых этапах разработки Frisson доступен только в виде веб-приложения в браузере на любом устройстве.
Эксклюзивные контенты	Предоставляет доступ к релизам, которых не существует на других площадках.
Возможность загружать собственные композиции	Предоставляет возможность пользователям загружать собственные композиции, присутствует фильтрация со стороны редакционной группы платформы.

Ключевое преимущество "Frisson" заключается в том, что он доступен на территории РФ, в отличие от SoundCloud. Из чего следует, что на территории нашей страны серьезная конкуренция в сфере свободных музыкальных сервисов отсутствует. Также в SoundCloud не предусмотрена фильтрация материала живыми редакторами, нет монетизации и выплат артистам, отсутствуют редакторские плейлисты и системы продвижения внутри площадки.

На территории РФ серьезная конкуренция в сфере свободных музыкальных сервисов отсутствует, что делает сервис "Frisson" потенциально привлекательным для пользователей.

На основе представленного материала можно сделать следующий вывод: аналогов музыкального сервиса Frisson не существует на рынке РФ, что дает ему колоссальное преимущество. Объединяя на одной площадке функционал большинства стриминговых

сервисов, Frisson предоставляет возможность молодым и неопытным артистам транслировать свое творчество, кооперироваться с коллегами и создавать новый уникальный материал, а площадка в свою очередь готова поощрять самых активных и перспективных музыкантов материальными вознаграждениями и продвижением в рамках сервиса.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Soundcloud: официальный сайт. – Стокгольм, Швеция. – URL: <https://soundcloud.com/> (дата обращения: 04.11.2023). – Текст: электронный.
2. Яндекс.Музыка: официальный сайт. – Москва. – URL: <https://soundcloud.com/> (дата обращения: 04.11.2023). – Текст: электронный.
3. Apple Music: официальный сайт. – Калифорния, США. – URL: <https://soundcloud.com/> (дата обращения: 04.11.2023). – Текст: электронный.
4. Spotify: официальный сайт. – Стокгольм, Швеция. – URL: <https://www.spotify.com/> (дата обращения: 04.11.2023). – Текст: электронный.
5. Brand analytics: сайт. – Москва. – URL: <https://brandanalytics.ru/blog/rating-music-apps/> (дата обращения: 04.11.2023). – Текст. Изображение: электронные.
6. Буканова Ю.В. Классификация и анализ рисков в деятельности предприятий геологоразведки применительно к задачам обеспечения комплексной безопасности // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки – 2009. – № 3. – С. 117-122

УДК 378.147

## ЦИФРОВЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ КАК СПОСОБ РЕАЛИЗАЦИИ ГЕЙМИФИКАЦИИ ДЛЯ КАРЬЕРЫ И САМОРАЗВИТИЯ

Кузнецова О. А.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** в работе рассматриваются процессы геймификации, как метода получения гибких навыков. Автор проводит анализ доступных цифровых образовательных инструментов, раскрывает их возможности при формировании будущей карьеры и саморазвития обучающихся.

**Ключевые слова:** геймификация, интеллект-карты, гибкие навыки, цифровые инструменты.

## DIGITAL EDUCATIONAL TOOLS AS A WAY TO IMPLEMENT GAMIFICATION FOR CAREER AND SELF-DEVELOPMENT

Kuznetsova O. A.

Samara State University of Transport, Samara, Samara

**Abstract:** the paper considers the processes of gamification as a method of forming flexible skills. The author analyzes the available digital educational tools, reveals their possibilities in shaping the future career and self-development of students.

**Keywords:** gamification, intelligence cards, flexible skills, digital tools.

При реализации современных учебных программ обязательным требованием остается применение интерактивных образовательных технологий и практико-ориентированных учебных методов. Все это, в очередной раз, делает актуальным применение дидактических игр, активизирующих формирование профессиональных умений и навыков у будущих выпускников. Конечно, игра не заменит другие формы обучения, поскольку эффективная синергия от её применения возможна только в сочетании с дискуссией, самостоятельной работой, наблюдением и другими методами. Но, тем не менее, у студента есть возможность



использовать полученные теоретические знания на практике, проверить их реализацию в различных условиях.

Университетское образование академично. В отличие от него, учебная игра вполне может объединить, как эмоциональный уровень обучающегося, так и рациональный подход к познавательным видам деятельности. У студента формируется опыт применения не только профессиональных умений, но и «мягких» навыков. В игре можно попробовать свои лидерские качества, отработать продуктивное сотрудничество, эффективную коммуникацию. Параллельно с этим «работают» функции самоорганизации и саморазвития, студент получает опыт решения игровых задач, формирует умение выражать словом свои знания. Отсюда подтверждается интерес к применению игровых практик в процессе обучения.

Геймификация – это определенная игровая среда для достижения профессиональных, учебных и личностных целей [1].

В образовательной среде концепция предполагает применение преподавателем во время занятий игровых элементов, в том числе цифровых. Основная задача такого применения – рост вовлеченности студентов в учебный процесс. При этом важно сохранять эффект новизны, что может быть достигнуто не сплошным, а частичным охватом различных контекстов обучения. Например, формирование электронного курса, особенно модулей для самостоятельного изучения. И здесь в качестве серьезного дидактического потенциала внедрения цифровизации может выступать сфера цифрового дизайна. Оригинальный, удобный, нестандартно представленный интерфейс может стать побудительной причиной роста вовлеченности и интереса студента к изучаемой дисциплине [2].

Современные цифровые инструменты могут быть представлены уже готовыми игровыми платформами, интеллект-картами, разветвленными сценариями, учебными квестами. Их можно использовать в рамках любых дисциплин, а также в дальнейшем при формировании карьеры и саморазвития. Они адаптируются под различный профессиональный интерес обучающихся. Цифровые инструменты позволяют связать универсальные и профессиональные компетенции, выстроить персональную образовательную траекторию, создать, преобразовать, увидеть итог всей этой деятельности и по результату – сформировать новое знание.

Цифровое «сопровождение» дисциплины вполне возможно осуществлять через современную электронную информационно-образовательную среду университета. Она позволяет преподавателю не только организовать доступ к учебно-методическим материалам по дисциплине, но и обеспечить непрерывную интернет-поддержку, в том числе через опосредованную коммуникацию, возможность оценить степень усвоения материала с элементами электронной обратной связи. И здесь не последнее место принадлежит системе интерактивных элементов образовательной платформы, в которую входят блоги, чаты, опросы, тесты и т.д., позволяющие сделать это взаимодействие более качественным.

Возможности преподавания через геймификацию можно расширить, используя цифровые визуальные инструменты для совместной работы, свободно распространяемые в интернете. Среди них выделяют интерактивные онлайн-доски Padlet и Miro, образовательные онлайн-платформы CoreApp и Pruffme, конструктор и хостинг открытых интерактивных электронных образовательных ресурсов УДОБА. Определенные инструменты могут интегрироваться в университетскую электронно-образовательную среду, что делает их привлекательными для применения.

Самостоятельная работа студентов может быть также расширена ссылками на уже готовые проекты, содержащие учебные материалы. Так на сайте сделано. медиа появилась новая «полезность» – карта Soft Skills, позволяющая выстроить индивидуальный план обучения. Автором проекта является Анастасия Пахорукова. Идея того, что быстро меняющийся неоднозначный мир диктует нам необходимость настраиваться именно на его частоту, чтобы оставаться востребованным и уметь принимать правильные решения, привела к необходимости сконцентрировать значительный теоретический и практический материал по формированию гибких навыков в одном месте, на одном ресурсе – ««Карта Soft Skills»».

Выстраиваем план обучения». Ценность такого ресурса еще более увеличивается, поскольку в качестве экспертов выступают ученые и признанные специалисты в различных областях знаний. Статьи написаны в научно-популярном стиле, имеют место короткие учебные видео, обзоры книг, практические методики и психологические тесты.

Информация на карте разделена на три блока: «Я сам(а)», «Я и мой круг общения», «Я и мир вокруг». Каждый блок – это отдельная ментальная карта, посвященная развитию конкретной группы навыков. Например, блок «Я сам(а)» позволяет освоить такие навыки, как креативность, самоорганизация и достижение целей. В блоке «Я и мой круг общения» уделяется внимание таким навыкам, как работа в команде, лидерство и инициативность, обмен информацией. Блок «Я и мир вокруг» позволяет получить информацию по формированию навыков коммуникации, пониманию контекста, эмоционального интеллекта и управления инфопотоками.

Студент может проверить, какие навыки у него развиты, а какие требуют внимания и проработки, например, необходимо найти материалы в интернете и определить их достоверность. В настоящее время при огромном потоке информации этот навык является очень ценным, поскольку размеры манипуляций с помощью данного ресурса достигли пугающих размеров. Чтобы развить этот навык, по гиперссылкам открываем теоретический и практический материал, касающийся оценки информации, развития критического мышления, информационной грамотности, изучаем и выполняем практические задания. По такому принципу обучающийся может проверить себя и в других направлениях. Таким образом, работая самостоятельно в информационном игровом образовательном пространстве, студент получает информацию, которая становится основой для формирования нового знания и умения.

В заключение хотелось бы отметить, что построение занятий (учебного модуля) на основе игровых технологий, должно придерживаться следующих принципов:

- практический опыт, который обучающийся получает с использованием ресурсов геймификации, формирует новые образовательные компетенции;
- итогом любого игрового процесса является получение обратной связи, обобщение впечатлений и практического опыта. Данный материал является основой для дальнейшего анализа и построения выводов.

Для совершенствования методологии геймификации учебного процесса необходимо включать игровые элементы, как в практические занятия студентов, так и в их самостоятельную работу. При этом при работе с цифровыми инструментами необходимо делать упор на элементы информационного взаимодействия, которые в большей степени работают на активизацию творческого мышления обучающихся, эксперимента и креативности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чагин С. С. Геймификация профессионального образования: стоит ли игра свеч? // Профессиональное образование и рынок труда. 2021. № 1. С.26–35. DOI: 10.24412/2307-4264-2021-01-26-35.
2. Алексеева У. С. Трансформативные игротехники в организации обучающей деловой игры / У. С. Алексеева // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения: Гуманитарные исследования. – 2021. – № 3(11). – С. 56-62. – DOI 10.52170/2618-7949\_2021\_11\_56. – EDN BJWWRO.

УДК 004.946

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ОБУЧЕНИИ И ПОВЫШЕНИИ КВАЛИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА

Суворов М. А., Авсиевич В. В., Печорин А. С., Сулевич Н. О.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются основные преимущества и недостатки применения технологии виртуальной реальности в сфере образования и повышения квалификации персонала. А также эффективность внедрения подобных комплексов в образовательный процесс.

**Ключевые слова:** виртуальная реальность, VR, обучение, традиционные методы.

## THE USE OF VIRTUAL REALITY IN TRAINING AND STUFF DEVELOPMENT

Suvorov M.A., Avsievich V.V., Pechorin A.S., Sulevich N.O.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract.** This article discusses the main advantages and disadvantages of using virtual reality technology in the field of education and stuff development. As well as the effectiveness of the introduction of such complexes in the education process.

**Keywords:** virtual reality, VR, learning, traditional methods.

В современном мире технологии развиваются семимильными шагами. С развитием технологий средства для обучения сотрудников совершенствуются в геометрической прогрессии. Методы и средства повышения квалификации в различных сферах деятельности стали настолько разнообразны, что применение цифровых технологий образования стало широкодоступным, а также более совершенным и безопасным по сравнению с традиционными методами. Одними из таких методов является система обучения сотрудников при помощи технологии виртуальной реальности. Виртуальная реальность (далее VR), была описана еще в далёком в 1938 году писателем фантастом. Со временем технология развивалась и стала применяться для разработки симуляторов, направленных на обучение военных и сотрудников гражданских видов деятельности.

Обучение персонала с применением технологии VR [1, 2] имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами обучения. Одним из главных преимуществ является безопасность для обучающихся. Так как взаимодействие сотрудника происходит не с реальными объектами в настоящем мире, а в виртуальной среде. Это помогает сократить значительное количество расходов, а в некоторых случаях сохранить здоровье и даже жизнь сотрудников. Использование данной технологии так же позволяет детально рассмотреть каждый процесс взаимодействия объектов изнутри, что зачастую невозможно в связи со множеством ограничений. В качестве примера рассмотрим обучение машиниста грузового поезда. Чтобы не привлекать сотрудника на существующий локомотив, достаточно запустить симулятор в виртуальной реальности, где можно как провести подробное обучение персонала, с использованием реальных моделей, соответствующих действительности, так и для повышения квалификации сотрудников со стажем, с соблюдением всех производственных требований и безопасности. Также не стоит забывать и о том, что такой подход будет гораздо эффективнее по сравнению с традиционными методами обучения. Данная система обучения предоставляет возможность объединить часть теоретического материала с практическим его применением, что, в свою очередь, сократит время обучения и повысит его качество, так как материал будет усваиваться и закрепляться непосредственно при выполнении различного типа задач.

Стоит отметить и то, что использование VR позволяет также объединить обучение вместе с проведением экзаменационных мероприятий. Проверка навыков таким образом может осуществляться непосредственно в том же симуляторе, где проходило обучение. Это позволит не подвергать опасности сотрудников при совершении ошибок, а также позволит подробно разобрать все несоответствия с требуемыми нормами выполнения поставленной задачи. Внедрение экзаменационной системы в различные рода обучения позволяет не только проводить контроль знаний персонала, но и вести системный анализ прохождения экзаменационных мероприятий, позволяющий улучшать как саму систему, так и знания сотрудников. Использование данного метода может осуществляться посредством внедрения базы данных обучающихся сотрудников, с сохранением их результатов.

Немаловажным качеством данного метода является возможность применения не только в качестве обучения сотрудников с нуля, но и возможность использования его в качестве инструмента для повышения квалификации персонала уже работающих на производстве. Одним из таких случаев может являться внедрение в производство новейших и дорогостоящих технологий (станков, локомотивов, конвейеров и т. д.) для работы с которыми разрешается допускать лишь заранее обученный персонал. В данном случае использование VR технологии в качестве метода повышения квалификации. Это поможет значительно сократить возможные расходы и избежать травм сотрудников или же потерю дорогостоящего оборудования.

Виртуальная реальность очень гибкая и постоянно развивающаяся технология. Уже сейчас в России некоторые компании и даже образовательные учреждения используют VR для обучения сотрудников, студентов и т. д. Одной из таких компаний является ОАО «РЖД» с 2017 года активно применяющая виртуальную реальность в качестве обучения инженеров, машинистов и других работников железных дорог в качестве способа обучения. Компания активно развивает и поддерживает внедрение VR комплексов для повышения эффективности обучения персонала, а также внося огромный вклад в развитие данной технологии. Начиная с 2018 года, в России запущен ряд крупных образовательных проектов, основанных на виртуальной реальности: «Образование-2024», «Цифровая школа», «Современная цифровая образовательная среда», «Цифровая экономика Российской Федерации». Пусть количество организаций в России, использующих VR для образования сотрудников небольшое, их количество стремительно растёт с каждым годом, отдавая предпочтение современным методам повышения квалификации и обучения в угоду общепринятым методам.

Стоит так же отметить успехи в ряде других стран. Так в Йельском университете провели VR-тренировку, проведения хирургической операции на желчном пузыре. Используя VR, скорость студентов была на 29 % быстрее и в 6 раз реже допускались ошибки. В Пекине детям преподавали одну и ту же дисциплину, но одной группе – классическим методом, а второй – с использованием VR. По итогу был проведён тест. Вторая группа оказалась успешней и показала более глубокое понимание темы и лучше закрепила полученные знания. А В 2018 году совместными усилиями студентов-антропологов из Кембриджа и учеников класса из Восточного Китая были исследованы символы, нарисованные вдоль гробницы на плато Гиза. Вот только две эти группы были в совершенно разных частях света и ни одного человека непосредственно в Африке не было. Это стало возможным благодаря VR-программе *gumii*, разработанной компанией Doghead. В ней был создан виртуальный класс и загружены трехмерные модели исследуемых объектов. А студенты управляли своими виртуальными аватарами, будучи за тысячи километров от реального места исследования.

Несмотря на все вышеперечисленные преимущества VR имеет и ряд недостатков. Рассмотрим каждый из них подробно.

1. Дорогостоящее оборудование и разработка симуляторов. Чтобы обучать сотрудников с применением VR необходима покупка целого ряда оборудования необходимого для этого. В него входят: шлем виртуальной реальности, контроллеры для шлема, персональный компьютер, соответствующий по техническим характеристикам для шлема и последующих

симуляторов. Для того чтобы разработать один обучающий симулятор, необходима полноценная команда разработчиков каждый из которых будет отвечать за определенную часть разработки. Так же стоит отметить и некоторую сложность в создании виртуальных объектов, с которыми будет проходить обучение. Всё это превращается в большинстве случаев в достаточно крупную сумму и зачастую именно из-за этого ряд компаний отказываются от данного метода обучения сотрудников.

2. Личная непереносимость. В связи со своей специфичностью использование VR для неподготовленного человека может вызвать сильный дискомфорт (головокружение, тошноту, дезориентацию). Особенно часто данные ощущения возникают у людей среднего и большего возраста, в отличие от молодых людей. Чаще всего получается выработать привыкание к VR технологии и человек со временем адаптируется. Но не редки и случаи полного отторжения организмом данной системы, когда человек не может к ней привыкнуть и на протяжении всего времени использования ощущает сильнейший дискомфорт.

Даже учитывая все недостатки VR является современной, перспективной и постоянно развивающейся системой, позволяющей как обучать сотрудников, так и быть инструментом для повышения их квалификации. Своей эффективностью и перспективностью данная технология полностью оправдывает своё внедрение в образовательный процесс в различных сферах деятельности.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ivaschenko A. AR Guides Implementation for Industrial Production and Manufacturing / A. Ivaschenko, V. Aysievich, P. Sitnikov // Lecture in Electrical Engineering. – 2020. – Vol. 641 LNEE. – P. 715-723. DOI 10.1007/978-3-030-39225-3\_78.
2. Multimedia and Sensory Input for Augmented, Mixed, and Virtual Reality - Advances in Computational Intelligence and Robotics/Hocine Chebi/10.4018/978-1-7998-4703-8.ch014/2021/ pp. 261-274

*УДК 004.94  
621.865.8*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВИРУСНЫХ АТАК**

Кулаева Е. В., Долгинцев А. П.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** вирусные атаки являются одними из главных проблем компьютерной безопасности. В статье описано понятие вирусные атаки и их распространенные виды, изучены способы защиты информационной системы, а также методы обнаружения угроз, рассмотрены их разновидности и решаемые задачи. Определены главные составляющие и алгоритмы методов, помогающие эффективно определять и предотвращать вредоносные атаки.

**Ключевые слова:** вирусная атака, вредоносное программное обеспечение, защита информации, метод обнаружения.

### **RESEARCH AND DEVELOPMENT OF METHODS FOR DETECTING AND PREVENTING VIRUS ATTACKS**

Kulaeva E. V., Dolgintsev A. P.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** virus attacks are one of their main computer security problems. The article describes the concept of virus attacks and their common types, examines ways to protect an information system, as well as methods for detecting

threats, considers their varieties and tasks to be solved. The main components and algorithms of the methods that help to effectively identify and prevent malicious attacks are identified.

**Keywords:** virus attack, malicious software, information protection, detection method.

С каждым днем объемы информации только увеличиваются, появляется больше информационных систем (ИС), позволяющих взаимодействовать с ней, расширяется спектр задач, направленный на улучшение качества работы вышеупомянутых систем. В связи с этим вырастает число уязвимостей и угроз, негативно сказывающихся на информационных ресурсах, что может привести к повреждению источников.

На сегодняшний день вирусные атаки являются серьезной угрозой в сфере информационной безопасности, приносящие за собой непоправимый ущерб. В основном причинами могут быть увеличение количества уязвимостей программного обеспечения (ПО), новых каналов, способствующих проникновению вирусов в ИС, и возможных объектов в виде маршрутизаторов, съемных носителей, программ обмена данными и другие. За счет этого возникает проблема защищенности от вредоносного воздействия, развивающегося и подстраивающегося под системы. Вышеописанное подтверждает актуальность и значимость действий по обеспечению безопасности, поэтому важно понимать серьезность ситуации и своевременно принимать ряд мер по предотвращению таких атак.

Поставленная задача подразумевает исследование и анализ методов, определение их эффективности обнаружения вредоносных программ.

Для начала стоит разобраться в понятиях. Вирусные атаки – это совокупность целенаправленных воздействий с целью заражения системы вирусом. В свою очередь, вирус – это вредоносное ПО, которое при внедрении в ИС может повредить или удалить данные, а также вывести систему из строя.

Наиболее распространенными вирусными атаками являются: вредоносное ПО – программы, наносящие ущерб и препятствующие полноценной работе (вирусы, трояны, черви и пр.), Dos-атаки – перегружают ИС, фишинговые атаки – маскировка под достоверный источник, SQL-инъекции – ввод вредоносного запроса на SQL, ботнеты – зараженная компьютерная сеть, MITM – перехват трафика между двумя узлами связи.

Чтобы защитить информационные системы от вирусных атак, необходимо своевременное выявление и устранение уязвимостей, которые, в свою очередь, подразумевают в первую очередь использование антивирусного ПО, сетевого экрана (брандмауэра, фаервола) и многофакторную аутентификацию, а также регулярное обновление ПО, резервирование данных и программных средств и передачу информации по защищенным каналам связи.

Методы обнаружения вирусных атак должны решать следующие задачи: сканирование памяти, выявление и удаление зараженных файлов; анализ поведения программ и процессов для выявления подозрительной активности; проверка сети и фильтрация трафика; контроль эффективности межсетевых экранов.

За счет этого чаще всего применяют следующие методы обнаружения вирусных атак: Белый список приложений, обнаружение на основе сигнатур, контрольные суммы, обнаружение вредоносного ПО с помощью глубокого обучения.

Белый список приложений или список разрешенных приложений – это метод, который включает в себя создание списка приложений, разрешенных для использования. Любое другое приложение, не входящее в него, автоматически блокируется для запуска.

Обнаружение на основе сигнатур – это метод обнаружения программ, который включает в себя сравнение характеристик потенциальной угрозы с известными сигнатурами вредоносного ПО. Сигнатура представляет собой уникальный идентификатор и может состоять из различных элементов таких, как размер файла, строки и других, позволяющих достаточно быстро и эффективно обеспечить высокий уровень точности обнаружения.

Контрольные суммы – улучшенная версия сигнатурного анализа, ориентированная на вычисление контрольных сумм CRC (Cyclic Redundancy Check). Подход устраняет основной

недостаток предыдущей версии – большой объем баз данных и частые ложные срабатывания.

Однако, чаще всего используются полиморфные вирусы, которые не имеют сигнатуры, поэтому для идентификации используются альтернативные методы: уменьшенные маски (изолируется ключ шифрования и получается статический код, который может быть идентифицирован), криптоанализ открытого текста (использование системы уравнений для расшифровки, аналогично криптографии), статический анализ (анализ частоты используемых команд процессора), эвристика (поиск вредоносного кода, обуславливающего подозрительные действия).

В методе обнаружение вредоносного ПО с помощью глубокого обучения используются нейронные сети, предназначенные для изучения закономерностей и взаимосвязей в больших наборах данных и анализа программного обеспечения.

Проанализировав вышеописанное можно сделать следующий вывод, что для более эффективного определения вирусных атак методы должны иметь из следующие составляющие: ядро, отвечающее за захват данных, которое осуществляет взаимодействие с сетевым адаптером, использует и анализируют данные, получаемые от драйвера операционной системы; программное обеспечение, осуществляющее анализ и реализующее работу реагирования на вирусные атаки.

Для обнаружения вирусной атаки в зависимости от ее вида должны использоваться соответствующие алгоритмы такие, как алгоритмы сбора информации сетевых ресурсов и анализа той самой информации с целью выявления уязвимостей и составления плана по их решению. Если брать в более обобщенно, то методы реализуют следующие алгоритмы: проведение аудита конфигурации системы и выявление уязвимостей, обнаружение и анализ образцов аномальной активности, характеризующих известные виды атак, а также деятельность пользователей и информационной системы, отображающие нарушения политики безопасности. В совокупности указанные алгоритмы позволяют эффективнее исследовать, собирать и анализировать сведения о вирусных атаках, что является необходимым при обеспечении безопасности. Основной их задачей будет являться автоматизирование рутинных процессов управления безопасностью ИС, что позволит легко и быстро осуществлять необходимые меры по обнаружению и предотвращения вредоносных атак.

Вместе с тем, как развиваются технологии, появляются новые угрозы, которые становится сложнее обнаружить и предотвратить. Поэтому чтобы выявить их на ранней стадии, необходимо использовать эффективные методы против вредоносного ПО, технологии которых незаменимо помогают анализировать подозрительную активность, а также улучшать и совершенствовать уже существующие, чтобы быть готовым противостоять новым вирусным атакам.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Лысенко А. В., Кожевникова И. С., Ананьин Е. В., Никишова А. В. Анализ методов обнаружения вредоносных программ // Молодой Ученый. - 2016. - № 21. - С. 758–761.
2. Лукацкий, Алексей В. Обнаружение атак: - 2. изд. [перераб. и доп.]. СПб. : БХВ-Петербург, 2003 (Акад. тип. Наука РАН). - 596 с.
3. Васильев В. И., Свечников Л. А., Кашаев Т. Р. Комплексный подход к построению интеллектуальной системы обнаружения атак // Системы управления и информационные технологии, Воронеж, №2,2007. - С. 76-82.
4. А.Ю. Щеглов. Защита компьютерной информации от несанкционированного доступа. СПб. : Наука и Техника, 2004. - 384 с.

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ОБРАБОТКИ КЛИЕНТСКИХ ЗАЯВОК КОМПАНИИ ОАО «РЖД»

Михайлова А. Г., Каменнов П. Г., Печорин А. С., Колягин И. К., Авсиевич В. В.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** в статье рассматривается процесс разработки чат-бота и веб-сервиса «Статус заявки» для регулирования процесса обработки заявок в ОАО «РЖД». А также из каких этапов состоит проектирование и разработка подобных систем.

**Ключевые слова:** чат-бот, веб-сервис, ОАО «РЖД», разработка

## DEVELOPMENT OF A SOFTWARE PACKAGE FOR PROCESSING CLIENT REQUESTS FOR RUSSIAN RAILWAYS.

Mikhailova A. G., Kamennov P. G., Pechorin A. S., Kolyagin I. K., Avsievich V. V.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** the article discusses the process of developing a chatbot and a web service «Application Status» to regulate the application processing process at Russian Railways. And also what stages the design and development of such systems consists of.

**Keywords:** chatbot, web service, JSC «Russian Railways», development

Разработка чат-бота направлена на автоматизацию обработки клиентских обращений и сокращение времени ожидания ответа клиентами за счёт применения веб-технологий. Данное программное обеспечение позволит администратору создавать и обновлять информацию о новых заявках на платформе веб-сервиса, а клиентам быстро и удобно получать информацию о статусе своей заявки при помощи чат-бота. Такой подход является наиболее эффективным решением для компании в улучшении качества обслуживания клиентов.

В статье рассматривается процесс разработки чат-бота, его назначение и структура. Определим назначение данного программного обеспечения. Разрабатываемое программное обеспечение предназначено для быстрого и доступного получения информации по клиентскому запросу о статусе поданной заявки и автоматизации процесса заполнения и обновления данной информации администратором.

Программный комплекс должен обеспечивать:

- 1) своевременное предоставление информации о статусе заявки,
- 2) доступ использования чат-бота и веб-сервиса в любое время суток,
- 3) возможности редактирования информации о состоянии активной заявки,
- 4) доступность и легкость в освоении и использовании разными возрастными группами.

Взаимодействие работника железнодорожной инфраструктуры с программным обеспечением должно включать:

- 1) авторизацию,
- 2) взаимодействие с боковой панелью,
- 3) взаимодействие с информационной панелью,
- 4) возможность добавления новой компании, заявки и информации,
- 5) возможность архивирования выполненных заявок,
- 6) возможность получения статуса поданной заявки по идентификационному номеру с помощью чат-бота.

Для авторизации пользователя на веб-сервисе необходимы логин и пароль сотрудника. Для использования чат-бота пользователю необходимо иметь приложение «Telegram» на ПК



или мобильном устройстве. Работа администратора с веб-сервисом должна обеспечивать возможность: просмотра и добавления компании; просмотра, редактирования и добавления активных заявок и информации о них; просмотра (без возможности редактирования) информации об архивных заявках, а также архивирования выполненных заявок, выхода из программы. Работа клиента с чат-ботом должна обеспечивать возможность получения статуса поданной заявки по идентификационному номеру.

После определения назначения необходимо определить стек технологий, который будет использоваться для разработки программного комплекса.

Для разработки frontend части данного веб-приложения был выбран React JS. С его помощью мы в разы упростим и ускорим разработку административной панели чат бота, так как данный фреймворк обладает следующими преимуществами:

1. Гибкость и масштабируемость: Благодаря данной особенности можно добавлять новые функции и расширять возможности административной панели по мере необходимости.

2. Богатый пользовательский интерфейс: Используя React можно создавать удобный пользовательский интерфейс, что обеспечит более эффективную работу с административной панели чат-бота.

3. Состояние приложения: Стандартная библиотека React позволяет отслеживать состояния приложения и благодаря этому эффективно управлять данным и обеспечивать быстрый доступ к актуальной информации и обновлениям [1].

4. Обширное сообщество: React пользуются большое количество разработчиков, которые создают множества библиотек, упрощающих разработку и пользование данным фреймворком.

Использование React благодаря его преимуществам идеально подходит для разработки frontend части данного веб-приложения.

Параллельно с разработкой frontend части сервиса, необходимо вести разработку backend части. Среди возможных связей языков программирования и СУБД было выбрано использование Django.

Django – это веб-фреймворк Python с открытым исходным кодом, который способствует быстрой разработке и чистому, прагматичному дизайну. Он снимает большую часть хлопот, связанных с веб-разработкой, и обеспечивает относительно плавную кривую обучения для начинающих программистов [2]. Django следует философии Python «батареи включены в комплект», поставляя богатый и разнообразный набор модулей, которые решают распространенные задачи веб-разработки. Простота Django в сочетании с его мощными функциональными возможностями делает его привлекательным как для начинающих, так и для опытных программистов. Django был разработан с учетом простоты, гибкости, надежности и масштабируемости [3].

Таким образом, выбор Django быстро и удобно разрабатывать веб-приложения.

Последним этапом в разработке программного комплекса стала разработка чат бота на основе библиотеки telebot. Telebot – является библиотекой, которая позволяет работать с Telegram API. Данная библиотека является оптимальной, так как она позволяет организовывать достаточно сложные и при этом эффективные архитектуры Telegram ботов. Так же стоит отметить, что данная API позволяет делать организовать асинхронность, что, в свою очередь, позволяет организовывать высоконагруженную систему.

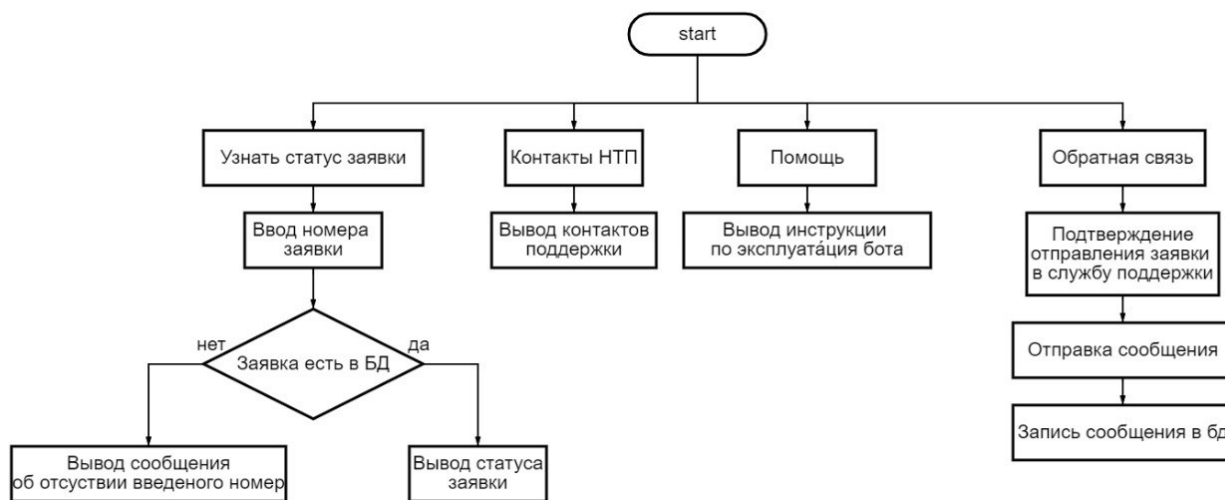


Рисунок 1 – Структурная схема чат-бота

Разработка программного комплекса для управления статусами заявок, является крайне важным пунктом в развитии использования современных технологий на ОАО «РЖД». Сокращение времени на получения клиентом статуса его заявки положительно скажется на качестве обслуживания. В данной статье рассмотрены ключевые аспекты в разработке данного программного комплекса, начиная от построения задачи до выбора, соответствующего стека технологий. Разработка чат-бота с использованием веб-технологий представляет собой перспективное решение для оптимизации процессов обслуживания клиентов, что подойдет как для ОАО РЖД, так и для других компаний, которые стремятся к цифровизации и оптимизации работы с клиентами.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стоян Стефанов React. Быстрый старт, 2-е изд. Питер , 2023. 305 с.
2. Мэтиз Эрик Изучаем Python: программирование игр, визуализация данных, веб-приложения. 3-е изд., издательство «Питер», 2022, 512 с.
3. Меле Антонио. DJANGO 4 в примерах. ДМК Пресс, 2023, 800 с.

УДК 004.946

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА

Печорин А. С., Михайлова А. Г., Суворов М. А., Сулевич Н. О. Авсиевич В. В.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** в статье рассматривается процесс проектирования симуляторов виртуальной реальности. С какими проблемами в процессе сталкиваются разработчики, из каких этапов состоит проектирование и разработка подобных систем.

**Ключевые слова:** VR, обучение, проектирование, разработка.

## **DESIGN AND DEVELOPMENT OF VIRTUAL REALITY SYSTEMS FOR EDUCATION AND PRODUCTION**

Pechorin A. S., Mikhailova A. G., Suvorov M. A., Sulevich N. O., Avsievich V. V.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** the article discusses the process of designing virtual reality simulators. What problems do developers face in the process, what stages do the design and development of such systems consist of.

**Keywords:** VR, training, design, development.

В последние годы виртуальная реальность стала одной из самых обсуждаемых и захватывающих технологий в мире. Благодаря быстрому развитию технологий и непрерывному совершенствованию оборудования, VR открывает новые возможности для обучения, развлечения и даже лечения. VR - это технология, которая позволяет пользователям полностью погрузиться в виртуальный мир, созданный компьютером, и взаимодействовать с ним. Она включает в себя специальные устройства, которые позволяют пользователю чувствовать себя внутри виртуального мира, а не просто наблюдать за ним со стороны. Виртуальная реальность уже активно используется в разных отраслях, таких как образование, медицина, архитектура и дизайн, а также индустрия развлечений. Благодаря VR, пользователи могут почувствовать себя частью происходящего на экране, что делает погружение еще более реалистичным. В сфере образования VR помогает создать более интерактивные занятия, позволяя студентам учиться на практике и лучше усваивать материал. Так же, виртуальная реальность используется для обучения действующих сотрудников самых крупных компаний всего мира. С каждым годом VR продолжает развиваться и совершенствоваться, что открывает новые перспективы и возможности для применения этой технологии.

В статье рассматривается процесс проектирования симуляторов для сферы образования. Рассмотрим основные аспекты проектирования. При проектировании систем существует большое разнообразие узких мест и проблем. Создание симулятора технологически сложный и кропотливый процесс. Между началом проектирования и написанием первых строчек кода может пройти не один месяц, поэтому рассмотрим процесс создания симулятора подробнее.

Проектирование начинается с создания технической документации, которая в себя включает:

1. Техническое задание.
2. Сценарий.
3. Дизайн документ.

Каждый из этих пунктов требует долгой и детальной проработки. Техническое задание - документ, который определяет требования к разрабатываемому продукту. В техническом задании указываются цели и задачи проекта, требования к функциональности, дизайну, качеству продукта и другие параметры, которые необходимо учесть при разработке. Сценарий – это документ, в котором подробно описывается каждое действие в симуляторе. По сценарию реализуется основная последовательность действий. Благодаря ему возможна более детальная оценка трудозатрат и необходимого функционала. Дизайнерский документ – это документ, в котором описываются основные принципы и подходы к разработке продукта. Он включает в себя описание архитектуры системы, интерфейсов пользователя, алгоритмов работы и других важных аспектов проекта. Дизайн документ является симулятором «на бумаге», и при создании проекта он играет ключевую роль.

Рассмотрим некоторые пункты подробнее. Техническое задание не является чем-то особенным и выделяющимся в процессе проектирования симуляторов. Оно слабо отличается от технических заданий других продуктов, но есть пункты, требующие отдельного внимания такие как системные требования – от которых будут зависеть конечная стоимость одного

рабочего места, набор инструментов разработчиков, и стилистика симулятора. Более интересным выглядит сценарий, или, как его еще называют, сценарный план симулятора. В таблице 1 представлен его шаблон для написания.

Таблица 1

Структура сценария

№	Название пункта	Описание действий	Отображение в VR среде.
1	Снятие гайки	В этом пункте необходимо снять гайки с болтового крепления крышки короба, для его дальнейшего снятия	1. Выбрать в инвентаре гаечный ключ 2. Взять ключ в руку и поднести к гайке 3. Движением против часовой стрелки откручиваем гайку. 4. Убираем гайку в специальный лоток
2	Снятие крышки	После снятия крепления, необходимо снять крышку, для организации доступа к механизму управления системой	1. Схватиться рукой за крышку и потянуть вверх 2. Положить крышку на стол рядом

Как видно в примере, состоит сценарный план из всего 4-х столбцов: номера пункта, описания действия и отображения в VR среде. Этого более чем достаточно для проектирования простого симулятора. В более сложных конфигурациях к этим пунктам так же можно добавить столбцы «опасные факторы», «последствия», «варианты развития», и т.д., в зависимости от задач визуализации или функционала.

Далее, дизайн документ. Это один из самых важных документов в цикле проектирования. Состоять он может из большого количества разнообразных пунктов, но достаточно следующих:

1. Игровые механики.
2. Неигровые механики.
3. UI экраны.
4. UI элементы.
5. Графика.
6. Гейм-дизайн.
7. Тестирование.

В этих главах подробно описываются все аспекты симулятора. Глава «игровые механики» описывает механики, которые видны пользователю симулятора в процессе прохождения. В главе «неигровые механики» рассматривается функционал, который не виден пользователю в процессе. UI экраны и UI элементы описывают функционал и внешний вид экранов таких как меню и инвентарь, и элементы - кнопки, прогресс-бары. В «Графике» описывается визуальное оформление локаций симулятора и сами локации, а также необходимые 3d-модели и анимации. «Гейм-дизайн» отвечает за расчет баланса игровых механик, например, распределение штрафных баллов за ошибки в процессе прохождения, или скорость вытекания жидкости из бака при его повреждении. В главе «тестирование» указывается список функций симулятора, который необходимо протестировать на разных этапах разработки.

Но проектирование не заканчивается на создании одной только документации. После проектирования документации наступает период разработки. Алгоритмы здесь очень сильно зависят от решений, принятых во время разработки технической документации. В обобщенном варианте алгоритм выглядит так, как представлено на рисунке 1.

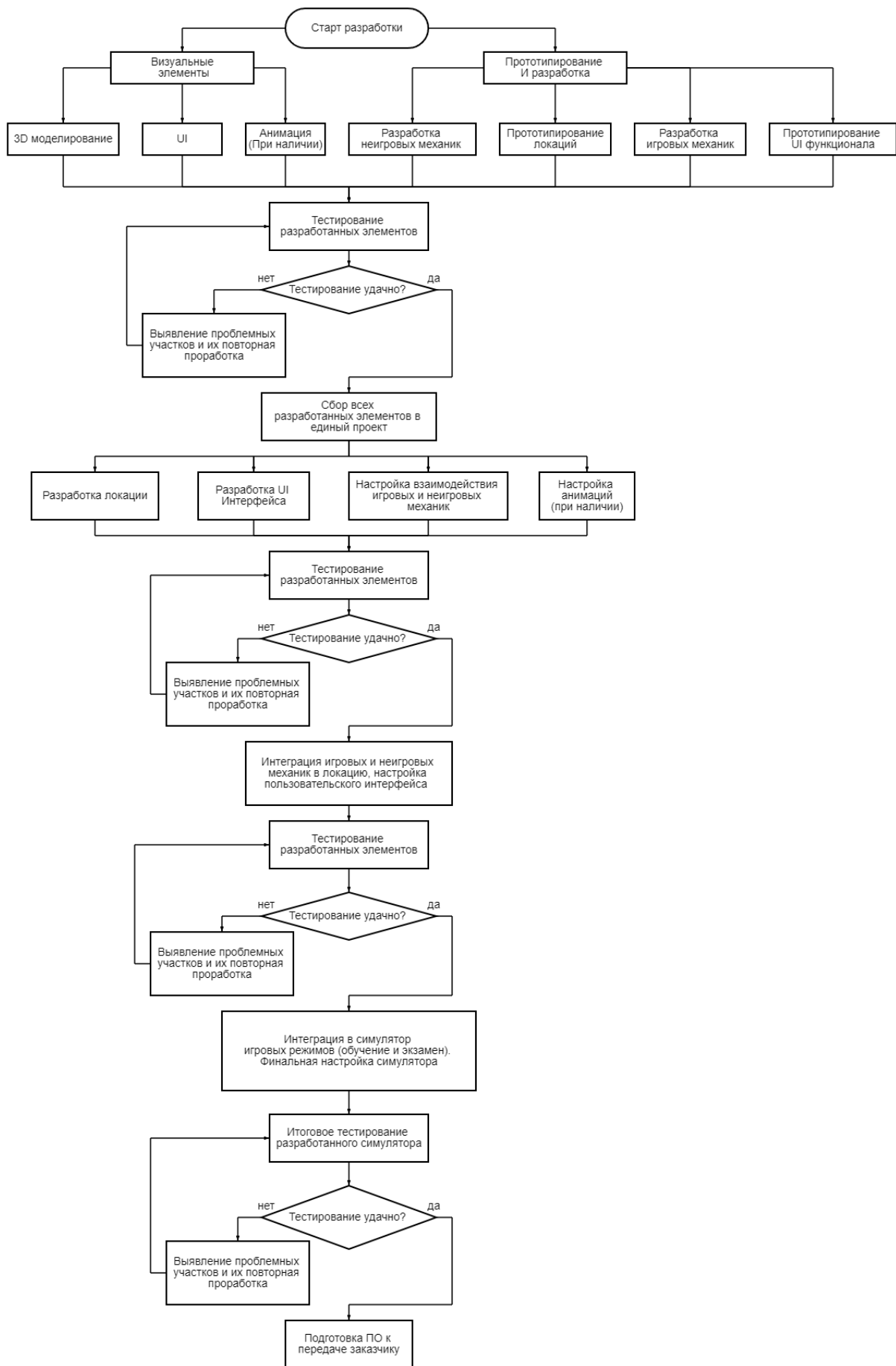


Рисунок 1 – Схема процесса разработки симулятора

Рассмотрим схему более детально. Весь процесс разработки можно условно разделить на пять этапов, отделенных друг от друга процессом тестирования. В тестирование входит проверка всех подготовленных элементов симулятора на работоспособность, производительность и правильность выполнения. В рамках первого этапа начинается подготовка необходимых ресурсов: 3D моделей, анимации, механики, шаблоны UI интерфейса. Это параллельные процессы, которые могут выполняться независимо друг от друга. Главное – обозначить в команде алгоритмы взаимодействия во время разработки и постоянно обмениваться результатами работ. На втором этапе все подготовленные элементы объединяются в один единый проект, и начинается процесс более детальной проработки. Это становится возможным за счет созданных в предыдущем этапе элементов. Как пример, на этом этапе создаются конечные варианты локаций симулятора, что невозможно без 3D моделей, разработанных ранее. В третьем этапе начинается один из самых ответственных участков разработки. Все, что было разработано ранее, должно объединиться в «цельную картинку». В рамках работ выполняется насыщение локации механиками, настройка пользовательского интерфейса в мире и подгонка UI окон под различные разрешения экранов.

На четвертом этапе стоит остановиться подробнее. Интеграция режимов обучения и экзамена не зря располагается во второй половине разработки, так как для упрощения работы над этим участком необходима большая подготовительная работа. Хотя режимы обучения и относятся к сектору неигровых механик, они не интегрируются на третьем этапе. Этот участок по праву считается одним из самых трудных и долгих в процессе разработки, ведь именно на нем генерируется самое большое количество ошибок в процессе тестирования, и проходит самый крупный этап по настройке и интеграции ранее созданных механик. Помимо этого, четвертый этап является одним из самых важных, на нем выстраивается вся последовательность действий, указанная в сценарии симулятора.

После того, как последний тур тестирования четвертого этапа закончен, время переходить к последнему пятому этапу. Это подготовительный процесс к передаче симулятора заказчику. При полном выполнении всех предыдущих этапов работы остается совсем немного. Финальные настройки всех элементов (если на предыдущих этапах все сделано правильно, этот пункт не понадобится вовсе), вычистка лишних файлов перед компиляцией, компиляция исполняемого файла и т.д. Также при необходимости на этом этапе создается установочный файл, с помощью которого симулятор будет устанавливаться на целевой ПК.

После выполнения всех этих этапов симулятор можно считать законченным.

Подводя итог, можно сказать, что виртуальная реальность становится все более важным инструментом в образовании и производстве. Проектирование систем виртуальной реальности требует тщательного подхода и понимания потребностей пользователей, а также навыков работы с различными программными и аппаратными средствами. Разработка таких систем достаточно сложная и длительная задача. Но предлагаемые уникальные возможности для обучения и профессиональной подготовки, позволяющие обучаемым получить опыт, который в реальной жизни мог бы быть опасным, дорогостоящим или даже невозможным стоят того.

В целом, виртуальная реальность имеет огромный потенциал для революционизирования сферы образования и промышленности. С каждым годом технологии становятся все более доступными, что делает их применение более доступным и практичным.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галкин, Д. В. Эволюция пользовательских интерфейсов: от терминала к дополненной реальности / Д. В. Галкин, В. А. Сербин // Гуманитарная информатика. – 2013. – № 7. – С. 35-49. – EDN QCKPDN.
2. Гергоков, А. А. Принципы проектирования виртуальных тренажеров / А. А. Гергоков // Актуальные вопросы и перспективы развития гуманитарных и социальных наук : Сборник научных статей обучающихся / Под редакцией И.Б. Суловой. – Москва : Международный инновационный университет, 2023. – С. 27-31. – EDN ORUFDZ.
3. Водяева, К. А. Информационные системы виртуальной реальности / К. А. Водяева, В. Е. Южаков // EurasiaScience : Сборник статей XIII международной научно-практической конференции, Москва, 09 февраля 2018 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Актуальность.РФ", 2018. – С. 21-24. – EDN WFRSRB.

## АНАЛИЗ ВЕКТОРНЫХ ГРАФИЧЕСКИХ РЕДАКТОРОВ FIGMA, SUPA, DESIGNER И CANVA

Липатова М. Н., Казаков Н. А.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** в работе проведен анализ популярных графических редакторов Figma, Supa, Designer и Canva по следующим критериям: кроссплатформенность, интерфейс, дополнительные функции (плагины), инструменты, облачные функции, удобство в использовании, сложность освоения.

**Ключевые слова:** векторная графика, графический редактор, Figma, Supa, Designer, Canva.

## ANALYSIS OF VECTOR GRAPHIC EDITORS FIGMA, SUPA, DESIGNER AND CANVA

Lipatova M. N., Kazakov N. A.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** popular graphic editors Figma, Supa, Designer and Canva were analyzed according to the following criteria: cross-platform, interface, additional functions (plug-ins), tools, cloud functions, ease of use, complexity of mastering.

**Keywords:** vector graphics, graphic editor, Figma, Supa, Designer, Canva.

С постоянным развитием технологий и появлением новых инструментов для дизайна, выбор правильного приложения становится все более сложным для дизайнеров и команд. Самые продвинутые графические редакторы вроде инструментов компании Adobe стоят немалых денег. Но есть бесплатные и вполне достойные альтернативы, возможностей которых хватит большинству пользователей. В статье рассматриваем четыре популярных инструмента для создания векторных изображений: Figma, Canva, Supa и Designer. Каждый из них обладает уникальными возможностями, плюсами и минусами, которые необходимо учитывать при выборе подходящего инструмента для будущих дизайнерских проектов.

Все эти инструменты относятся к векторной графике, в которой при создании графического изображения используется комбинация компьютерных команд и математических формул, базовым элементом в векторной графике является линия. Линия описывается математически как единый объект, и поэтому объем данных для отображения объекта средствами векторной графики существенно меньше, чем в растровой. Самой сильной стороной векторной графики является изменение размеров рисунка без потери его качества и возможность редактирования отдельных частей рисунка.

В ходе анализа сосредоточились на ключевых характеристиках, функциях, преимуществах и недостатках, чтобы помочь дизайнерам и командам выбрать наиболее подходящий инструмент для своих проектов, а также предоставить четкое понимание особенностей каждого приложения и помочь пользователям принять информированное решение при выборе инструмента для работы в области дизайна.

Figma – это облачный графический редактор и инструмент для создания прототипов, позволяющий дизайнерам создавать интерфейсы, веб-сайты и мобильные приложения. Одно из главных преимуществ Figma – возможность совместной работы в режиме реального времени. Это позволяет нескольким дизайнерам и членам команды одновременно работать над одним проектом и сразу же видеть изменения и результаты. Figma также обладает широким набором инструментов для создания макетов, векторной графики, прототипирования и разработки пользовательских интерфейсов. Благодаря

кроссплатформенности и браузерной доступности Figma позволяет работать на любом устройстве с доступом в Интернет [1].

Canva – это межплатформенный инструмент для создания мультимедийного контента, сочетающий в себе графический дизайнер, набор шаблонов для самых различных целей (социальные сети, презентации, дизайн сайтов и т.д.), фото и видеоредактор, а также возможность выбора из библиотеки видео и музыки. С помощью этого приложения можно создать практически любой цифровой или печатный продукт. Работая в редакторе, вы можете перетаскивать элементы из каталога в главное окно, перемещать их по слоям, изменять размер, обрезать, переворачивать и так далее. При этом Canva обладает простым, интуитивно понятным пользовательским интерфейсом, с которым могут работать пользователи с любым уровнем опыта. Важным преимуществом этого инструмента является возможность работать в командах над проектами в онлайн-режиме [2].

Supa – это онлайн-сервис, который позиционирует себя как видеоконструктор. Главным преимуществом Supa на данный момент является его русскоязычная платформа. С ее помощью можно создавать небольшие видеоролики и видеопрезентации как из готовых шаблонов, так и самостоятельно. Хотя Supa предлагает не так много функций, как другие платформы, но имеющиеся инструменты позволяют создавать совершенно новые проекты. Ориентация на простоту и эффективность использования делает ее привлекательным для многих пользователей. Кроме того, видеоконструктор предлагает высокий уровень безопасности (устойчивость к взлому) и надежные функции защиты конфиденциальности [3].

Designer – этот сервис синхронизирован с нейронной сетью DALL-E 2, которая может создавать и изменять существующие визуальные изображения на основе текстовых описаний. Кроме этого, Designer предлагает широкий выбор готовых шаблонов, изображений и элементов для оригинального дизайна. В целом Designer представляет собой уникальное сочетание искусственного интеллекта и графического дизайна, но его возможности и функции пока ограничены, поэтому он может стать хорошим дополнением к арсеналу дизайнерских инструментов, но вряд ли заменит более продвинутые редакторы [4].

Таблица 1

Сравнение векторных графических редакторов

	Figma	Supa	Designer	Canva
Кроссплатформенность	+	-	-	+
Интерфейс	+	+	+	+
Дополнительные функции (Плагины)	+	-	-	-
Инструменты (Бесплатные функции)	+	-	+	+
Облачная функция	+	+	-	-
Удобство в использовании	+	+	+	+
Сложность в освоении	7/10	4/10	5/10	6/10

Как видно из таблицы 1, больше всего баллов у Figma, в то время как остальные инструменты проектирования имеют одинаковое количество баллов в свою пользу. Выбор подходящего инструмента для графического проектирования зависит от конкретных требований проекта, предпочтений команды и рабочего процесса. Figma отличается возможностью командной работы и доступностью в облаке, что делает ее идеальной для групповой работы. Supa и Designer, в свою очередь, предоставляют более интуитивные и гибкие возможности для создания дизайнов с фокусом на простоте и индивидуальном подходе.

Каждый из перечисленных инструментов имеет свои преимущества и недостатки, и лучший выбор зависит от конкретных требований проекта и предпочтений пользователя. Важно провести анализ и выбрать инструмент, который наилучшим образом соответствует целям и задачам вашего проекта.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Figma: всё, что вам нужно знать [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://vc.ru/design/184941-figma-vse-chto-vam-nuzhno-znat> (дата обращения 03.03.2024)
2. Canva: инструкция по созданию изображений для соцсетей, презентаций и сайтов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://practicum.yandex.ru/blog/chto-takoe-canva-i-kak-rabotat-v-redaktore/> (дата обращения 27.02.2024)
3. Блог – SUPA [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://supa.ru/blog> (дата обращения 27.02.2024)
4. Обзор на Microsoft Designer [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://vc.ru/design/913811-obzor-na-microsoft-designer> (дата обращения 02.03.2024)

УДК 004.75

## ОПТИЧЕСКОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ ДОКУМЕНТОВ В ОАО «РЖД»

Папиrowsкая Л. И., Липатова М. Н.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** в работе рассматривается проблема обработки специалистами структурных подразделений ОАО «РЖД» большого количества бумажных и отсканированных документов. Проанализировано применение платформы SOICA на основе OCR-технологий.

**Ключевые слова:** цифровой сервис OCR, Цифровой сервис RPA, Цифровой сервис NLP, платформа SOICA.

## OPTICAL DOCUMENT RECOGNITION AT JSC RUSSIAN RAILWAYS

Papirovskaya L. I., Lipatova M. N.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** the paper considers the problem of processing a large number of paper and scanned documents by specialists of the structural divisions of Russian Railways. The application of the SOICA platform based on OCR technologies is analyzed.

**Keywords:** digital OCR service, Digital RPA service, Digital NLP service, SOICA platform.

Проект «Цифровая железная дорога», реализуемый ОАО «РЖД», направлен на повышение качества транспортно-логистических услуг за счет использования цифровых технологий. В настоящее время в информационных и автоматизированных системах управления ОАО «РЖД» для ввода данных используются соответствующие цифровые сервисы. Цифровой сервис – это набор услуг, предоставляющих пользователям возможность удаленно работать с определенными информационными ресурсами, не наделяющая их правом собственности на данные ресурсы [1].

Одна из проблем заключается в том, что специалисты структурных подразделений ОАО «РЖД» обрабатывают огромное количество бумажных и сканированных документов для последующего ввода структурированной информации в профильные информационные системы. Так, например, Департамент бухгалтерского учета обрабатывает 782000 документов в год, Департамент управления персоналом 427000, а Департамент пассажирских перевозок 337396. При этом формы документов, которые подвергаются обработке имеют различные форматы: формализованные документы, электронные таблицы, неформализованные документы, сплошной текст и т. д.

Поэтому специалистами Главного Вычислительного центра ОАО «РЖД» были проанализированы основные бизнес-процессы компании и определены встраиваемые

цифровые сервисы, которые могут быть использованы в системе корпоративной информатизации (рис.1)

Цифровой сервис OCR (оптическое распознавание символов или оптическое считывание символов) – это преобразование изображений из бумажных, печатных и рукописных документов в машиночитаемый текст с помощью специализированного программного обеспечения. Другими словами, преобразование физических документов в цифровые данные.

Цифровой сервис RPA (программная роботизация процессов) – это технология, с помощью которой компьютерные программы выполняют рутинные операции по управлению предприятием. Роботы автоматизируют действия, для которых раньше требовалось участие человека. Тем самым у сотрудников ОАО «РЖД» освобождается время для решения оперативных и тактических задач.

Цифровой сервис NLP (обработка естественного языка) – это область искусственного интеллекта, цель которой – дать компьютерам возможность понимать и обрабатывать естественный язык. Это язык, на котором мы общаемся друг с другом.



Рисунок 1 – Встраиваемые цифровые сервисы в бизнес процессы ОАО «РЖД»

Использование цифрового сервиса OCR повышает эффективность работы за счет автоматизации цифровых рабочих процессов, что в результате сокращает количество ошибок и уменьшает ручную обработку документов на 90 процентов

Учитывая выше сказанное, перед специалистами ГВЦ встал вопрос выбора платформы OCR на основе разработанных критериев. Процесс выбора платформы состоял из 3 этапов:

- предварительный этап: на этом этапе был сформирован максимально широкий список продуктов, в которых заявлена функциональность OCR (Directum, Dbrain, CompanyMedia, Soica и другие).
- отборочный этап: на этом этапе произошло применение отборочных критериев и отсеивание продуктов по различным критериям.
- оценочный этап: на этом этапе произошло тестирование продуктов, прошедших предварительный и отборочный этапы.

В результате кропотливой работы был выбран продукт Российской инновационной платформы для сканирования, распространения и интеллектуальной обработки документов и работ с графическим электронным контентом SOICA. Продукты SOICA основаны на технологиях OCR и предназначены для распознавания и обработки любых типов документов [2].

При выборе платформы был просчитан предварительный эффект от ее внедрения:

- в 2 раза увеличивается скорость обработки документов;
- выполняется 90 % рутинной технической работы;

- работает в режиме 24/7 без ошибок с соблюдением законодательных норм.
- Платформа SOICA сочетает в себе принципы социальных сетей и децентрализации финансовых потоков (новое направление в развитии социальных сетей). На современном этапе развития социальных сетей данные пользователей контролируются управляющими организациями, проект SOICA позволяет контролировать данные самим пользователям. Перспективы заманчивые, но возникает проблема информационной безопасности. В ОАО "РЖД" вопрос безопасности поднят на высокий уровень, поэтому мы не будем останавливаться на данном вопросе. На рисунке 2 показан жизненный цикл обработки документов и особенности платформы SOICA.

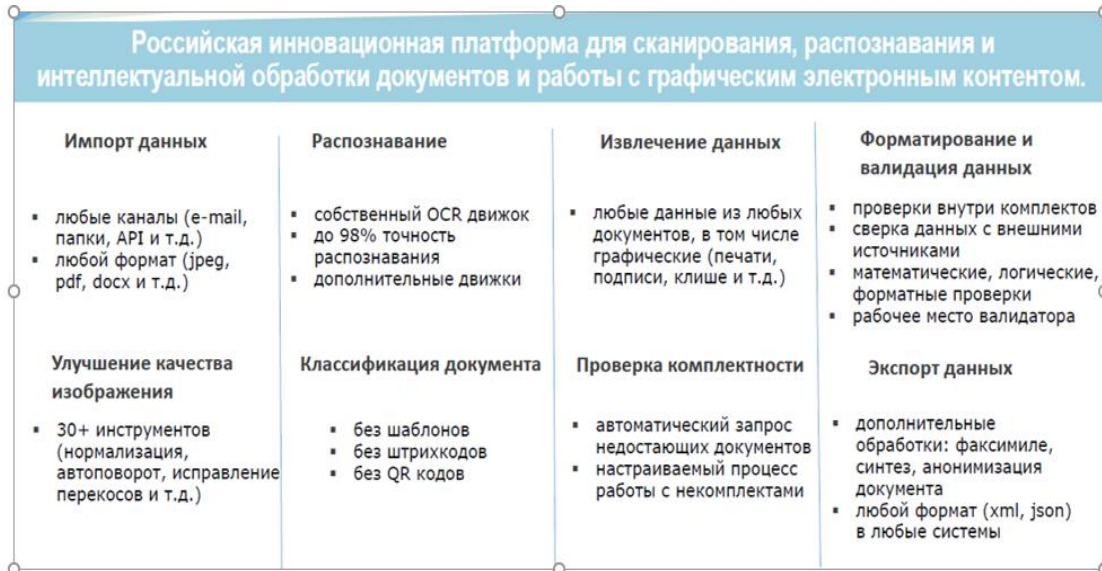


Рисунок 2 – Жизненный цикл обработки документов на платформе SOICA

SOICA помогает решать следующие задачи:

- автоматизация рутинных моментов в работе с документами;
- быстрая и качественная обработка документов
- автоматическая компиляция документов с данными из внутренних информационных систем;
- проверка надежности контрагентов;
- удобный поиск и системный анализ информации [2].

На рисунке 3 показана настройка шаблонов для разных типов документов с преобразованием изображений согласно выбранным фильтрам.

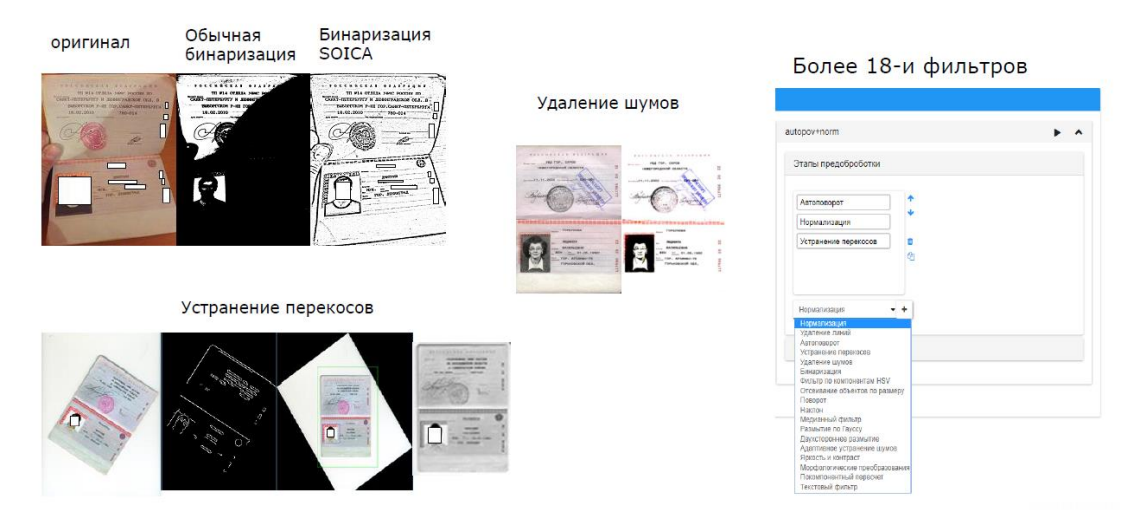


Рисунок 3 – Настройка шаблонов для разных типов документов

Таким образом, можно сделать вывод: SOICA – мощная платформа для решения любых задач по вводу и оцифровке документов, их анализу и классификации, поможет осуществить более качественную и быструю работу с документами ОАО “РЖД” без ошибок с соблюдением законодательных норм и правил.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Утверждён план перехода РЖД на «цифровую железную дорогу» [Электронный ресурс]. – URL: <https://d-russia.ru/utverzhdyon-plan-perehoda-rzhd-na-tsifrovuyu-zheleznyuyu-dorogu.html> (дата обращения 03.04.2024)
2. SOICA [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.soica.ru/> (дата обращения 01.03.2024)

УДК 004.4

06.00.00

## ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ ОБЛАЧНЫХ СЕРВИСОВ

Первов А. П., Машинец В. А.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** в статье описывается текущее положение на рынке технологий облачного хранения, рост отечественных компаний на рынке отечественных компаний, предоставляющих услуги облачного хранения, и тенденции развития.

**Ключевые слова:** облачные сервисы, отечественный, ресурс, компания, импортный, иностранный, программный продукт, сервер.

## IMPORT SUBSTITUTION OF CLOUD SERVICES

Pervov A. P., Mashinets V. A.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** the article describes the current situation in the market of cloud storage technologies, the growth of domestic companies in the market of domestic companies providing cloud storage services, and development trends.

**Keywords:** cloud services, domestic, resource, company, imported, foreign, software product, server.

Облачные сервисы – это модель предоставления компьютерных ресурсов и мощностей в режиме онлайн, таких как хранение данных, вычислительные мощности, базы данных и другие ресурсы. Они доступны для использования через интернет, и пользователь может получить доступ к ним с любого устройства, имеющего подключение к сети.

Облачные сервисы позволяют организациям и частным лицам получать доступ к необходимым ресурсам без необходимости покупки и обслуживания собственных серверов и IT-инфраструктуры. Вместо этого у провайдера облачных услуг арендуются ресурсы, провайдер обеспечивает их функционирование и обновление.

Основными преимуществами облачных сервисов являются снижение затрат на информационные технологии, возможность масштабирования ресурсов по мере необходимости, доступность хранения данных.

Облачные сервисы уже давно вошли в обиход пользователей всего мира. Удобство хранения информации, возможность синхронизации файлов на нескольких устройствах и создания папок для групповой работы делают их востребованными как для личных, так и для рабочих нужд. Несмотря на огромное количество «облаков», первенство в России держится за следующими сервисами:<sup>1</sup>

1. Google Диск

2. Яндекс Диск
3. Облако Mail
4. OneDrive (Microsoft)
5. Dropbox

Несмотря на наличие отечественных ресурсов в этом списке, первенство занимает продукт американской компании «Google». Также большое количество компаний в России продолжают использовать американские сервисы «OneDrive» и «Dropbox».

Использование иностранных облачных ресурсов приводит к следующим рискам:<sup>2</sup>

1. Зависимость от иностранных компаний: зависимость от иностранных компаний может привести к проблемам в случае политических или экономических конфликтов.

2. Безопасность данных: импортные облачные сервисы могут не обеспечивать такой же уровень безопасности данных, как отечественные компании из-за различий в законодательных стандартах.

3. Технические проблемы: импортные сервисы могут иметь технические проблемы или ограничения, которые могут повлиять на работу отечественного бизнеса.

4. Ценообразование и ограничения: цены и условия использования импортных сервисов могут быть менее выгодными, чем у отечественных компаний, а также могут иметь ограничения на использование и передачу данных.

5. Законодательные ограничения: использование импортных сервисов может нарушать законодательство о защите персональных данных или о локализации данных.

Главным преимуществом иностранных облачных сервисов для персонального использования является объём хранилища. Основным конкурентом импортных ресурсов является «Яндекс». По умолчанию «Яндекс Диск» предлагает 10 Гб пространства с возможностью расширения до 50 Тб. Остальные отечественные сервисы предоставляют не более 4 Тб для одного пользователя. С каждым годом количество серверов в России увеличивается, в связи с этим увеличивается доступное место для хранения.

В коммерческом секторе отечественные облачные сервисы вынуждены развиваться с большими темпами. В 2020 году основным двигателем развития информационных технологий стала пандемия, которая ускорила цифровую трансформацию бизнеса. В связи с цифровизацией бизнеса и ростом на российском рынке количества онлайн услуг, увеличился и спрос на облачные хранилища.

В 2022 году развитие отечественных компаний, предоставляющих услуги облачного хранения, стимулировал уход зарубежных компаний с российского рынка.<sup>3</sup>

По данным TAdviser объём рынка отечественных облачных сервисов с 2020 по 2022 годы возрастал на 15-20%, а в 2024 году возрос более чем на 40%.<sup>4</sup> Рост спроса на российские программные продукты стимулирует компании, занимающиеся разработкой облачных сервисов к усовершенствованию технологий и расширению серверов.

На данный момент ещё множество компаний потребителей в России находятся в стадии выбора отечественного провайдера, что вызывает конкуренцию, которая дополнительно стимулирует к развитию компании предоставляющие услуги облачного хранения.

Также замечен рост популярности использования отечественных частных серверов.

Одной из компаний, предоставляющих частные сервера – является «Selectel». «Selectel» предлагает широкий спектр облачных решений для хранения и обработки данных. Компания предлагает как частные, так и публичные облака, а также гибридные решения, которые позволяют объединить преимущества обоих типов облаков.

Гибридное облако – это тип облачной инфраструктуры, который позволяет организациям объединить и централизовать данные и приложения, работающие на публичных облачных сервисах, с их внутренними или частными облаками. Это даёт возможность организациям воспользоваться преимуществами как публичного облака (масштабируемость, снижение затрат, доступ к новейшим технологиям), так и частного облака (безопасность, контроль и приватность данных).

Гибридное облако позволяет компаниям использовать разные облачные платформы для разных задач. Например, они могут использовать публичное облако для разработки и тестирования, в то время как их производственные приложения остаются на частном облаке. Либо, компания может хранить некритичные данные в публичном облаке, а данные, нуждающиеся в защите – на частном облаке.

Для соединения и координации разных облаков в гибридном облаке используют специальные технологии, такие как API-шлюзы, интеграционные платформы и инструменты миграции данных. Это позволяет организациям контролировать и управлять доступом к данным, обеспечивать их безопасность и соответствие законодательству страны.

Достоинства гибридного облака:

- Гибкость
- Масштабируемость
- Повышение оперативной работы
- Экономическая эффективность
- Высокая отказоустойчивость

Недостатки гибридного облака:

- Сложность управления
- Применима не для всех компаний из-за требований безопасности

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самые популярные облачные сервисы в России. // Лаборатория памяти – 13.03.2019. URL: <https://memory-lab.ru/articles/samye-populyarnye-oblachnye-servisy-v-rossii/>
2. Атрощенко Д. 6 российских облачных сервисов для хранения данных. // горячая изба – 11.03.2022. URL: <https://burninghut.ru/6-rossijskikh-oblachnykh-servisov-dlya-khraneniya-dannykh/>
3. Сбер бизнес софт. Российский рынок облачных сервисов для бизнеса. // TAdviser – 21.12.2022. URL: <https://clck.ru/39Bun5>
4. Облачные сервисы (рынок России) // TAdviser – 18.11.2023 URL: <https://clck.ru/39BuvW>

УДК 338

### COVID-19 КАК ТРИГГЕР ЦИФРОВИЗАЦИИ

Малышева О. В.<sup>1</sup>, Бабайлов П. М.<sup>1</sup>, Ульянов М. В.<sup>1</sup>, Малышкина М. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

<sup>2</sup>Медицинский университет «Реавиз», Москва

**Аннотация.** В статье рассматриваются глобальные изменения, вызванные пандемией COVID-19, которые послужили триггером в развитии цифровизации и других областей экономики в рамках мирового масштаба, таких как IT-сфера, медицина, образование, торговля и прочее.

**Ключевые слова:** COVID-19, цифровизация, востребованность профессий, технологии в медицине, БПЛА

### COVID-19 AS A TRIGGER FOR DIGITALIZATION

Malysheva O. V.<sup>1</sup>, Ulyanov M. V.<sup>1</sup>, Babailov P. M.<sup>1</sup>, Malysheva M. V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Samara State University of Transport, Samara

<sup>2</sup>Medical University «Reaviz», Moscow

**Abstract:** the article examines the global changes caused by the COVID-19 pandemic, which served as a trigger in the development of digitalization and other areas of the economy on a global scale, such as the IT sector, medicine, education, trade, etc.

**Keywords:** COVID-19, digitalization, demand for professions, technologies in medicine, unmanned aerial vehicles.

Начало COVID-19 пришлось на моменты внедрения цифровизации, как следствие, помимо поиска решений для борьбы с вирусом и минимизации социальноэкономических повреждений, произошла ускоренная реализация цифровых технологий. Одними из цифровизируемых секторов, оказались корпоративные и государственные, вследствие своей недостаточной эффективности. С одной стороны, COVID-19 способствовал ускорению и более быстрому принятию некоторых проектов и решений цифровой экономики, с другой стороны многие проекты были «заморожены» до того момента пока ситуация не улучшится. Благодаря повышенной востребованности в цифровых технологиях получилось развить технологические аспекты в сфере экономики, также в сфере здравоохранения, электронного правительства, образования, электронной торговли, защите персональных данных, финансов, а также курьерских служб, IT-сфер и др.

Из-за COVID-19 во всём мире произошло дистанцирование. Множеству людей пришлось работать удалённо, в связи с чем программы для поддержания связи, такие как Microsoft Teams, Skype, Cisco's Webex, Zoom, Яндекс Телемост, FaceTime, Hangouts Meet стали очень востребованы (рис. 1).

В связи с пандемией по оценкам Международной организации труда были приняты ограничительные меры, из-за которых около 2,7 млрд работающих людей по всему миру были уволены или вынуждены были работать с сокращением оплачиваемого рабочего времени. В России, например, пострадало только 28% сотрудников, из них в основном были молодые люди от 20 лет и пенсионного возраста 51-60 лет, а также люди с низким уровнем образования. Несмотря на то, что востребованность на рабочую силу во многих отраслях была снижена, в других наоборот спрос на новых людей увеличился, например, в некоторых отраслях экономики. Создатели программ Zoom и Slack размещали вакансии по множеству направлений таких как программирование, бухгалтерия, продажи, техническая поддержка и др., а онлайн сервис Support.com, из-за огромного роста звонков и обращений, сообщил о массовом наборе людей для дистанционной технической поддержки.

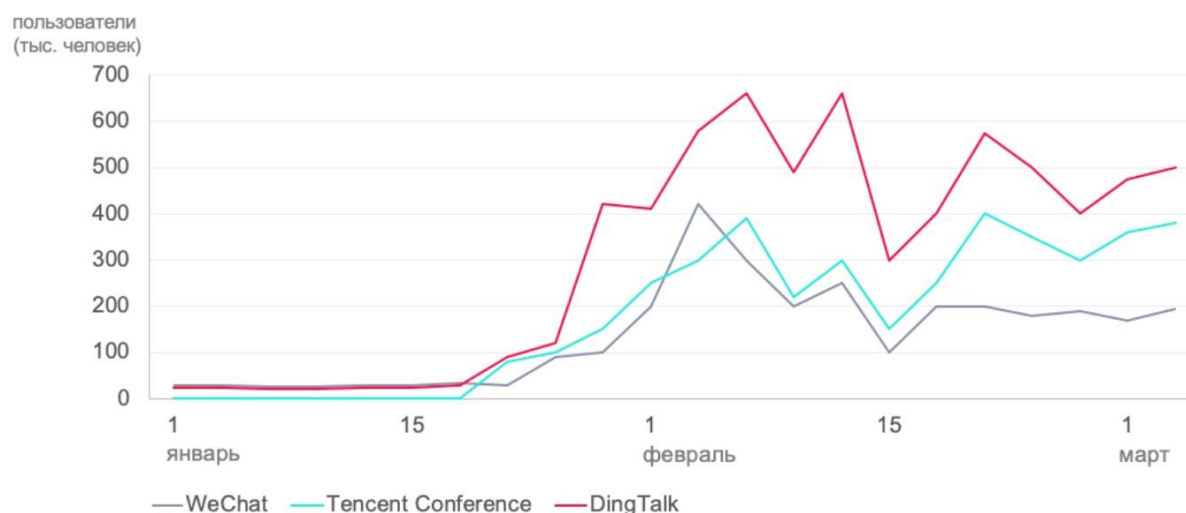


Рисунок 1 – Количество скаченных приложений

COVID-19 [1-4] стал причиной перехода школ, колледжей и высших учебных заведений на дистанционное обучение. Цифровые инструменты, интерактивные приложения и различные онлайн курсы позволили учителям и преподавателям поддерживать связь с обучающимися без необходимости встречаться лично. Так вовремя дистанцирования, студенты Гонконга перешли на интерактивные приложения, а Китай транслировал по телевидению, для 120 млн жителей страны, различные образовательные программы.

Пандемия также усугубила положение в сфере передвижения и путешествий. Закрытие границ, гостиниц и объектов отдыха способствовали сокращению запланированных поездок на 80-90%. Больше всего пострадали страны, где туристическая отрасль являлась одним из основных источников ВВП (рис. 2).

Однако во время пандемии объём интернет-продаж сильно увеличился, в особенности увеличились продажи медицинских товаров. Благодаря большому объёму интернет-продаж цифровая трансформация многих предприятий, в особенности средних и малых, ускорилась из-за необходимости увеличения своего влияния в онлайн пространстве.

Во время пандемии была использована технология мРНК для разработки вакцины, но за пределы лабораторных исследований не выходила. Первые вакцины от COVID-19 были разработаны компаниями BioNTech и Pfizer и Moderna. После первых испытаний вакцины эффективность против COVID-19 составила 95% для вакцины Pfizer/BioNTech, а для Moderna 94,5%. После эффективного применения мРНК-технологии против коронавируса, у учёных появилась идея использовать мРНК для разработки вакцины от ВИЧ, для стимуляции иммунитета против рака и для замены вакцин от гриппа на более действенные препараты. Во время пандемии также стала актуальна телемедицина. Телемедицина позволяет врачам проводить консультации, диагностировать и лечить пациентов, советоваться с другими врачами и обучать молодых специалистов при этом личное общение не требуется.

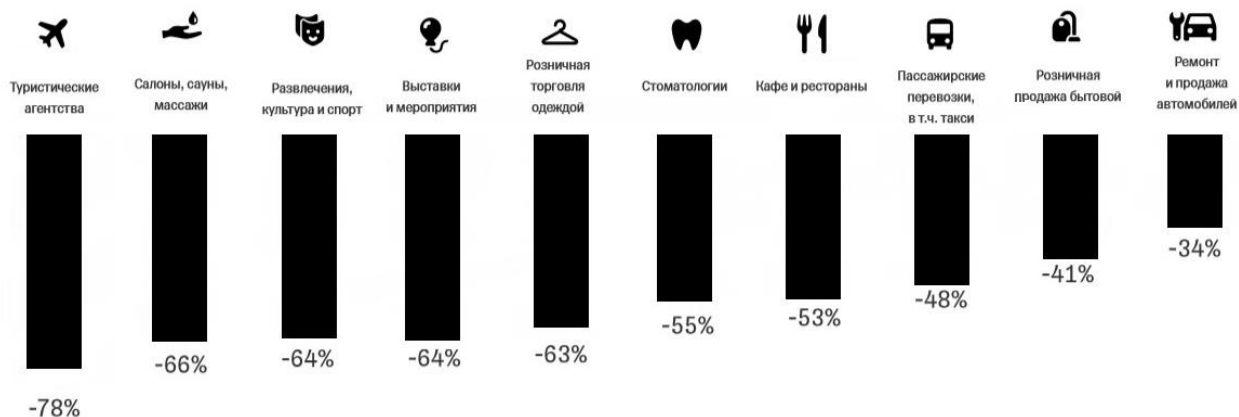


Рисунок 2 – Отрасли с наибольшим падением доходов

Из-за COVID-19 увеличился интерес к роботам, беспилотникам и искусственному интеллекту [5, 6], задачей которых является минимизация социальных контактов, упрощение диагностики, обслуживания и прочее. С этой целью в Китае стали использовать дроны с громкоговорителями для оповещения населения, особенно в дальних населённых пунктах, а дроны-тепловизоры позволяли измерять температуру тела человека. Также дроны освещали строительные площадки, доставляли еду, распыляли дезинфицирующие средства, использовались для доставки медицинских анализов. Помимо дронов применялся ещё и искусственный интеллект, в особенности для более быстрой разработки лекарств. В Австралии компания-стартап DetectED создала нейросеть для поиска онкологических заболеваний, однако она была задействована для обнаружения COVID-19. Во время пандемии выяснилось, что многие страны испытывают недостаток средств индивидуальной защиты. Инженеры и учёные долго искали решение проблемы и в итоге им удалось использовать 3D-принтер для создания средств индивидуальной защиты, а также различные медицинские изделия, которые также были в дефиците.

Подводя итог вышесказанному, хочется отметить масштаб глобальных изменений в мировом сообществе, вызванных пандемией, а также возможностью общества справляться с вызовами, обусловленных их непредсказуемостью.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цифровая повестка и инициативы в области цифровых технологий в условиях COVID-19 (Обзор практик европейского союза, организации экономического сотрудничества и развития, а также других стран) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/412582034.pdf>
2. Воздействие COVID-19 на мировую туристскую индустрию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozdeystvie-covid-19-na-mirovuyu-turistskuyu-industriyu>
3. Цифровые технологии и кибербезопасность в контексте распространения COVID-19 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ach.gov.ru/upload/pdf/Covid-19-digital.pdf>
4. Какими медицинскими инновациями помогла пандемия COVID-19 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/6152cc769a794789079a2d40>
5. Исследование: Пандемия COVID-19 как катализатор процессов цифровизации госсектора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dpo-rd.ru/biblioteka/stati/issledovanie-pandemiya-covid-19-kak-katalizator-protsessov-tsifrovizatsii-gossektora/>
6. Медицинские дроны: как использовались беспилотники в борьбе с COVID-19 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/5f0f36809a794761ccf8a89e>

УДК 338

## ВЛИЯНИЕ БЛОКЧЕЙН ТЕХНОЛОГИЙ НА ФИНАНСОВУЮ ОТРАСЛЬ

Тарасова А. А.<sup>1</sup>, Малышева О. В.<sup>1</sup>, Рахматуллина А. Р.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Самарский государственный университет путей сообщений, Самара

<sup>2</sup>Самарский государственный экономический университет, Самара,

**Аннотация.** в данной статье проводится исследование влияния блокчейна на финансовый сектор экономики. Подробно описывается технология и приводятся примеры ее использования в финансовой отрасли, подчеркивается эффективность и надежность системы, а также заостряется внимание на необходимости использования блокчейна в текущих реалиях.

**Ключевые слова:** блокчейн, шифрование, децентрализованность, консенсус, майнер, криптовалюта, банковская система, смарт-контракты, SWIFT.

## THE IMPACT OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGIES ON THE FINANCIAL INDUSTRY

Tarasova A. A.<sup>1</sup>, Malysheva O. V.<sup>1</sup>, Rakhmatullina A. R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Samara State University of Transport, Samara

<sup>2</sup>Samara State University of Economics, Samara

**Abstract:** this article examines the impact of blockchain on the financial sector of the economy. The technology is described in detail and examples of its use in the financial industry are given, the efficiency and reliability of the system is emphasized, and attention is also drawn to the need to use blockchain in current realities.

**Keywords:** blockchain, encryption, decentralization, consensus, miner, cryptocurrency, banking system, smart contracts, SWIFT.

Блокчейн – это инновационная технология, которая имеет огромный потенциал, реализуемый в абсолютно разных направлениях. Благодаря ему общество способно преодолеть множества препятствий, с которыми мир сталкивается ежедневно. Например, блокчейн способен упростить процесс международной торговли, сократить время проведения транзакции и снизить затраты на логистику. Чаще всего данная технология применяется в экономической сфере, в том числе в финансовой отрасли.

Блокчейн (от англ. Blockchain – цепь блоков) – это распределенный реестр, который хранит информацию в безопасной и надежной среде, использующей специальные криптографические комбинации для расшифровки и доступа к данным. Каждый блок в

цепочках содержит хэш, зашифрованные сведения о действиях в виде уникальной последовательности цифр и букв. В них хранится история, должность текущего блока, а также хэш предыдущего (рисунок 1).

Удаление и редактирование записей в блокчейн невозможно, так как при изменении одного из звеньев хэши также изменятся и перестанут совпадать, впоследствии сеть выдаст ошибку. Данный криптографический метод обеспечивает высокую безопасность и устойчивость к мошенническим атакам, он защищает информацию от несанкционированных вмешательств.

Основным принципом технологии является децентрализованность. Благодаря ей, цепь не поддается абсолютному контролю одной из сторон и генерирует блоки, предоставляя каждому участнику равные права. Информация, записанная в цепь, видна всем, кто имеет доступ к реестру. Процедура, в ходе которой пользователи достигают согласия о правомерности совершенных действий в системе, называется консенсус блокчейна. Существует много различных видов данных механизмов (Proof of Work (PoW), Proof of Stake (PoS), Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT), Delegated Proof of Stake (DPoS) и др.), каждый из которых обладает своими преимуществами и недостатками. Они различаются по области применения, энергозатратности, уровню безопасности и масштабируемости, однако преследуют лишь одну цель: обеспечить честность и достоверность записей.

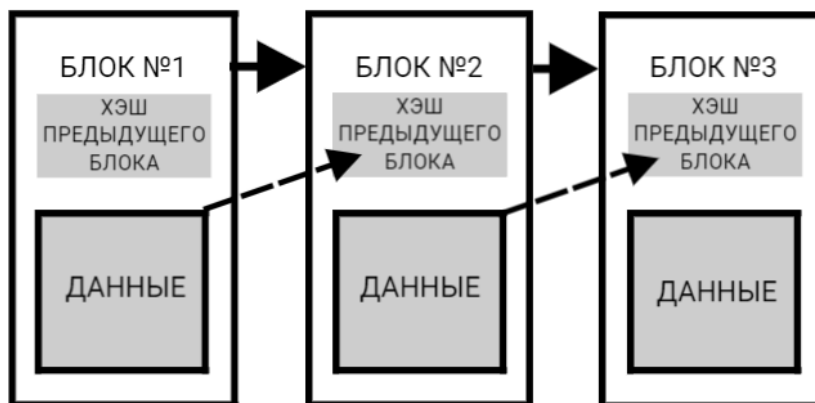


Рисунок 1 – Цепочка блоков

Созданием блоков в системе с наиболее распространенным консенсусом Proof of Work (PoW) занимается специализированный человек – майнер. Он выбирает задачу из общей очереди и подбирает для нее уникальный хэш, соединяя его с хэшем предыдущего блока. Для создания новых звеньев цепи из набора данных необходимо иметь мощные электронно-вычислительные машины. Чем больше сеть, тем больше ресурсов требуется для работы. За свой труд майнер получает вознаграждение в виде криптовалюты (рисунок 2).

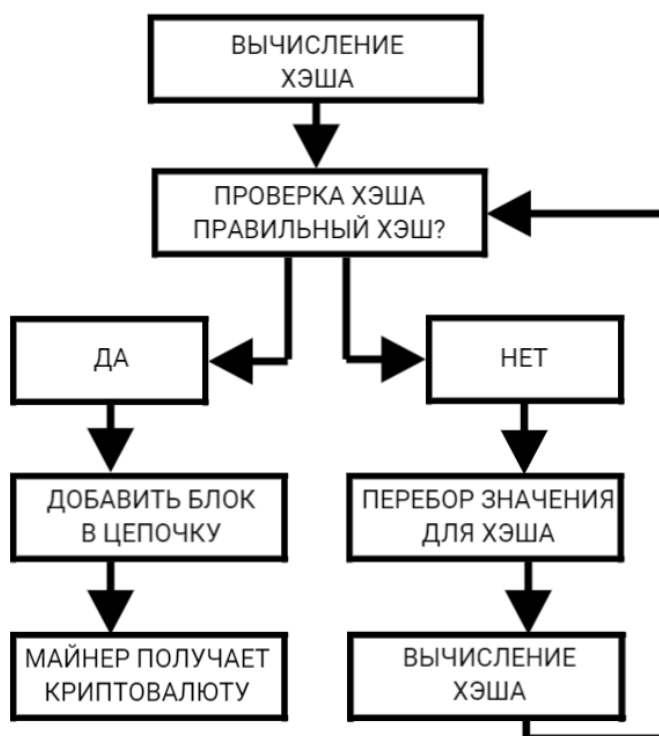


Рисунок 2 – Схема майнинга

В последние годы блокчейн является наиболее обсуждаемым явлением в мире финансов. Эта технология, изначально разработанная для поддержки криптовалют, значительно преобразовывает всю финансовую отрасль. В первую очередь изменения затрагивают платежи. Цифровые валюты (криптовалюты, такие как биткоин, эфир, арагон, рипл и т.д.) позволяют проводить мгновенные и относительно недорогие (по сравнению с банковскими услугами) переводы. Например, в июне 2018 года транзакция на сумму 280 млн долларов, это 48,5 тыс. биткоинов, обошлась неизвестному пользователю всего в 4 цента (0,04 доллара). Тогда как в банковской системе минимальная комиссия (1%) за такие действия составила бы от 2 млн долларов, а сам перевод длился бы 4–6 дней.

Блокчейн также предоставляет людям возможность автоматизировать различные финансовые операции с помощью смарт-контрактов. Смарт-контракты – это программы, которые выполняют определенные действия, когда соблюдены необходимые условия сделки. Они устраняют необходимость в посредниках (банках, юристах, нотариусах) и значительно сокращают издержки. Например, в России смарт-контракты применяются в контексте управления цепями поставок.

Выпуск центральных банковских цифровых валют на основе технологий блокчейн может значительно упростить монетарную политику и платежные системы. Множество стран на сегодняшний день рассматривают данную возможность в качестве альтернативы классическим фидуциарным деньгам.

В связи с отключением российских банков от мировой финансовой системы появились дополнительные сложности с международными операциями, поэтому в текущих реалиях технология блокчейн вполне может рассматриваться как перспективная замена SWIFT и хороший аналог отечественным системам СПФС (система передачи финансовых сообщений) и СБП (система быстрых платежей). С ее помощью пользователям станут доступны транзакции, которые будут иметь высокую степень прозрачности и безопасности с максимальной минимизацией потерь денежных средств.

Оптимизация платежей, устранение посредников, автоматизирование операций, упрощение монетарной политики, замена системы SWIFT – все это является возможным положительным исходом применения блокчейна в финансовой отрасли. Однако нельзя утверждать, что данная

технология является универсальной, помимо огромного потенциала у сети есть серьезные проблемы с пропускной способностью, безопасностью малых систем и масштабируемостью.

В заключении хочется отметить, что блокчейн-технология является эффективным инструментом трансформации финансовой отрасли. Несмотря на свои недостатки, он предоставляет новые возможности для развития, привносит ряд качественных изменений и улучшений в экономические процессы, повышая их прозрачность и безопасность

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ищукова Е. А., Панасенко С. П., Романенко К. С., Салманов В. Д. И98 Криптографические основы блокчейн-технологий. – М.: ДМК Пресс, 2022. – 302 с.: ил. ISBN 978-5-97060-865-4
2. Ефремов, В. С. Перспективы сотрудничества финансовой корпорации и компаний, работающих в сфере цифровых технологий / В. С. Ефремов, А. С. Пилишвили // Управление. – 2019. – Т. 7, № 2. – С. 57-64. – DOI 10.26425/2309-3633-2019-2-57-64. – EDN WNJEEO.
3. Немова М.И. Криптовалюта как предмет имущественных преступлений // Закон. 2020. № 8. С. 145–154
4. Толкачев А.Ю., Жужжалов М.Б. Криптовалюта как имущество — анализ текущего правового статуса // Вестник экономического правосудия РФ. 2018. № 9. С. 91– 135.
9. ООО «И ВЭ ГРУПП» Как блокчейн технологии влияют на финансовую отрасль [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://companies.rbc.ru/news/n2t0LeQLTQ/kak-blokchejn-tehnologii-vliayut-na-finansovuyu-otrasl/?ysclid=lujbk4rym1633754521>
10. Журнал VK Cloud Блокчейн для банков: отложенная революция или переоцененная технология [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cloud.vk.com/blog/blokcheyn-dlya-bankov-otlozhennaya-revolyuitsiya-ili-переоцененная-tehnologiya?ysclid=lujbk17nls87581903>
11. Крылов Григорий Олегович, Токолов Александр Владимирович Влияние блокчейн на мировую экономику // Вестник экономической безопасности. 2020. №1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-blokcheyn-na-mirovuyu-ekonomiku>.
12. Блог ЯПрактикума Связанные одной цепью: как блокчейн защищает данные [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://practicum.yandex.ru/blog/chto-takoe-blokchain-i-kak-eto-rabotaet/>
13. Skillbox Media. Что такое блокчейн и как он работает [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://skillbox.ru/media/code/chto-takoe-blokcheyn-i-kak-on-rabotaet/>
14. VC.RU ЯМПОЛЬСКИЙ Типы консенсус-механизмов блокчейна [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vc.ru/crypto/509865-tipy-konsensus-mehanizmov-blokcheina>

УДК 004

## РАЗРАБОТКА IP ТЕЛЕФОНИИ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СЕЛЕКТОРНЫХ СОВЕЩАНИЙ

Олин Р. А., Шебаршов В. А.

Самарский государственный университет путей сообщения

**Аннотация:** статья рассматривает современные тенденции в области IP телефонии и коммуникаций в рамках селекторных совещаний, включая интеграцию сетей 5G и голосовых ассистентов. Также освещается возможность применения технологий виртуальной реальности (VR) и голографии с перспективой использования искусственного интеллекта для оптимизации корпоративных коммуникаций. Затрагиваются вопросы применения метавселенных и их влияние на рабочее пространство и новые подходы взаимодействия при решении различных задач.

**Ключевые слова:** IP телефония, селекторные совещания, корпоративные коммуникации, метавселенные

## DEVELOPMENT OF IP TELEPHONY FOR THE ORGANIZATION OF CONFERENCE CALLS

Olin R.A., Shebarshov V.A.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** the article examines current trends in IP telephony and communications within the framework of selector meetings, including the integration of 5G networks and voice assistants. It also highlights the potential

application of virtual reality (VR) and holography technologies with a perspective on using artificial intelligence to optimize corporate communications. Issues related to the use of metaverses and their impact on workspaces, as well as new approaches to interaction in solving various tasks, are also addressed.

**Keywords:** IP telephony, selector meetings, corporate communications, metaverses

В современном информационном обществе, в период становления технологий четвёртой промышленной революции, эффективные средства коммуникации играют одну из важнейших ролей в деятельности успешного бизнеса. Разработка IP телефонии (VoIP) и сопутствующих сервисов для организации селекторных совещаний играет значимую роль в обеспечении эффективного ведения бизнес-процессов и повышения производительности крупных организаций.

Основными трендами развития и разработок в области передачи голоса является использование голосовых ассистентов на базе искусственного интеллекта (ИИ), интеграция интернета вещей (IoT) в область коммуникаций, применение 5G сетей мобильной связи для имплементации виртуальной реальности (VR) и голографических технологий, а также миграция информационных систем в облачные сервисы.

Онлайн-встречи в ближайшие годы изменятся до неузнаваемости, максимально приближаясь к обычным коммуникациям в офлайне. Глобальный характер ведения бизнеса и работа с географически распределёнными участниками команды подчеркивают важность мгновенного и качественного обмена информацией, делая необходимым применение новейших технологических решений. В свете растущей популярности удаленного формата работы и стремительного темпа изменений на рынке, VoIP для селекторных совещаний обеспечивает гибкость, высокую мобильность и оперативность принятия операционных решений.

Умные ассистенты голосовой связи позволяют пользователям взаимодействовать с системой с помощью голосовых команд и обеспечивают обработку вызовов с активацией голосом, транскрипцию речи в текст и другие продвинутое функции для упрощения коммуникации. Алгоритмы искусственного интеллекта, применяемые в видео-конференц-связи (ВКС), помогают реализовать технологию распознавания эмоций (ER – emotional recognition), улавливая поведенческие сигналы собеседника, такие как тон голоса, движение глаз и мимика. Используемое программное обеспечение опирается на компьютерное зрение, распознавание речи, обработку естественных языков и эмоциональный ИИ.

Разработчики MorphCast рассматривают несколько потенциальных сценариев использования технологий распознавания эмоций в ВКС, например, для оценки результативности видеопрезентаций и эмоционального настроения участников во время корпоративных собраний или групповых звонков [1].

Текущие ER-приложения со временем будут совершенствоваться, но в настоящее время основная трудность заключается в зависимости проявления эмоций от культуры, ситуации и индивидуальных особенностей некоторых людей [2].

Во время пандемии COVID-19 популярность ВКС начала расти рекордными темпами с активным применением виртуальной, дополненной и смешанной реальностей, игр и метавселенных. Некоторые небольшие команды с неформальной корпоративной культурой использовали оригинальные способы организации совещаний на базе многопользовательских игр вроде ковбойского шутера Red Dead Redemption [3]. Позже производители игр всерьез заинтересовались организацией виртуальных конференций и встреч. Так, метавселенная Roblox, выпустила анимированное решение для видеозвонков, где пользовательские аватары точно отслеживают и передают выражение лиц вплоть до частоты моргания. [4] Тестируются и другие более строгие и формализованные сценарии массовых встреч в расширенной реальности. Но пока одно из существенных ограничений для VR-функционала ВКС – слишком дорогие устройства. Например, компания Apple представила новую гарнитуру стоимостью около \$3,5 тыс., но со временем подобные технологии будут дешеветь и формировать массовый спрос [5].

По прогнозам международной консалтинговой компании Bain & Company грядёт перемещение видеокommunikаций в виртуальное пространство метавселенных. Двигателем

таких преобразований станут нынешние 10–15-летние подростки, которые с энтузиазмом принимают новейшие XR технологии и привыкают к их использованию в повседневной жизни [6]. В исследовательской и консалтинговой компании Gartner, специализирующейся на рынках информационных технологий ожидают, что до 2030 года 30 % инвестиций в метавселенные будут направлены исключительно на формирование рабочего пространства [7].

Качественный скачок в коммуникациях повлечёт повсеместное проникновение сетей 5G, которые обеспечат пропускную способность для практического и удобного голографического участия в селекторных совещаниях. Один из технологических лидеров оборудования для IP-телефонии, компания Cisco утверждает, что уже сегодня разработана достаточная технологическая база и демонстрирует прототипы заинтересованным заказчикам [8]. Платформа Starline от Google демонстрирует более эффективный, но и более сложный с технической точки зрения вариант – голографические кабины со сверхреалистичными 3D-моделями собеседников. [9]

Кроме разработок в области передачи данных и инновационных подходов в представлении собеседника, ведутся исследования по замене человека на встречах автономным цифровым агентом с продвинутым искусственным интеллектом. Усталость от видеоконференций испытывают не только удаленные сотрудники, но даже в офисе люди вынуждены проводить много часов за аудио и видеозвонками на совещаниях. Ученые из Стэнфордской лаборатории виртуальной реальности называют четыре причины такой усталости: слишком много зрительного контакта, напряжение от необходимости смотреть на себя, ограниченная подвижность перед экраном, высокая когнитивная нагрузка при определении невербальных сигналов собеседника [10]. Почти все эти проблемы решаются с помощью цифровых аватаров, поэтому крупные поставщики ВКС-решений уже обеспечивают такие возможности [11].

Цифровой аватар необязательно воспринимать как замену человека, в перспективе он может выступать в роли ИИ-помощника, участвуя на видеозвонке вместо сотрудника с каким-то заранее определённым докладом или фиксировать для него какую-то информацию, а при необходимости позвать на совещание, если без личного присутствия обойтись не представляется возможным.

Крайне важными вопросами являются обеспечение безопасности передаваемой информации, оптимизация пропускной способности и минимизация задержек на каналах связи. Среди отечественных разработок можно отметить аппаратно-программный комплекс InfoDiode PRO, предоставляющий возможность реализовать двунаправленную схему, в которой один базовый комплект будет отвечать за передачу UDP-трафика из защищённого сегмента наружу, а второй – за получение UDP-трафика из менее доверенного сегмента. В этом случае UDP является транспортным протоколом для коммуникационного трафика. При настройке правил UDP-туннелирования, в случае необходимости, можно ограничить передачу данных определенными сетевыми портами в соответствии с требованиями протокола SIP [12].

Цифровая АТС с современным функционалом видео-конференц-связи может стать универсальной единой платформой предприятия, обеспечивая передовые средства обработки всех видов коммуникаций и предоставляя возможность создания сопутствующих автоматизированных информационных систем любой сложности.

Следует отметить существенный потенциал применения IP-телефонии и развития технологий, расширяющих стандартные возможности для общения в режиме реального времени с реалистичной голограммой коллеги или клиента в натуральную величину, полностью устраняющий барьер любого расстояния. Пользователям обычно интересны реалистичные форматы, и перспективы голографической связи для ВКС действительно огромные. Но чтобы их реализовать, необходимы удобные миниатюрные устройства, которые можно запускать в любом офисе. Когда мы будем заходить в конференц-зал и занимать место для голограммы коллеги, это будет означать, что голографическое будущее ВКС наступило.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The Zoom Conference with Facial Emotion Analysis of the participants, was born in Florence on May 25, 2023  
URL: <https://www.morphcast.com/the-new-video-conference-with-attention-based-emotion-ai-application-born-in-may-2023/>
2. Artificial Intelligence Is Misreading Human Emotion URL:  
<https://www.theatlantic.com/technology/archive/2021/04/artificial-intelligence-misreading-human-emotion/618696/>
3. People are using Red Dead Redemption 2 to hold conference calls. URL:  
<https://www.rockpapershotgun.com/how-to-conference-call-with-red-dead-redemption-2>
4. Roblox is launching avatar-based voice calls with facial motion tracking. URL:  
<https://techcrunch.com/2023/09/08/roblox-connect-avatar-calling/>
5. Apple launches its \$3,499 virtual reality headset: Apple Vision Pro. URL:  
<https://www.nbcnews.com/tech/apple/apple-headset-vision-pro-rcna87694>
6. Young gamers are embracing the metaverse. URL: <https://www.bain.com/about/media-center/press-releases/2022/young-gamers-are-embracing-the-metaverse/>
7. Gartner Top 10 Strategic Predictions for 2023 and Beyond. URL: <https://www.gartner.com/en/articles/gartner-top-10-strategic-predictions-for-2023-and-beyond>
8. Tired of Zoom Meetings? Get Ready for Hologram Meetings. URL:  
<https://www.bloomberg.com/news/newsletters/2022-09-02/tired-of-zoom-meetings-get-ready-for-hologram-meetings>
9. Google's Project Starline booth gave me a holographic meeting experience. URL:  
<https://www.engadget.com/googles-project-starline-booths-gave-me-a-holographic-meeting-experience-205804960.html>
10. Stanford researchers identify four causes for 'Zoom fatigue' and their simple fixes. URL:  
<https://news.stanford.edu/2021/02/23/four-causes-zoom-fatigue-solutions/>
11. Microsoft Teams now lets you transform into a 3D avatar during meetings. URL:  
<https://www.theverge.com/2023/3/27/23657976/microsoft-teams-avatars-feature-public-preview>
12. Комплексного решения для повышения безопасности систем IP-телефонии. URL:  
[https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82:AMT\\_IP\\_Forum](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82:AMT_IP_Forum)

## СЕКЦИЯ 3

### Мехатронные, робототехнические системы и технологии

УДК 691.17  
681.5

#### РОБОТОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕЗИНОВОГО ПОКРЫТИЯ

Лебакин И. В.<sup>1</sup>, Сандлер И. Л.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

<sup>2</sup>Самарский государственный технический университет, Самара

**Аннотация:** в данной работе рассматривается робототехническая система изготовления резинового покрытия, предназначенная для автоматизированного производства резиновых покрытий (изготовление плитки). Система включает в себя специализированное оборудование для нанесения и отверждения резинотехнического материала. Предлагаемая технологическая система позволяет сократить время производства, уменьшить количество брака и повысить безопасность труда. Современное применяемое оборудование в малом и среднем производствах не является автоматизированным. Весь производственный процесс выполняется вручную с применением инструментов и агрегатов, несвязанных в единую технологическую систему. Главным преимуществом предлагаемой технологической системы изготовления резинового покрытия от нынешних является значительное снижение расходов на рабочую силу, что делает процесс более эффективным и экономически целесообразным. Предложенная технологическая схема робототехнической системы изготовления резинового покрытия выполнена в Т-образном расположении узлов формирования резиновой плитки, и включает в себя систему подачи формы, систему подготовки резино-клеевой массы, систему выпекания плитки, системы транспортирования по линии и складирования готовых изделий.

**Ключевые слова:** технологическая схема, робототехническая система, резиновое покрытие, резиновая плитка, разравнивающее устройство, гидравлический пресс, горячее прессование.

#### ROBOTIC RUBBER COATING MANUFACTURING SYSTEM

Lebakin I. V.<sup>1</sup>, Sandler I. L.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Samara State University of Transport, Samara

<sup>2</sup>Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** In this paper, we consider a robotic system for manufacturing rubber coatings designed for automated production of rubber coatings. The system includes specialized equipment for applying and curing rubber materials. The proposed technological system makes it possible to reduce production time, reduce the number of defects and improve labor safety. The modern equipment used in small and medium-sized industries is not automated. The entire production process is carried out manually using tools and aggregates that are not connected to a single technological system. The main advantage of the proposed technological system for manufacturing rubber coatings from the current ones is a significant reduction in labor costs, which makes the process more efficient and economically feasible. The proposed technological scheme of a robotic rubber coating manufacturing system is made in a T-shaped arrangement of rubber tile forming units and includes a mold feeding system, a rubber-adhesive preparation system, a tile baking system, a transportation system along the line and storage of finished products.

**Keywords:** technological scheme, robotic system, rubber coating, rubber tile, leveling device, hydraulic press, hot pressing.

Резиновое покрытие является востребованным материалом [1] для использования в различных сферах, например, такие как платформы пассажирских железнодорожных станций, спортивные и детские площадки (см. рисунок 1А – Г) [2]. Использование



резинового покрытия обладает преимуществами, такими как прочность, эластичность, противоскользящие свойства, поэтому применение такого вида покрытия широко распространено. Однако, производство плитки во многом не исключают человеческий фактор, поэтому разработка системы для производства резиновой плитки актуальна на сегодняшний день [3, 4].

Применение робототехнических систем в процессе изготовления резиновой плитки позволяет автоматизировать и улучшить производственные процессы. Роботизированные системы обладают высокой точностью и скоростью операций, что позволяет повысить производительность и качество. Также они способны выполнять монотонные и тяжелые физические операции, что снижает риск возникновения ошибок и травмирования рабочего персонала.

Кроме того, использование робототехнических систем позволяет сократить затраты на рабочую силу, так как полностью или частично заменяет ручной труд работников. Роботы могут работать в непрерывном режиме, что повышает эффективность производства и сокращает время производственного цикла.

В данной работе предложена технологическая схема производства резинового покрытия, представленная на рисунках 2 и 3, которая также не исключает человеческий фактор, но минимизирует труд рабочего персонала до обслуживания узлов и слежения за работой производственной линии.



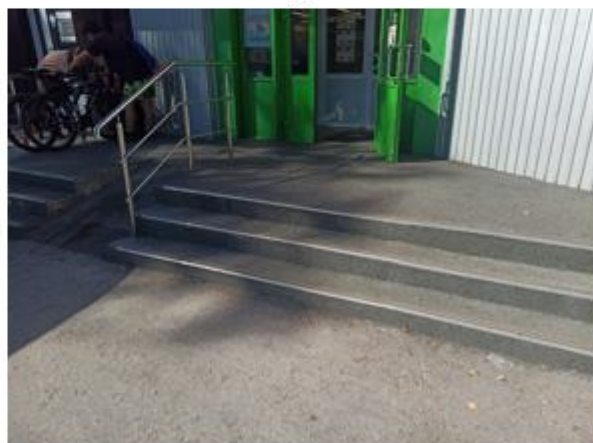
А



Б



В



Г

Рисунок 1 – Сферы применения резиנותехнического покрытия: «А» – детская площадка; «Б» – платформа пассажирских железнодорожных станций; «В» – зона бассейна; «Г» – входная зона в магазин

Робототехнический комплекс представляет собой совокупность участков, соединённых роликовыми конвейерными системами (рольгангом). Технологическая линия состоит из следующих участков:

- участок 1 – Постановки и обработки формы;
- участок 2 – Замешивания смеси и выгрузки;

- участок 3 – Прессования и выпекания смеси;
- участок 4 – Складирования готовых изделий.

Производство готовой плитки осуществляется в четыре этапа:

◀ **Этап №1** – Установка формы и обработка рабочей зоны поверхности.

Оборудование: магазин с формами, форсунки.

На этапе №1 форма из магазина устанавливается на роликовый конвейер и проходит обработку поверхности формы. Впрыск осуществляется форсунками, для предотвращения, в будущем, склеивания формы с резино-клеевой массой. Форма поступает на 2 этап.

◀ **Этап №2** – Подготовка и начальный этап формовки резино-клеевой массы;

Оборудование: перемешивающее устройство, дозатор, разравнивающее устройство.

На этапе №2 осуществляется перемешивание смеси, в устройстве представляющее собой бак (резервуар) с миксером. Готовая смесь поступает дозами через дозирующее устройство вязких материалов в форму. Начальный этап формовки осуществляется разравнивающим устройством. Форма поступает на 3 этап.

◀ **Этап №3** – Формирование заготовки из резино-клеевой массы и отправка в магазин с изделиями;

Оборудование: гидравлический горячий пресс, форсунки, толкатель, магазин изделий.

На этапе №3 происходит обработка рабочей поверхности пресса для лучшего отделения пресса от плитки. Следующим действием гидроцилиндр пресса отпускается и начинает проводить термообработку смеси путём нагрева. После термообработки пресс поднимается и толкатель сталкивает готовую плитку на конвейер с магазином для изделий

◀ **Этап №4** – выгрузка сформированной плитки на этап остывания изделия с технологической линии.

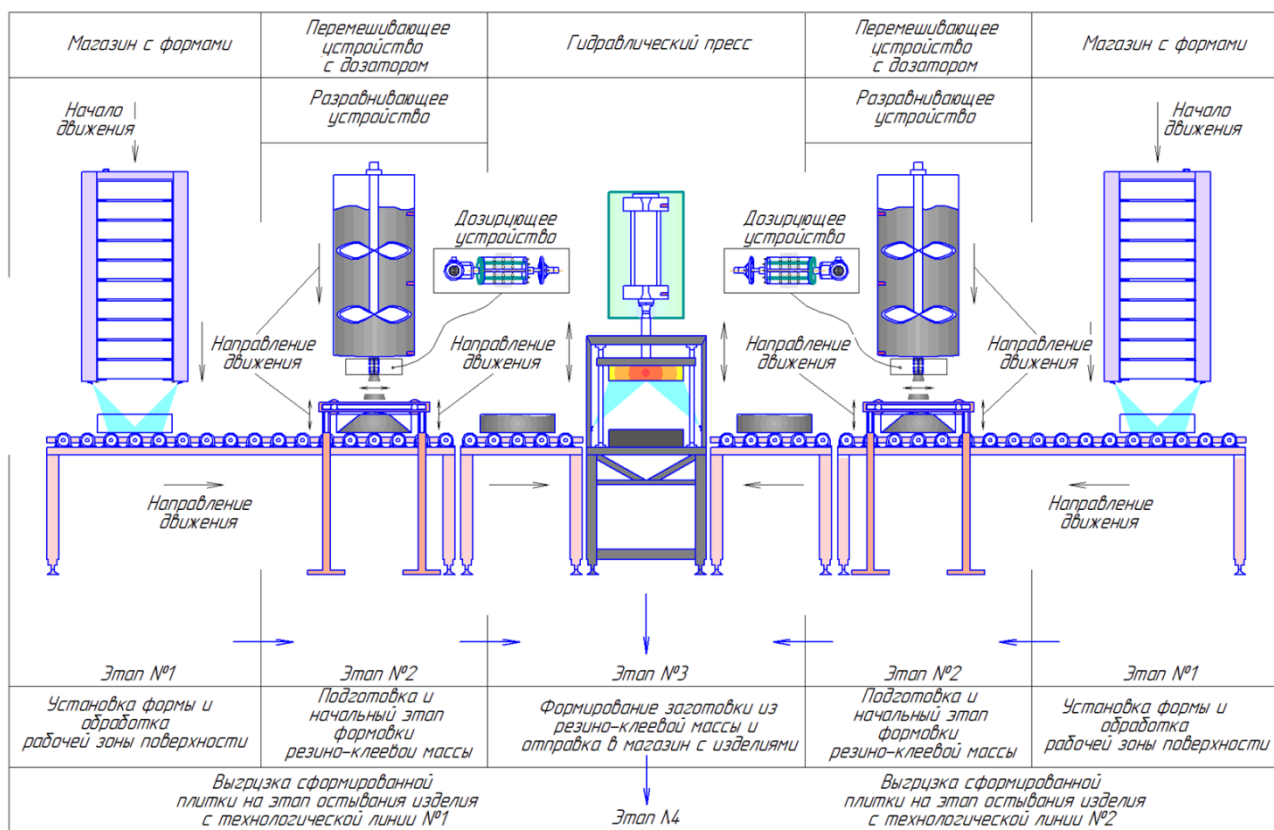


Рисунок 2 –Технологическая схема робототехнической системы изготовления резинового покрытия: вид сбоку

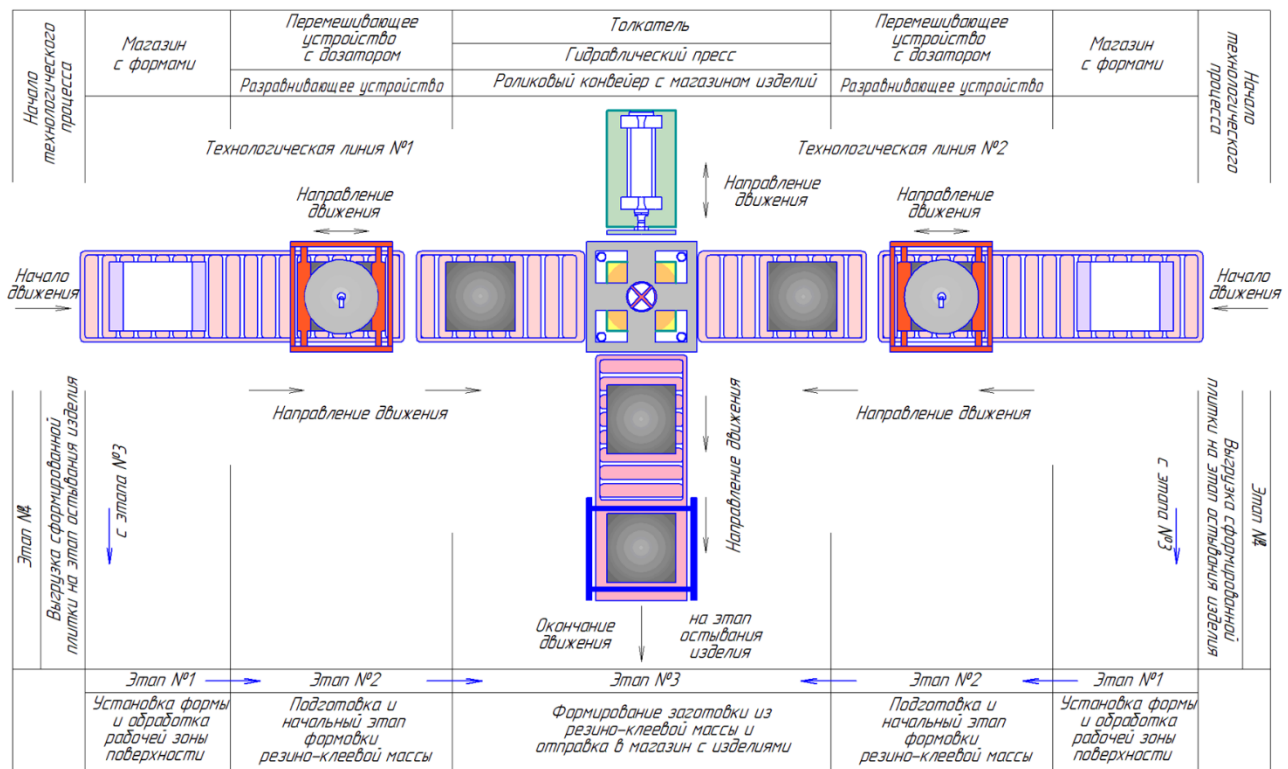


Рисунок 3 –Технологическая схема робототехнической системы изготовления резинового покрытия: вид сверху

Таким образом, предложенная технологическая схема для изготовления резинового покрытия позволит повысить производительность, качество и эффективность процесса производства, а вследствие, позволит удовлетворить растущий спрос на данную продукцию и улучшить конкурентоспособность предприятий.

Дальнейшим направлением работы является разработка и проектирование отдельных узлов предложенной технологической схемы изготовления резинового покрытия, планируется проведение моделирования тестирования и оптимизации каждого этапа процесса, а также разработка соответствующих систем управлений гидроприводом, пневмоприводом и электроприводом устройств, при помощи пакетов прикладных программ Fluidsim [5 – 7] и Matlab [8]. Для обеспечения правильного функционирования и стабильной работы системы автоматизации, в качестве контролирующих элементов, будут применяться современное техническое оборудование, а также программное управление [9].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТИПОВАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА (ТТК) // ELITPLIT | Резиновая плитка и бордюры для детских и спортивных площадок URL: <https://www.elitplit.ru/tipovaya-technologicheskaya-karta-ttk/> (дата обращения: 22.02.2024).
2. Мучкаева Г.М., Бадмаев Б.Н., Кикеев Н.М., Кирилаев В.В., Нахаев М.Б. ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗИНОВОГО ПОКРЫТИЯ // Теория и практика современной науки. 2017. №3 (21). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-ispolzovaniya-rezinovogo-pokrytiya> (дата обращения: 13.03.2024).
3. Синкин, В. А. Технология производства резиновой плитки на основе крошки в условиях алтаиского края / В. А. Синкин // Наука и молодежь : Материалы XIX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Барнаул, 18–22 апреля 2022 года. Том 1. Часть 1. – Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2022. – С. 121-124. – EDN XCSOJK.
4. Новицкая, Е. И. Конструктивно-технологические решения устройства покрытия открытых детских площадок / Е. И. Новицкая, А. В. Крупенченко // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2022. – № 6(158). – С. 22-29. – EDN TRGQAO.
5. Антонова, В. В. Моделирование пневматической принципиальной схемы сверлильного полуавтомата методом разбиения на группы / В. В. Антонова, И. Л. Сандлер // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : Материалы V Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 января 2023 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 133-137. – EDN HRTIRO.

6. Брагина И. Н., Лебакин И. В., Разливанов В. С., Козлов Е. В. Имитационная модель гидравлической системы управления с параллельным подключением дросселя и редукционного клапана // Наука и образование транспорту. – 2022. – № 2. – С. 64-67. – EDN ILUWOU.

7. M. Orošnjak, M. Jocanović, V. Karanović, "Simulation and modeling a hydraulic system in FluidSIM", XVII International Scientific Conference on Industrial Systems (IS'17), Novi Sad, Serbia, October 4. – 6. 2017, 4 pages.

8. Моделирование информационно-измерительной системы гидравлического привода промышленного робота модели "УНИВЕРСАЛ 15" / Е. А. Полтева, Д. В. Иванов, И. Л. Сандлер, В. В. Антонова // Вестник СамГУПС. – 2020. – № 2(48). – С. 74-82. – EDN CEPKKV.

9. Лебакин, И. В. Разработка программного управления установкой для двухкомпонентной жидкости на языке ladder diagram / И. В. Лебакин, А. А. Рудаков, И. Л. Сандлер // Дни студенческой науки : Сборник материалов 50-й научной конференции обучающихся СамГУПС, посвященной 50-летию СамГУПС, Самара, 04–28 апреля 2023 года. Том 1. Выпуск 24. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 206-208. – EDN IFFBWF.

УДК 629

## ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ДИАГНОСТИКИ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Фатеев В. А., Денисова А. А.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация.** В данной работе рассматривается важность диагностики тяговых электродвигателей для обеспечения безопасной и эффективной работы железнодорожного состава. Основной акцент делается на значимости своевременной диагностики параметров электродвигателей, что позволяет предотвратить неисправности и продлить их срок службы. Для решения проблем, связанных с диагностикой технического состояния электродвигателей, предлагается создание имитационной модели, имитирующей процесс диагностики. Представлены требования к такой модели и её основные задачи.

**Ключевые слова:** тяговые электродвигатели, диагностика, имитационная модель, прогнозирование состояния тягового электродвигателя.

## SIMULATION MODEL OF THE DIAGNOSTIC PROCESS OF TRACTION MOTORS

Fateev V. A., Denisova A. A.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract.** This paper examines the importance of diagnostics of traction electric motors to ensure safe and efficient operation of a railway train. The main emphasis is on the importance of timely diagnostics of electric motor parameters, which allows to prevent malfunctions and extend their service life. To solve problems related to the diagnosis of the technical condition of electric motors, it is proposed to create a simulation model simulating the diagnostic process. The requirements for such a model and its main tasks are presented.

**Keywords:** traction motors, diagnostics, simulation model, predicting the condition of a traction motor.

Эксплуатация подвижного состава железных дорог нашей страны должна обеспечивать высокую надежность. На надежность эксплуатации влияет целый ряд факторов, в том числе и устойчивая, безаварийная работа тяговых электродвигателей электровозов. Своевременное проведение различных видов технического обслуживания и ремонта позволяет обеспечить выполнение электродвигателем своих функций в течение всего срока эксплуатации.

Качественному проведению технического обслуживания в значительной мере помогает своевременное диагностирование параметров тягового электродвигателя. Диагностика позволяет объективно оценить текущее состояние контролируемого двигателя и сделать соответствующие выводы о продлении его эксплуатации или о необходимости проведения

ремонтных мероприятий. Это позволяет снизить затраты на обслуживание тяговых электродвигателей и продлить сроки между ремонтами.

Над решением проблем, связанных с диагностикой технического состояния электродвигателей, ведется постоянная работа, в том числе на базе СамГУПС. В частности, диагностированию тяговых электродвигателей грузовых электровозов по магнитным параметрам, посвящена диссертация [1].

В настоящее время, распространенными способами диагностики электродвигателей, являются способы, основанные на контроле вибрации и электромагнитного поля в процессе работы двигателя. Кроме того, для диагностики используются внешний осмотр, в том числе с применением тепловизора (позволяет выявить перегрев подшипников), замер производимых в процессе эксплуатации двигателя шумов и другие способы. Как правило, все эти способы требуют присутствия во время проведения замеров человека, то есть, выполняются во время проведения технического обслуживания [2].

Исключением могут служить способы контроля параметров, основанные на замерах вибрации и электромагнитного поля. Так как замеры производятся датчиками, которые можно закрепить на корпусе электродвигателя, то можно осуществлять постоянный мониторинг параметров. Это позволяет не только определить состояние двигателя, но и предотвратить аварийную ситуацию [2].

Проблема заключается в том, что точность показаний зависит от надежности крепления датчиков и их количества. Стоимость таких измерительных комплексов достаточно высока. Контроль электромагнитных параметров позволяет получить больше информации по сравнению с вибродатчиками. Современные методы и средства обработки сигналов позволяют оперировать необходимой информацией в реальном масштабе времени, следовательно, целесообразно контролировать электрические параметры двигателя (потребляемый ток и напряжение питания), так как они полностью отражают состояние электромагнитного поля. Это позволит снизить количество датчиков, что в свою очередь приведет к удешевлению всей системы.

Для проверки эффективности различных алгоритмов диагностики предполагается создание имитационной модели, имитирующей процесс диагностики. Такая модель даст возможность генерировать входные сигналы (потребляемый ток и напряжение питания) с изменяемыми параметрами.

Требования, предъявляемые к модели:

- Модель должна обеспечивать возможность изменения различных параметров входных сигналов.
- Модель должна обеспечивать генерацию входных сигналов на регулируемом временном интервале.
- Модель должна обеспечивать изменение параметров входных сигналов на временном интервале по заданному закону.

Изменяя параметры сигналов, можно моделировать различные состояния электродвигателя и различные дефекты. В процессе эксплуатации тягового электродвигателя могут возникнуть следующие аварийные ситуации [3]:

- увеличение нагрузки на вал двигателя. Причиной может стать заклинивание привода или приводных механизмов;
- перекос напряжения питания. Проблема может быть как в сети питания, так и в самом приводе;
- ухудшение работы системы обдува (охлаждения). Проблема может быть как в самом двигателе, так и в изменении температуры окружающей среды.

Все неисправности электродвигателя можно классифицировать по двум группам [3], электрические и механические. К электрическим неисправностям относятся:

- Межвитковое замыкание.
- Замыкание между обмотками.
- Замыкание обмотки на корпус.

- Обрыв обмотки.

К механическим неисправностям относятся:

- Износ подшипников и трение в них.
- Проворачивание ротора на валу.
- Зацепление ротора за статор.
- Повреждение корпуса двигателя.
- Проворачивание или повреждение крыльчатки обдува (влияет на температурный режим работы).

Неисправности обеих групп оказывают влияние на пульсации тока питания, которые напрямую связаны с неравномерностью магнитного поля. В качестве параметров (характеристик) пульсаций тока модель будет использовать такие параметры как:

- Амплитуда пульсаций.
- Частота пульсаций.
- Форма сигнала.
- Синхронность с оборотами двигателя.

Кроме того, неравномерность магнитного поля может влиять на энергопотребление и производительность электродвигателя. Пульсации тока могут вызывать дополнительные потери мощности.

Предлагаемая модель должна выполнять следующие функции:

- Генерация входного сигнала заданной формы, с заданной амплитудой и частотой.
- Изменение амплитуды и частоты сигнала на заданном интервале времени.
- Сохранение полученных результатов в текстовом файле.

Хранение данных в виде текстового файла позволяет использовать их для многократного использования с различными алгоритмами распознавания того или иного дефекта. Кроме того, эти данные представляют собой статистический материал, который можно использовать для прогнозирования дальнейшего состояния тягового электродвигателя.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что модель будет гарантировать обеспечение изменения амплитуды и частоты пульсации сигнала, изменения формы сигнала.

Так, при появлении неравномерных, непостоянных пульсаций с переменной амплитудой и частотой, выходят из строя подшипники. Амплитуда пульсаций будет расти с увеличением температуры и периодическими всплесками при повышенном энергопотреблении (например, при перегреве обмоток).

Если в сети питания присутствуют помехи, то форма сигнала представляет собой хаотические высокочастотные пульсации, которые могут так же возникать при неравномерности нагрузки.

Для имитации широкого спектра неисправности электродвигателя можно использовать данную модель, т.к. она синтезирует сигнал любой формы.

Если ухудшаются параметры воспроизведения сигнала на временном интервале, потребуется блок для внесения изменений в распространяемый сигнал, в соответствии с временной меткой. Изменения сигнала по скорости также можно отрегулировать.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электронная библиотека диссертаций. [Электронный ресурс] URL: <https://www.dissercat.com/content/diagnostirovanie-tyagovykh-elektrodvigateli-gruzovykh-elektrovozov-parametram-magnitnogo> (Дата обращения 18.03.2024)
2. Диагностика промышленных электродвигателей и генераторов по спектру потребляемого тока и предотвращение аварий. [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/companies/croc/articles/343000/> (Дата обращения 18.03.2024)
3. Девять основных неисправностей электродвигателя. [Электронный ресурс] URL: <https://tehprivod.su/poleznaya-informatsiya/osnovnye-neispravnosti-elektrodvigatelya.html> (Дата обращения 18.03.2024)

УДК 645.461  
691.17  
681.5

## РАЗРАБОТКА 3D-МОДЕЛИ КОНСТРУКЦИИ РАЗРАВНИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕЗИНОВОЙ ПЛИТКИ

Лебакин И. В.<sup>1</sup>, Сандлер И. Л.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

<sup>2</sup>Самарский государственный технический университет, Самара

**Аннотация:** современное оборудование производства резинового покрытия не удовлетворяет требованиям передовых технологий автоматизации, безопасности персонала и качеству продукции. Весь процесс производства осуществляется ручным трудом. В связи с этим существует необходимость в проектировании и разработке технологического оборудования изготовления резинового покрытия. В данной работе представлена разработка конструкции разравнивающего устройства технологического процесса изготовления резиновой плитки на базе САПР SOLIDWORKS. Данное устройство применяется на этапе подготовки и начального этапа формовки резино-клеевой массы. При проектировании были получены 3D модели составных частей конструкции. Предлагаемая конструкция разравнивающего устройства может быть использована как в составе производственной технологической линии, так и без нее. Разработанный комплекс будет полезен на различных производственных предприятиях по производству резиновой плитки и резиновых изделий.

**Ключевые слова:** 3D модель, разравнивающее устройство, SOLIDWORKS, резиновая плитка, резиновая шубка, игольчатая шубка, вал, зубчатое колесо, столешница, пневмоцилиндр, реечная передача.

## DEVELOPMENT OF A 3D MODEL OF THE DESIGN OF A LEVELING DEVICE FOR THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF MANUFACTURING RUBBER TILES

Lebakin I. V.<sup>1</sup>, Sandler I. L.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Samara State University of Transport, Samara

<sup>2</sup>Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** modern rubber coating production equipment does not meet the requirements of advanced automation technologies, personnel safety and product quality. The entire production process is carried out by manual labor. In this regard, there is a need for the design and development of technological equipment for the manufacture of rubber coating. This paper presents the development of the design of the leveling device of the technological process of manufacturing rubber tiles based on CAD SOLIDWORKS. This device is used at the stage of preparation and the initial stage of forming the rubber-adhesive mass. During the design, 3D models of the components of the structure were obtained. The proposed design of the leveling device can be used both as part of a production process line and without it. The developed complex will be useful at various manufacturing plants for the production of rubber tiles and rubber products.

**Keywords:** 3D model, leveling device, Solidworks, rubber tile, rubber coat, needle coat, shaft, gear wheel, table top, pneumatic cylinder, rack and pinion.

Резиновая плитка используется в различных сферах деятельности человека. Она обеспечивает хорошее сцепление и амортизацию, что делает ее идеальным выбором для детских площадок, спортивных площадок и других мест, где важно предотвращение травм [1 – 3]. Развитие оборудования для производства резиновой плитки остается актуальным на сегодняшний день. Современные технологии и инновации в области производства резиновых плиток позволяют улучшить качество продукции, повысить эффективность производства и расширить ассортимент предлагаемых продуктов.

Разравнивающее устройство в технологическом процессе изготовления резиновой плитки используется для обеспечения выравнивания и сглаживания сырой резиновой смеси. Главной задачей роботизированной системы является создание однородного распределения

материала по всей поверхности формы, чтобы избежать дефектов на поверхности готового изделия. Наиболее близким техническим решением является станция для автоматического выравнивания строительных смесей [4], однако, данная разработка предназначена для нанесения строительной смеси и быстроты укладки напольной плитки при отделочных работах. Разработка включает раму, установленную на колесную базу, и двигательный механизм, которые образуют общую конструкцию.

Для разработки конструкции разравнивающего устройства для изготовления резинового покрытия использовался программный комплекс САПР автоматизации работ конструкторской и технологической подготовки SolidWorks. Общая схема конструкции, представленная на рисунке 1, состоит из следующих основных элементов: 1 – ролик; 2 – зубчатое колесо; 3 – рейка; М – двигатель. Все основные элементы разравнивающего устройства расположены на столешнице и осуществляют продольное перемещение, кинематическая схема изображена на рисунке 2А.

На кинематической схеме продольного перемещения показаны следующие элементы:

- 1 – 2 двигатель;
- 3 – 4 глухое соединение валов;
- 5 рейка;
- 6 – 7 зубчатое колесо;
- I – IV вал.

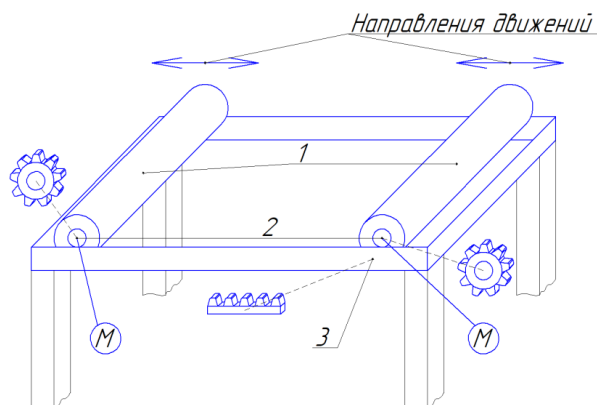


Рисунок 1 – Общая схема конструкции разравнивающего устройства

Для обеспечения производства плитки различной толщины предусмотрены пневмоцилиндры, осуществляющие поперечное перемещение. На кинематической схеме поперечного перемещения, представленной на рисунке 2Б, показаны следующие элементы:

- 1 – основание платформы робототехнической системы;
- 2 – шток цилиндра;
- 3 – основание робототехнической системы.

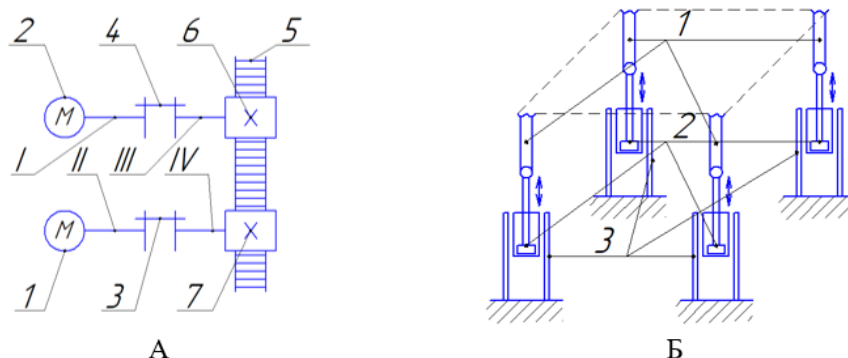


Рисунок 2 – Кинематические схемы перемещений: «А» – продольного; «Б» – поперечного



Размер формы составляет 500 мм × 500 мм. Толщина готового изделия способна варьироваться от высоты расположения столешницы и может составлять от 15 см до 45 см. Разравнивающее устройство в сборке имеет следующие габариты: длина – 872 мм; ширина – 720 мм; высота – 830 мм. Габаритные размеры стола для формы составляют: длина – 1200 мм; ширина – 620 мм; высота – 600 мм.

Общий вид 3D модели разравнивающего устройства изображен на рисунке 3.

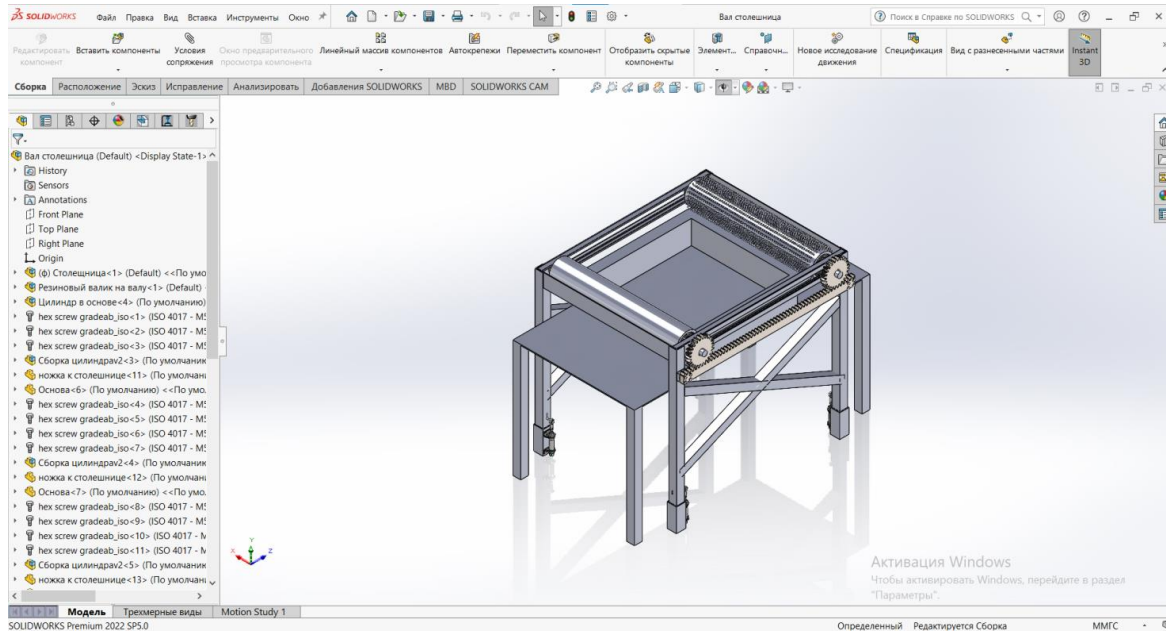


Рисунок 3 – Общий вид 3D модели «Разравнивающего устройства»

3D модель сборочной единицы «Ножка с пневмоцилиндром» представлена на рисунке 4. Выполнена таким образом, что имеется возможность регулирования высоты формовки резинового изделия (плитки). Настройка выполняется при помощи пневмоцилиндров, осуществляющих подъем или спуск ножек. Пневмоцилиндр крепится к основе. Количество сборочных единиц составляет 4 штуки. Высота регулирования составляет 10 мм в количестве трех регулирующих отверстий с шагом 10 мм. Длина хода пневмоцилиндра составляет 10 мм. Перечень механических элементов продольного перемещения представлен в таблице 1.

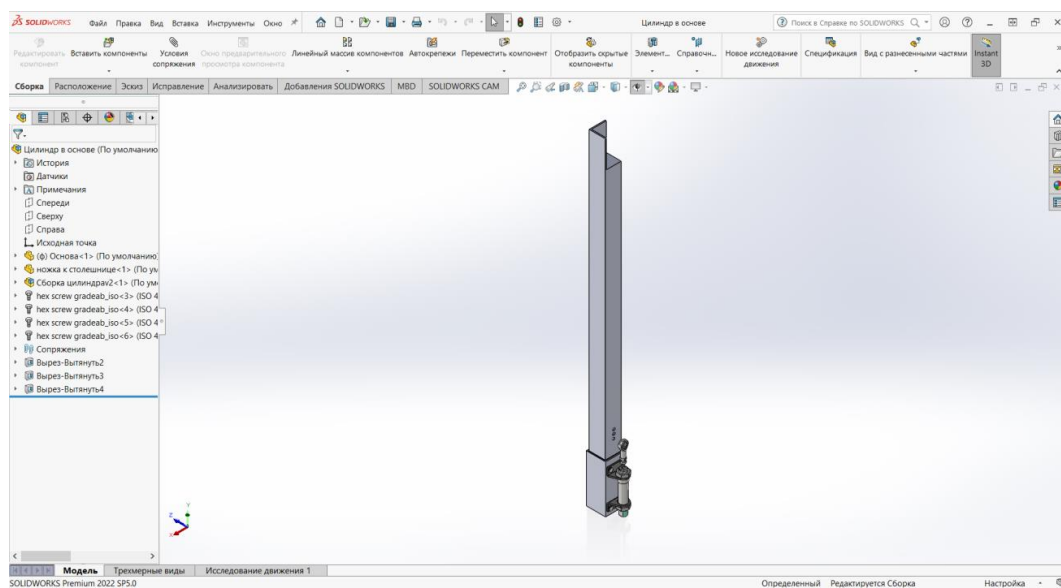
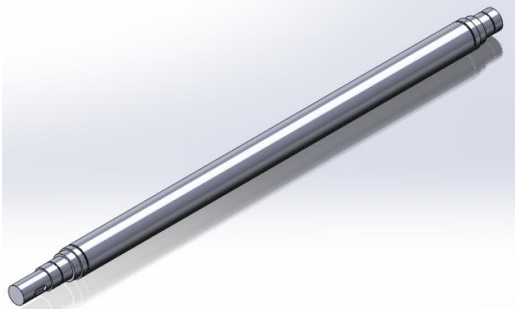
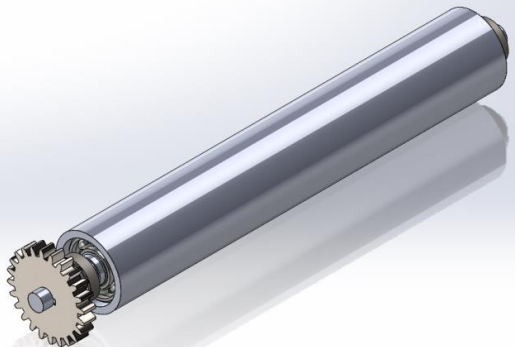
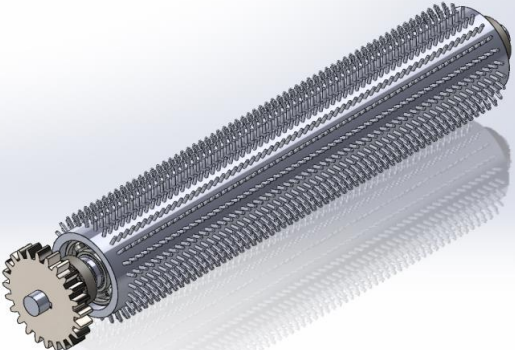
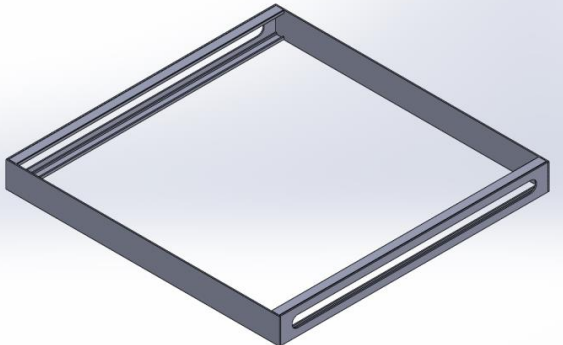
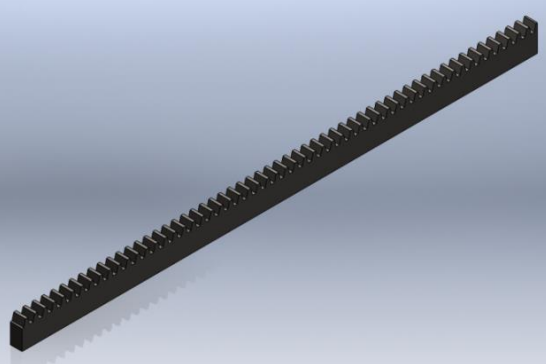


Рисунок 4 – 3D модель сборочной единицы «Ножка с пневмоцилиндром»

Перечень механических элементов продольного перемещения

№ п/п	Внешний вид 3D-модели	Наименование
1		Вал
2		Резиновая шубка на валу с зубчатым колесом
3		Игольчатый валик на валу с зубчатым колесом
4		Столешница
5		Рейка

В результате данной работы спроектированы 3-х мерные модели элементов конструкции предлагаемого разравнивающего устройства. В совокупности данные элементы составляют узел начального этапа формовки резино-клеевой массы.

Дальнейшими этапами работы является исследование модели на прочность, определённых режимов работы, перемещений движущихся деталей, подбор приводных элементов, а также разработка соответствующих управляющих систем с использованием результатов, полученных в работах [5 – 8].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТИПОВАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА (ТТК) // ELITPLIT | Резиновая плитка и бордюры для детских и спортивных площадок URL: <https://www.elitplit.ru/tipovaya-technologicheskaya-karta-ttk/> (дата обращения: 22.02.2024).
2. Мучкаева Г.М., Бадмаев Б.Н., Кикеев Н.М., Кирилаев В.В., Нахаев М.Б. ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗИНОВОГО ПОКРЫТИЯ // Теория и практика современной науки. 2017. №3 (21). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-ispolzovaniya-rezinovogo-pokrytiya> (дата обращения: 13.03.2024).
3. Новицкая, Е. И. Конструктивно-технологические решения устройства покрытия открытых детских площадок / Е. И. Новицкая, А. В. Крупенченко // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2022. – № 6(158). – С. 22-29. – EDN TRGQAO.
4. Патент № 2679171 С2 Российская Федерация, МПК E04F 21/20, E04F 21/24, E04F 21/02. Станция для автоматического выравнивания строительных смесей и укладки напольной плитки, станция для автоматического выравнивания строительных смесей и станция для автоматической укладки напольной плитки : № 2017123301 : заявл. 30.06.2017 : опубл. 06.02.2019 / А. Б. Ермохин. – EDN CCUOAE.
5. 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.
6. Ivanov, D. V. Generalized total least squares for identification of electromagnetic parameters of an induction motor / D. V. Ivanov, I. L. Sandler, N. V. Chertykovtseva // Journal of Physics: Conference Series, Novosibirsk, 12–14 мая 2021 года. – Novosibirsk, 2021. – P. 012093. – DOI 10.1088/1742-6596/2032/1/012093. – EDN UWMVOO.
7. Ivanov D.V., Sandler I.L., Mitroshin D.I., Terekhin M.A., Antonova V.V. IDENTIFICATION OF PARAMETERS OF INDUCTION MOTOR WITH ERROR OF SPEED SENSOR // Journal of Physics: Conference Series. 2022. Т. 2176. № 1. С. 012027.
8. Ivanov D.V., Sandler I.L., Makarov S.I., Kolpashchikov S.A., Burnaevskiy D.K., Bezyazykova L.A. Total Least Squares Based Identification for Permanent Magnet Synchronous Machine // IEEE Proceedings of 5th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), Lipetsk, 08–10 ноября 2023 года. – Lipetsk: Lipetsk State Technical University, 2023. – P. 353-357. – DOI 10.1109/SUMMA60232.2023.10349607. – EDN BPMNHN.

УДК 621.791  
681.5  
621.86.06

### РАЗРАБОТКА 3D-МОДЕЛИ РОБОТИЗИРОВАННОГО МАНИПУЛЯТОРА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРОЧНОЙ СИСТЕМЫ

Разливанов В. С., Козлов Е. В.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** в данной работе рассматривается разработка 3D-модели роботизированного манипулятора автоматической сварочной системы, которая предназначена для робототехнической конвейерной системы автоматизированного производства изготовления сварных конструкций. Предлагаемый роботизированный манипулятор разработан на базе программного пакета SolidWorks. Сборочная модель роботизированного комплекса позволяет визуализировать всю систему в целом, проверять взаимодействие компонентов, проводить анализ работы системы.

**Ключевые слова:** 3D-модель, робототехническая система, сварочный монтаж, сварка, робот манипулятор, координатное перемещение, производственный процесс.

## DEVELOPMENT OF A 3D MODEL OF A ROBOTIC MANIPULATOR OF AN AUTOMATIC WELDING SYSTEM

Razlivanov V. S., Kozlov E. V.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** In this paper, we consider the development of a 3D model of a robotic manipulator of an automatic welding system, which is designed for a robotic conveyor system for automated production of welded structures. The proposed robotic manipulator is developed on the basis of the SolidWorks software package. The assembly model of the robotic complex allows you to visualize the entire system as a whole, check the interaction of components, and analyze the operation of the system.

**Keywords:** 3D model, robotic system, welding installation, welding, robot manipulator, coordinate movement, production process.

Автоматизированная робототехническая сварка применяется для повышения производительности, качества и эффективности сварочных работ. С помощью специальных роботов, оборудованных сварочными агрегатами, при применении специальных технологий на производстве, роботы могут выполнять сварочные операции с высокой точностью и повторяемостью, что обеспечит однородное качество сварных соединений [1].

Развитие технологий в области сварки происходит настолько быстрыми темпами, что постоянно появляются новые методы, материалы и оборудование, которые позволяют улучшить процессы сварки и сделать их более эффективными, точными и безопасными, например, в работе роботизированных сварочных системах [2] решается задача увеличения быстродействия управляющей системы для промышленных роботов. В работах [3-4] рассматривается стенд-тренажер для оценки качества, устройство для программного управления, а также улучшение промышленного робота «IRB 6620» компании ABB.

В данной работе предложена конструктивная схема роботизированного манипулятора, а также ее сборочная модель, применяемая для технологической схемы робототехнической конвейерной сварочной системы, которая осуществляет автоматизированное сваривание деталей с высокой точностью и эффективностью.

Общий вид конструктивной схемы роботизированного манипулятора представлен на рисунке 1. На схеме изображена система координат, в которой определен роботизированный манипулятор. Манипулятор состоит из направляющей основания движения манипулятора, по которой осуществляется движение по оси «X». Робот манипулятор, состоит из пяти звеньев, которые сочлены между собой и образуют единую конструктивную единицу. Звено 1 осуществляет движение по «X». Звено 2 осуществляет вращение относительно оси «Z» на угол  $\alpha_1$  (рисунок 1). Звено 3 осуществляет вращение относительно осей «X, Y» (зависит от положения манипулятора) на угол  $\alpha_2$  (рисунок 1). Звено 4 осуществляет вращение относительно осей «X, Y» (зависит от положения манипулятора) на угол  $\alpha_3$  (рисунок 1). Звено 5 осуществляет вращение относительно осей «X, Y» (зависит от положения манипулятора) на угол  $\alpha_4$  (рисунок 1).

Исходя из конструктивной схемы, получена кинематическая схема роботизированного манипулятора, представленная на рисунке 2. Кинематическая схема роботизированного манипулятора показывает структуру и распределение звеньев, сочленений и приводов в манипуляторе, а также позволяет оценить его кинематические возможности, такие как скорость перемещения, диапазон движения и точность позиционирования. Для проектирования и анализа предлагаемый роботизированный манипулятор разработан на базе

программного пакета SolidWorks. Сборочная модель роботизированного комплекса представлена на рисунке 4.

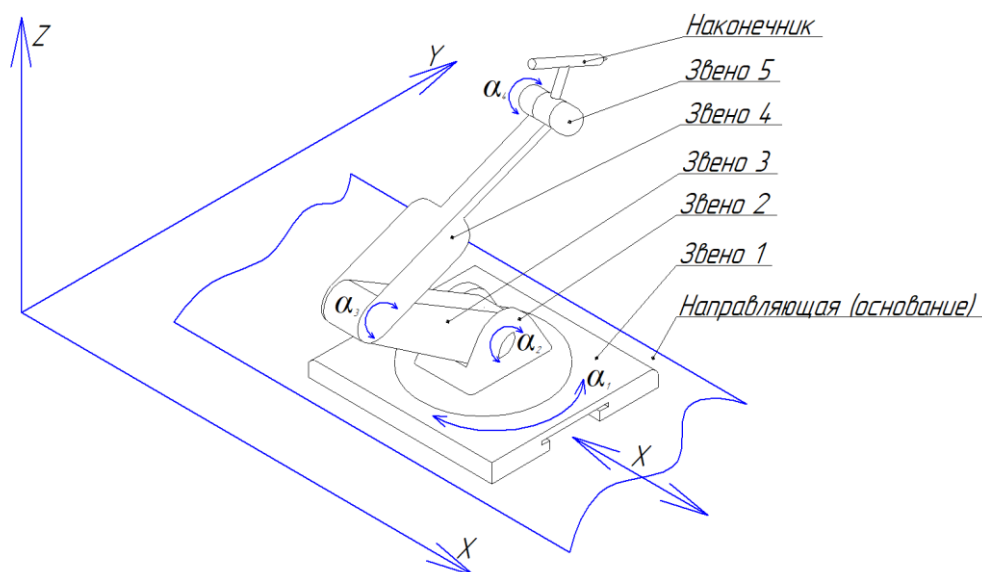


Рисунок 1 – Конструктивная схема роботизированного манипулятора: общий вид

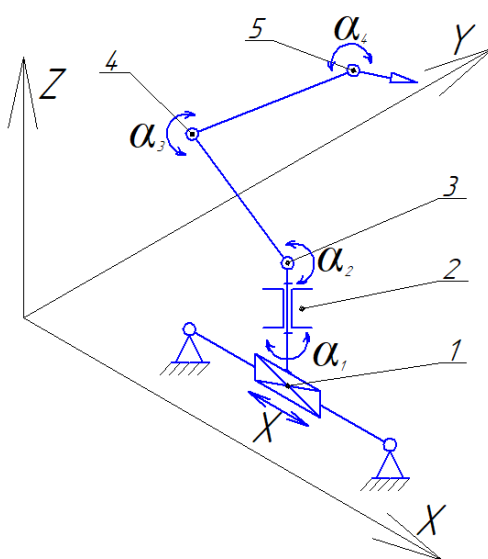


Рисунок 2 – Конструктивная схема роботизированного манипулятора: кинематическая схема

В качестве исполнительного привода, для системы манипулятора, с учетом упругих элементов, предлагается привод постоянного тока. Такой привод обеспечивает высокую точность позиционирования и управления, а также позволяет регулировать скорость и ускорение движения манипулятора. Кроме того, привод постоянного тока обладает хорошей динамикой и способен работать в различных режимах, что делает его универсальным и эффективным для управления манипулятором с учетом упругих элементов. На рисунке 3 представлена кинематическая схема привода звена манипулятора, осуществляющая вращательное движение по оси «Z» на угол  $\alpha_1$  (рисунок 1). На схеме введены следующие обозначения: «1» – мотор; «2» – муфта упругая; «3» – вал червячного редуктора; «4» – колесо червячного редуктора.

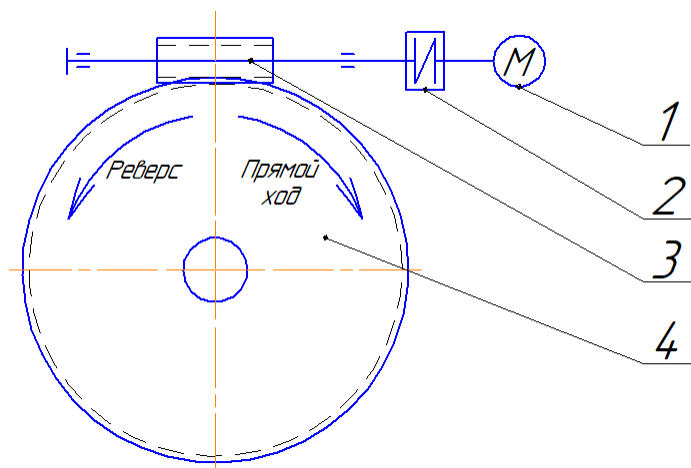


Рисунок 3 – Кинематическая схема звена манипулятора, осуществляющая вращательное движение по оси «Z» на угол  $\alpha_1$  (поворот робота)

Для проектирования и анализа предлагаемый роботизированный манипулятор разработан на базе программного пакета SolidWorks, который является мощным программным обеспечением для 3D-моделирования, инженерного проектирования и создания технической документации. Программный пакет обладает широким набором инструментов и функций, которые делают его одним из лидеров в области CAD/CAM/CAE программ.

Сборочная модель роботизированного комплекса позволяет визуализировать всю систему в целом, проверить взаимодействие компонентов, провести анализ работы системы.

В результате получается детальная и реалистичная модель роботизированного комплекса, которая может быть использована для дальнейшего проектирования, анализа и визуализации. Сборочная модель роботизированного сварочного манипулятора представлена на рисунке 4.

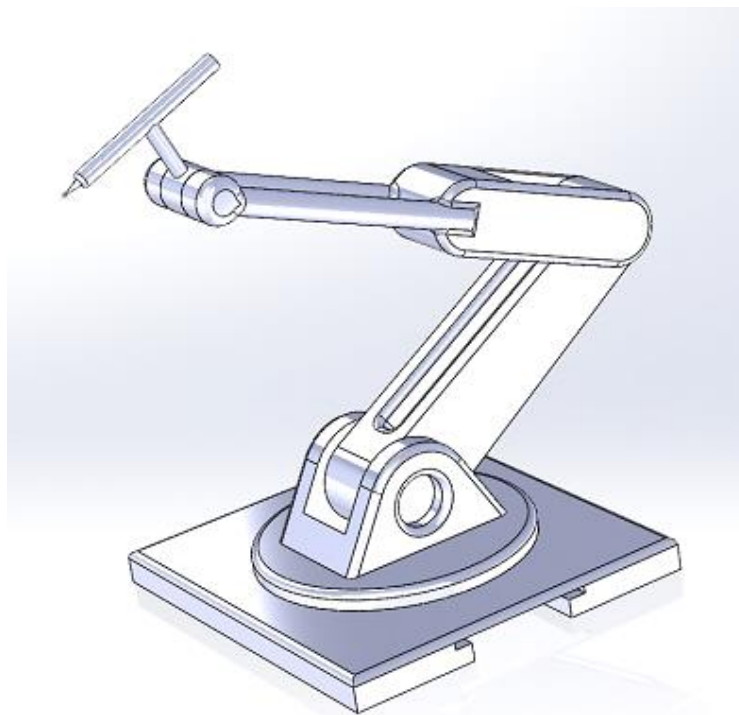
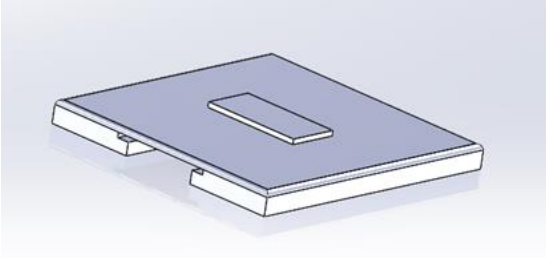
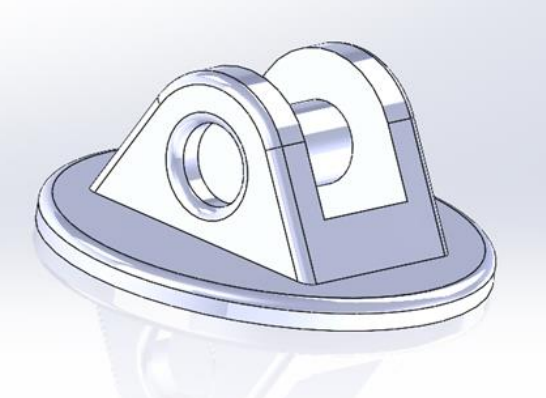
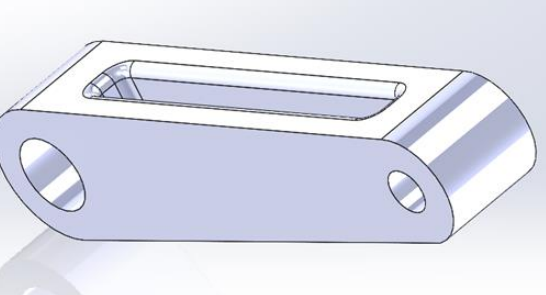
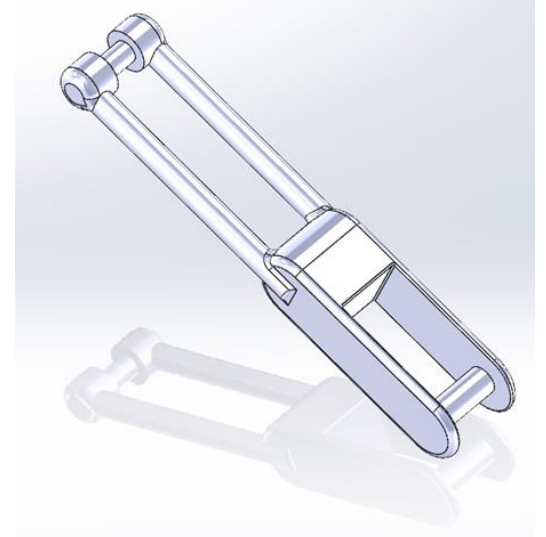
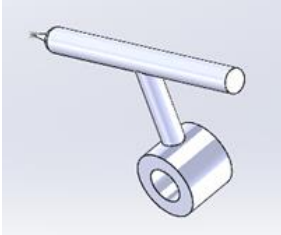


Рисунок 4 – Сборочная модель роботизированного сварочного манипулятора

Перечень механических элементов продольного перемещения

№ п/п	Внешний вид 3D-модели	Описание
1		<p>Звено №1 манипулятора осуществляет движение по оси «X» (см. рисунок 1)</p>
2		<p>Звено №2 манипулятора осуществляет движение в «Z» на угол «<math>\alpha_1</math>» (см. рисунок 1)</p>
3		<p>Звено №3 манипулятора осуществляет движение в плоскостях «ZY» и «ZX» на угол «<math>\alpha_2</math>» (см. рисунок 1)</p>
4		<p>Звено №4 манипулятора осуществляет движение в плоскостях «ZY» и «ZX» на угол «<math>\alpha_3</math>» (см. рисунок 1)</p>
5		<p>Наконечник предназначен для установки сварочного агрегата</p>

Следующим этапом данной работы является разработка приводных систем, обеспечивающих перемещение звеньев манипулятора, с учётом результатов, полученных в работах [7-11] на базе пакетов Fluidsim и Matlab.

Для обеспечения эффективной работы системы автоматизации с применением технологического оборудования [12] можно использовать современные сенсоры, контроллеры, исполнительные устройства и другие компоненты, которые позволят собирать данные, анализировать их и управлять процессами на основе полученной информации.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сварка и диагностика : сборник докладов международного форума, Екатеринбург, 25–27 ноября 2014 года / Министерство образования и науки Российской Федерации; Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина; Уральское отделение Российской академии наук, Институт физики металлов; Правительство Свердловской области; Администрация города Екатеринбурга. – Екатеринбург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2015. – 302 с. – ISBN 978-5-321-02426-6. – EDN TSQKJH.
2. Слепцов, В. В. Увеличение быстродействия информационно- измерительных и управляющих систем промышленных роботов для контактной точечной сварки / В. В. Слепцов, Г. В. Лунина, А. Н. Федотов // Приборы. – 2014. – № 4(166). – С. 35-39. – EDN SCNOGB.
3. Авторское свидетельство № 1291387 А1 СССР, МПК В25J 11/00. Стенд-тренажер для оценки качества задания программ управления промышленным роботом для сварки : № 3936303 : заявл. 30.07.1985 : опубл. 23.02.1987 / А. И. Бондаренко ; заявитель ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОСВАРКИ ИМ.Е.О.ПАТОНА. – EDN VTUANZ.
4. Авторское свидетельство № 617207 А1 СССР, МПК В23К 11/24. Устройство для программного управления промышленным роботом для контактной точечной сварки : № 2457378 : заявл. 01.03.1977 : опубл. 30.07.1978 / Г. И. Сергацкий, В. Т. Антоненко, Г. А. Линкин ; заявитель ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ ИМ. ХХУ СЪЕЗДА КПСС. – EDN AGMVAD.
5. Поезжаева, Е. В. Модернизация промышленного робота ABB "IRB 6620", используемого для точечной сварки / Е. В. Поезжаева, А. А. Ильина, А. В. Шиянова // Инженерные решения. – 2019. – № 1(2). – С. 40-42. – DOI 10.32743/2658-6479.2019.1.2.34. – EDN SYRLWD.
6. Simulation Model of a Pneumatic Drive for Compressing Electrodes of Stationary Contact Spot Welding Machine / I. L. Sandler, D. V. Ivanov, M. A. Terekhin [et al.] // IEEE Proceedings of 5th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), Lipetsk, 08–10 ноября 2023 года. – Lipetsk: Lipetsk State Technical University, 2023. – P. 608-612. – DOI 10.1109/SUMMA60232.2023.10349376. – EDN MXQLLQ.
7. Simulation Model of Hydraulic Feed System with Differential Cylinder / I. L. Sandler, D. V. Ivanov, M. A. Terekhin [et al.] // IEEE Proceedings of 5th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), Lipetsk, 08–10 ноября 2023 года. – Lipetsk: Lipetsk State Technical University, 2023. – P. 603-607. – DOI 10.1109/SUMMA60232.2023.10349658. – EDN WSOQOL.
8. Брагина И. Н., Лебакин И. В., Разливанов В. С., Козлов Е. В. Имитационная модель гидравлической системы управления с параллельным подключением дросселя и редукционного клапана // Наука и образование транспорту. – 2022. – № 2. – С. 64-67. – EDN ILUWOU.
9. M. Orošnjak, M. Jocanović, V. Karanović, "Simulation and modeling a hydraulic system in FluidSIM", XVII International Scientific Conference on Industrial Systems (IS'17), Novi Sad, Serbia, October 4. – 6. 2017, 4 pages.
10. Моделирование информационно-измерительной системы гидравлического привода промышленного робота модели "УНИВЕРСАЛ 15" / Е. А. Полтева, Д. В. Иванов, И. Л. Сандлер, В. В. Антонова // Вестник СамГУПС. – 2020. – № 2(48). – С. 74-82. – EDN CEPKKV.
11. Total Least Squares Based Identification for Permanent Magnet Synchronous Machine / D. V. Ivanov, I. L. Sandler, S. I. Makarov [et al.] // IEEE Proceedings of 5th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), Lipetsk, 08–10 ноября 2023 года. – Lipetsk: Lipetsk State Technical University, 2023. – P. 353-357. – DOI 10.1109/SUMMA60232.2023.10349607. – EDN BPMNHN.
12. Контрольно-измерительные приборы ОВЕН: датчики, контроллеры, регуляторы, измерители, блоки питания и терморегулятор URL: <https://owen.ru/> (дата обращения: 25.02.2024).



УДК 621.86  
681.5

## РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СИСТЕМЫ ВНУТРИЦЕХОВОЙ ЛОГИСТИКИ

Брагина И. Н.<sup>1</sup>, Сандлер И. Л.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

<sup>2</sup>Самарский государственный технический университет, Самара

**Аннотация:** в данной работе рассматривается распределительный робототехнический комплекс системы внутрицеховой логистики, предназначенный для автоматизированного перемещения различных грузов внутри производственных помещений на необходимое расстояние, обеспечивая непрерывную подачу. Робототехнический комплекс оснащен различными сенсорами и системами управления, позволяющими ему автономно перемещаться по заданной траектории, определять местоположение грузов для безопасного и эффективного перемещения объектов. Комплекс предполагает наличие специализированного оборудования: входные и выходные конвейерно-распределительные устройства, а также трех координатный робот-манипулятор. В работе предлагается технологическая система робототехнического комплекса внутрицеховой логистики, которая позволяет сократить время перемещения грузов, уменьшить количество поврежденных перемещаемых объектов и повысить эффективность логистики. Главным отличием комплекса для системы внутрицеховой логистики от существующих аналогов является применение робота-манипулятора, обеспечивающего сортировку на соответствующие распределительные конвейерные устройства. Это позволяет избежать дополнительных расходов на перегрузку грузов и уменьшить вероятность ошибок в процессе сортировки, тем самым значительно увеличить эффективность и скорость внутрицеховой логистики, уменьшить ручной труд и повысить безопасность процессов перемещения грузов. Кроме того, возможность программирования различных сценариев работы робота позволяет адаптировать его под конкретные потребности производства.

**Ключевые слова:** технологическая схема, робототехнический комплекс, внутрицеховая логистика, распределяющее устройство, робот, манипулятор, конвейерный распределитель.

## DISTRIBUTION ROBOTIC COMPLEX FOR THE IN-HOUSE LOGISTICS SYSTEM

Bragina I. N.<sup>1</sup>, Sandler I. L.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Samara State University of Transport, Samara

<sup>2</sup>Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** In this paper, we consider a distribution robotic complex of an in-shop logistics system designed for automated movement of various goods inside production facilities to the required distance, ensuring continuous supply. The robotic complex is equipped with various sensors and control systems that allow it to move autonomously along a given trajectory, determine the location of goods for safe and efficient movement of objects. The complex assumes the presence of specialized equipment: input and output conveyor and distribution devices, as well as a three-coordinate robot manipulator. The paper proposes a technological system for a robotic complex of in-house logistics, which allows to reduce the time of cargo movement, reduce the amount of damage to objects being moved and increase the efficiency of logistics. The main difference between the complex for the in-store logistics system from existing analogues is the use of a robotic manipulator that provides sorting to the appropriate distribution conveyor devices. This avoids additional costs for cargo transshipment and reduces the likelihood of errors in the sorting process, thereby significantly increasing the efficiency and speed of in-store logistics, reducing manual labor and improving the safety of cargo movement processes. In addition, the ability to program various scenarios of the robot's operation allows it to be adapted to specific production needs.

**Keywords:** technological scheme, robotic complex, in-house logistics, distributing device, robot, manipulator, conveyor distributor.

С времен развития промышленности проблема логистики (быстрого перемещения) разнообразных объектов на расстояние всегда доставляла массу неудобств и значительно снижала продуктивность деятельности человека. Предлагалось и разрабатывалось множество

вариантов решения данной проблемы, но каждый имел определенные особенности, характерные для конкретной области применения.

Сообщение внутрицехового распределения грузов не всегда является автоматизированным, что значительно снижает эффективность логистики, и, как следствие, приводит к затягиванию работы производства в целом. Это может стать причиной снижения потока регулярного сбыта и возможная потеря прибыли для предприятия.

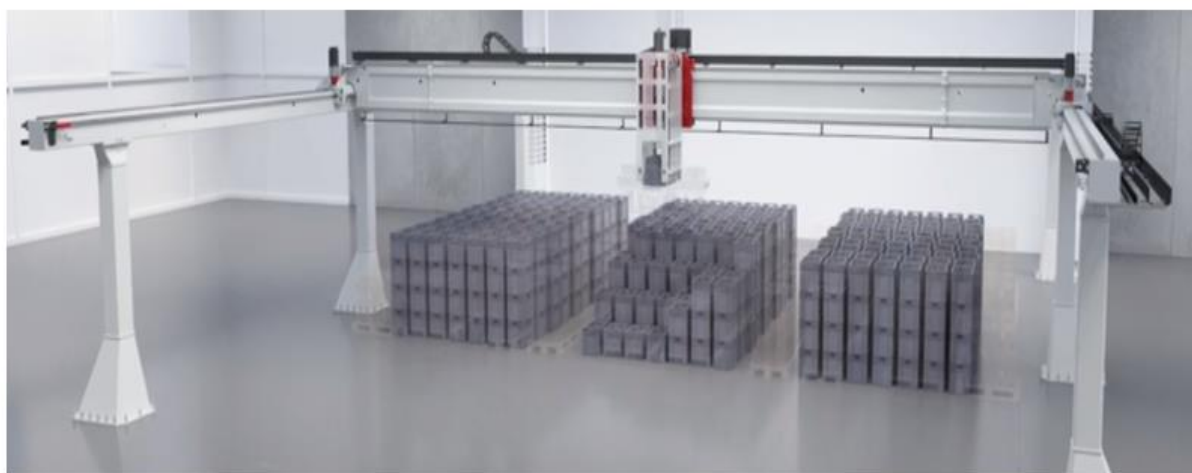
Существующие в настоящее время автоматизированные системы, позволяющие повысить эффективность логистики, преимущественно иностранного производства, например, торговая марка «Runma» – страна производитель Китай (рисунок 1А) [1]; торговая марка «FANUC» – страна производитель Япония (рисунок 1Б) [2]; торговая марка «GUDEL» – страна производитель Швейцария (рисунок 1В) [3]. Применение таких решений неизбежно приводит к значительному повышению расходов на комплектующие, увеличению сложности в ремонте и обслуживании оборудования, росту требований к уровню компетентности персонала, который принимает участие в эксплуатации и обслуживании, а также дополнительным расходам на повышение квалификации сотрудников.



А



Б



В

Рисунок 1 – Автоматизированные существующие в настоящее время автоматизированные системы, осуществляющие перенос грузов из одной точки в другую: «А» «RN1700WS-S3». Торговая марка «Runma». Страна – производитель Китай; «Б» – АС «М-3iА». Торговая марка «FANUC». Страна – производитель Япония; «В» – «3-Axis linear modules FP-1». Торговая марка «GUDEL». Страна – производитель Швейцария

Разработка автоматизированной системы распределительного робототехнического комплекса внутрицеховой логистики, созданного с применением отечественных комплектующих, позволяет решить проблему импортозамещения, тем самым сделав предлагаемый робототехнический комплекс более экономически привлекательным для потенциальных покупателей подобного оборудования по сравнению с иностранными аналогами.

Предлагаемая технологическая схема распределительного робототехнического комплекса системы внутрицеховой логистики, представлена на рисунке 2, которая состоит из следующих основных элементов:

- два сканера штрих-кода;
- трех координатный робот манипулятор декартового типа;
- входные конвейерные системы разного уровня (высоты) в количестве двух позиций (в зависимости от задач – количество может варьироваться);
- три конвейерных модуля с распределительным устройством, организующие шесть выходных направлений перемещения грузов (в зависимости от задач – количество может варьироваться).

Работа системы осуществляется следующим образом.

Система находится в исходном состоянии: манипулятор, конвейеры отключены. При запуске системы происходит включение конвейеров и робота манипулятора. На конвейерную систему разного уровня поступают грузы, оснащенные штрих-кодом, и доходя до заданной точки, распределяются на конвейеры роботом манипулятором. Робот манипулятор, подъезжая, осуществляет захват груза и перемещается на распределительный конвейер (левый, центральный или правый) по направлению к адресуемому цеху. Для точного направления адресации груза в работу включается распределительное устройство, направляющее груз в заданную точку доставки, путем подачи груза на выход с конвейера (первый или второй). Аналогично работа продолжается до отключения системы. После отключения система возвращается в исходное положение.

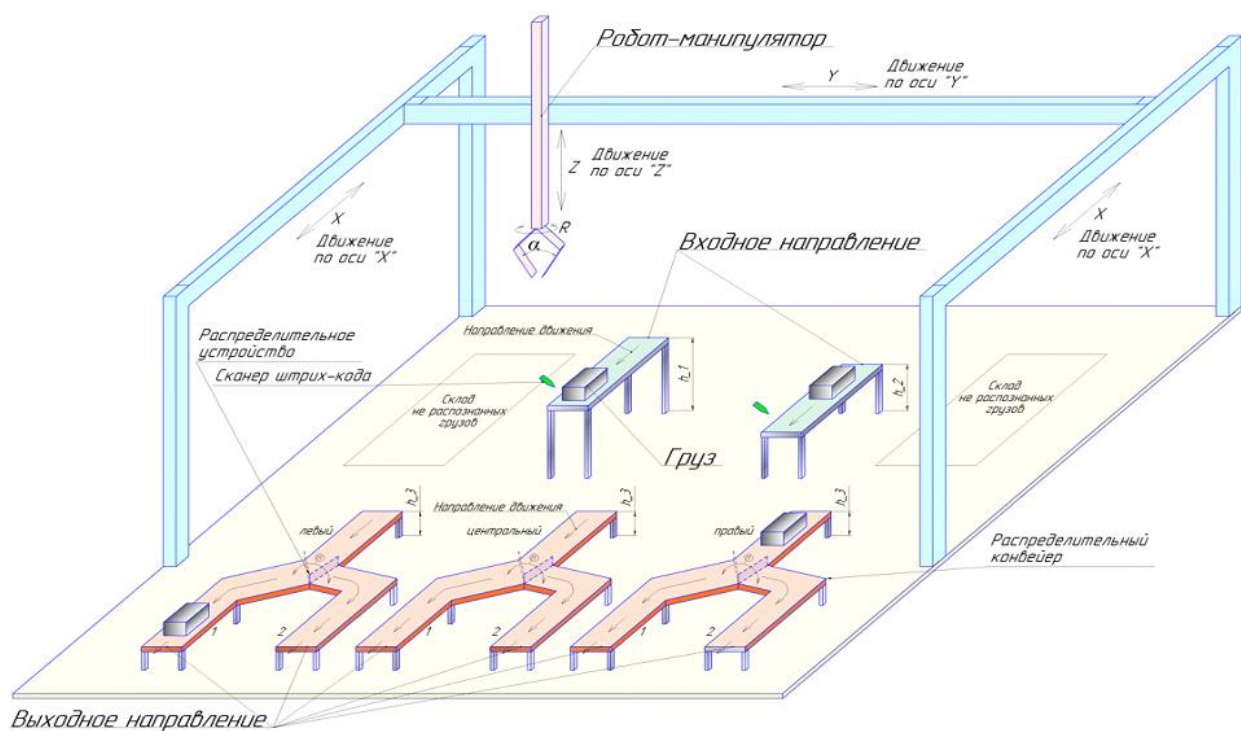


Рисунок 2 – Предлагаемая технологическая схема распределительного робототехнического комплекса системы внутрицеховой логистики

Предлагаемая технологическая схема распределительного робототехнического комплекса системы внутрицеховой логистики предполагает следующие требования:

- площадь цеха должна составлять не менее 100 м<sup>2</sup>;
- площадь робота-манипулятора должна составлять не менее 80 м<sup>2</sup>;
- максимальный вес груза для транспортировки должен составлять от 15 до 40 кг;
- робот-манипулятор должен осуществлять перемещение по оси  $X$  – 6000 мм, по оси  $Y$  до 12000 мм и по оси  $Z$  до 6000 мм;
- габаритные размеры перемещаемого груза 350 мм × 250 мм × 200 мм (Д×Ш×В).
- иметь скорость перемещения объекта до 120 м/мин;
- обладать возможностью наращивания направляющих движения для увеличения рабочей зоны робота;
- иметь возможности перемещения грузов на разно уровневые объекты;
- иметь возможность работы в грязных, влажных, пыльных помещениях.

Дальнейшим направлением работы является разработка и проектирование, моделирование и тестирование трехзвенного робота-манипулятора с вращающимся захватным устройством предложенной технологической схемы, а также разработка соответствующей системы управления синхронным сервоприводом, при помощи пакета прикладных программ Matlab с применением идентификационных алгоритмов управления [4 – 9]. Применение современного технологического оборудования и программного управления позволит обеспечить оптимальную работу распределительного робототехнического комплекса для системы внутрицеховой логистики.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Heavy Load Three Axes Traverse Robot - Runma. URL: <https://www.runmarobot.com/heavy-load-three-axes-traverse-robot.html> (дата обращения: 14.11.2023).
2. Дельта-робот FANUC серии M-3iA. URL: <https://robomatic.ru/robots/fanuc-seriya-m-3ia> (дата обращения: 15.11.2023).
3. 3-Axis FP. URL: <https://www.gudel.com/products/linearaxis/fp> (дата обращения: 16.11.2023).
4. Антонова В. В. Брагина И. Н., Сандлер И. Л. Имитационное моделирование синхронного электродвигателя с постоянными магнитами при прямом питании от сети переменного тока с идентификатором состояния на базе MATLAB // Дни студенческой науки : Сборник материалов 50-й научной конференции обучающихся СамГУПС, посвященной 50-летию СамГУПС, Самара, 04–28 апреля 2023 года. Том 1. Выпуск 24. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 183-186. – EDN ZUHDUR.
5. Ivanov D.V., Sandler I.L., Mitroshin D.I., Terekhin M.A., Antonova V.V. IDENTIFICATION OF PARAMETERS OF INDUCTION MOTOR WITH ERROR OF SPEED SENSOR // Journal of Physics: Conference Series. 2022. Т. 2176. № 1. С. 012027.
6. Сандлер, И. Л. Алгоритм параметрической идентификации дискретных динамических систем с распределенными параметрами при зашумленных входных сигналах / И. Л. Сандлер // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 января 2021 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 82-84. – EDN VPJQUV.
7. Иванов Д.В., Сандлер И.Л., Митрошин Д.И., Кормаков А.А., Антонова В.В. Тестирование алгоритма идентификации многомерных по входу динамических систем, описываемых уравнениями с разностями дробного порядка, с помехой в выходном сигнале // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 января 2021 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 85-88. – EDN EVTTER.
8. Сандлер, И. Л. Рекуррентное моделирование авторегрессии многомерных по входу и выходу разного порядка линейных дискретных динамических систем при наличии автокоррелированных помех в выходных сигналах / И. Л. Сандлер // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2018. – № 1. – С. 26-34. – EDN XPSBLN.
9. Антонова, В. В. Имитационное моделирование переходных процессов кругового интерполятора на базе следящего электропривода с асинхронным двигателем / В. В. Антонова // Дни студенческой науки : Сборник материалов 47-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 14–30 апреля 2020 года. Том Выпуск 21, Том 1. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2020. – С. 185-187. – EDN CQVIOG.

УДК 691.17  
681.5

## РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПОДАЧИ ЗАГОТОВОК В СТАНОК С ЧПУ

Ахов Д. Ю., Иванов Д. В.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** для оптимизации производства при изготовлении различных металлических изделий, предлагается робототехнический комплекс подачи заготовок в станок с числовым программным управлением. Данный комплекс состоит из машины для перемещения – конвейеров, оборудования для подачи – роботоманипуляторов и для обработки металлических заготовок – станки с ЧПУ. Предлагаемый робототехнический комплекс позволяет сократить технологический цикл обработки, повысить общую производительность. Преимуществом робототехнического комплекса являются повышение безопасности труда сотрудников и значительное уменьшение нагрузки рабочего персонала от монотонных и тяжелых условий труда. Так как оборудование является автоматизированным и технологический процесс контролирует оператор, то роль человеческого фактора в производственном процессе снижается. Предложенная технологическая схема робототехнического комплекса для подачи заготовок и изготовления деталей представляет собой связь производственного оборудования, а в частности систему входных и выходных конвейеров, станков с ЧПУ и порталных роботоманипуляторов, что обеспечит быстроту выполнения производственных операций.

**Ключевые слова:** технологическая схема, робототехнический комплекс, станок с ЧПУ, подача заготовок, сокращение времени цикла, робот, порталный робот, манипулятор, двухкоординатный.

## A ROBOTIC COMPLEX FOR FEEDING WORKPIECES INTO A CNC MACHINE

Akhov D. Y., Ivanov D. V.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** to optimize production in the manufacture of various metal products, a robotic complex for feeding blanks into a numerically controlled machine is proposed. This complex consists of a machine for moving – conveyors, feeding equipment – robotic manipulators and for processing metal work pieces - CNC machines. The proposed robotic complex makes it possible to shorten the processing cycle and increase overall productivity. The advantage of the robotic complex is to increase the safety of employees and significantly reduce the workload of the working staff from monotonous and difficult working conditions. Since the equipment is automated and the operator controls the technological process, the role of the human factor in the production process is reduced. The proposed technological scheme of a robotic complex for feeding blanks and manufacturing parts is a connection of production equipment, and in particular a system of input and output conveyors, CNC machines and portal robot manipulators, which will ensure the speed of production operations.

**Keywords:** technological scheme, robotic complex, CNC machine, feeding of workpieces, reduction of cycle time, robot, portal robot, manipulator, two-coordinate

Современные технологии играют важную роль в различных сферах жизни общества. Робототехника является одним из ключевых элементов развития различных областей, а в частности промышленности и автоматизации процессов. Одним из наиболее перспективного направления является применение робототехнических комплексов [1] для подачи заготовок в станки с числовым программным управлением (ЧПУ), при токарной обработке [2, 3]. Применение роботизированных комплексов в производственных процессах позволяет повысить эффективность, точность работы и снизить затраты на ручной труд, а также позволяют обеспечить гибкость и адаптивность промышленного производства к необходимым производственным задачам. Кроме того, применение роботов в непрерывном режиме также повышает эффективность производства и сокращает время производственного цикла.

В данной работе предложена технологическая схема робототехнического комплекса, позволяющая осуществлять загрузку металлических заготовок в станок с ЧПУ, а также выгрузку обработанного материала. В качестве заготовок, предлагается использование

стальной цилиндрической формы, размеры которого составляют в диаметре 100 мм длинную 300 мм, внешний вид таких заготовок представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид заготовок

Предлагаемый робототехнический комплекс обработки стальных заготовок, условно можно разделить на следующие участки обработки: участок загрузки заготовки; участок обработки заготовки; участок выгрузки заготовки. На каждом технологическом участке выполняются соответствующие технологические операции. Робототехнический комплекс включает в себя: токарные станки в количестве 3 ед.; порталные роботы с двумя манипуляторами в количестве 3 ед., а также конвейерные системы подачи и отгрузки. Портальные роботы-манипуляторы, осуществляют движение по осям «X», «Z» и имеют вращение захватывающего устройства на  $180^{\circ}$ . Перемещение по осям «X», «Z», осуществляется за счет реечной передачи. Предлагаемая технологическая схема робототехнического комплекса, изображена на рисунке 2.

Работа предлагаемой технологической схемы осуществляется следующим образом. Заготовки движутся по входному конвейеру до точки захвата первым манипулятором, после захвата, первый манипулятор перемещает заготовку в станок для последующей обработки. По завершению цикла обработки, второй манипулятор забирает обработанную заготовку и перемещает ее на выходной конвейер, для транспортировки на следующий технологический цикл обработки. Работа остальных манипуляционных роботов для других токарных станков осуществляется аналогично.

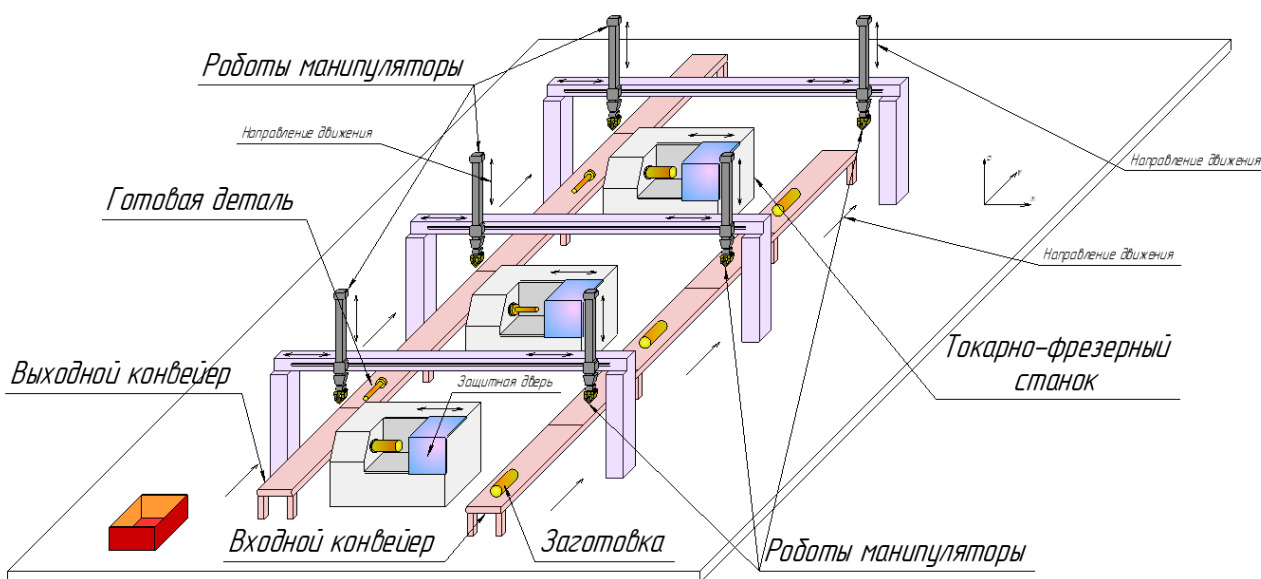


Рисунок 2 – Технологическая схема робототехнического комплекса

Таким образом, предложенная технологическая схема для загрузки заготовок и изготовления из них металлический деталей позволяет повысить общую производительность производства, а также безопасность работников за счет автоматизации технологических операций на предприятии, в следствии чего, позволит удовлетворить спрос на большие объемы продукции.

Следующим этапом работы является проектирование робототехнического комплекса, на базе Solidworks, тестирование и выбор приводных элементов осуществления движения, а также разработкой адаптивной системы управления с идентификатором состояния [4-7].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колтыгин, Д. С. Аппаратно-программный комплекс для управления робототехническими комплексами / Д. С. Колтыгин, А. В. Авсиевич, И. А. Седельников // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 января 2021 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 107-111. – EDN KQTDCI.
2. Старостин, А. С. Лабораторный стенд для исследования процесса загрузки заготовок в станок с помощью робота-манипулятора / А. С. Старостин, Д. В. Дмитриенко // XXIV Региональная конференция молодых учёных и исследователей Волгоградской области : Сборник материалов конференции, Волгоград, 03–06 декабря 2019 года. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2020. – С. 397. – EDN DKJXSV.
3. Малкина, И. В. Автоматизированный модуль для механической обработки деталей машиностроения / И. В. Малкина // Машиностроение: инновационные аспекты развития : Материалы III международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 13 марта 2020 года. Том № 3. – Санкт-Петербург: Индивидуальный предприниматель Жукова Елена Валерьевна, 2020. – С. 65-70. – DOI 10.26160/2618-6810-2020-3-65-70. – EDN XYHEEB.
4. Simulation of a Circular Interpolator Developed According to the Principle of Differential Analyzers on the Basis of Two Coordinate Electric Servo Drives with a Stepper Electric Motor / I. L. Sandler, A. A. Rudakov, S. A. Kolpashchikov [et al.] // Russian Electrical Engineering. – 2023. – Vol. 94, No. 10. – P. 736-741. – DOI 10.3103/S1068371223100097. – EDN GYNHVU.
5. Иванов, Д. В. Идентификация двигателя постоянного тока независимого возбуждения методом расширенных инструментальных переменных / Д. В. Иванов, И. Л. Сандлер, А. Н. Дилигенская // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2022. – Т. 30, № 3(75). – С. 45-57. – DOI 10.14498/tech.2022.3.4. – EDN SFBJWH.
6. Голов, А. В. Компьютерное моделирование АДКЗ при произвольном повороте вращающейся системы координат / А. В. Голов, Т. Г. Шахбанов, Е. А. Бурцева // Catering Industry, Restaurant Service, Economics and Management in the XXI Century: Modern Scientific View : Proceedings of the International scientific and practical conference, Saint-Louis, Missouri, USA, 17 января 2018 года / Editor in Chief Bandurov V.V.. Том Vol. 1. – Saint-Louis, Missouri, USA: Publishing House Science and Innovation Center, Ltd., 2018. – С. 218-221. – EDN YRMVTQ.
7. Авсиевич, А. В. Рекуррентные алгоритмы вычисления управляющего воздействия ПИД-регулятора вещественного порядка / А. В. Авсиевич // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 января 2021 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 7-12. – EDN MWRQLU.

УДК 621.86  
681.5

### РАЗРАБОТКА 3D-МОДЕЛИ КОНСТРУКЦИИ ТРЕХЗВЕННОГО РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА С ВРАЩАЮЩИМСЯ ЗАХВАТНЫМ УСТРОЙСТВОМ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ВНУТРИЦЕХОВОЙ ЛОГИСТИКИ

Брагина И. Н.<sup>1</sup>, Сандлер И. Л.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

<sup>2</sup>Самарский государственный технический университет, Самара

**Аннотация:** в данной работе рассматривается проектирование 3D-модели конструкции портального трехзвеного робота-манипулятора с вращающимся захватным устройством распределительного комплекса

внутрицеховой логистики. Данный комплекс разрабатывается для решения проблемы затрудненной логистики на предприятии, которая приводит к снижению продуктивности деятельности рабочих на предприятии, затягиванию сроков выполнения работ, снижению потока предоставления услуг и возможной потере прибыли для организации. Общая сборочная 3D-модель робота-манипулятора выполнена на базе пакета САПР Solidworks и состоит из направляющих балок, опорных столбов, центральной балки, боковин центральной балки, плашки зацепления двигателя, а также выдвижной части, захватывающего устройства и соединяющей плиты выдвижной части робота-манипулятора. Для осуществления движения по осям «X» («Y»; «Z») предлагается кинематическая схема привода трехзвенного робота-манипулятора на базе синхронного сервопривода, осуществляющего передачу вращающегося момента на реечную передачу. Данная разработка находит свое применение в производстве, где необходима транспортировка грузов. Например, внутрицеховое распределение производственных изделий.

**Ключевые слова:** робототехнический комплекс, внутрицеховая логистика, робот-манипулятор, 3D-модель, порталный тип, конструкция, захватное устройство, SOLIDWORKS.

## DEVELOPMENT OF A 3D MODEL OF THE DESIGN OF A THREE-LINK ROBOT MANIPULATOR WITH A ROTATING GRIPPER DEVICE OF AN INTRA-SHOP LOGISTICS DISTRIBUTION COMPLEX

Bragina I. N.<sup>1</sup>, Sandler I. L.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Samara State University of Transport, Samara

<sup>2</sup>Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** in this paper, we consider the design of a 3D model of the construction of a portal three-link robot manipulator with a rotating gripper device of an intra-shop logistics distribution complex. This complex is being developed to solve the problem of difficult logistics at the enterprise, which leads to a decrease in the productivity of workers at the enterprise, delaying work deadlines, reducing the flow of services and possible loss of profit for the organization. The general 3D assembly model of the manipulator robot is based on the Solidworks CAD package and consists of guide beams, support pillars, a central beam, sidewalls of the central beam, an engine engagement die, as well as a retractable part, a gripping device and a connecting plate of the retractable part of the manipulator robot. To carry out movement along the "X" ("Y") axes; "Z") a kinematic drive scheme for a three-link robot manipulator based on a synchronous servo drive that transmits torque to a rack and pinion transmission is proposed. This development finds its application in production where cargo transportation is necessary. For example, the in-house distribution of production products.

**Keywords:** robotics complex, in-house logistics, robot manipulator, 3D model, portal type, construction, gripper, SOLIDWORKS.

Для систем внутрицеховой логистики немаловажным является быстрое перемещение разнообразного инвентаря на различные расстояния [1]. Медленная доставка расходных материалов и оборудования, необходимого для производства, приводит к таким неприятным последствиям как: снижение продуктивности деятельности рабочих на предприятии; затягивание сроков выполнения работ; снижение потока предоставления услуг; возможная потеря прибыли для организации.

Разработка распределительного комплекса внутрицеховой логистики позволит решить эти проблемы, значительно повысив качество и эффективность выполняемых работ, что однозначно приведет к увеличению прибыли предприятия.

Использование транспортных роботов для обеспечения внутрицеховой логистики является немаловажным актуальным направлением на производственных предприятиях, например, в работе [2], предлагается техническое решение, позволяющее экономить время при проведении погрузочно-разгрузочных работ с помощью внедрения роботов. В работе [3], представлено транспортное средство с автоматизированным управлением, предназначенное для использования в подземных условиях. Технический результат полезной модели [3] позволяет решить проблему повышения точности позиционирования и навигации автоматизированного логистического робота.

В данной работе предлагается трех координатный порталный робот-манипулятор декартового типа. Общая сборочная 3D-модель робота-манипулятора, представленная на рисунке 1, выполнена на базе пакета САПР Solidworks. Данная конструкция состоит из направляющих балок, опорных столбов, центральной балки, боковин центральной балки, плашки зацепления двигателя, а также выдвижной части, захватывающего устройства и



соединяющей плиты выдвижной части с захватывающим устройством робота-манипулятора. 3D-модели элементов и их описание представлены в таблице.

Разрабатываемый робот-манипулятор обладает следующими возможностями:

- площадь робота-манипулятора составляет до 80 м<sup>2</sup>;
- максимальный вес перемещаемого груза составляет от 15 до 40 кг;
- робот-манипулятор имеет возможность перемещения объекта по оси  $X$  – 6000 мм, по оси  $Y$  до 12000 мм и по оси  $Z$  до 6000 мм;
- габаритные размеры перемещаемого груза 350 мм × 250 мм × 200 мм (Д×Ш×В).
- способен осуществлять перемещение объекта со скоростью до 120 м/мин;
- возможно донаращивание направляющих движения для увеличения рабочей зоны робота;
- перемещение грузов на разно уровневые объекты;
- способен работать в грязных, влажных, пыльных помещениях.

На концах робота имеются концевые, ограничивающие перемещение робота датчики.

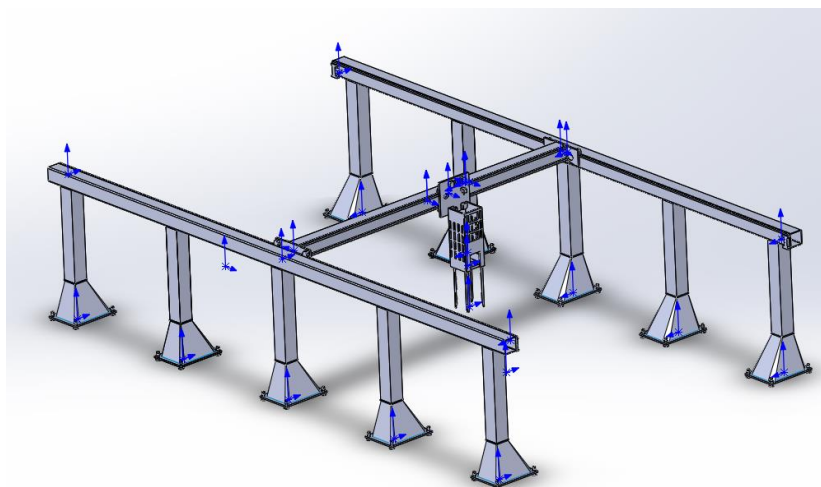
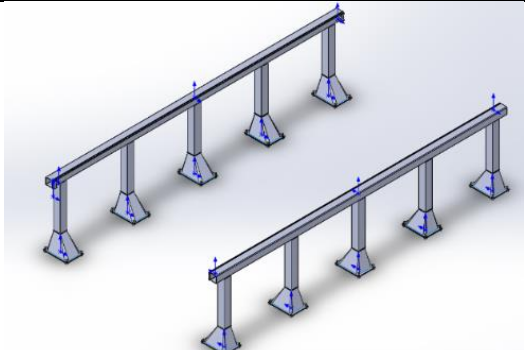
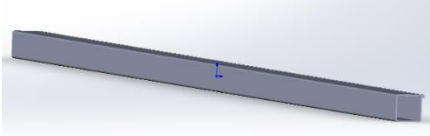

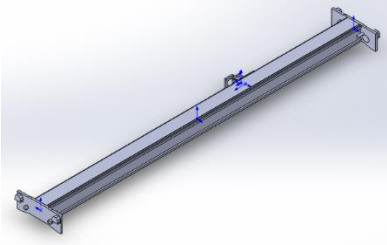
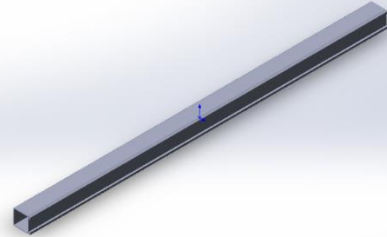
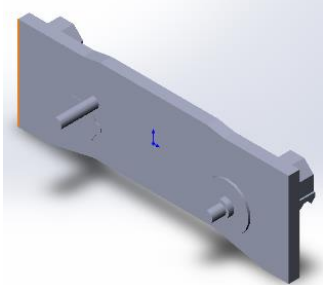
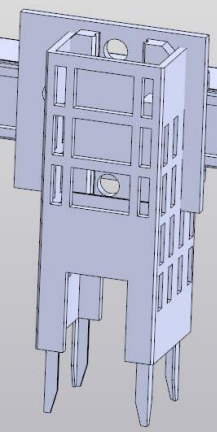


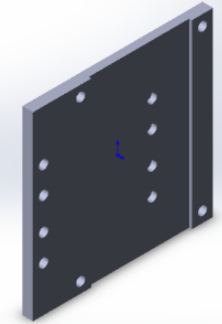
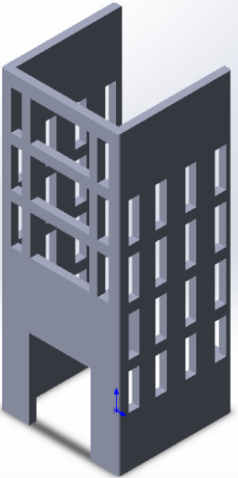
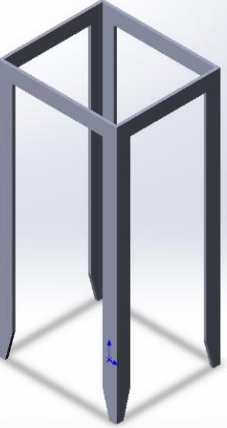
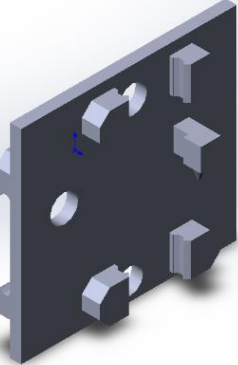
Рисунок 1 – Общая сборочная 3D – модель робота-манипулятора

Таблица

Перечень элементов сборочной 3D-модели робота-манипулятора

№ п/п	Вид 3D-модели	Описание
1		Сборочная 3D-модель балок с опорным столбом. Состоит из 10 опорных столбов и 2 направляющих балок. Конструкция обеспечивает перемещение робота по оси «X».
№ п/п	Вид 3D-модели	Описание
2		3D-модель балки. Осуществляет движение по оси «X».

<p>3</p>		<p>3D-модель опорного столба. Устанавливается на устойчивую поверхность. Выполняет функцию опоры для конструкции.</p>
<p>4</p>		<p>Сборочная 3D-модель центральной балки. Осуществляет движение по оси «Y».</p>
<p>5</p>		<p>3D-модель центральной балки. Участвует в движении по оси «Y».</p>
<p>6</p>		<p>3D-модель боковины центральной балки. Служит для зацепления с направляющей балкой.</p>
<p>7</p>		<p>Сборочная 3D-модель выдвижной части с захватывающим устройством. Осуществляет движение по оси «Z» и захват транспортируемого груза.</p>

№ п/п	Вид 3D-модели	Описание
8		<p>3D-модель плашки зацепления двигателя. Участвует в креплении и удержании двигателя в рабочей зоне конструкции.</p>
9		<p>3D-модель выдвижной части робота-манипулятора. Осуществляет движение по оси «Z».</p>
10		<p>3D-модель захватывающего устройства робота-манипулятора. Осуществляет захват транспортируемого груза. Обладает возможностью поворота на 90 градусов внутри выдвижной части робота-манипулятора (в модели не указан вращающийся механизм).</p>
11		<p>3D-модель соединяющей плиты выдвижной части с захватывающим устройством. Соединяет составные части робота-манипулятора.</p>

Для осуществления движения по осям «X» («Y»; «Z») предлагается кинематическая схема привода трехзвенного робота-манипулятора, представленная на рисунке 2. Кинематическая схема включает в себя: «1» – серводвигатель; «2» – эластичное соединение двух валов посредством муфты; «3» – червячный редуктор; «4» – реечная передача; «А» –

выходной вал серводвигателя; «В» – выходной вал эластичного соединения двух валов.

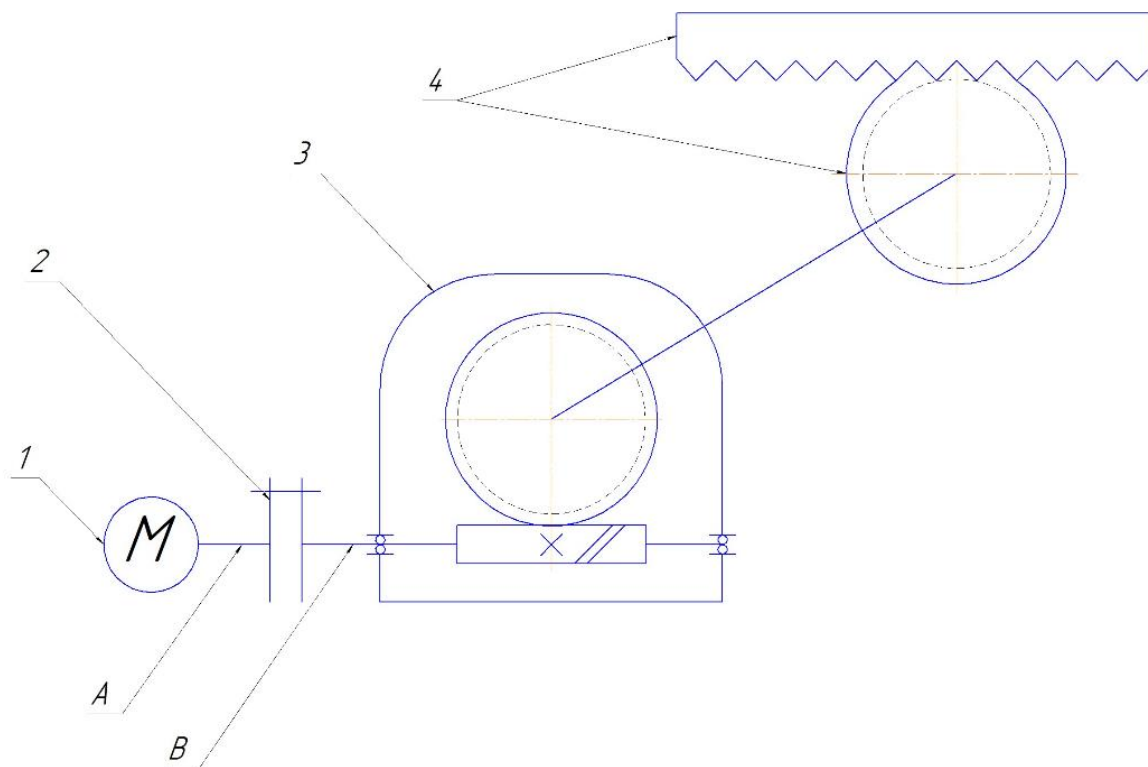


Рисунок 2 – Кинематическая схема привода трехзвенного робота-манипулятора по оси «X» («Y»; «Z»)

Дальнейшим направлением работы является анализ движения конструкции с помощью прикладного модуля SolidWorks Motion пакета САПР Solidworks, определение и выбор приводного устройства на базе синхронного сервопривода, анализ конструкции на механические воздействия при помощи прикладных модулей Solidworks (SolidWorks Simulation Professional, SolidWorks Simulation Premium, SolidWorks Flow Simulation), позволяющие проводить инженерные расчеты, а также разработка соответствующей системы управления синхронным сервоприводом, при помощи пакета прикладных программ Matlab с применением алгоритмов идентификации параметров электрических машин [4 – 8].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современные подходы к организации внутрипроизводственной логистики как основа повышения эффективности производственных процессов / Р. Ш. Хасанов, М. Н. Стяжкин, М. Ф. Сафаргалиев, И. В. Морева // *Инновации в менеджменте*. – 2023. – № 4(38). – С. 58-67. – EDN NAZBDW.
2. Никитин, Д. В. Транспортные роботы для внутрицеховой логистики / Д. В. Никитин, Д. А. Плотников // *Актуальные вопросы перспективных направлений применения автомобильной и специальной техники* : Сборник научных трудов V Межведомственной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 21 октября 2022 года. – Санкт-Петербург: ООО "Медиапапир", 2022. – С. 151-156. – EDN ASRQBD.
3. Патент на полезную модель № 170172 U1 Российская Федерация, МПК E21F 13/00, G05D 1/00. автоматизированный логистический робот : № 2016143391 : заявл. 03.11.2016 : опубл. 18.04.2017 / Н. В. Городецкий, А. И. Илюхин, С. В. Юдаков, М. Н. Стрижевский ; заявитель ООО "Инновации, Технологии, Экология". – EDN PHVDVR.
4. Total Least Squares Based Identification for Permanent Magnet Synchronous Machine / D. V. Ivanov, I. L. Sandler, S. I. Makarov [et al.] // *IEEE Proceedings of 5th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA)*, Lipetsk, 08–10 ноября 2023 года. – Lipetsk: Lipetsk State Technical University, 2023. – P. 353-357. – DOI 10.1109/SUMMA60232.2023.10349607. – EDN BPMNHN.
5. Антонова В. В. Брагина И. Н., Сандлер И. Л. Имитационное моделирование синхронного электродвигателя с постоянными магнитами при прямом питании от сети переменного тока с идентификатором состояния на базе MATLAB // *Дни студенческой науки* : Сборник материалов 50-й научной конференции обучающихся СамГУПС, посвященной 50-летию СамГУПС, Самара, 04–28 апреля 2023 года. Том 1. Выпуск 24. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 183-186. – EDN ZUHDUR.

6. Ivanov D.V., Sandler I.L., Mitroshin D.I., Terekhin M.A., Antonova V.V. IDENTIFICATION OF PARAMETERS OF INDUCTION MOTOR WITH ERROR OF SPEED SENSOR // Journal of Physics: Conference Series. 2022. Т. 2176. № 1. С. 012027.

7. Иванов Д.В., Сандлер И.Л., Митрошин Д.И., Кормаков А.А., Антонова В.В. Тестирование алгоритма идентификации многомерных по входу динамических систем, описываемых уравнениями с разностями дробного порядка, с помехой в выходном сигнале // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 января 2021 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 85-88. – EDN EVTTER..

8. Антонова, В. В. Тестирование имитационной модели системы векторного управления синхронным электродвигателем с постоянными магнитами / В. В. Антонова // Наука и образование транспорту. – 2021. – № 2. – С. 92-95. – EDN VKKQXY.

УДК 621.791  
681.5

## **РОБОТОТЕХНИЧЕСКАЯ КОНВЕЙЕРНАЯ СВАРОЧНАЯ СИСТЕМА**

Разливанов В. С., Припутников А. П.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** в данной работе рассматривается робототехническая конвейерная сварочная система, предназначенная для автоматизированного производства изготовления сварных конструкций. Предлагаемая система включает в себя роботизированные манипуляторы, специализированные сварочные аппараты, вращающийся технологический стол, а также направляющие движения и конвейерную подачу деталей. Разработанная технологическая схема позволяет значительно увеличить производительность производства, снизить количество брака и обеспечить стабильное качество сварных соединений.

**Ключевые слова:** технологическая схема, робототехническая система, сварочный монтаж, сварка, робот манипулятор, координатное перемещение, производственный процесс.

## **A ROBOTIC INSTALLATION COMPLEX FOR ELECTRONIC COMPONENTS IN THE PRODUCTION OF PRINTED CIRCUIT BOARDS**

Razlivanov V. S., Priputnikov A. P.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** In this paper, we consider a robotic conveyor welding system designed for automated production of welded structures. The proposed system includes robotic manipulators, specialized welding machines, a rotating process table, as well as motion guides and conveyor feeding of parts. The developed technological scheme allows to significantly increase production productivity, reduce the number of defects and ensure stable quality of welded joints.

**Keywords:** technological scheme, robotic system, welding installation, welding, robot manipulator, coordinate movement, production process.

Сварка широко используется в промышленности и жизни населения для соединения металлических деталей и конструкций. Такой вид соединений применяется в различных областях производства, например, автомобилестроении, судостроении, аэрокосмической промышленности, строительстве и других отраслях. Сварочные работы выполняются для ремонта и восстановления деталей и конструкций, как в промышленности, так и в бытовой сфере [1].

Развитие технологий в области сварки происходит настолько быстрыми темпами, что постоянно появляются новые методы, материалы и оборудование, улучшающие процессы сварки и делающие их более эффективными, точными и безопасными, например, в работе [2] рассматривается задача увеличения быстродействия информационно-измерительных и

управляющих систем для промышленных роботов при обеспечении контактной точечной сварки. В работе [3] приводится анализ технических характеристик для электроприводов промышленных роботов при обеспечении дуговой сварки. В работе [4] представлена модернизация промышленного робота IRB 6620 компании ABB в котором предложен эффективный способ проходимости и отслеживания траектории подвижной платформы.

Роботизированная сварка на промышленном производстве помогает повысить эффективность, качество и безопасность технологического процесса сварки, что в свою очередь способствует увеличению продукции. В отличие от ручного сварочного процесса, применение роботов, позволит осуществлять работу непрерывно без перерывов на отдых, что увеличит производительность процесса сварки, а также обеспечат высокую точность и однородность сварочных швов, что улучшает качество и надежность конечного изделия. Выполнение сварочных работ в опасных или труднодоступных местах, минимизируют риск травмирования для работников производства. При многосерийном производстве металлических изделий робототехнические сварочные системы могут быть легко перенастроены для выполнения различных видов изделий, что обеспечит гибкость производственного процесса, тем самым позволит сократить время производства и использование материалов.

В данной работе предложена технологическая схема технологическая схема робототехнической конвейерной сварочной системы, представленная на рисунке 1, которая осуществляет автоматизированное сваривание деталей с высокой точностью и эффективностью.

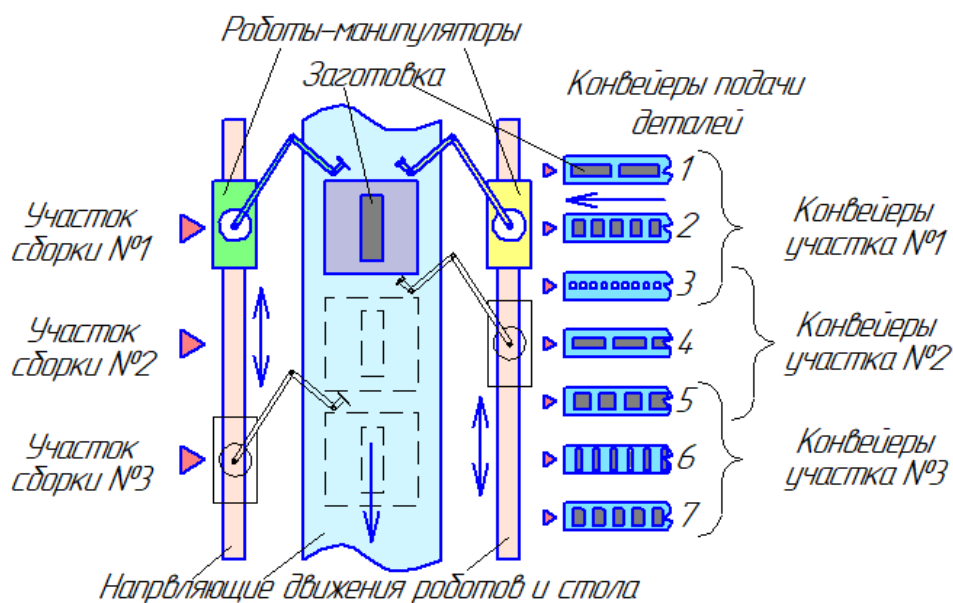


Рисунок 1 – Предлагаемая технологическая схема робототехнической конвейерной сварочной системы

Предлагаемая технологическая схема робототехнической конвейерной сварочной системы включает в себя:

- Зону подачи заготовок. Заготовки для сварки поступают на конвейерные ленты в количестве семи штук. Зона подачи заготовок условно разделена на три конвейерных участка, со следующей комбинацией оборудования: «1, 2, 3» – конвейерный участок №1; «3, 4, 5» – конвейерный участок №2; «5, 6, 7» – конвейерный участок №3. Конвейерный участок №2 включает в себя «3 и 4» конвейеры, что позволяет выполнять технологические операции сварки при сборке изделия, не переходя на следующие участки сборки, без такой необходимости;

- Зону роботизированного манипулятора подачи деталей. Роботизированный манипулятор снабжен захватывающим устройством, например, вакуумным или магнитным

захватом и осуществляет точное позиционирование заготовок к месту сварки в соответствии с предварительно заданными параметрами. Имеет возможность перемещаться между участками элементной сборки;

- Зону поворотного транспортного стола. Транспортный стол перемещается по направляющим, осуществляет точное позиционирование на соответствующий участок технологической сборки. В зоне транспортного стола, осуществляется непосредственно процесс сборки изделия. Транспортный стол помимо линейного перемещения имеет возможность поворота на  $360^{\circ}$ ;

- Зону роботизированного манипулятора сварки деталей. Роботизированный манипулятор снабжен сварочным оборудованием, например, сварочный полуавтомат с проволокой и осуществляет точное позиционирование и сварку заготовок (точечную или шовную) в соответствии с предварительно заданными параметрами. Имеет возможность перемещаться между участками элементной сборки;

- Зону выгрузки готовых изделий и контроля качества. Готовые изделия выгружаются с транспортного стола и направляются на следующий этап производственного процесса, при этом рабочий персонал после завершения сварочного процесса заготовки проводят контроль качества сварного шва с помощью различных методов.

Для осуществления управления робототехнической конвейерной сварочной системы предлагается централизованная система управления, которая координирует работу роботизированных манипуляторов, конвейерных систем подачи, транспортного стола.

Работа предлагаемой технологической схемы робототехнической конвейерной сварочной системы осуществляется по заданному алгоритму (может меняться в зависимости от сборочной задачи) в соответствии с технологической картой сборки. Общий принцип работы можно описать как: на конвейерные системы подачи деталей, подаются сборочные элементы, при этом на транспортный стол устанавливается начальный элемент сборочного процесса, к которому осуществляется непосредственная сварка. Система, осуществляет перемещение роботизированных манипуляторов в соответствующий участок сборки, например, участок сборки №1, в котором участвуют соответствующие конвейеры участка, например, для участка сборки №1, конвейерная подача деталей осуществляется конвейерами 1, 2, 3. Роботизированный манипулятор подачи, осуществляет схват соответствующей детали и позиционирует к начальному элементу, расположенному на транспортном столе. После установки детали, роботизированный манипулятор сварки осуществляет сварку деталей. После завершения процесса сварки на участке, готовая единица или переходит на участок технологической сборки №2 или на зону выгрузки и контроля качества, при этом цикл сборки завершается.

Такая технологическая схема (рисунок 1) позволяет автоматизировать процесс сварки, повысить производительность, точность и качество сварных соединений, а также снизить трудозатраты и вероятность ошибок в производственном процессе.

Следующим этапом задачи будет создание и разработка отдельных частей предложенной технологической схемы робототехнической конвейерной сварочной системы, планируется проведение моделирования, тестирования и оптимизации каждого этапа технологического процесса (управляемого оборудования), а также разработка систем управления для гидропривода, пневмопривода и электропривода технологических устройств, при помощи пакетов прикладных программ Fluidsim [5 – 9] и Matlab [10, 11].

Для обеспечения надлежащей работы системы автоматизации и ее стабильного функционирования будут использоваться современное техническое оборудование и программное управление в качестве контролирующих элементов [12].

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Сварка и диагностика : сборник докладов международного форума, Екатеринбург, 25–27 ноября 2014 года / Министерство образования и науки Российской Федерации; Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина; Уральское отделение Российской академии наук, Институт физики металлов; Правительство Свердловской области; Администрация города Екатеринбурга. – Екатеринбург:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2015. – 302 с. – ISBN 978-5-321-02426-6. – EDN TSQKJH.

2. Слепцов, В. В. Увеличение быстродействия информационно- измерительных и управляющих систем промышленных роботов для контактной точечной сварки / В. В. Слепцов, Г. В. Лунина, А. Н. Федотов // Приборы. – 2014. – № 4(166). – С. 35-39. – EDN SCNOGB.

3. Аблаева, А. Е. Анализ технических характеристик электроприводов промышленных роботов для дуговой сварки / А. Е. Аблаева, В. В. Слепцов // Новая наука как результат инновационного развития общества : сборник статей Международной научно-практической конференции : в 17 ч., Сургут, 22 апреля 2017 года. Том Часть 17. – Сургут: Общество с ограниченной ответственностью "Агентство международных исследований", 2017. – С. 69-71. – EDN YQXDRV.

4. Поезжаева, Е. В. Модернизация промышленного робота ABB "IRB 6620", использующегося для точечной сварки / Е. В. Поезжаева, А. А. Ильина, А. В. Шиянова // Инженерные решения. – 2019. – № 1(2). – С. 40-42. – DOI 10.32743/2658-6479.2019.1.2.34. – EDN SYRLWD.

5. Антонова, В. В. Моделирование пневматической принципиальной схемы сверлильного полуавтомата методом разбиения на группы / В. В. Антонова, И. Л. Сандлер // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : Материалы V Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 января 2023 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 133-137. – EDN HRTIRO.

6. Simulation Model of a Pneumatic Drive for Compressing Electrodes of Stationary Contact Spot Welding Machine / I. L. Sandler, D. V. Ivanov, M. A. Terekhin [et al.] // IEEE Proceedings of 5th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), Lipetsk, 08–10 ноября 2023 года. – Lipetsk: Lipetsk State Technical University, 2023. – P. 608-612. – DOI 10.1109/SUMMA60232.2023.10349376. – EDN MXQLLQ.

7. Simulation Model of Hydraulic Feed System with Differential Cylinder / I. L. Sandler, D. V. Ivanov, M. A. Terekhin [et al.] // IEEE Proceedings of 5th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), Lipetsk, 08–10 ноября 2023 года. – Lipetsk: Lipetsk State Technical University, 2023. – P. 603-607. – DOI 10.1109/SUMMA60232.2023.10349658. – EDN WSOQOL.

8. Брагина И. Н., Лебакин И. В., Разливанов В. С., Козлов Е. В. Имитационная модель гидравлической системы управления с параллельным подключением дросселя и редукционного клапана // Наука и образование транспорту. – 2022. – № 2. – С. 64-67. – EDN ILUWOU.

9. M. Orošnjak, M. Jcanović, V. Karanović, "Simulation and modeling a hydraulic system in FluidSIM", XVII International Scientific Conference on Industrial Systems (IS'17), Novi Sad, Serbia, October 4. – 6. 2017, 4 pages.

10. Моделирование информационно-измерительной системы гидравлического привода промышленного робота модели "УНИВЕРСАЛ 15" / Е. А. Полтева, Д. В. Иванов, И. Л. Сандлер, В. В. Антонова // Вестник СамГУПС. – 2020. – № 2(48). – С. 74-82. – EDN CEPKKV.

11. Total Least Squares Based Identification for Permanent Magnet Synchronous Machine / D. V. Ivanov, I. L. Sandler, S. I. Makarov [et al.] // IEEE Proceedings of 5th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), Lipetsk, 08–10 ноября 2023 года. – Lipetsk: Lipetsk State Technical University, 2023. – P. 353-357. – DOI 10.1109/SUMMA60232.2023.10349607. – EDN BPMMNH.

12. Контрольно-измерительные приборы ОВЕН: датчики, контроллеры, регуляторы, измерители, блоки питания и терморегулятор URL: <https://owen.ru/> (дата обращения: 25.02.2024).

УДК 004.942

## **РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО АППАРАТА КОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ, НАПРАВЛЕННЫХ НА УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИ СЛОЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ**

Жалилова А. А.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара  
Самарский государственный технический университет, Самара

**Аннотация:** в статье описываются принципы построения компьютерных моделей систем управления технически сложными объектами, предназначенных для автоматизации определения значений параметров их компонентов и управляющих воздействий, при которых в объектах будет наблюдаться желаемый режим функционирования.



**Ключевые слова:** летательный аппарат, теория конечных автоматов, построение компьютерных моделей, квадрокоптер, технически сложный объект.

**DEVELOPMENT AND RESEARCH OF MODELS ALGORITHMIC EQUIPMENT FOR  
COMPUTER ANALYSIS OF PROCESSES IN COMPLEX SYSTEMS AIMED AT  
CONTROL OF TECHNICAL OBJECTS**

Zhalilova A. A.

Samara State University of Transport, Samara  
Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** The article describes the principles of constructing computer models of control systems for technically complex objects, designed to automate the determination of the values of the parameters of their components and control actions, at which the desired mode of operation will be observed in the objects.

**Keywords:** aircraft, theory of finite automata, construction of computer models, quadcopter, technically complex object.

Управление технически сложным объектом представляет собой крайне сложную задачу. Беспилотные и другие летательные аппараты в силу своей природы, входят в число таких объектов, поскольку для достижения целей управления ими необходимо решать ряд сложных задач: поддержание БПЛА на определенной орбите, обеспечение его жизнеспособности, управление различными режимами работы полезной нагрузки, а также проведение необходимых технических работ по подсистемам БПЛА. На сегодняшний день летательные аппараты находят применение в различных областях.

Управление летательным объектом в первую очередь устремленно на оперативное определение и установку значений переменных параметров компонентов объекта с оптимальными режимами функционирования в соответствии с установленными требованиями и техническими регламентами. Расширение и усложнение спектра задач, которые выполняются современными ЛА усложняет и систему их управления, которая становится более сложной. Поэтому, проблема повышения эффективности управления ЛА выходит на первый план. Решению озвученной проблемы, в настоящее время, посвящены различные методы интеллектуализации. Которые, в свою очередь, позволяют на основе накопленной информации за время хода процессов, накапливать знания и с привлечением экспертных систем прогнозировать поведение объекта и разрабатывать управляющие воздействия на него. Однако такие методы ограничены в силу аналитической записи математических моделей управляемого объекта и не позволяют быстро изменять значения первичных параметров, вносить инновации в объект, добавлять или заменять компоненты, а также изменять его топологию [1,2].

Наиболее эффективным методом исследования и прогнозирования поведения объекта с целью определения необходимых управляющих воздействий является компьютерное моделирование. Приведенный метод позволяет представить объект в виде взаимосвязанных элементов. Который, в свою очередь, позволяет автоматически сформировать его модель на основе различных базовых компонентов, субмоделей и связей между ними. Метод компонентных цепей (МКЦ), реализуемый в среде моделирования MatLab, является одним из таких методов. Он позволяет моделировать физически неоднородные устройства и системы, начиная с их структурной модели, и является эффективным средством для анализа и оптимизации управления сложными техническими объектами [3].

Представленный подход позволяет создать имитационную модель объекта и использовать её для анализа. Исследуемый объект, может быть разложен на отдельные элементы, каждый из которых имеет свою собственную математическую модель, называемую компонентом. Такой метод анализа позволяет проводить как статические, так и

динамические исследования объекта, что обеспечивает полное понимание его работы и поведения в различных условиях и сценариях [4].

Рассмотрим компьютерное моделирование летательного аппарата на примере квадрокоптера. Такая модель представляет интересную область исследований в контексте разработки алгоритмического аппарата для управления ТСО. Квадрокоптер – летательный аппарат, который содержит четыре несущих двигателя-винта. Движение осуществляется с помощью пульта управления на котором есть кнопка включения/выключения, рычажок «Подъем-Зависание-Спуск», джойстик направления движения на 8 направлений. Маневренность осуществляется с помощью 4-х состояний питания каждого из двигателей, а именно: «Выключено» – малая тяга (для медленного спуска и маневров с направлением движения) – средняя тяга (для зависания и маневров с направлением движения) – большая тяга (для подъема и маневров с направлением движения). Так же имеется 4 датчика работы двигателя и система выброса аварийного парашюта.

Моделирование позволяет анализировать поведение летательного аппарата в различных условиях и оптимизировать его работу, поэтому данная разработка компьютерной модели служит одним из способов автоматизации управления процессом движения летательным аппаратом. Автоматизация заключается в установке 4-х датчиков работы двигателя и системы выброса аварийного парашюта. Датчики показывают состояние двигателя и при отказе одного из двигателя-винта или при нарушении работы двигателя-винта срабатывает выброс аварийного парашюта. Автоматизация управления через установку датчиков и системы аварийного выброса парашюта является важным шагом в повышении безопасности полетов БПЛА. Такие технологии способствуют предотвращению аварийных ситуаций и могут быть включены в общую систему автоматического контроля и управления для обеспечения надежности и стабильности полета БПЛА.

Компьютерная модель – компьютерная программа, которая реализует представление объекта, отличного от реального, но с таким же характером системы и алгоритмами работы, как и у реального объекта. Разработка компьютерной модели данного аппарата позволяет визуализировать его работу. Тем самым, при создании дорогих моделей квадрокоптера мы можем испытать его, не используя сам дорогостоящий аппарат. Также можно с помощью компьютерной модели включить новые свойства объекта, которых не было раньше у реального объекта.

Изучая работу квадрокоптера, как реального объекта, выясним, что маневренность квадрокоптера зависит от мощности каждого из двигателей. При изменении мощности мы можем получить: поворот аппарата, наклон и вращение, взлет и снижение (рисунок 1).

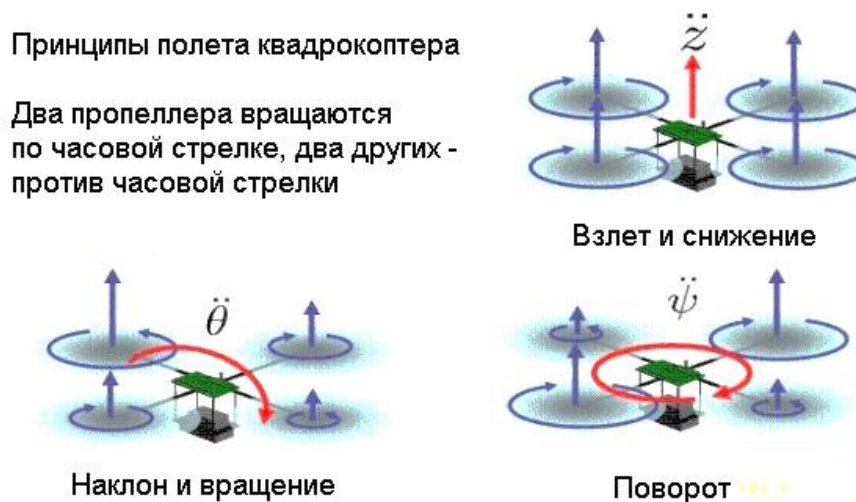


Рисунок 1 – Принципы полета квадрокоптера

Компьютерная модель реализована в программе MATLAB с помощью пакета «Simulink». В пакете «Simulink» были использованы блоки: «Chart», Repeating Sequence, Scope. В блоке «Chart» создана сама визуализация модели работы квадрокоптера.

Создание компьютерной модели начинается с поиска входных и выходных параметров системы. В моей программе входными параметрами квадрокоптера является команда на движение/направление(cd), команда на включение двигателя(cm), и команды на четыре датчика двигателя для проверки корректной работы (ee1, ee2, ee3, ee4). Выходными параметрами будут служить: сигнал с двигателей, который показывает его работу, движение и направление, и выброс аварийного парашюта.

Все входные параметры были реализованы с помощью блоков «Repeating Sequence». Данный блок способствует ступенчатому сигналу, который мы можем изменять вручную с минимальной задержкой по времени, что является преимуществом для работы таких аппаратов. Так как минимальная задержка по времени обеспечивает корректную работу объекта моделирования. Ступенчатый сигнал создан для каждого входного сигнала в отдельности и имеет разные параметры входного воздействия на объект визуализации.

Объект визуализации создан с помощью пакета «State Flow» - интерактивного инструмента разработки в области моделирования сложных, управляемых событиями систем, который основан на теории конечных автоматов. Для создания был использован блок «Chart» из раздела «State Flow» библиотеки «Simulink». В этом блоке существует 13 состояний квадрокоптера, а именно состояния: выключены все 4 двигателя (блок «State» под названием «off»), блок ошибки 4-х двигателей («error»), 8 направлений движения аппарата (север («n»), юг («s»), запад («w»), восток («e»), северо-запад («nw»), юго-запад («sw»), юго-восток («se»), северо-восток («ne»)), и блоки 3-х состояния питания двигателей (зависание («stay») - малая тяга («down»)- большая тяга («up»)).

В каждом из блоков была произведена запись состояний каждого двигателя. Например, в блоке «stay» запись: entry: e1=2; e2=2; e3=2; e4=2; где e1, e2, e3, e4- состояния двигателя, цифра 2 обозначает зависание объекта/ средняя тяга, соответственно, 1- малая тяга и 3- большая тяга. Изменяя питание двигателей, мы совершаем маневры.

Схема реализации работы квадрокоптера в «State Flow» (рисунок 2). Общая схема в пакете «Simulink» (рисунок 3). Полученные графики изображены на рисунках 4-7. Время системы обозначено в секундах.

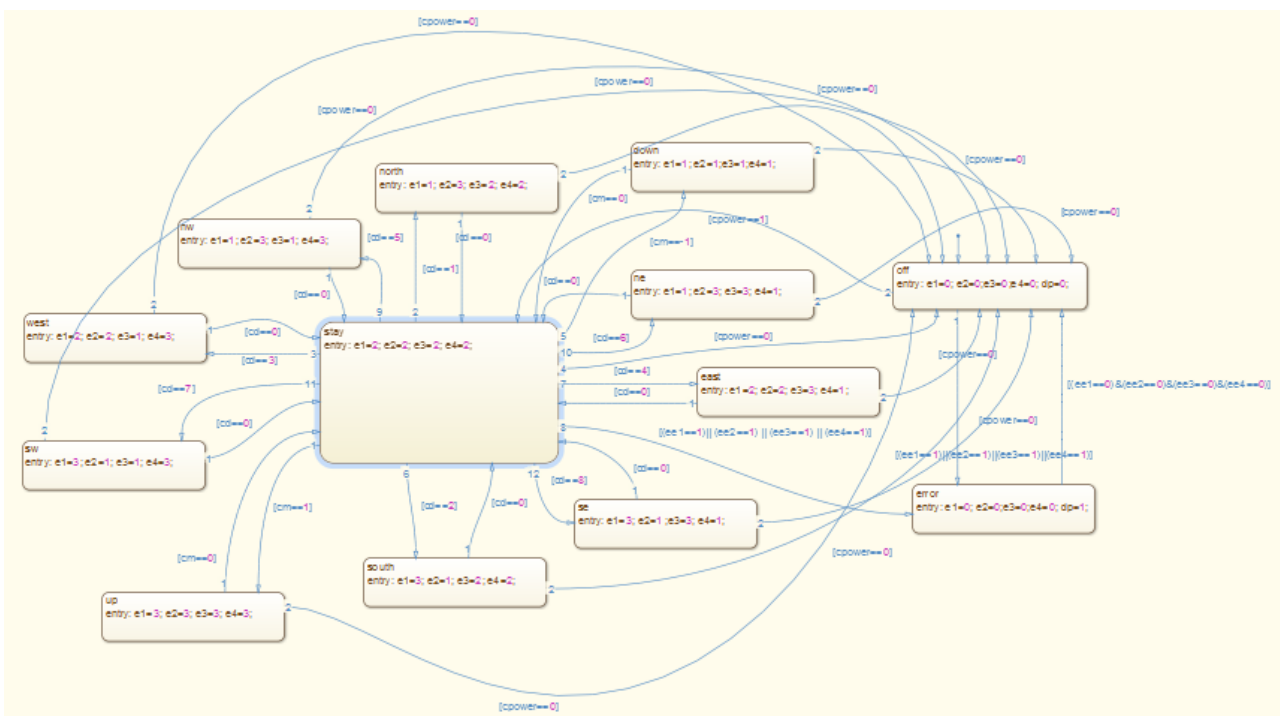


Рисунок 2 – Схема реализации работы квадрокоптера в «State Flow»

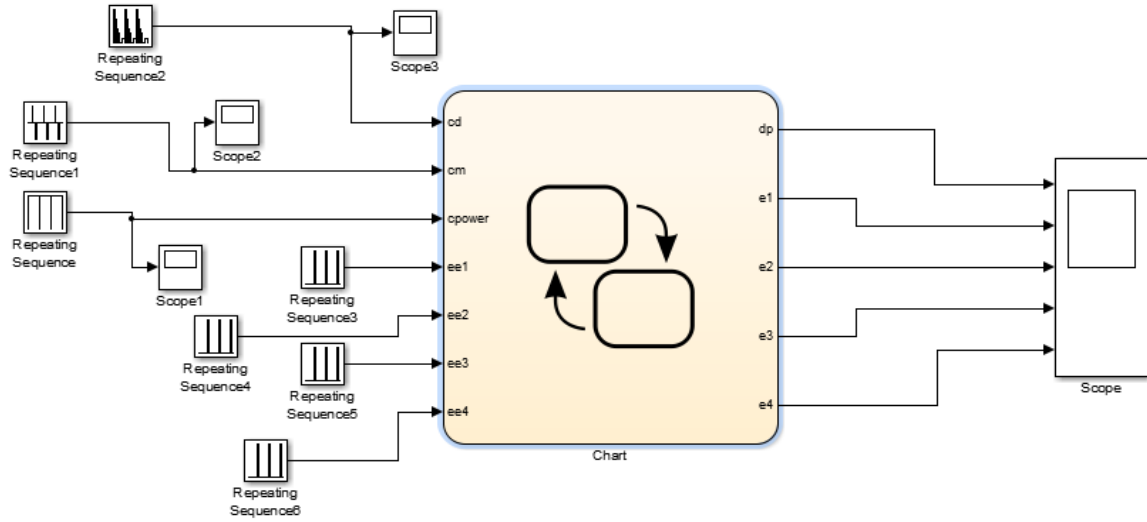


Рисунок 3 – Общая схема в пакете «Simulink»

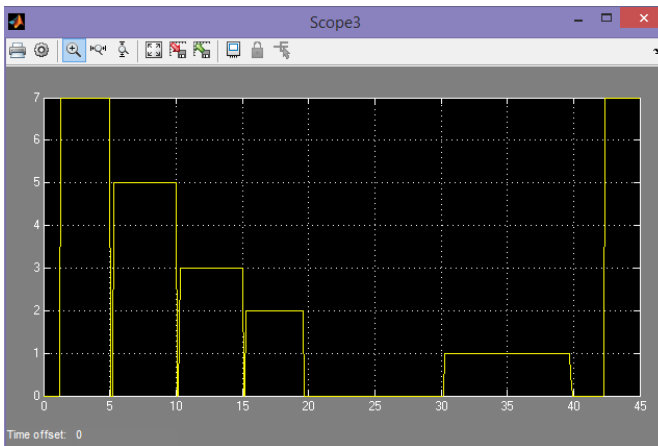


Рисунок 4 – Входной сигнал «cd»

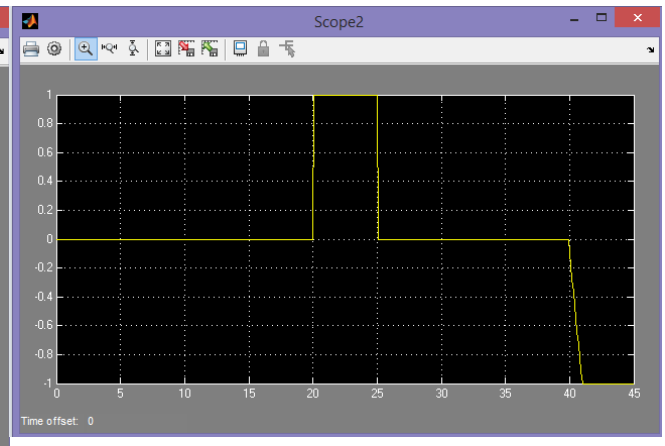


Рисунок 5 – Входной сигнал «cm»

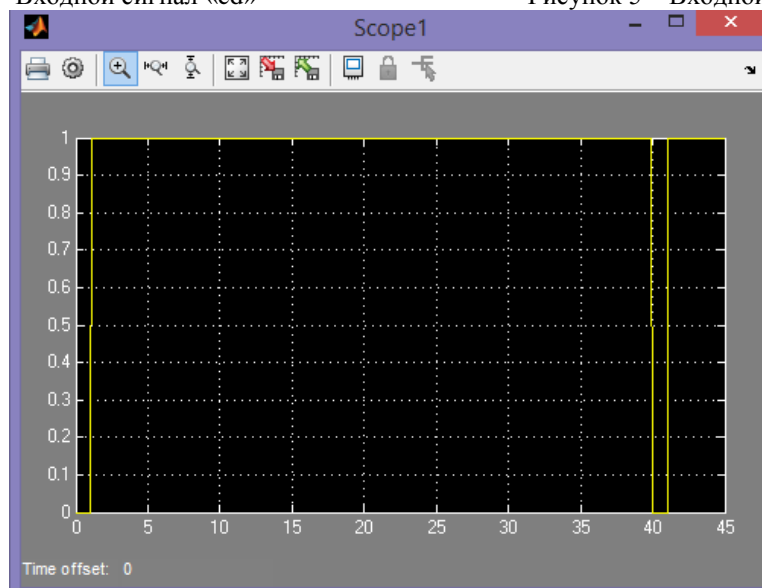


Рисунок 6 – Входной сигнал «cpower»

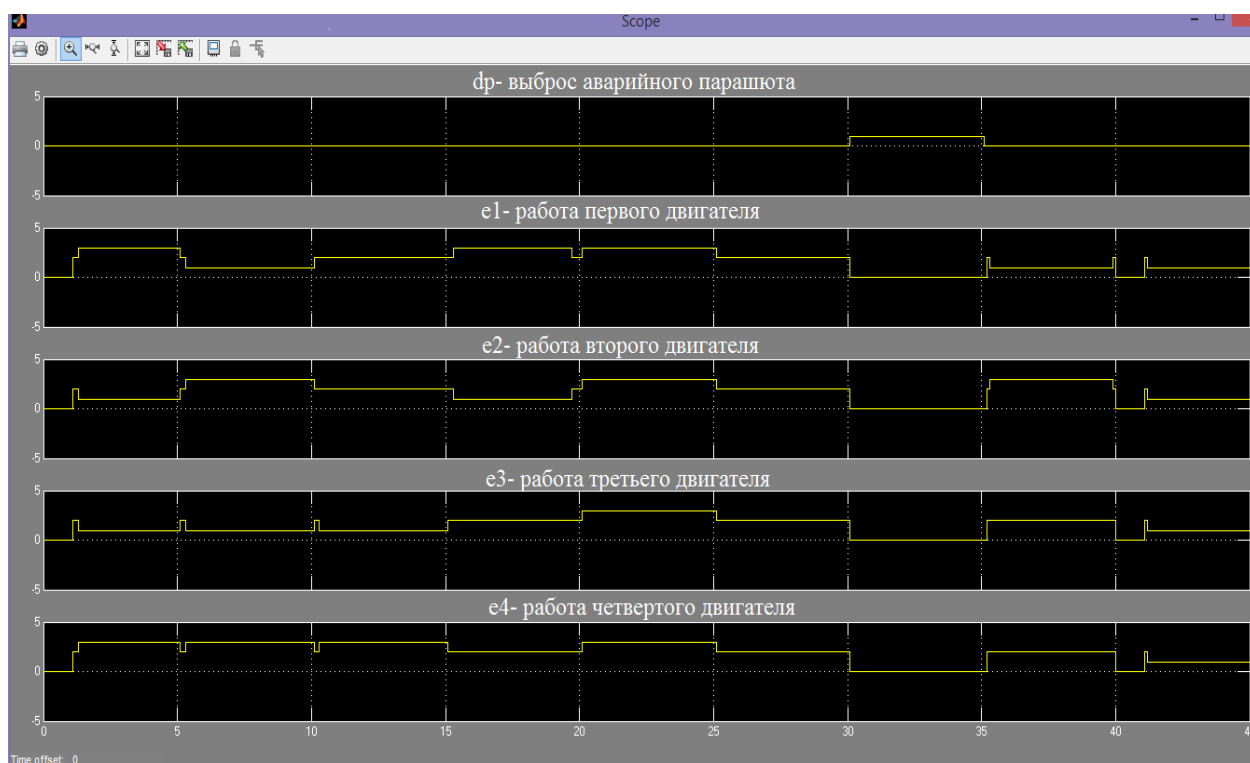


Рисунок 7 – Выходные сигналы системы

Разработка программно-алгоритмического комплекса для компьютерного анализа процессов в сложных системах, нацеленных на управление технически сложными объектами и их взаимодействие с окружающей средой, представляет собой важную и актуальную задачу. Создание компьютерной модели такого технически сложного объекта, как автоматизированная система управления (АСУ) летательными аппаратами, открывает возможности для изучения энергетических и информационных процессов в подобных системах.

Такой комплекс позволит не только анализировать процессы, происходящие в управляемых объектах, но и моделировать различные сценарии взаимодействия с окружающей средой. Он способен оценивать эффективность функционирования системы управления и предсказывать ее поведение в различных условиях. Такие инструменты становятся особенно важными в контексте быстро изменяющихся технических и экологических условий, в которых функционируют современные технически сложные объекты. В данной работе представлена и поэтапно разработана компьютерная модель квадрокоптера, входными воздействиями у которой является 4 состояния двигателя (выключен- малая тяга- средняя тяга-большая тяга), 8 направлений движения, и режимы питания (вкл/выкл), управление четырьмя датчиками состояния двигателя. Во время работы ошибок в программе не было обнаружено, работа системы происходила корректно. Разработка модели произведена в программе MATLAB. Была показана эффективность и удобство данного метода.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авсиевич А.В. Перспективы развития математических моделей систем автоматического управления нецелого порядка// Вестник СамГУПС, - Самара: СамГУПС, 2020. – Вып. № 2 (48). – С. 89 – 93.
2. Жалилова А.А., Степовая Д.А. Опыт применения дробных ПИД-алгоритмов управления дизельными двигателями внутреннего сгорания. Сборник материалов 49-й научной конференции обучающихся СамГУПС. Сер. "Технические науки" Том 1. 2022 МОЛОДЕЖНЫЙ ФОРУМ "ДНИ СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУКИ" Самара, 05–16 апреля 2022 года. С. 86-89

3. Жалилова А.А., Авсиевич А.В. Исследование методов и анализ настройки параметров ПИД-регулятора дробного порядка. В сборнике: Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте, Сборник статей V Всероссийской научно-практической конференции, 26–27 января 2023 г., в г. Самара. С. 35-40

4. Жалилова А.А., Авсиевич А.В. Рекуррентные алгоритмы вычисления интеграла и дифференциала нецелого порядка. В сборнике: Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте, Сборник статей IV Всероссийской научно-практической конференции, 26–27 января 2022 г., в г. Самара. С. 15-21

УДК 691.17  
681.5

## РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС МОНТАЖА ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Карпухин Э. Г., Припутников А. П.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** Робототехнический монтаж электронных компонентов в производстве печатных плат представляет собой процесс автоматизированной установки электронных компонентов на печатной плате с помощью роботизированных систем. Данный процесс обеспечивает высокую точность и скорость установки компонентов, что позволяет существенно увеличить производительность производства и снизить вероятность ошибок. В данной работе предлагается робототехнический комплекс монтажа электронных компонентов в производстве печатных плат, который состоит из следующих компонентов: блок ленто-конвейеров, электрические компоненты, робот-пинцет,двигающийся по осям XYZ, подвижная рама,двигающаяся по оси X, зажимы (крепления) для платы, стол для фотодатчика, монтажный стол, печатная плата. Преимущества предлагаемого робототехнического комплекса монтажа электронных компонентов включает: повышение производительности; улучшение качества продукции; снижение затрат на рабочую силу и возможность работы в условиях безопасности, а также позволяет быстро реагировать оператору на изменения в производственном процессе и быстро перенастраивать систему под новые задания.

**Ключевые слова:** технологическая схема, робототехническая система, монтаж, электронные компоненты, робот, трехкоординатное перемещение, печатные платы.

## A ROBOTIC INSTALLATION COMPLEX FOR ELECTRONIC COMPONENTS IN THE PRODUCTION OF PRINTED CIRCUIT BOARDS

Karpukhin E. G., Priputnikov A. P.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** Robotic installation of electronic components in the production of printed circuit boards is the process of automated installation of electronic components on a printed circuit board using robotic systems. This process ensures high accuracy and speed of component installation, which significantly increases production productivity and reduces the likelihood of errors. In this paper, we propose a robotic installation complex for electronic components in the production of printed circuit boards, which consists of the following components: a conveyor belt unit, electrical components, a tweezer robot moving along the XYZ axes, a movable frame moving along the X axis, clips (fasteners) for the board, a table for a photo sensor, an assembly table, a printed circuit board. The advantages of the proposed robotic complex for the installation of electronic components include increased productivity; improved product quality; reducing labor costs and the ability to work in a safe environment, as well as allows the operator to quickly respond to changes in the production process and quickly reconfigure the system for new tasks.

**Keywords:** technological scheme, robotic system, installation, electronic components, robot, three-coordinate movement, printed circuit boards.

Печатные платы являются важным компонентом в производстве электроники и имеют высокую актуальность в современное время. Печатные платы осуществляют соединение различных компонентов электронных устройств, обеспечивают правильность их работы и эффективную передачу сигналов. С развитием технологий печатных плат улучшаются и их

характеристики: повышается производительность устройств, снижается энергопотребление, увеличивается срок работы устройств, увеличивается функционал и надежность устройств. Комплекс, разработанный в данной работе, значительно уменьшает время операций технологического процесса, увеличивает производительность и упрощает работу оператора комплекса, что для малых производств является одним из важных факторов.

Существуют разные устройства и способы монтажа электронных компонентов, например, «Зажимное устройство для монтажа печатных плат» [1] направлено на повышение производительности труда и создание универсального устройства; «Устройство для монтажа электронных компонентов на печатной плате» [2] направлено на монтаж бескорпусных компонентов /чипов/ на поверхность печатной платы; «Способ установки разных видов поверхностно-монтируемых компонентов на печатную плату с помощью вакуумного пинцета» [3] направлено на ручную установку поверхностно-монтируемых компонентов в условиях экспериментального, опытного и мелкосерийного многономенклатурного производства.

В данной работе предложена технологическая схема робототехнического комплекса монтажа электронных компонентов (см. рисунок 1) в производстве печатных плат, представленная на рисунке 2, которая минимизирует труд оператора при изготовлении мелкосерийной партии печатных плат.

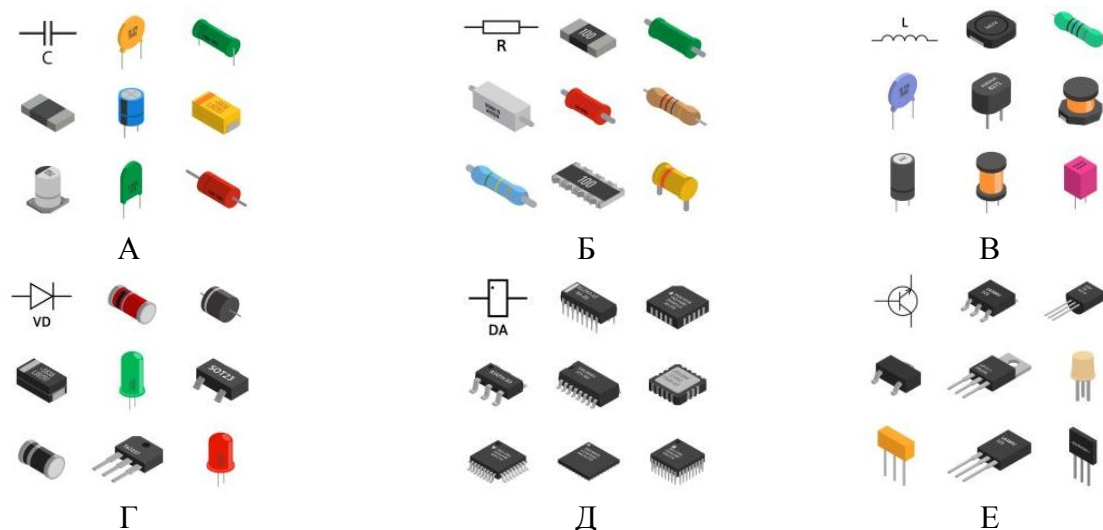


Рисунок 1 – Виды электронных компонентов: «А» – конденсаторы; «Б» – резисторы; «В» – катушки индуктивности; «Г» – диоды; «Д» – микрочипы (интегральные микросхемы); «Е» – транзисторы

Робототехнический комплекс монтажа электронных компонентов в производстве печатных плат, изображенный на рисунке 2, состоит из следующих компонентов: блок ленто-конвейеров, электрические компоненты, робот-пинцет,двигающийся по оси XYZ, подвижная рама,двигающаяся по оси X, зажимы (крепления) для платы, стол для фотодатчика, монтажный стол, печатная плата.

Назначения элементов: в предлагаемой системе элементы выполняют следующее назначение:

1) блок ленто-конвейеров - состоит из 6 ленточных картридж-блоков, на которых расположены электронные компоненты для монтажа, после захвата одного из компонентов, лента двигается вперед, контроль осуществляется датчиком ленты, после окончания элементов оператор меняет картриджный блок.

2) робот пинцет - отвечает за захват компонентов и установку их на печатную плату, передвигается по оси XYZ

3) стол для фотодатчика - после захвата элемента, робот проходит зону стола для фотодатчика, чтобы определить место для установки компонента на плате

4) зажимы - осуществляют фиксацию платы для предотвращения перемещения платы в момент установки компонентов

5) монтажный стол - предназначен для размещения зажимов, робота-пинцета и печатной платы.

6) корпус (на схеме не указан) - конструкция для размещения элементов, отвечающих за монтаж компонентов.

*Алгоритм работы оператора:*

1) Перед запуском системы, оператор загружает программу для автоматической монтажной машины, которая содержит информацию о расположении и ориентации каждого компонента на плате.

2) После загрузки программы, оператор устанавливает плату между зажимами и фиксирует ее.

3) Оператор запускает процесс автоматического монтажа и следит за ним, чтобы убедиться в правильности установки каждого компонента.

4) После монтажа компонентов, оператор визуально проверяет правильность и надежность их установки на плате.

5) Для обеспечения надежности монтажа, оператор применяет дополнительные методы фиксации, если это требуется.

6) Передает плату на следующий технологический этап.

7) Дальнейший алгоритм работы начинается с шага 1.

*Алгоритм работы системы:*

1) Начало алгоритма

2) При нажатии кнопки запуска, происходит проверка наличия картриджных блоков с компонентами

3) Блоки с компонентами проходят зону камеры с фотодатчиками для определения координат установки компонента

4) После определения координат, робот-пинцет, двигаясь по оси XYZ, перемещается в зону блоков ленто-конвейеров для захвата компонента.

5) После захвата компонента, робот возвращается в исходную позицию, также по оси XYZ, и действуя заданной программой, перемещается в нужные координаты для установки компонента на плату.

6) После установки одного компонента, происходит продолжение работы установки последующих компонентов до окончания последнего элемента.

7) В случае окончания картридж-ленты, работа системы приостанавливается и подается сигнал о замене ленты, после замены, система продолжает работу в штатном режиме.

8) После завершения всех расстановок, робот возвращается в исходное состояние и включается сигнализация о завершении работы

9) Окончание алгоритма

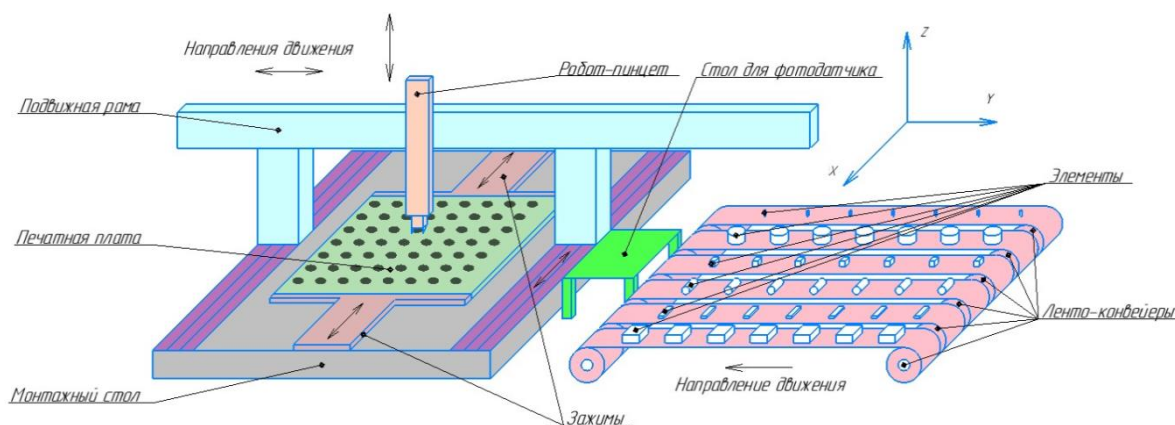


Рисунок 2 – Технологическая схема робототехнического комплекса монтажа электронных компонентов в производстве печатных плат



Таким образом, предложенная технологическая схема для изготовления печатных плат, представляет собой эффективный и автоматизированный процесс, который позволяет производить печатные платы с минимальными затратами времени и ресурсов. Благодаря использованию современного технологического оборудования, данная технологическая схема (рисунок 2) обеспечивает точность и надежность в изготовлении печатных плат, что является ключевым фактором для успешного функционирования электронных устройств.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент на полезную модель № 113106 U1 Российская Федерация, МПК H05K 1/18, H05K 13/04, H05K 13/06. Зажимное устройство для монтажа плат : № 2011134349/07 : заявл. 17.08.2011 : опубл. 27.01.2012 / А. Х. Давыдов, Ю. В. Колковский, Н. А. Павлюк-Мороз ; заявитель Федеральное государственное унитарное предприятие "Научно-производственное предприятие "Пульсар". – EDN GFUNKO.

2. Патент № 2082291 C1 Российская Федерация, МПК H05K 13/04, H05K 3/30. Устройство для монтажа электронных компонентов на печатной плате : № 94026859/07 : заявл. 19.07.1994 : опубл. 20.06.1997 / Ю. Н. Коршунов, Е. В. Мелихов, Ю. Е. Царьков [и др.] ; заявитель Малое коллективное внедренческое предприятие "Радуга". – EDN UOMFOU.

3. Патент № 2374794 C2 Российская Федерация, МПК H05K 3/34, B25J 11/00, B23K 1/00. Способ установки разных видов поверхностно-монтируемых компонентов на печатную плату с помощью вакуумного пинцета : № 2007149132/02 : заявл. 25.12.2007 : опубл. 27.11.2009 / А. Г. Харыбин ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Производственно-коммерческая фирма ХАГ". – EDN ZJWNFR.

*УДК 621.86.06*  
*531.8*

## **РАЗРАБОТКА 3D-МОДЕЛИ ПОВОРОТНОГО ЗАХВАТЫВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ПОДАЧИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ**

Ахов Д. Ю., Козлов Е. В.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** Создание 3D-моделей в SolidWorks позволяет инженерам-конструкторам создавать точные и реалистичные модели машин и механизмов. Применение SolidWorks позволяет улучшить процесс проектирования и сократить время разработки. 3D-модели помогают визуализировать как отдельные части механизмов, так и целиком сборочные изделия, а также проводить различные тесты и анализы, такие как прочностные расчеты, аэродинамические испытания и т.д., что помогает оптимизировать изделие. 3D-модели могут быть использованы для создания прототипов с помощью 3D-печати или других технологий быстрого прототипирования. Исходя из этого, актуальность использования прикладных пакетов для моделирования очевидна. В данной работе предлагается 3D-модель поворотного захватывающего устройства для обеспечения подачи цилиндрических заготовок. Предложенный поворотный захват предназначен для подачи металлических, а также деревянных цилиндрических заготовок, диаметром 10–15 сантиметров на станках с ЧПУ или других автоматизированных системах. Длина заготовки определяется в соответствии с техническими возможностями станка. Предлагаемая 3D-модель поворотного захватывающего устройства может быть полезна для различных отраслей промышленности, а в частности, для специалистов в области машиностроения.

**Ключевые слова:** 3D-модель, поворотное захватывающее устройство, станок, подача заготовок, захват, робот, порталный робот, манипулятор, цилиндрическая заготовка.

## **DEVELOPMENT OF A 3D MODEL OF A ROTARY GRIPPING DEVICE FOR FEEDING CYLINDRICAL WORKPIECES FOR SUBSEQUENT PROCESSING**

Akhov D.Y., Kozlov E.V.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** Creating 3D models in SolidWorks allows design engineers to create accurate and realistic models of machines and mechanisms. The use of SolidWorks allows you to improve the design process and reduce development time. 3D models help to visualize both individual parts of mechanisms and entire assembly products, as well as to conduct various tests and analyses, such as strength calculations, aerodynamic tests, etc., which helps to optimize the product. 3D models can be used to create prototypes using 3D printing or other rapid prototyping technologies. Based on this, the relevance of using application packages for modeling is obvious. In this paper, a 3D model of a rotary gripping device is proposed to ensure the supply of cylindrical workpieces. The proposed rotary gripper is designed for feeding metal and wooden cylindrical workpieces with a diameter of 10-15 centimeters on CNC machines or other automated systems. The length of the workpiece is determined in accordance with the technical capabilities of the machine. The proposed 3D model of a rotary gripping device can be useful for various industries, and in particular for specialists in the field of mechanical engineering.

**Keywords:** 3D model, rotary gripping device, machine, workpiece feeding, gripper, robot, portal robot, manipulator, cylindrical workpiece.

В современном мире развитие технологий играет важную роль в различных сферах жизни, включая производство и промышленность. Наиболее важным направлением развития этих отраслей является автоматизация процессов. Автоматизация, как инструмент для развития производства, позволяет повысить эффективность, точность и качество изготавливаемой продукции. Однако, для достижения развития производственных технологий необходимо создание и внедрение новых технических решений, способных обеспечить высокую степень автоматизации. Например, в работах [1 – 3] проводится исследование процесса загрузки заготовок робототехнической системы, предложена мобильная платформа робота для осуществления вертикального перемещения, а также аппаратно-программный комплекс для управления робототехническими комплексами. Одним из таких решений является разработка 3D-модели поворотного захватывающего устройства для подачи цилиндрических заготовок.

Необходимость создания 3D-модели поворотного захватывающего устройства обусловлена необходимостью визуализации и анализа работы устройства перед его производством, улучшением проектирования и оптимизацией производственных процессов (замены ручного труда).

Предложенное устройство (поворотный захват), внешний вид которого представлен на рисунке, предназначено для подачи металлических, а также деревянных цилиндрических заготовок диаметром 10–15 сантиметров на станках с ЧПУ или других автоматизированных системах. Длина заготовки определяется в соответствии с техническими возможностями станка.

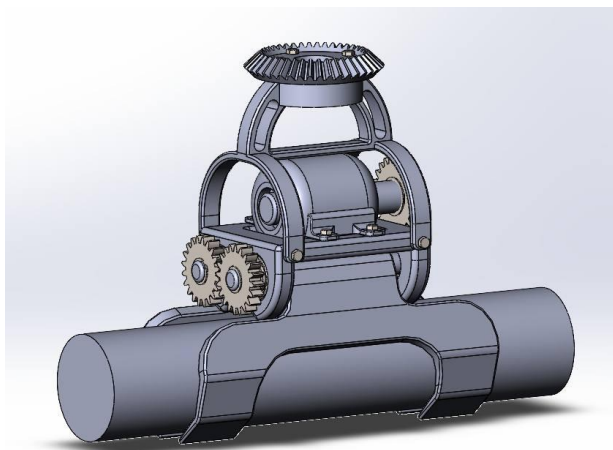


Рисунок – Внешний вид 3D-модели поворотного захватывающего устройства

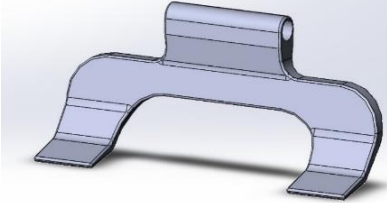
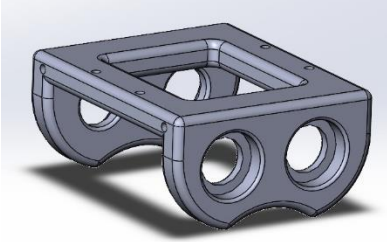
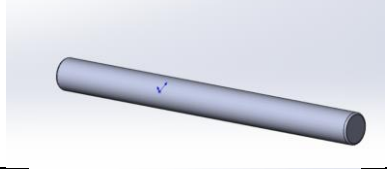
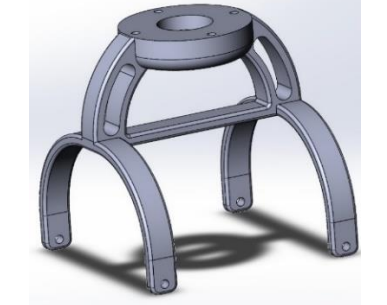

В состав поворотного захватывающего устройства входят различные механические компоненты, представленные в таблице 1. Используемые компоненты позволяют максимально уменьшить массу устройства, что позволяет оптимизировать процесс производства. Принцип работы устройства заключается в том, что приводной

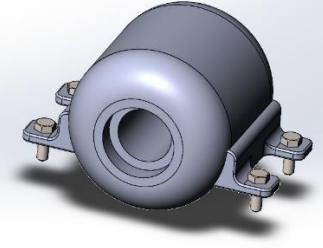

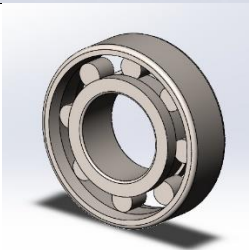
электродвигатель приводит в действия зубчатые колеса, тем самым, воздействуя на захват, осуществляет фиксацию заготовки для перемещения ее в зону производственного процесса. При этом другой приводной электродвигатель (на рисунке не указан) передает крутящий момент на поворотный механизм и устройство поворачивает заготовку на угол 90 градусов. Устройство перемещает заготовку в станок и начинается процесс обработки, после завершения процесса, снятие обработанной заготовки осуществляется аналогично.

Основной функцией 3D-модели устройства является визуализация всех компонентов и деталей устройства, их взаимодействие и работа внутри устройства в целом, а также модель позволяет проводить механические расчеты.

Таблица

Перечень механических элементов продольного перемещения

№ п/п	Внешний вид 3D-модели элемента	Наименование
1		Захват (клешня – 2 шт.)
2		Рама для крепления захватов
3		Вал
4		Рама для крепления основных элементов
5		Коническая шестерня

№ п/п	Внешний вид 3D-модели элемента	Наименование
6		Электродвигатель
7		Зубчатое колесо
8		Подшипник

Таким образом, разработка 3D-модели поворотного захватывающего устройства подачи цилиндрических заготовок для последующей обработки, на стадии проектирования, позволяет повысить эффективность производства за счет оптимизации процесса подачи заготовок. Также, повысится качество обработки, так как захват и подача заготовок станут более точными и стабильными, что снизит количество брака и улучшит качество готовой продукции. Основным же преимуществом является снижение трудозатрат. Данное устройство полностью или частично заменит ручной труд, что упростит работу оператора и снизит нагрузку на рабочий персонал.

Следующим этапом работы является построение эпюр и выявление зависимости переменных шестеренок от времени, а также разработка системы управления электроприводом с учетом результатов, представленных в работах [4 – 7].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ширяев, В. А. Мобильная платформа технологического робота вертикального перемещения / В. А. Ширяев, Н. С. Ширяева, М. Ю. Рачков // АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ современной науки и ТЕХНОЛОГИЙ : сборник статей Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 28 ноября 2022 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2022. – С. 8-13. – EDN TQHXLU.

2. Колтыгин, Д. С. Аппаратно-программный комплекс для управления робототехническими комплексами / Д. С. Колтыгин, А. В. Авсиевич, И. А. Седельников // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 января 2021 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 107-111. – EDN KQTDCI.

3. Старостин, А. С. Лабораторный стенд для исследования процесса загрузки заготовок в станок с помощью робота-манипулятора / А. С. Старостин, Д. В. Дмитриенко // XXIV Региональная конференция молодых учёных и исследователей Волгоградской области : Сборник материалов конференции, Волгоград, 03–06 декабря 2019 года. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2020. – С. 397. – EDN DKJXSV.

4. Иванов, Д. В. Идентификация двигателя постоянного тока независимого возбуждения методом расширенных инструментальных переменных / Д. В. Иванов, И. Л. Сандлер, А. Н. Дилигенская // Вестник

Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2022. – Т. 30, № 3(75). – С. 45-57. – DOI 10.14498/tech.2022.3.4. – EDN SFBJWH.

5. Авсиевич, А. В. Рекуррентные алгоритмы вычисления управляющего воздействия ПИД-регулятора вещественного порядка / А. В. Авсиевич // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 января 2021 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 7-12. – EDNMWRQLU.

6. Шахбанов, Т. Г. Программа моделирования переходных процессов асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором / Т. Г. Шахбанов, Е. А. Бурцева, Д. В. Иванов // Catering Industry, Restaurant Service, Economics and Management in the XXI Century: Modern Scientific View : Proceedings of the International scientific and practical conference, Saint-Louis, Missouri, USA, 17 января 2018 года / Editor in Chief Bandurov V.V.. Том Vol. 1. – Saint-Louis, Missouri, USA: Publishing House Science and Innovation Center, Ltd., 2018. – С. 221-226. – EDN YRMVTZ.

7. Бурцева, Е. А. Компьютерная модель электродвигателя переменного тока при ориентации вращающейся системы координат по вектору потокосцепления ротора / Е. А. Бурцева, Т. Г. Шахбанов, Р. Р. Сафин // Catering Industry, Restaurant Service, Economics and Management in the XXI Century: Modern Scientific View : Proceedings of the International scientific and practical conference, Saint-Louis, Missouri, USA, 17 января 2018 года / Editor in Chief Bandurov V.V.. Том Vol. 1. – Saint-Louis, Missouri, USA: Publishing House Science and Innovation Center, Ltd., 2018. – С. 231-236. – EDN YRMVUR.

## СЕКЦИЯ 4

### Интеллектуальные системы в управлении, системный анализ и принятие решений в управлении

УДК 004.021  
004.622

#### АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

Османкина А. И., Колпащиков С. А.

Самарский государственный технический университет, Самара

**Аннотация:** в настоящей статье рассматривается роль квантово-химических методов в исследованиях органических соединений и их значимость в современной научной практике. Квантово-химические расчеты позволяют получить информацию о химических свойствах молекул, которую трудно или невозможно получить экспериментальными методами. Анализ существующих систем был проведен с применением методов системного анализа, позволяющих рассмотреть проблему в комплексе и выявить основные аспекты, требующие внимания. В результате анализа были выделены задачи по определению циклических соединений, их типов и функциональных групп в составе органических соединений, которые предлагается внедрить в информационные системы, специализирующихся на хранении результатов по квантово-химическим расчетам.

**Ключевые слова:** Системный анализ, анализ процесса, квантовая химия, циклические соединения, внутренние группы, функциональные группы, органические соединения, обход графа, построение плоскости.

#### ALGORITHMIC SUPPORT OF INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEMS FOR PROCESSING QUANTUM CHEMICAL CALCULATIONS

Osmankina A. I., Kolpaschikov S. A.

Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** the present article examines the role of quantum-chemical methods in the study of organic compounds and their significance in contemporary scientific practice. Quantum-chemical calculations enable obtaining information about the chemical properties of molecules that is difficult or impossible to obtain through experimental methods. The analysis of existing systems was conducted using methods of systems analysis, allowing for a comprehensive consideration of the problem and identification of key aspects requiring attention. As a result of the analysis, tasks were identified for determining cyclic compounds, their types, and functional groups within organic compounds, which are proposed to be integrated into information systems specializing in storing results of quantum-chemical calculations.

**Keywords:** systems analysis, process analysis, quantum chemistry, cyclic compounds, internal groups, functional groups, organic compounds, graph traversal, plane construction.

Квантово-химические методы исследования органических соединений позволяют получить химическую информацию, которую трудно или невозможно получить другими, в том числе экспериментальными методами. В настоящий момент проведение подобных исследований стали неотъемлемой частью работы любой лаборатории, в которой изучаются взаимосвязи строения молекулы и ее химических свойств. Обусловлено это несколькими факторами: во-первых, экспериментальное получение свойств каждой молекулы и ее превращений – дорогостоящее и трудоемкое. Во-вторых, сейчас существуют высокопроизводительные компьютеры, позволяющие проводить сложные квантово-химические расчеты в считанное количество раз быстрее, нежели экспериментально. И, в-

третьих, квантово-химические расчеты помогают выявить внутреннюю согласованность различных свойств, т.е. провести анализ и диагностику имеющихся результатов. Конечно, квантово-химические методы не могут полностью заменить экспериментальные исследования, но они позволяют подтвердить и расширить уже полученные знания [1].

Программных обеспечений, реализующих квантово-химические расчеты, обширное количество. Они включают в себя различные методы для исследования химических реакций, геометрии и энергий переходных состояний, а также позволяют проводить молекулярное моделирование. Все результаты проведенных расчетов хранятся в базах данных или находятся в личном пользовании отдельно взятых лабораторий. Для систем, предназначенных для хранения и обработки результатов химических исследований, принципиально важно не только отображать информацию, полученную в той или иной программе, но иметь возможность проводить её анализ, а также получать новую информацию о структуре молекулы. В ходе системного анализа предметной областей были выявлены несколько задач, которые должна решать подобная система:

1. Определять наличие цикла в структуре молекулы;
2. Классифицировать найденный цикл по пространственному расположению атомов, из которых образуется цикл;
3. Находить функциональные группы в молекуле, которые определяют её химические свойства, и на основе их вкладов производить расчет некоторых термодинамических характеристик групповым методом, например, энтальпии образования.

Координаты атомов в трехмерном пространстве и длины связей между ними являются исходными данными о молекулах, на основе которых будет производиться реализация вышеизложенных задач. Далее предложены алгоритмы решения каждой из них.

Определить, является ли соединение циклическим, можно с помощью адаптации обхода графа в глубину. Представим молекулу в виде связанного не взвешенного графа, где вершинами будут являться атомы, а ребрами – связи между атомами. Граф можно отобразить графически, как на рисунке 1, а для программной реализации подойдет матрица смежности.

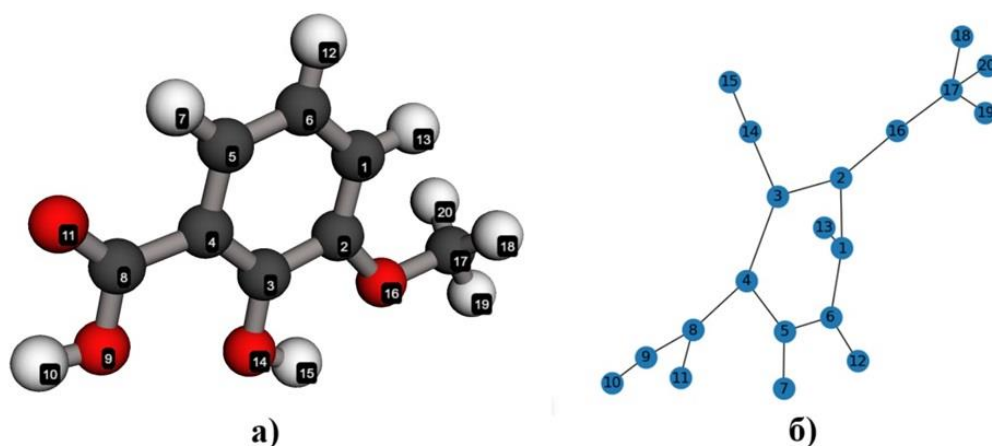


Рисунок 1 – а) Структура молекулы в виде 3D модели, б) Графовое представление

Основная идея заключается в том, чтобы начать обход с любой вершины и рекурсивно идти по смежным с ней вершинам до тех пор, пока не будет достигнута конечная вершина или не будут посещены все вершины графа. Если в представленном примере начать обход с вершины под номером 10, то путь будет такой: из вершины 10 алгоритм попадет в вершину 9, затем в вершину 8. Если далее пойти в сторону 11 атома, то будет достигнута конечная вершина, необходимо вернуться на шаг назад. У 8 вершины остается еще один не посещенный «сосед» под номером 4, именно через него будет продолжаться обход. При рекурсивном обходе графа алгоритм достигнет одну из посещенных вершин, и тогда для молекулы можно будет установить флаг о наличии цикла. Стоит отметить, что алгоритм

обхода в глубину не находит кратчайший путь в графе, но он гарантирует нахождение пути, если таковой существует.

Следующей задачей было определение типа цикла по пространственному расположению атомов, которые образуют цикл. Существует несколько типов циклических соединений: ароматические, неароматические и частично гидрированные. Известно, что атомы, из которых состоит ароматический цикл, образуют единую плоскость. Если цикл неароматический – форма цикла будет в виде так называемого «кресла». Так же отдельно выделяют частично гидрированные молекулы, имеющие на одну двойную связь меньше, чем ароматические, что влияет на их форму – единую плоскость получить не получится, молекула «изгибается» в месте, где отсутствует двойная связь. Примем, что частично гидрированные соединения имеют такие же свойства, как и неароматические циклы. На рисунке 2 представлены примеры для каждого типа цикла.

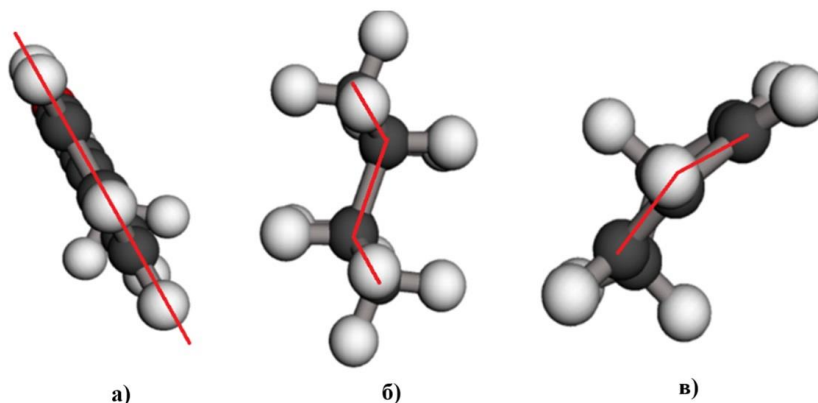


Рисунок 2 – Вид сбоку для: а) Молекулы с ароматическим циклом; б) Молекулы с неароматическим циклом; в) Молекулы с частично гидрированным циклом

Эти знания можно применить для определения типа цикла в молекуле. Из всех вершин, входящих в состав цикла, будем пытаться построить плоскость. Если плоскость найдена – цикл ароматический и будет иметь все свойства ароматических соединений. Если плоскость из имеющихся точек построить невозможно – цикл неароматический. Чтобы доказать, что точки лежат в одной плоскости, воспользуемся методом наименьших квадратов (МНК) для подгонки плоскости к этим точкам. Далее необходимо проверить насколько хорошо полученная плоскость соответствует точкам. Если средняя ошибка аппроксимации не превышает 10%, это означает, что точки лежат в одной плоскости [2].

Задача по определению функциональных групп в молекуле – одна из важнейших, поскольку группы определяют характерные физические и химические свойства каждого класса химических соединений. Пространственное расположение отдельно взятых атомов в каждой группе или в целом поворот всей функциональной группы существенно влияет на квантово-механические характеристики молекулы. Так же при изучении свойств молекул обращают внимание на реакционную способность каждой функциональной группы, которая зависит от её окружения и других функциональных групп.

Для определения наличия функциональных групп был сформирован алгоритм по формированию внутренних групп молекулы на основе модифицированного метода Бенсона [3]. Берется каждый атом соединения, за исключением водорода, и описываются элементы, с которым у него есть связь. Стоит отметить, что при формировании группы атомов дополнительно проверяется связь кислорода и водорода, при ее наличии записывается не одиночный соседний кислород, а «ОН». Например, на рисунке 3а представлена структура молекулы с функциональными группами, которые необходимо найти, на рисунке 3б – сформированные внутренние группы. Внутренняя группа «O-2C» в данном органическом соединении состоит из атомов под номерами 2, 16 и 17, а группа «C,OH,O» - из атомов 8,9,10 и 11.



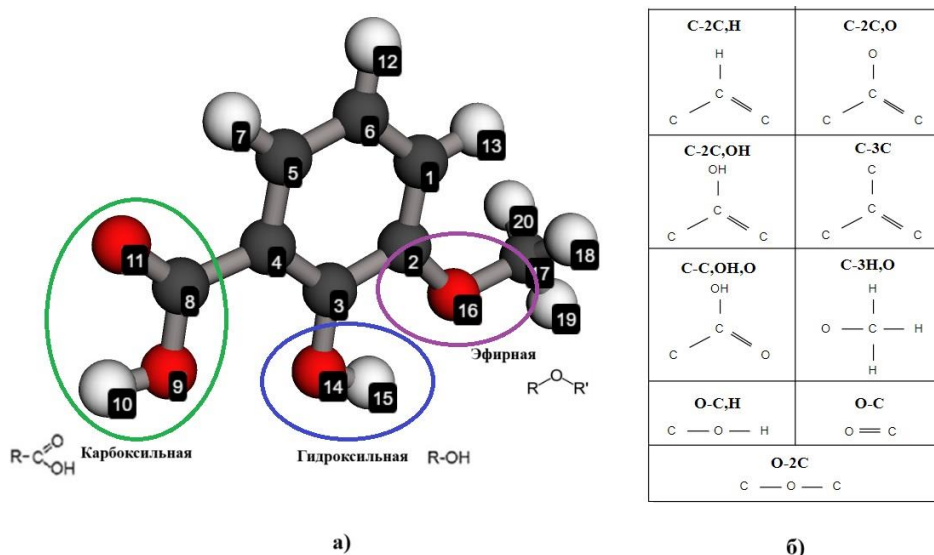


Рисунок 3 – а) Наличие функциональных групп в молекуле, б) Сформированные внутренние группы

По найденным внутренним группам атомов и связей между ними можно найти функциональные группы. Рассмотрим пример формирования карбоксильной группы (структурная формула  $R-COOH$ ), которая есть в составе молекуле, представленной на рисунке 3а. Карбоксильная группа состоит из одного атома углерода, у которого явно прописаны все 4 связи, т.е. мы знаем, что этот углерод всегда будет иметь связь с двумя кислородами и одним углеродом ( $R$  – углеводородный радикал, т.е. углерод). В виде сформированной группы атомов это будет иметь вид « $C-C,OH,O$ ». У атома кислорода, связанного двойной связью с углеродом группа будет « $O-C$ ». Связь «кислород – водород» проверяется при формировании группы атомов, при ее наличии записывается не одиночный кислород, а « $OH$ ». Соответственно, о наличии данной функциональной группы в составе молекулы мы можем судить по наличию в ней этих групп атомов. Однако стоит учитывать связь между атомами, для которых сформированы группы, т.е. между углеродом и кислородом.

Внутренние группы атомов используются не только при определении функциональных групп, но и в одном из теоретических методов оценки энтальпии образования органических соединений. Метод гомодесмотических реакций (ГДР) заключается в разложении исходного соединения по внутренним термохимическим группам, процесс формирования которых был описан ранее. Совокупность всех независимых ГДР в одной молекуле позволит судить о достоверности экспериментальных данных из разных источников [3].

В заключении стоит подчеркнуть важность квантово-химических методов для изучения органических соединений и их роль в современной научной работе. Эти методы позволяют получать информацию о химических свойствах молекул, которая трудно или невозможно получить экспериментальными средствами. Для улучшения систем, работающих с данными о квантово-химических расчетах, предложено несколько новых алгоритмов по изучению структуры молекулы и расчету новых характеристик, внедрение которых позволит проводить исследования более эффективно.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дюмаева И.В. Сравнительная характеристика квантово-химических методов исследования органических соединений // Башкирский химический журнал. 2008, Том 15, №5
2. Максимова Т.Г., Попова И.Н. Эконометрика: учебно-методическое пособие / Т.Г. Максимова, И.Н. Попова. – СПб.: Университет ИТМО, 2018. – 70 с.
3. Ахметьянова А.И. Теоретико-графовый подход моделирования гомодесмотических реакций для расчета стандартной энтальпии образования органических соединений: дис.на соискание ученой степени кандидата физико-мат. Наук: Уфимский университет науки и технологий, 2023. 176 с.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ» ДЛЯ ЛЮДЕЙ С МЕНТАЛЬНЫМИ ОСОБЕННОСТЯМИ

Казарян Л. М., Степанова И. Д., Тычинина Ю. А.

Самарский государственный технический университет, Самара

**Аннотация:** в работе рассматривается концепция расширения возможностей стандартного умного дома для поддержки людей с ментальными расстройствами, число которых постоянно растет. Структурированы этапы создания специализированных «умных домов», рассмотрены возможности применения различных технологий, таких как датчики, искусственный интеллект, интернет вещей и другие, в контексте умного дома для людей с ментальными нарушениями. Особое внимание уделено сбору и систематизации информации об индивидуальных потребностях пользователя, на основе которых в систему интегрируются специализированные датчики и исполнительные механизмы, например, комплектация системы «умный дом» носимым датчиком измерения уровня стресса с последующей коррекцией эмоционального состояния с помощью сенсорной терапии. Рассматриваются вопросы формирования требований к интерфейсу системы с учетом особенностей психологического состояния, памяти и уровня понимания письменной и устной речи людей с ментальными отклонениями. Предлагаемая концепция разработки специализированных систем «умный дом» подходит, как для создания индивидуальных квартирных проектов, так и для внедрения в организациях проживания людей с ментальными особенностями.

**Ключевые слова:** ментальные особенности, «умный дом», датчик стресса, требования к интерфейсу, карточки Пекс, ясный язык, интернет вещей, коррекция стресса.

## DESIGNING A SMART HOME SYSTEM FOR PEOPLE WITH MENTAL DISABILITIES

Kazaryan L. M., Stepanova I. D., Tychinina Yu. A.

Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** the work examines the concept of expanding the capabilities of a standard smart home to support people with mental disorders, the number of which is constantly growing. The stages of creating specialized “smart homes” are structured, the possibilities of using various technologies, such as sensors, artificial intelligence, the Internet of things and others, are considered in the context of a smart home for people with mental disabilities. Particular attention is paid to collecting and systematizing information about the individual needs of the user, on the basis of which specialized sensors and actuators are integrated into the system, for example, equipping the “smart home” system with a wearable sensor for measuring stress levels, followed by stress correction using aromatherapy and audiototherapy. The issues of forming requirements for the system interface are considered, taking into account the characteristics of the psychological state, memory and level of understanding of written and oral speech of people with mental disabilities. The proposed concept for the development of specialized “smart home” systems is suitable both for creating individual apartment projects and for introducing people with mental disabilities into residential organizations.

**Keywords:** mental features, smart home, stress sensor, interface requirements, Pex cards, clear language, Internet of things, stress correction.

Умный дом - это инновационная концепция, которая основывается на автоматизации различных функций и систем в доме с использованием современных информационных технологий, что позволяет экономить энергию и ресурсы, повысить уровень безопасности и защиты дома, а также дает возможность удаленного мониторинга и управления.

В современном мире всё больше людей страдают от ментальных нарушений, таких как шизофрения, аутизм, деменция, что оказывает значительное влияние на образ жизни этих людей и их близких.

Целью данной работы является разработка концепции расширения возможностей стандартного умного дома для поддержки людей с ментальными нарушениями. В рамках работы рассмотрены возможности применения различных технологий, таких как датчики, искусственный интеллект, интернет вещей и другие, в контексте умного дома для людей с ментальными нарушениями.

Для структурирования процесса создания специализированных «умных домов» была разработана IDEF0-диаграмма. Основная диаграмма процесса и декомпозиция блока А0 представлена на рисунке 1. В зависимости от степени самостоятельности и уровня интеллектуального развития человека с ментальными отклонениями заказчиком системы является законный представитель (опекун), либо в более редких случаях сам человек с ограниченными возможностями здоровья.

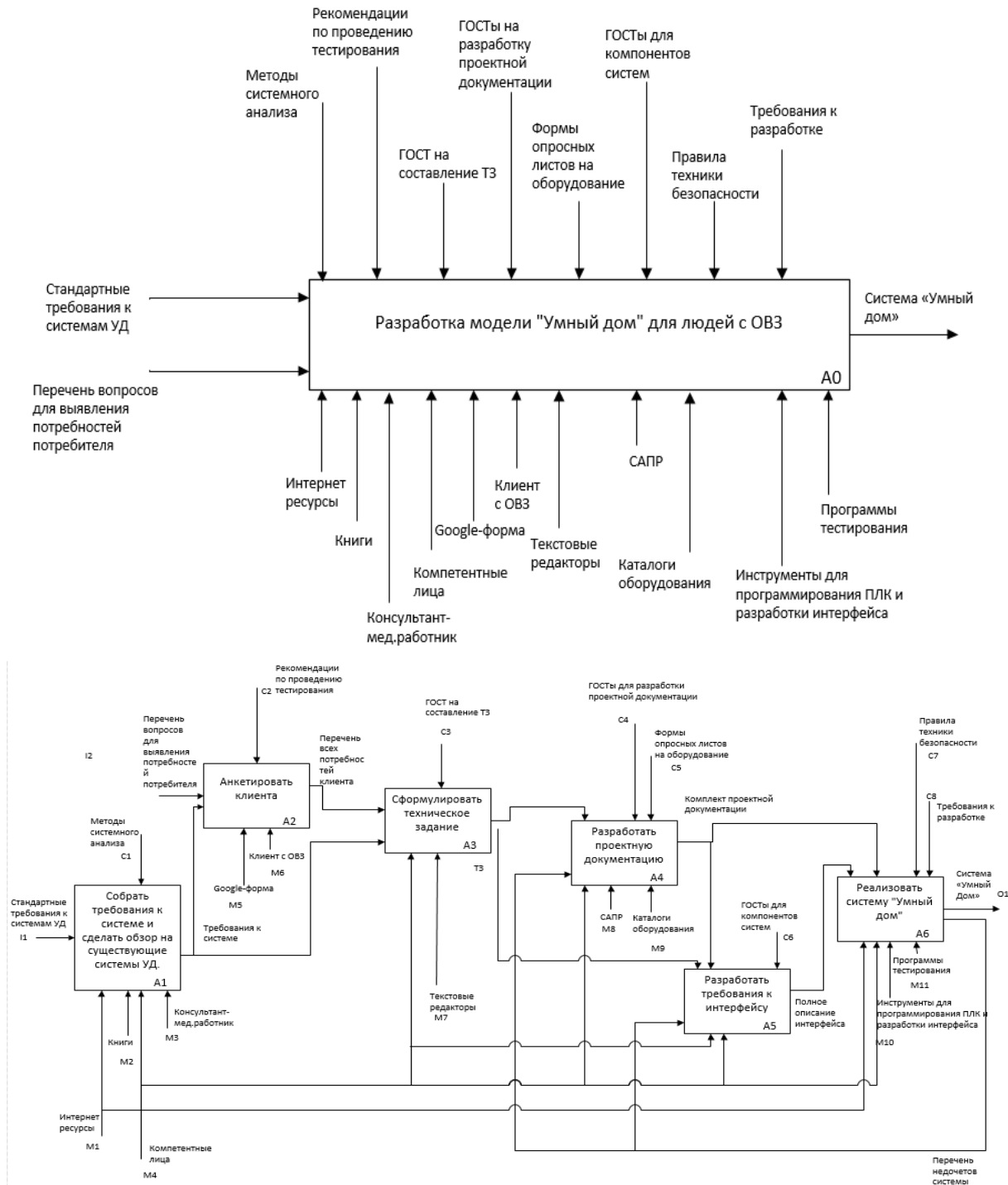


Рисунок 1 – IDEF0-диаграммы

На первом этапе (блок А1 на рисунке 1) был проведен обзор существующих решений, которые представляют собой элементы интеллектуального контроля состояния, используемые, например, в домах престарелых [1–2]. Обзор показал, что на данный момент практически не существует умных домов, специально разработанных и адаптированных для удовлетворения потребностей людей с ментальными отклонениями.

Специализированная система «умный дом» должна включать в себя стандартные элементы, характерные для систем общего назначения, а также элементы (датчики и исполнительные механизмы, особенности интерфейса), соответствующие потребностям лиц с ментальными нарушениями, например, система может реализовывать функции наблюдения и контроля здоровья, безопасности, а также технологий помощи в повседневных задачах, таких как напоминания о приеме лекарств и уходе за собой и т.д. Особое внимание необходимо уделить разработке интерфейса системы с учетом особенностей психологического состояния и памяти людей с ментальными отклонениями. Потребности отдельных пользователей подобных систем могут существенно различаться, поэтому на начальном этапе проектирования системы «умный дом» необходимо их выявить.

Проблемы рассматриваемой группы пользователей можно условно разделить на категории:

- повышенная чувствительность к световым, слуховым, тактильным, температурным раздражителям;
- нарушение чувства самосохранения с элементами самоагрессии;
- искажение понимания социальных норм;
- проблемы с коммуникацией;
- проблемы с памятью;
- проблемы с интеллектом и др.

На основе этого перечня была разработана форма опроса (блок А2 на рисунке 1) для выявления нестандартных функциональных требований к системе «умный дом». Фрагмент анкеты представлен на рисунке 2. Анкетирование проводится человеком с ментальными нарушениями самостоятельно или совместно с законным представителем.

В соответствии с результатами анкетирования выявляются особые требования к элементной базе «умного дома», составляется техническое задание на его проектирование (блок А3 на рисунке 1), разрабатывается комплект проектной документации (блок А4), а также формируются требования к интерфейсу, (блок А5).

Анкета для разработки системы умный дом

Ответив на эти вопросы, вы можете нам продумать структуру умного дома и сделать жизнь людей с ОВЗ более комфортной

\*Обязательный вопрос

Забывает ли человек поесть? \*

Да

Нет

Знает ли меру в еде? \*

Да

Нет

Может ли человек оставаться дома один? \*

Да

Нет

Другое: \_\_\_\_\_

Теряется ли человек, когда выходит из комнаты? \*

Да

Нет

Может ли забыть выключить воду? \*

Да

Нет

Рисунок 2 – Фрагмент анкеты для выявления индивидуальных потребностей

Например, можно реализовать в системе измерение уровня стресса с помощью носимого сенсора, который определяет уровень концентрации кортизола в пробах пота человека [3] с последующей коррекцией эмоционального состояния с помощью внешних раздражителей (сенсорной терапии). Для этого в систему управления «умный дом» необходимо интегрировать аромадиффузор с интеллектуальным управлением и аудиоколонку.

На этапе разработки интерфейса для людей с когнитивными расстройствами необходимо учитывать следующие требования:

- интуитивное и простое управление;

- крупный и четкий текст, либо картинки;
- возможность голосового управления;
- наличие системы предупреждений и напоминаний о рутинных действиях и др.

Разработка требований к интерфейсу для людей с ментальными особенностями должна фокусироваться на создании удобной и безопасной среды, которая помогает им оставаться относительно самостоятельными и поддерживать свой образ жизни.

При разработке интерфейса с учетом потребностей клиента можно использовать средства альтернативной коммуникации. Например, реализовать отображение на графической панели системы «умный дом» карточек Пекс, позволяющие людям, не владеющим или плохо владеющим речью, использовать для коммуникации картинки, с целью напоминания о рутинных действиях, таких как принять лекарства, пищу, сходить в туалет и т.д.



Рисунок 3 – Варианты карточек Пекс

Также при разработке интерфейса можно использовать технологию «Ясный язык» (адаптированный вариант обычного языка) — это методика представления информации, подходящая для людей, у которых плохо сформированы способности понимать тексты на стандартном языке, например, для людей с ментальной инвалидностью и особенностями интеллектуального развития, людей с возрастными когнитивными изменениями, мигрантов и т. д.

Предлагаемая концепция разработки специализированных систем «умный дом» подходит, как для создания индивидуальных проектов для квартир, так и для внедрения в домах инвалидов, психоневрологических интернатов, домах сопровождаемого проживания, и может существенно облегчить не только жизнь людей с ментальными особенностями, но и лиц, осуществляющих уход за ними.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аппаратные решения IoT для домашнего мониторинга пожилых людей [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.dusuniot.com/ru/solution/smart-elderly-care-solution/>
2. AlterLINC – система контроля и помощи людям преклонного возраста с элементами умного дома [Электронный ресурс]. URL: <https://pt.2035.university/project/alterlinc-sistema-kontrola-i-pomosi-ludam-preklonnogo-vozrasta-s-elementami-umnogo-doma>
3. Parlak O, Keene ST, Marais A, Curto VF, Salleo A. Sci. Molecularly selective nanoporous membrane-based wearable organic electrochemical device for noninvasive cortisol sensing / Adv. 2018 / Jul 20, 4 (7): eaar 2904. doi: 10.1126/sciadv.aar2904. eCollection 2018 Jul. PMID: 30035216. URL: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aar2904>

УДК 004.6

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Федоров А. Ю., Белова Т. А., Райденков Е. Ю., Тычинина Ю. А.

Самарский государственный технический университет, Самара

**Аннотация:** рассматривается концепция создания системы навигации для людей с ограниченными возможностями здоровья. Описываются этапы проекта: классификация целевой аудитории в зависимости от типа инвалидности, анализ требований к приложению по каждой группе, определение перечня значимых

дорожных объектов и их атрибутов для каждой категории, создание приложения для сбора данных по городу, привлечение волонтеров для сбора данных, разработка форм анкетирования для оценки сложности проходимости различных дорожных объектов.

**Ключевые слова:** маршрутизатор, люди с ограниченными возможностями здоровья, приложение, база данных дорожных объектов, дорожные атрибуты, коэффициенты сложности, алгоритмы на графах.

## DEVELOPMENT OF A NAVIGATION SYSTEM FOR PEOPLE WITH DISABILITIES

Fedorov A. Yu., Belova T. A., Raidenkov E. Yu., Tychinina Yu. A.

Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** The concept of creating a navigation system for people with disabilities is being considered. The stages of the project are described: classification of the target audience depending on the type of disability, analysis of application requirements for each group, determination of a list of significant road objects and their attributes for each category, creation of an application for collecting data for the city, attracting volunteers to collect data, developing survey forms to assess the difficulty of passing various road objects.

**Keywords:** router, people with disabilities, application, database of road objects, road attributes, complexity coefficients, graph algorithms.

В настоящее время количество людей с ограниченными возможностями растет по всему миру. Ту или иную форму инвалидности имеет около 15% людей на планете и доля людей с ограниченными возможностями здоровья (далее ОВЗ) во всем мире неуклонно растет.

Одним из приоритетов социальной политики Российской Федерации в области социальной защиты инвалидов является реализация комплекса мер, направленных на создание инвалидам равных с другими гражданами возможностей для участия в жизни общества, в целях повышения уровня и качества их жизни. Для решения данной задачи необходимо сформулировать принципы построения маршрута с учетом городской инфраструктуры и ее доступности для различных категорий граждан с ОВЗ [1].

Целью работы является создание концепции «маршрутизатора» для людей с ОВЗ, с учетом категории инвалидности, позволяющего построить оптимальный и доступный маршрут с учетом индивидуальных возможностей пользователя.

В рамках проекта, получившего название «Город для всех», был проведен анализ приложений-конкурентов. К сожалению, подобных ресурсов очень мало и большинство из них обладают существенными недостатками, например, приложение показывает доступность отдельных объектов инфраструктуры города с привязкой к карте, но отсутствует функция построения маршрута между двумя объектами, предоставление информации о доступности объектов только в нескольких городах и высокая стоимость внедрения приложения в новых городах.

На предварительном этапе работы была проведена классификация будущих пользователей приложения в зависимости от типа ОВЗ. Были выделены следующие группы:

- К – лица, передвигающиеся на креслах-колясках.
- О – лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата, способные передвигаться самостоятельно.
- АС – лица с полной утратой зрения.
- ЧС – слепые со светоощущением и цветоразличением.
- Г – лица с нарушениями слуха.
- М – лица с ментальными нарушениями.

Далее проведена работа с целью проанализировать требования к приложению, определения перечня значимых дорожных объектов и их атрибутов по каждой группе ОВЗ. Предварительный перечень дорожных объектов был взят из различных социальных исследований, например, [2]. При разработке приложения необходимо учитывать различные

дорожные объекты, которые создают сложности при передвижении людей с ОВЗ по городу, такие как:

- регулируемые и нерегулируемые пешеходные переходы;
- пешеходные виадуки;
- подземные переходы;
- пешеходные зоны (тротуары) и т.д.

У каждого дорожного объекта можно выделить наборы атрибутов:

- высота бордюрного камня;
- наличие съезда на проезжую часть;
- угол съезда на проезжую часть;
- время на переход;
- наличие островка безопасности;
- наличие подъемника для инвалидной коляски;
- наличие пандуса для инвалидной коляски;
- угол наклона пандуса (в градусах);
- наличие поручней;
- угол наклона дороги;
- ширина съезда на дорогу;
- наличие звуковой сигнализации светофора;
- наличие тактильной плитки и т.д.

Для отдельных групп лиц с ОВЗ можно выделить свои значимые атрибуты из приведенного списка. Кроме выявления списка значимых дорожных объектов и их атрибутов для каждой группы лиц с ОВЗ, необходимо осуществить количественную оценку сложности преодоления каждого отдельного дорожного объекта с целью дальнейшего применения алгоритмов нахождения кратчайшего пути на графе.

Основная проблема расширения географии подобных приложений заключается в том, что для прокладки оптимального маршрута с помощью типовых алгоритмов на графах необходимо создать базу данных дорожных объектов и их атрибутов с привязкой к карте города. Для крупных городов – это весьма сложная и трудоемкая задача.

Для снижения затрат на внедрение подобного приложения в городе решено привлечь волонтеров для сбора данных о дорожных объектах, а также разработать систему их мотивации. Кроме того, на этапе сбора данных возникает задача разработки приложения с удобным интерфейсом для ввода данных об атрибутах дорожных объектов с привязкой к карте.

На начальном этапе планируется запустить веб-приложение для сбора информации о наличии и значении атрибутов городских дорожных объектов, результатом работы которого станет база данных, заполненная объектами (узлами) с атрибутами. В качестве первых волонтеров предлагается привлечь детей 1 класса Технического лицея им С. П. Королева и их родителей. Командой проекта был разработан мотивационный видеоролик для детей с целью введения в проблему передвижения людей с ОВЗ, проведен классный час, поставлены задачи. В дальнейшем планируется существенно расширить круг волонтерских организаций, участвующих в проекте. В данный момент ведутся работы по созданию web-приложения для ввода данных об атрибутах дорожных объектов с привязкой к карте.

От волонтеров требуется замечать, фиксировать и вводить атрибуты дорожных объектов через веб-приложение, доступ к которому может осуществляться с любого устройства, например, со смартфона, через браузер. В приложение будут интегрированы Яндекс-карты в виде блока, на котором с помощью указателя будет возможность выбрать дорожный объект, как точку на карте и произвести заполнение значений его атрибутов (рисунок 1).

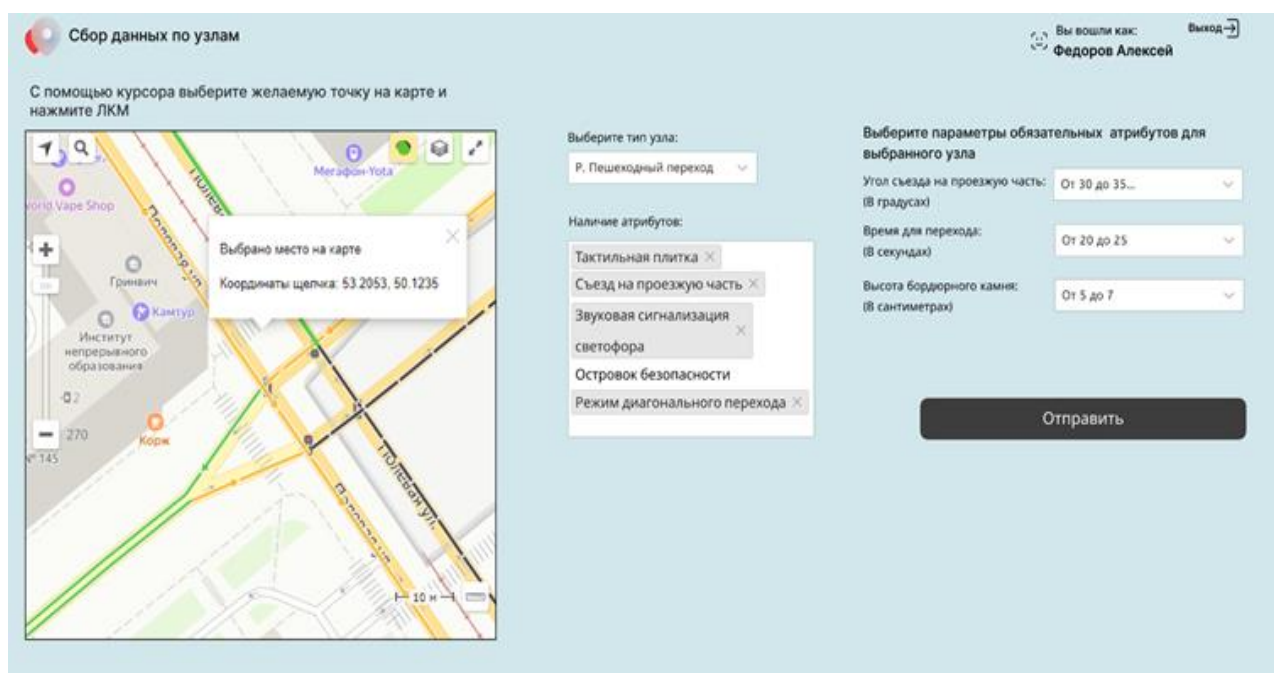


Рисунок 1 – Вариант интерфейса приложения для сбора данных о дорожных объектах

Параллельно с разработкой приложения для ввода данных об объектах города ведется разработка критериев оценки сложности дорожных атрибутов.

Для количественной оценки сложности преодоления дорожных объектов используется анкетирование будущих пользователей приложения с помощью бесплатного онлайн-сервиса «Google Формы». Человек с ОВЗ может оценить сложность преодоления какого-либо препятствия, задав коэффициент сложности (проходимости), который определяет оценку по 10-ти бальной шкале, на сколько учитываемый атрибут составляет сложность для данной категории инвалидности. Фрагмент опроса для колясочников представлен на рисунке 2.

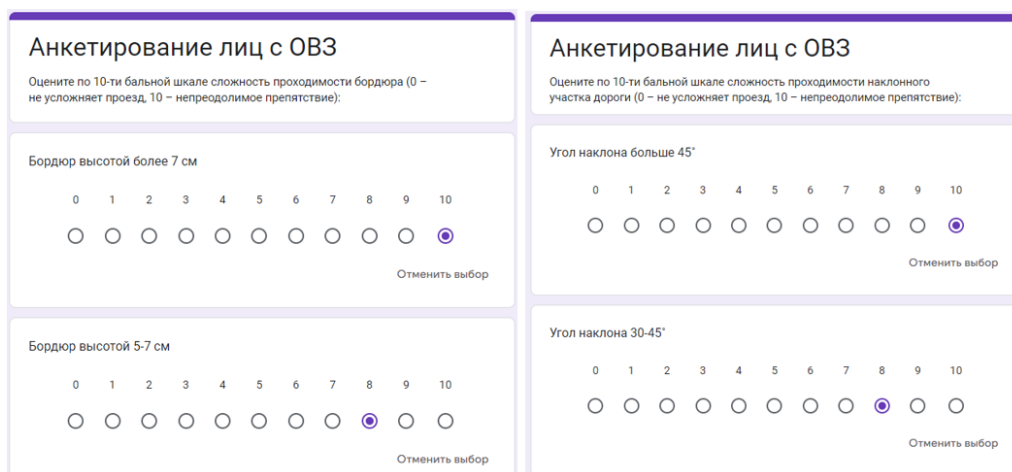


Рисунок 2 – Фрагменты формы анкетирования

По результатам анкетирования проводится усреднение и получается таблица с весовыми коэффициентами сложности для каждого дорожного атрибута, ее фрагмент представлен в таблице 1. Таким образом, получаем БД узлов с коэффициентами, показывающие доступность прокладки через него маршрута для каждой группы людей с ОВЗ.



Весовые коэффициенты сложности

Дорожный объект	Атрибуты объекта	Значение атрибута	Диапазон величины	Коэффициент сложности
Регулируемый пешеходный переход	Высота бордюрного камня	Числовое значение, м	$\geq 0,07$	10
			(0,07; 0,05]	8
			(0,05; 0,04]	6
			(0,04; 0,02]	2
			$< 0,02$	0
	Наличие съезда на проезжую часть	Да/нет	Нет	10
			Да	0
	Угол съезда на проезжую часть	Числовое значение, гр.	$> 45$	10
			(30; 45]	8
			(15; 30]	4
			$< 15$	0
	Время на переход	Числовое значение, с	$< 15$	10
			[15; 20)	8
			[20; 25)	4
$> 25$			0	

На следующих этапах работы планируется:

- доработка приложения с расширением функций на построение пешего маршрута в соответствии с выбранным алгоритмом нахождения кратчайших путей на графах;
- добавление информации о доступности социальных, туристических, развлекательных объектов, а также объектов общепита;
- отладка и тестирование приложения;
- анализ и оценка доступности городской среды;
- внедрение нейросетевых технологий для точной «подстройки» приложения под нужды конкретного пользователя.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Статистика людей с ОВЗ [Электронный ресурс]. URL: <https://plusone.ru/society/2022/12/02/pochemu-lyudey-s-invalidnostyu-stanovitsya-vsebolshhe>
2. Методика построения маршрута для людей с ограниченными возможностями [Электронный ресурс]. <http://kson86.ru/wpcontent/uploads/2018/02/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BA%D0%B0-pdf.pdf>

УДК 681.5.015  
004.942  
303.094.4

### ТЕСТИРОВАНИЕ АЛГОРИТМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЛЯ МНОГОМЕРНОЙ ДРОБНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СО ВХОДНЫМИ И ВЫХОДНЫМИ ПОМЕХАМИ

Иванова О. С., Бурцева Е. А., Кормаков А. А., Иванов Д. В.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** Исследование свойства состоятельности является актуальным и важным в различных областях науки и техники, таких как статистика, машинное обучение, эконометрика, биоинформатика и другие. Использование состоятельных методов оценки параметров позволяет получить более эффективные алгоритмы обработки данных и моделирования, так как они стремятся к оптимальному решению с увеличением объема информации. Изучение свойства состоятельности является важным шагом для обеспечения корректности и

достоверности результатов исследований и практических применений моделей. В данной работе проведено исследование свойства состоятельности для дробных динамических систем со входными и выходными помехами в сигналах. Результаты получены при помощи пакета Matlab. Графики зависимости средних значений относительных погрешностей показывают высокую эффективность оценивания.

**Ключевые слова:** исследование погрешности, соотношение шум/сигнал, динамическая система, дробный порядок, тестирование алгоритма, программная реализация, состоятельность, оценки, Matlab.

## TESTING AN IDENTIFICATION ALGORITHM FOR MULTIDIMENSIONAL FRACTIONAL DYNAMIC SYSTEMS WITH INPUT AND OUTPUT INTERFERENCE

Ivanova O.S., Burtseva E.A., Kormakov A.A., Ivanov D.V.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** The study of the property of consistency is relevant and important in various fields of science and technology, such as statistics, machine learning, econometrics, bioinformatics and others. The use of consistent methods for estimating parameters allows us to obtain more efficient algorithms for data processing and modeling, as they strive for an optimal solution with an increase in the amount of information. The study of the consistency property is an important step to ensure the correctness and reliability of research results and practical applications of models. In this paper, a study of the consistency property for fractional dynamic systems with input and output interference in signals is carried out. The results were obtained using the Matlab package. Graphs of the dependence of the average values of relative errors show high estimation efficiency.

**Keywords:** error research, noise/signal ratio, dynamic system, fractional order, algorithm testing, software implementation, consistency, estimates, Matlab.

Параметрическая идентификация динамических систем играет важную роль в теории автоматического управления. Определение математической модели системы на основе экспериментальных данных позволяет улучшить качество управления и прогнозировать поведение системы в различных условиях, в том числе в аварийных ситуациях.

Идентификация динамической системы может быть проведена как на основе априорной информации о структуре системы, так и без такой информации. Важным этапом является выбор математической модели, которая наилучшим образом описывает динамику системы, после чего процесс оценки параметров модели с использованием методов оптимизации и статистического анализа данных может показать высокую сходимость.

Современная теория идентификации включает в себя множество разнообразных критериев оценивания, на основе которых строятся алгоритмы оценивания, и как следствие настраивание параметров системы управления в целом.

Нахождение параметров системы для целочисленных моделей более проще, нежели, чем моделей дробного (нецелого) порядка. Наличие шумов, например, цветной в сигналах также усложняет процесс параметрической идентификации. При выборе инструментальных переменных большая память моделей дробного порядка затрудняет процесс идентификации, поэтому идентификация параметров систем дробного порядка со входными и выходными помехами является актуальной задачей на сегодняшний день.

В данном исследовании представлен алгоритм для определения параметров системы дробного порядка при наличии шума с дробными значениями.

Аналитическое уравнение, которое описывает дробную динамическую систему имеет вид:

$$z_i = 0,34\Delta^{0.3}z_{i-1} - 0,24\Delta^{1.1}z_{i-1} + \Delta^{1.3}x_i^{(1)} - 0,28\Delta^{0.3}x_i^{(1)} + \\ + 0,38\Delta^{0.9}x_i^{(2)} - 0,52\Delta^{1.9}x_i^{(2)} + 0,29\Delta^{0.5}x_i^{(3)} - 0,41\Delta^{1.3}x_i^{(3)}, \\ y_i = z_i + \xi_i, w_i^{(j)} = x_i^{(j)} + \xi_i^{(j)},$$

Тестирование динамической модели проводилось по критерию представленный в работах [1-3], который учитывает наличие во входных и выходных сигналах помехи. Входные сигналы описываются аналитическим уравнением вида:

$$x_i^{(j)} - 0,4 \cdot x_{i-3}^{(j)} = \tau_i^{(j)} - 0,1 \cdot \tau_{i-1}^{(j)} - 0,9 \cdot \tau_{i-2}^{(j)} + 0,1 \cdot \tau_{i-4}^{(j)},$$

где  $\tau_i^{(j)}$  – шум.

Фрагмент скрипт-программной реализации на пакете Matlab, представлен на рисунке 1.

```

132 - Qnmnk1(j)=(fail_mnk1(j)^2);
133 - Qnmnk1(j)=(fail1(j)^2)/znam1(j);
134 - grad_Qnmnk(j,i)=(Qnmnk1(j)-Qnmnk)/epsilon;
135 - grad_Qmnk(j,i)=(Qnmnk1(j)-Qmnk)/epsilon;
136 - end
137 - %Кoeffициент сходимости
138 - alpha=0.6/i;
139 - alpha1=0.6/i;
140 - Parametr(:,i+1)=Parametr(:,i)-alpha*grad_Qnmnk(:,i);
141 - Parametr1(:,i+1)=Parametr1(:,i)-alpha1*grad_Qmnk(:,i);
142 - end
143 -
144 -
145 - % Вывод векторов параметров
146 -
147 -
148 -
149 - a1(1)=1;
150 - a1(2:r_out+1)=Parametr(1:r_out,N)
151 - b1(1:r)=Parametr(r_out+1:r_all,N)

```

Рисунок 1 – Фрагмент программной реализации на платформе Matlab

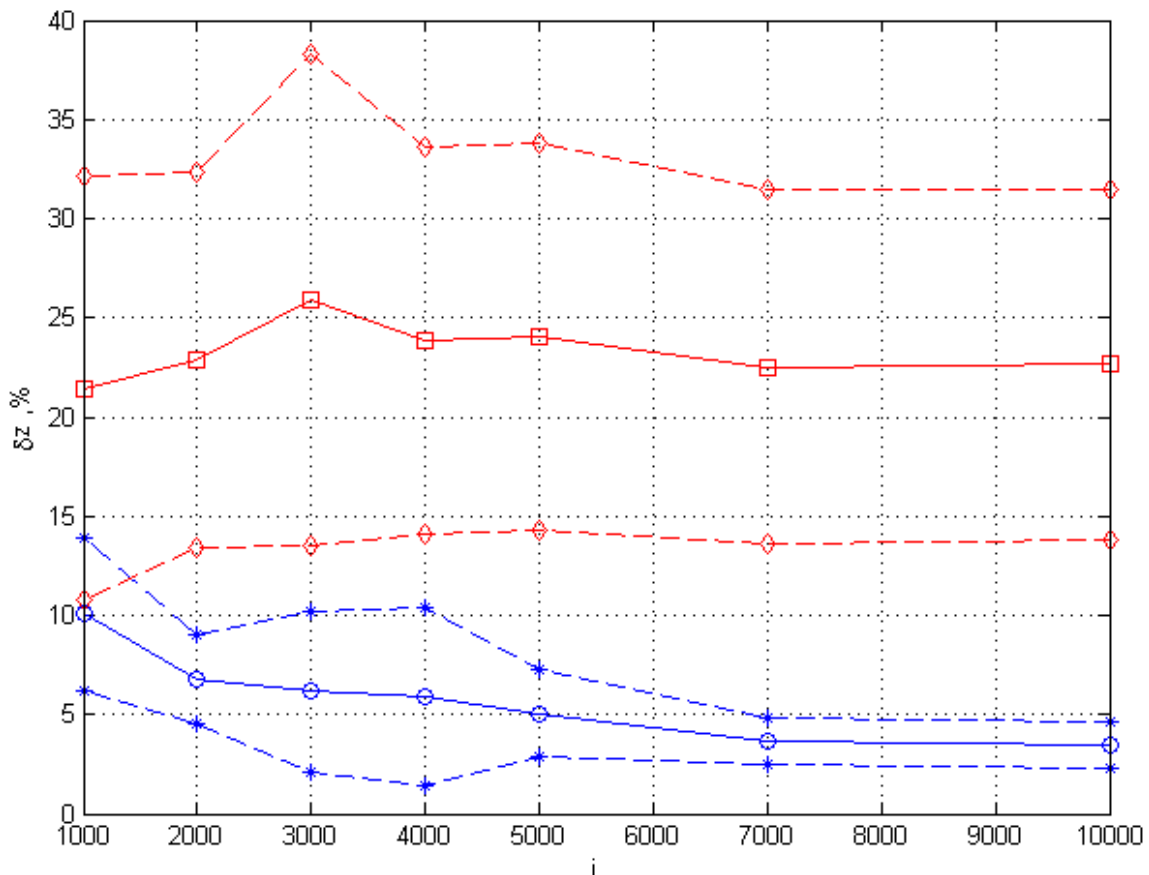


Рисунок 2 – Результат моделирования

Результатом являются графики зависимости средних значений относительных погрешностей параметров динамической системы, изображенные на рисунке 2, при заданном отношении:

$$\sigma_{\xi} / \sigma_z = \sigma_{\xi}^{(j)} / \sigma_x^{(j)} = 0.5$$

На основании полученных результатов моделирования можно сделать вывод, что предложенный алгоритм оценки параметров [1-3] проявил высокую эффективность сходимости параметров к истинным (заданным) значениям. Данный результат подтверждает состоятельность оценок и говорит о том, что алгоритм способен точно оценивать параметры системы даже при наличии шума в сигналах.

Следующим этапом является создание скриптовой программы, которая позволит изучать процесс сходимости на основе критерия идентификации параметров для дискретных динамических систем с распределенными параметрами. [4-7].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ivanov D.V., Ivanov A.V. Identification fractional linear dynamic systems with fractional errors-in-variables // Journal of Physics: Conference Series (см. в книгах). 2017. Т. 803. № 1. С. 012058.
2. Ivanov D.V. Identification discrete fractional order linear dynamic systems with errors-in-variables // В сборнике: Proceedings of IEEE East-West Design and Test Symposium, EWDTs 2013. 2013. С. 6673122.
3. Ivanov D. V., Sandler I. L., Chertykovtseva N. V., Bobkova E. U. Learning Algorithm for Fractional Dynamical Systems with Autocorrelated Errors-in-Variables // Procedia Computer Science : 9th, Nanning, 11–13 января 2019 года. – Nanning, 2019. – P. 311-318. – DOI 10.1016/j.procs.2019.06.045. – EDN IVTZPF.
4. Маслов, Е. С. Критерий идентификации параметров дискретных динамических систем с распределенными параметрами при наличии помех наблюдений в выходных сигналах / Е. С. Маслов, И. Л. Сандлер // Математическое и компьютерное моделирование естественно-научных и социальных проблем, Пенза, 28–31 мая 2018 года / под ред. д.ф.-м.н., проф. И. В. Бойкова.. – Пенза: Пензенский государственный университет, 2018. – С. 241-244. – EDN UTQIXW.
5. 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 YTVVKW.
6. Сандлер, И. Л. Параметрическая идентификация дискретных динамических систем с распределенными параметрами при наличии помех наблюдения во входных сигналах / И. Л. Сандлер, Е. С. Маслов // Вестник транспорта Поволжья. – 2018. – № 6(72). – С. 100-107. – EDN POPEBZ.
7. 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.

УДК 303.732.4

### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ

Некраш В. А.

Самарский государственный технических университет, Самара

**Аннотация:** в работе рассматривается концепция формирования оптимального инвестиционного портфеля для частного инвестора в соответствии с его индивидуальным профилем. Этапы создания индивидуальной траектории инвестирования представлены в виде IDEF0-диаграммы. Стратегия предусматривает формирование индивидуального профиля инвестора на основе разработанной анкеты, утверждения перечня активов, входящих в портфель, проведения ретроспективного анализа применения различных стратегий оптимизации в соответствии с профилем инвестора с помощью симуляторов фондового рынка или архива котировок ценных бумаг с последующим выбором стратегии оптимизации инвестиционного портфеля. Предлагаемая концепция подходит в первую очередь для частных инвесторов, не являющихся специалистами в области инвестирования, но желающих повысить доходность своего инвестиционного портфеля за счет эффективных стратегий его оптимизации.

**Ключевые слова:** инфляция, инвестиции, инвестиционный портфель, стратегии инвестирования, профиль инвестора, IDEF0-диаграмма, стратегия оптимизации, диверсификация.

## SOLVING THE INVESTMENT PORTFOLIO OPTIMIZATION PROBLEM

Nekrash V. A.

Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** the work discusses the concept of forming an optimal investment portfolio for a private investor in accordance with his individual profile. The stages of creating an individual investment trajectory are presented in the form of an IDEF0 diagram. The strategy involves the formation of an individual investor profile based on a developed questionnaire, approval of the list of assets included in the portfolio, retrospective analysis of the application of various optimization strategies in accordance with the investor's profile using stock market simulators or an archive of securities quotes, followed by selection of an investment portfolio optimization strategy. The proposed concept is suitable for the formation of investment portfolios primarily for private investors who are not specialists in the field of investment, but who want to increase the profitability of their investment portfolio through effective strategies for its optimization.

**Keywords:** inflation, investments, investment portfolio, investment strategies, investor profile, IDEF0 diagram, optimization strategy, diversification.

Побочным продуктом роста экономики является обесценивание денег. Инфляция, как явление увеличения уровня цен на товары и услуги, оказывает существенное влияние на жизнь обычных людей, ухудшая их финансовое положение и условия жизни.

Инвестирование как инструмент накопления денег при грамотном подходе обладает высокой доходностью, ликвидностью, гибкостью. Грамотно диверсифицированный портфель позволяет снизить риски от дефолта или финансового кризиса [1-2].

В настоящее время все больше людей, даже не имея профильного экономического образования, выбирают инвестирование вместо хранения денег на накопительном счете или покупки недвижимости, причем, как правило, начинающие инвесторы выбирают так называемые «ленивые портфели», отвечающие стратегии «купил и забыл», которая требует минимального внимания инвестора. Самыми популярными вариантами «ленивой стратегии» являются: «стабильный портфель 60/40», «всепогодный портфель» Рэя Далио, «Портфель простака» Уильяма Бернстайна [3].

Целью данной работы является разработка концепции формирования оптимального инвестиционного портфеля для частного инвестора в соответствии с его индивидуальным профилем.

Для структурирования процесса создания индивидуальной траектории инвестирования была разработана IDEF0-диаграмма. Диаграмма, описывающая основные этапы формирования инвестиционного портфеля, представлена на рисунке 1.

Для формирования профиля инвестора (блок А1) была разработана форма предварительного опроса, выявляющая цели и сроки инвестирования, готовность инвестора к риску, желаемая доходность, нежелательные сферы инвестирования. Механизм формирования профиля инвестора отображен рисунке 2, где представлена декомпозиция блока А1. Результатом работы блока А1 является получение подробного профиля инвестора. С учетом профиля инвестора формируется перечень возможных активов в инвестиционном портфеле (блок А2). На следующем этапе инвестор совместно с финансовым аналитиком выбирает из сформированного перечня активы для их последующего приобретения (блок А3). На следующем этапе предлагается оптимизировать соотношение активов в портфеле (блок А4). Декомпозиция блока А4 представлена на рисунке 3. Важным этапом предлагаемой концепции формирования оптимального инвестиционного портфеля является проведение ретроспективного анализа применения различных стратегий оптимизации в соответствии с профилем инвестора с помощью симуляторов фондового рынка или архива котировок ценных бумаг (блок А4.1). Для этого из перечня утвержденных на предыдущем этапе финансовых активов формируется несколько вариантов инвестиционных портфелей в соответствии с различными стратегиями оптимизации, такими как, оптимизации по моделям Марковица, нечетко-множественных описаний Недосекина, эвристическим алгоритмам

Монте-Карло или «восхождения на холм» и проводят моделирование на временном отрезке, соответствующем сроку желаемого инвестирования из профиля инвестора. На основании полученных в результате моделирования характеристик производится сравнительный анализ работы различных стратегий оптимизации и принимается окончательное решение о выборе конкретного алгоритма оптимизации для утвержденного ранее инвестиционного портфеля частного инвестора.

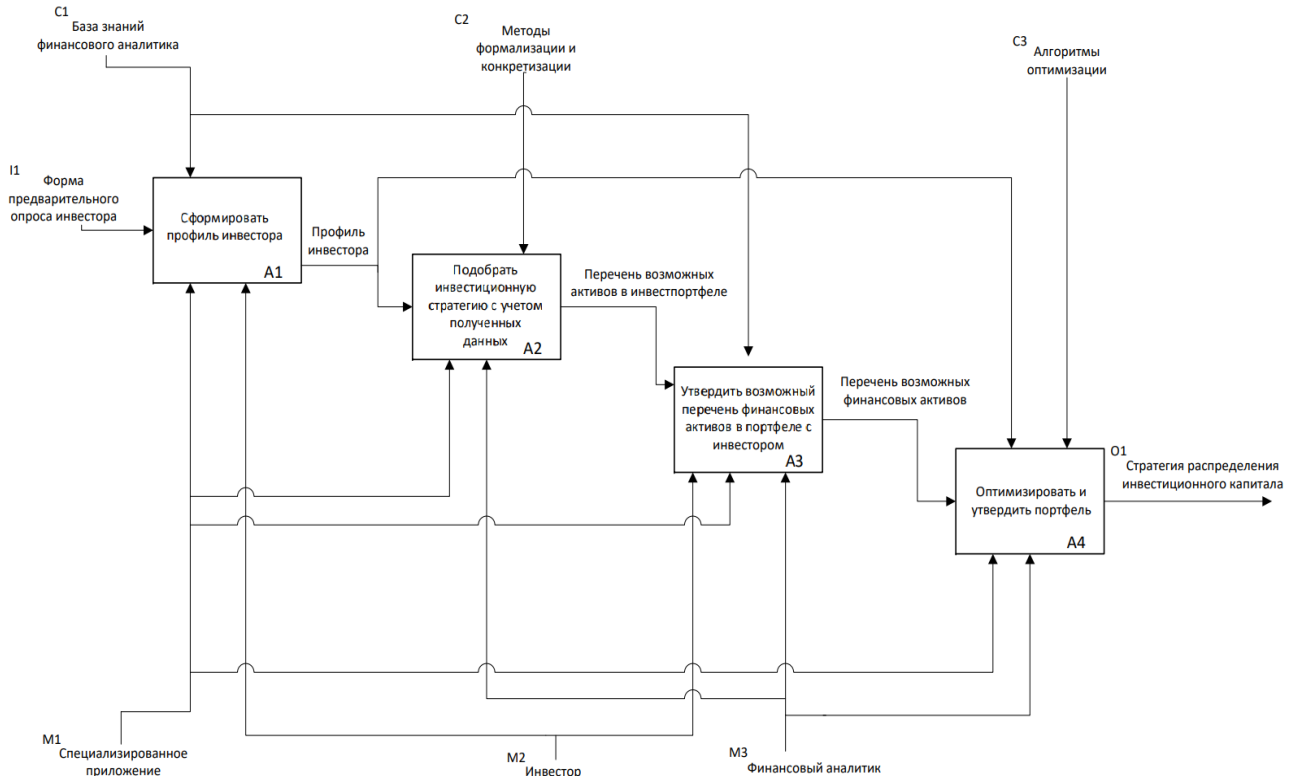


Рисунок 1 – IDEF0-диаграмма, описывающая основные этапы формирования инвестиционного портфеля

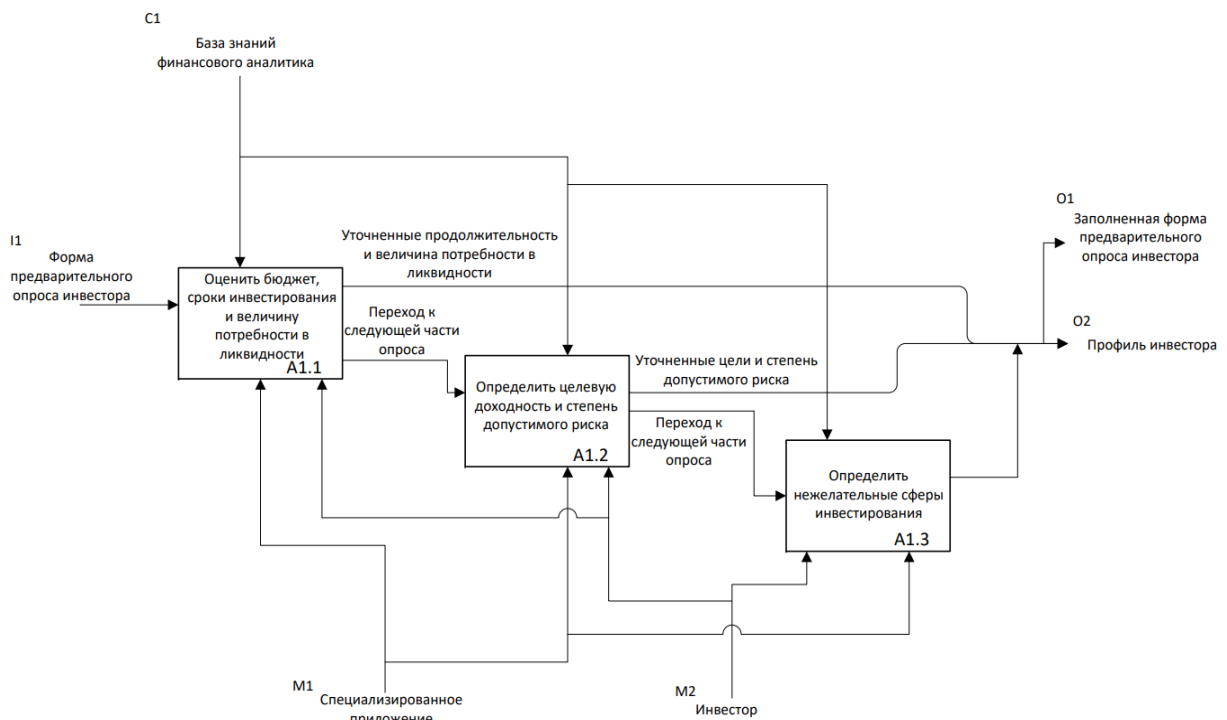


Рисунок 2 – IDEF0-диаграмма. Декомпозиция блока A1

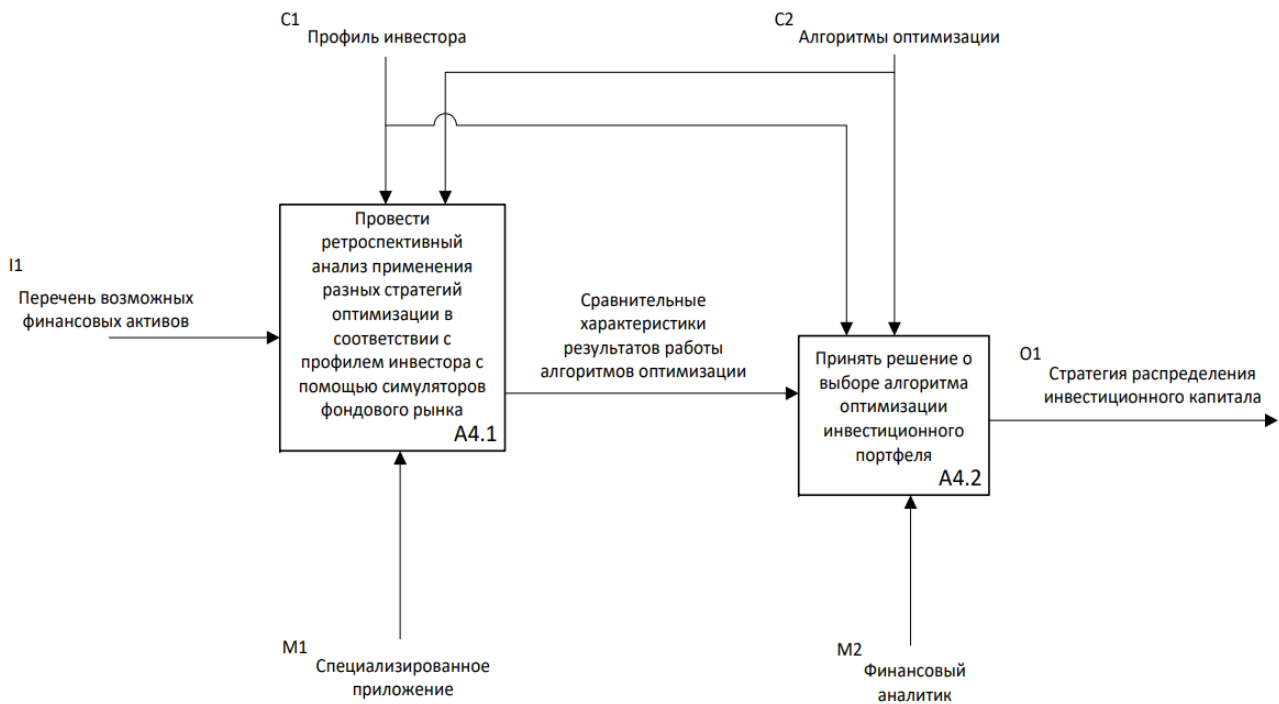


Рисунок 3 – IDEF0-диаграмма. Декомпозиция блока A4

Предлагаемая концепция подходит для формирования инвестиционных портфелей в первую очередь для частных инвесторов, не являющихся специалистами в области инвестирования, но желающих повысить доходность своего инвестиционного портфеля за счет применения эффективных стратегий его оптимизации.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инвестиции и инвестиционная деятельность организаций: учебное пособие / под ред. Т. К. Руткаускас - Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2019. – 316 с.
2. Инвестиции: учебник для вузов / под ред. Л.И. Юзвович, С.А. Дегтярева, Е.Г. Князевой. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 543 с.
3. Самые популярные стратегии инвестирования / Финансовый журнал. URL: <https://www.finam.ru/publications/item/samye-populyarnye-strategii-investirovaniya-20230921-1412/>

УДК 351.864.253

## ПРИМЕНИМОСТЬ МНОГОФАКТОРНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТОВ В СИСТЕМЕ ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБОРОННОГО ЗАКАЗА

Черняев Е. В., Михайленко Л. В.

АО «РКЦ «Прогресс», Самара

**Аннотация:** рассматривается метод анализа оболочки данных, построенный на основе на основе базовой математической ССР-модели, применительно к решению задачи многофакторной оценки эффективности проектов, выполняемых в рамках системы программно-целевого планирования государственного оборонного заказа, в том числе, за счет многофакторного анализа множества входных и выходных данных.

**Ключевые слова:** государственный оборонный заказ, проект, продукция, оценка эффективности, базовая математическая модель, параметрическая настройка.

**THE APPLICABILITY OF MULTIFACTORIAL EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF PROJECTS IN THE SYSTEM OF PROGRAM-TARGET PLANNING OF THE STATE DEFENSE ORDER**

Chernyaev E. V., Mikhailenko L. V.

JSC SRC Progress, Samara

**Abstract:** the method of data shell analysis, based on the basic mathematical CCR model, is considered in relation to solving the problem of multifactorial evaluation of the effectiveness of projects carried out within the framework of the program-target planning system of the state defense order, including through multifactorial analysis of a variety of input and output data.

**Keywords:** state defense order, project, products, efficiency assessment, basic mathematical model, parametric adjustment.

Современные исследования, как теоретические, так и практические, уделяют пристальное внимание задаче управления ресурсами в рамках кооперации организаций, задействованных в выполнении госконтрактов, так как повышение эффективности в этой сфере является критически важной задачей в условиях проведения специальной военной операции [1, 2, 3].

Одновременно, отсутствие полноценного научно-методического инструментария планирования и прогнозирования стоимости продукции ГОЗ (с учётом особенностей программного-целевого ценообразования) является причиной недостаточно эффективного использования финансовых ресурсов для обеспечения выполнения мероприятий, запланированных в рамках ГПВ, что приводит к срыву сроков выполнения государственных контрактов и ставит под угрозу обороноспособность страны.

В связи с этим одной из наиболее актуальных стратегических задач реализации проектов по созданию продукции, выполняемых в рамках системы программно-целевого планирования гособоронзаказа, является создание налаженной системы оценки финансовых потоков между участниками кооперации исполнителей.

Одним из перспективных, по мнению авторов, подходов к решению этой задачи является многофакторная оценка эффективности проектов, выполняемых в рамках госконтрактов кооперацией предприятий, с использованием метода анализа оболочки данных DEA (Data Envelopment Analysis), построенного на основе базовой математической CCR-модели, предложенной Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. [4].

Рассмотренный метод ориентирован на построение границы относительной эффективности в отношении набора  $n$  однотипных элементов, обладающими одинаковым векторами параметров (выходных  $Y=(y_{jn}), j=\overline{1, J}$  и входных  $X=(x_{in}), i=\overline{1, H}$ ). В случае решаемой задачи в качестве таких элементов выступают проекты, выполняемые в рамках системы программно-целевого планирования гособоронзаказа, относительная эффективность которых в каждом случае рассчитывается путем решения системы, состоящей из  $N$  задач вида:

$$\frac{\sum_{j=1}^J u_j y_{jn}}{\sum_{i=1}^H v_i x_{in}} \leq 1, \forall \left( n=\overline{1, N}; j=\overline{1, J}; i=\overline{1, H}; \right. \\ \left. u_j > 0; v_i > 0 \right)$$

$$E_n(X_n, Y_n) = \frac{\sum_{j=1}^J u_j y_{jn}}{\sum_{i=1}^H v_i x_{in}} \rightarrow \max_{U, V \in G}$$

где  $x_{ni}, i=\overline{1, H}$  и  $y_{nj}, j=\overline{1, J}$  – векторы входных и выходных параметров  $n$ -го объекта,

$U=(u_j), j=\overline{1, J}, V=(v_i), i=\overline{1, H}$  – векторы весовых коэффициентов,  $E(X, Y) = \frac{\sum_{j=1}^J u_j y_j}{\sum_{i=1}^H v_i x_i}$  – математическая модель оценки, представленная в виде взвешенного соотношения между векторами выходных и входных параметров объекта. Таким образом, для каждого  $n$ -го



объекта из массива  $n=\overline{1, \overline{N}}$  значение  $E_n$  должно приближаться к 1 находясь при этом в интервале  $[0; 1]$ .

Критерии разделения параметров объекта в условиях решения поставленной задачи, а также вид математической модели для более общего случая, когда коэффициенты для различных параметров отличаются  $U=(u_{jn}), j=\overline{1, \overline{J}}, V=(v_{in}), i=\overline{1, \overline{H}}$ , описаны в [5].

Методы решения подобных задач приведены в работе [4].

Оценки эффективности, рассчитанные на основе предложенной математической модели, могут использоваться для анализа выполнения проектов в рамках системы программно-целевого планирования гособоронзаказа и по факту их завершения, и также на этапе планирования базовых показателей для осуществления пошаговой оптимизации.

Применение базовой математической модели на практике требует ее параметрической настройки, то есть определения векторов входных и выходных параметров объекта, под которым определим проект, представляющий собой совокупность действий, направленных на выполнение определенных задач в заданные сроки в интересах государственного заказчика, и имеющий вектор входных и вектор выходных параметров, что наглядно иллюстрирует рисунок 1.

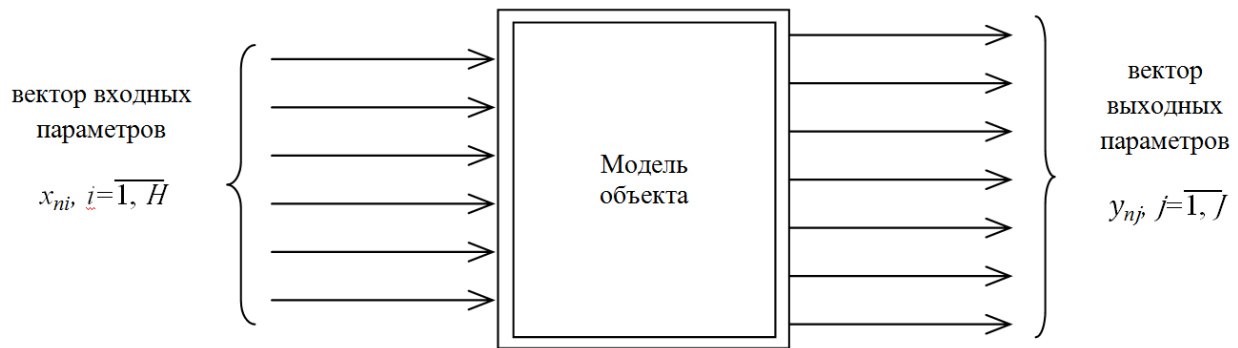


Рисунок 1 – Модель многомерного объекта

В качестве входных факторов (потребных ресурсов) проекта  $X=(x_{in}), i=\overline{1, \overline{H}}$  могут выступать:

–  $x_{n1} : (0, \infty)$  – параметр, оценивающий финансовую сторону проекта, может быть определен на основе затратного метода в случае расчета на этапе планирования работ, а может определяться по факту оплаты уже законченного проекта;

–  $x_{n2} : (0, 1]$  – экспертная оценка доли производственных мощностей, которые должны или участвуют (по плану или фактически) в выполнении проекта, по отношению к общему объему производственного парка предприятия;

–  $x_{n3} : (0, 1]$  – экспертная оценка квалификации производственного коллектива, задействованного в работе над проектом, учитывающая, как количественный состав, так и компетенцию;

–  $x_{n4} : [0, \infty)$  – экспертная оценка объема работ, выполненных на подготовительном этапе проработки проекта (может использоваться финансовый показатель);

–  $x_{n5} : [0, \infty)$  – экспертная оценка производственного задела (рассматривается стоимость работ по проекту, выполненных на подготовительном этапе или в рамках других проектов, определяемая затратным методом);

–  $x_{n6} : [0, \infty)$  экспертная оценка плановой или фактической срочности тсполнения проекта.

В качестве выходных параметров (результатов) проекта  $Y=(y_{jn}), j=\overline{1, \overline{J}}$  могут рассматриваться следующие:

- $y_{n1} : [0, 1]$  – экспертная оценка степени готовности в срок штучной продукции (может быть определена отношением стоимости выполненных работ к плановой сумме общих затрат по проекту);
- $y_{n2} : [0, 1]$  – экспертная оценка степени готовности в срок продукции, выпускаемой мелкими партиями (в процентном отношении к плановому объему);
- $y_{n3} : [0, 1]$  – экспертная оценка готовности серии изделий может быть определена по аналогии с  $y_{n2} : [0, 1]$ ;
- $y_{n4} : [0, 1]$  – экспертная оценка качества проработки сопроводительной технической документации по проекту (в процентном отношении к плановому объему);
- $y_{n5} : [0, 1]$  – экспертная оценка качества упаковки и транспортировки (определяется исходя из наличия повреждения единиц продукции в ходе её транспортировки от производителя заказчику);
- $y_{n6} : [0, 1]$  – экспертная оценка качества маскировки непосредственно единиц продукции, изготовленных в ходе выполнения проекта, если она была им предусмотрена (может быть определена исходя из фактического или предполагаемого ущерба, который может или возник в результате плохого качества или отсутствия маскировки);
- $y_{n7} : [0, 1]$  – экспертная оценка соответствия фактических сроков, количества и качества проведенных работ по сопровождению изделия (изделий) на этапе введения его (их) в эксплуатацию, определенных планом выполнения проекта, плановым;
- $y_{n8} : [0, 1]$  – экспертная оценка гарантийного сопровождения определяется по аналогии с  $y_{n7} : [0, 1]$ ;
- $y_{n9} : [0, 1]$  – экспертная оценка степени соответствия способности изделия (изделий) выполнять с надлежащим качеством функции, определенные техническим заданием (объем и качество);
- $y_{n10} : [0, 1]$  – экспертная оценка срока действия по отношению к срокам, обозначенным в техническом задании;
- $y_{n11} = \begin{cases} 0, & \text{если нет} \\ 1, & \text{если есть} \end{cases}$  – экспертная оценка наличия (или отсутствия) научного результата;
- $y_{n12} = \begin{cases} 0, & \text{если нет} \\ 1, & \text{если есть} \end{cases}$  – экспертная оценка наличия (или отсутствия) инновационного результата.

Тогда, предложенная модель объекта будет иметь размерность входного вектора параметров равной 5 и соответственно 12 выходных характеристик, что наглядно иллюстрирует рисунок 2.

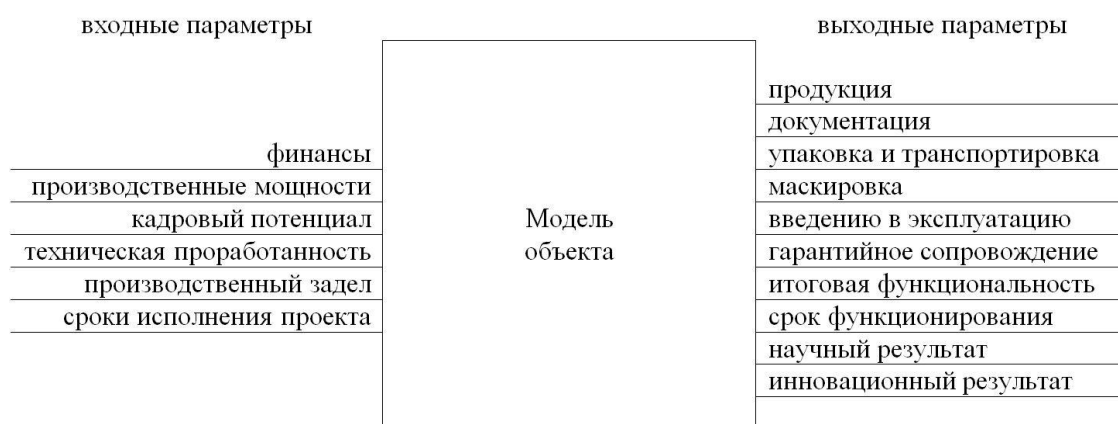


Рисунок 2 – Параметрическая настройка модели многомерного объекта

Вышеприведенный метод при условии корректной параметрической настройки и адекватного определения весовых коэффициентов  $u_{jn}$ ,  $v_{in}$  (что является отдельной задачей) позволяет обеспечить повышение эффективности планирования и прогнозирования

стоимости проектов по созданию продукции гособоронзаказа, в том числе, например, космических аппаратов дистанционного зондирования Земли за счет многофакторного анализа множества входных данных.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Намитулина А.З., Прокофьев М.Н. Эффективность бюджетных расходов, выделенных на реализацию оборонного заказа // Вестник СамГУ. 2013. №10 (111). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-byudzhetnyh-rashodov-vydelennyh-na-realizatsiyu-oboronnoy-zakaza> (дата обращения: 24.01.2023).
2. Чернышева, Г. Н., Рогов, Н. В., & Ткачева, М. В. (2021). Подходы к обеспечению надежности выполнения гособоронзаказа. Вестник ВГУ. Серия: Экономика и управление, (3), 94-108. <https://doi.org/10.17308/econ.2021.3/3621>.
3. Буравлев А. И., Гладышевский В. Л. Оптимальное распределение ресурсов в задачах программно-целевого планирования развития вооружения и военной техники // Вооружение и экономика. 2014. № 2 (27). С. 21–36. Курбанов Артур Хусаинович, Князьнеделин Радислав Алексеевич, Смуров Александр Михайлович Анализ опыта применения программно-целевого планирования в интересах технологического развития оборонно-промышленного комплекса // Известия СПбГЭУ. 2017. № 6 (108). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-opyta-primeneniya-programmno-tselevogo-planirovaniya-v-interesah-tehnologicheskogo-razvitiya-oboronno-promyshlennogo> (дата обращения: 18.01.2023).
4. Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. «Measuring the efficiency of decision-making units», European Journal of Operation Research, vol. 6 (2), pp. 429-444, 1978.
5. Черняев Е. В. Многофакторная оценка эффективности проектов в системе программно-целевого планирования государственного оборонного заказа / Черняев Е. В. // Вестник СамГУПС. – 2023. – № 1. – С. 33–38.

УДК 004.031.42

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ПРИМЕРЕ САМГТУ

Валиулов Р. А.

Самарский государственный технических университет, Самара

**Аннотация:** в работе рассматривается концепция создание чат-бота с системой обработки информационных запросов пользователя, системой навигации с использованием Яндекс-карт по инфраструктурным объектам и дополнительным функционалом, использующим технологии искусственного интеллекта для классификации и распознавания текста. Рассмотрены этапы реализации системы навигации с использованием чат-бота для СамГТУ. Предлагаемая концепция подходит для создания систем навигации с использованием чат-ботов для любых предприятий, имеющих географическую разрозненность объектов инфраструктуры.

**Ключевые слова:** система навигации, чат-бот, маршрут, инфраструктура, динамически изменяющаяся карта, расписание, АИС.

## DEVELOPMENT OF AN ENTERPRISE NAVIGATION SYSTEM USING THE EXAMPLE OF SAMGTU

Valiulov R. A.

Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** the work discusses the concept of creating a chat bot with a system for processing user information requests, a navigation system using Yandex maps for infrastructure objects and additional functionality using artificial intelligence technologies for classification and text recognition. The stages of implementation of a navigation system using a chatbot for SamSTU are considered. The proposed concept is suitable for creating navigation systems using chatbots for any enterprise with geographically dispersed infrastructure.

**Keywords:** navigation system, chatbot, route, infrastructure, dynamically changing map, schedule, AIS.

В настоящее время актуальной задачей является предоставление технологий по быстрому ориентированию и маршрутизации для предприятий, организаций, учебных заведений, имеющих географическую разрозненность объектов инфраструктуры. Между тем, чат-боты — самый быстрорастущий канал коммуникации бренда, а размер рынка чат-ботов за последние несколько лет увеличился на 92%. В 2023 году каждое шестое взаимодействие с клиентами в мире осуществлялось с помощью диалогового ИИ. Чат-ботами пользуются 1,4 миллиарда человек.

Целью данной работы является создание чат-бота с системой обработки информационных запросов пользователя, системой навигации с использованием Яндекс-карт по инфраструктурным объектам и дополнительным функционалом, использующий технологии Искусственного Интеллекта для классификации и распознавания текста.

Абитуриенты и студенты любого ВУЗа часто сталкиваются с такими проблемами, как поиск информации:

- по инфраструктуре университета, расписанию;
- о расположении аудиторий, переходов между корпусами, структурных подразделений;
- о мероприятиях ВУЗа;
- о ближайших точках общепита;
- о возможных маршрутах между структурными подразделениями.

Эти проблемы можно решить с помощью системы навигации с использованием чат-бота. Доступ с телефона позволит быстро найти нужную информацию, сэкономит время, построить маршрут до выбранного места с учетом особенностей инфраструктуры.

В данной работе рассмотрены этапы реализации чат-бота для СамГТУ, в состав которого входит 13 корпусов, 6 общежитий, санаторий-профилакторий и другие подразделения, географически распределенные по всему городу.

Кроме студентов и абитуриентов в информационной и навигационной поддержке нуждаются:

- школьники;
- преподаватели СамГТУ;
- родители школьников, абитуриентов и студентов;
- прочие посетители СамГТУ.

Кроме пользователей системы навигации можно выделить организации, заинтересованные в информационной поддержке и продвижении своих услуг, которые можно привлечь к финансированию проекта:

1. Владельцы и менеджеры заведений общественного питания, работающие в районах расположения корпусов, ориентированные на низкий и средний ценовой сегмент, способные быстро обеспечить изготовление и/или доставку блюд

2. Владельцы и менеджеры заведений ксерокопирования, распечатки документов в разных форматах, переплет дипломов, работающие в районах расположения корпусов, ориентированные на низкий и средний ценовой сегмент

3. Владельцы и менеджеры заведений по продаже канцтоваров, работающие в районах расположения корпусов, ориентированные на низкий и средний ценовой сегмент.

В рамках работы были проведены интеграция динамической карты в чат-бот (на базе API Яндекс-карт) [1], отрисовка 13 корпусов (с описанием аудиторий) для навигации внутри зданий инфраструктуры СамГТУ, разработаны системы навигации внутри корпусов. Также были разработаны: архитектура бота, логика диалога с пользователями, архитектура базы данных, решены вопросы взаимодействия программного продукта с АИС ВУЗа [2] и официальным сайтом СамГТУ [3] для доступа к данным о расписании студентов и преподавателей с привязкой к аудитории.

На рисунке 1 показан результат работы системы навигации при нахождении маршрута на динамически изменяющейся карте, на рисунке 2 - карта внутри инфраструктурных

объектов СамГТУ с возможностью построения маршрута и наличием информации по каждому из них.

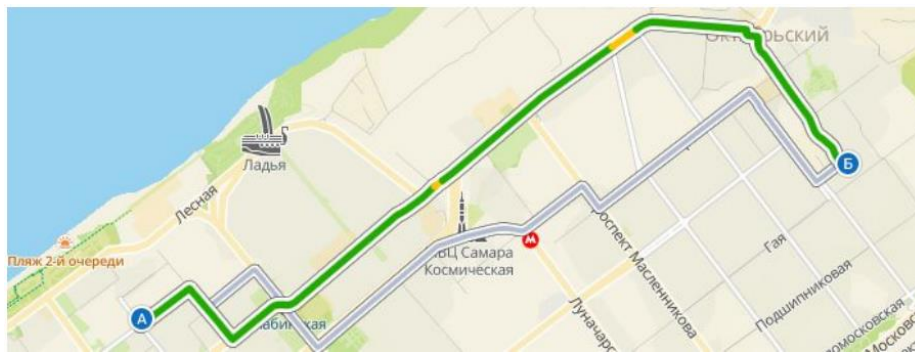


Рисунок 1 – Маршрут от 8 корпуса СамГТУ до бассейна СамГТУ



Рисунок 2 – Карта навигации внутри корпусов

С целью автоматизации обработки запросов для классификации и распознавания текста в приложении используются технологии искусственного интеллекта. Поступивший в чат-бот запрос от пользователя, передается на сервер, на котором находится NLP-модель (модель обработки естественного языка) (рисунок 3). Данная модель разбивает запрос на токены (текстовые единицы) и распределяет веса для них сравнивая с весами предобученной модели. Для этого была разработана методика формирования данных для обучения моделей (датасета). Затем модель классификации сравнивает веса запроса с классами и определяет соответствующий запросу класс. Далее из базы данных извлекается соответствующий классу предписанный ответ, создаётся запись в модуле логирования (время-текст запроса-класс), после чего ответ, положенный классу запроса, выводится пользователю в приложении.

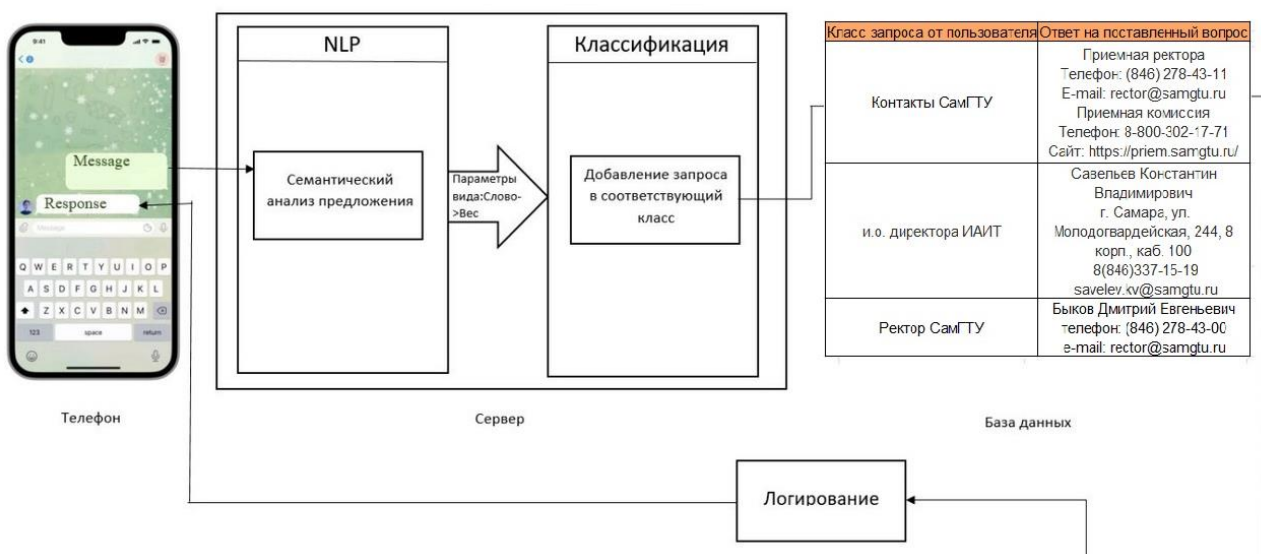


Рисунок 3 – Структура процесса классификации запросов и генерации ответов

В настоящее время функционал чат-бота предусматривает:

1. Возможность нахождения маршрута между объектами инфраструктуры университета, а также внутри них;
2. Представление актуальной информации по структуре университета;
3. Предоставление расписания группы по дате без регистрации;
4. Возможность получить информацию о преподавателях;
5. Возможность взаимодействия с пользователем для поддержания простых диалогов;
6. Рекомендация по научным, предпринимательским и досуговым мероприятиям;
7. Отправка уведомлений о ближайших ВУЗовских мероприятиях;

Предлагаемая концепция подходит для создания систем навигации с использованием чат-ботов для любых предприятий, имеющих географическую разрозненность объектов инфраструктуры.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яндекс.Карты // URL: <https://yandex.ru/maps/51/samara/?ll=50.129482%2C53.208568&z=14> (дата обращения: 10.01.2024г.).
2. АИС СамГТУ // URL: <https://lk.samgtu.ru/site> (дата обращения: 10.01.2024г.).
3. Официальный сайт СамГТУ // URL: <https://samgtu.ru/> (дата обращения: 10.01.2024г.).

УДК 681.5.015

### ЗАДАЧИ ИДЕНТИФИКАЦИИ И АНАЛИЗА В ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Дилигенская А. Н., Коптев Г. С., Никифорова А. А.

Самарский государственный технический университет, Самара

**Аннотация:** Исследуется задача аппроксимации на заданном интервале периодической кривой, имеющей смысл экспериментального оптического спектра многокомпонентного соединения, с помощью кусочных функций Гаусса. Задача сводится к разбиению на отдельные интервалы, содержащие спектральные выбросы, и определению вектора параметров для каждого участка. Представлены результаты идентификации на модельном примере.

**Ключевые слова:** оптический спектр, аппроксимация данных, идентификация, вектор параметров

### IDENTIFICATION AND ANALYSIS PROBLEMS IN PHYSICOCHEMICAL TECHNOLOGIES

Diligenskaya A. N., Koptev G. S., Nikiforova A. A.

Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** The problem of approximation on a given interval of a periodic curve, meaning the experimental optical spectrum of a multicomponent compound, by means of piecewise Gaussian functions is studied. The problem is reduced to partitioning into separate intervals containing spectral emissions and determining the parameter vector for each section. The identification results on a model example are presented.

**Keywords:** optical spectrum, data approximation, identification, parameter vector

Изучение широкого круга процессов технологической физики или физической химии требует применения современных методов моделирования, анализа и идентификации изучаемых явлений. В области обработки многомерных данных по результатам экспериментальных исследований процессов физико-химических технологий акцент

делается, как на совершенствование электронной аппаратуры, так и на развитие методов математического моделирования, идентификации и системного анализа [1, 2].

Одна из таких задач возникает при исследовании оптических спектров многокомпонентных смесей и заключается в определении основных параметров, однозначным образом задающих свойства вещества в рамках выбранного структурного оператора, для каждого компонента.

Если структура математической зависимости задана с достаточной степенью адекватности, то исходная проблема сводится к нахождению вектора значимых параметров для каждого составляющего элемента на основе экспериментальных данных.

В работе показан пример аппроксимации экспериментальной зависимости, представляющей модельный спектр некоторого химически активного вещества, на основе параметрической идентификации основных структурных параметров.

Экспериментальные данные получены в результате проведения вычислительного эксперимента в соответствии с выражением

$$R(x) = r_0 + r_1 \sin(x) + r_2 \sin(2x) + r_3 \sin(4x). \quad (1)$$

Модельная аппроксимирующая зависимость построена на основе объединения отдельных сегментов, каждый из которых представляет собой функцию Гаусса [2]

$$G_i(x) = a_i \exp\left(-\frac{(x-b_i)^2}{2c_i^2}\right), \quad i=1, \dots, N, \quad (2)$$

имеющую колоколообразную форму, и характеризуется тремя параметрами: максимальной высотой пика  $a$ , координатой вершины пика  $b$  (сдвигом пика от нуля) и шириной  $c$  (размахом) колокола. Таким образом, задача идентификации сводится к определению числа пиков  $N$  и нахождению указанных параметров  $a_i, b_i, c_i$  для каждого пика  $i = 1, 2 \dots N$ .

На первом этапе расчетов выполняется разбиение всего интервала идентификации на отдельные участки, общее количество которых равно числу  $N$  присутствующих в спектре пиков. Выделение интервалов, каждый из которых содержит один анализируемый пик, может быть реализовано на основе определения локальных минимумов и максимумов в экспериментальных данных. Интервал между двумя соседними локальными минимумами принимается за участок, содержащий один пик спектра.

На втором этапе вычислений находятся базовые параметры  $a_i, b_i, c_i, i = 1, 2 \dots N$ , однозначным образом задающие форму кривой распределения Гаусса, для каждого пика в экспериментальном спектре.

Анализ экспериментальных данных производится с помощью методов цифровой обработки сигналов в среде MATLAB.

Некоторые результаты аппроксимации заданной кривой (1) с помощью кусочных гауссовых функций  $G(x) = \sum_{n=1}^N G_i(x)$  вида (2) представлены на рисунке 1.

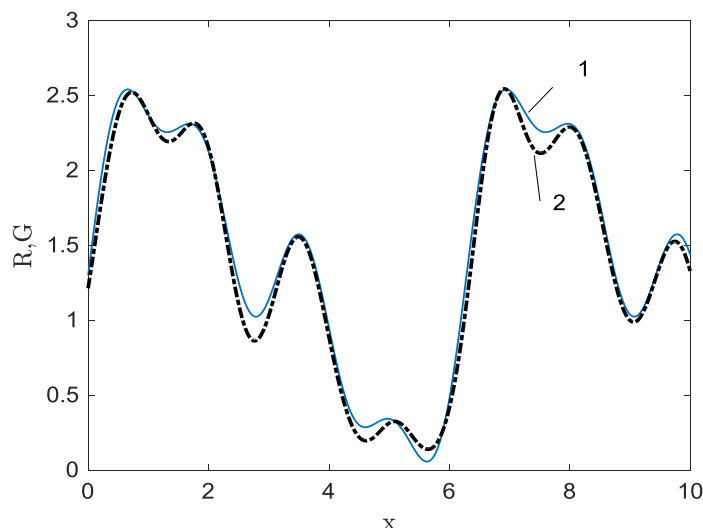


Рисунок 1 – Заданная спектральная кривая  $R(x)$  – 1 и её аппроксимация  $G(x)$  – 2

Погрешность аппроксимации спектральной кривой определяется ошибками расчета основных структурных параметров для каждого спектрального выброса. В общем случае эта задача не имеет однозначного решения, и её точность зависит от многих аспектов, таких как перекрытие отдельных интервалов, сложность формы экспериментальной кривой, действие возмущений и других. В работе показана возможность идентификации оптического спектра и её результаты на модельном примере при небольшом числе неопределенных факторов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богомолов А. Ю. Оптические мультисенсорные системы в аналитической спектроскопии // Журнал аналитической химиию. – 2022. – Т. 77. – № 3. С. 227–247.
2. Stetsenko Maksym. Analysis of results of approximation of the spectral characteristics of surface plasmon resonance by using analytic function // Journal Optoelectronics and Semiconductor Technique. – 2014. – № 49. – pp. 93–97.

УДК 004.94  
621.865.8

## СИНТЕЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ С ДИСКРЕТНЫМ ПИ-РЕГУЛЯТОРОМ В MATLAB

Цыбусов А. С., Рогачев Г. Н.

Самарский государственный технический университет, Самара

**Аннотация:** в данной статье рассматривается синтез системы автоматического регулирования с дискретным ПИ-регулятором в системе управления теплообменными процессами. Синтез дискретного ПИ-регулятора проводится методом переоборудования с использованием расширения Control System Toolbox пакета MATLAB. Моделирование системы в пакете Simulink подтверждает корректность предлагаемого подхода.

**Ключевые слова:** настройка ПИ-регулятора, синтез, MATLAB, передаточная функция, Simulink, Control System Toolbox.

## SYNTHESIS OF AUTOMATIC CONTROL OF PI-CONTROLLER IN MATLAB SOFTWARE ENVIRONMENT

Tsybusov A. S., Rogachev G. N.

Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** this article discusses the synthesis of an automatic control system with a discrete PI controller in a heat exchange process control system. The synthesis of a discrete PI controller is carried out by the conversion method using the Control System Toolbox extension of the MATLAB package. Simulation of the system in the Simulink package confirms the correctness of the proposed approach.

**Keywords:** PI controller tuning, synthesis, MATLAB, transfer function, Simulink, Control System Toolbox.

В статье рассмотрена система управления технологическим процессом подогрева воды в теплообменнике. Структурная схема технологического процесса представлена на рисунке 1. В технологическом процессе присутствуют управляющее воздействие – ПК 1-3 «Расход пара» и возмущающее воздействие – РК 1 «Поддача охлаждающей воды». Для обеспечения стабильности процесса (отсутствия перегрева или переохлаждения воды) предложено использовать регулятор. Правильная настройка регулятора позволяет достичь приемлемого качества управления и повысить эффективность системы.



Теплообменник в работе рассматривается как многомерный объект управления с двумя входами (управляющим и возмущающим) и одним выходом. В качестве управляющего воздействия рассматривается расход пара. В качестве возмущающего воздействия – подача охлаждающей воды. Выходным параметром являлась температура пара после редукционно-охладительной установки (РОУ). Переходный процесс в разомкнутой системе для входных и выходного воздействия представлен на рисунке 2.

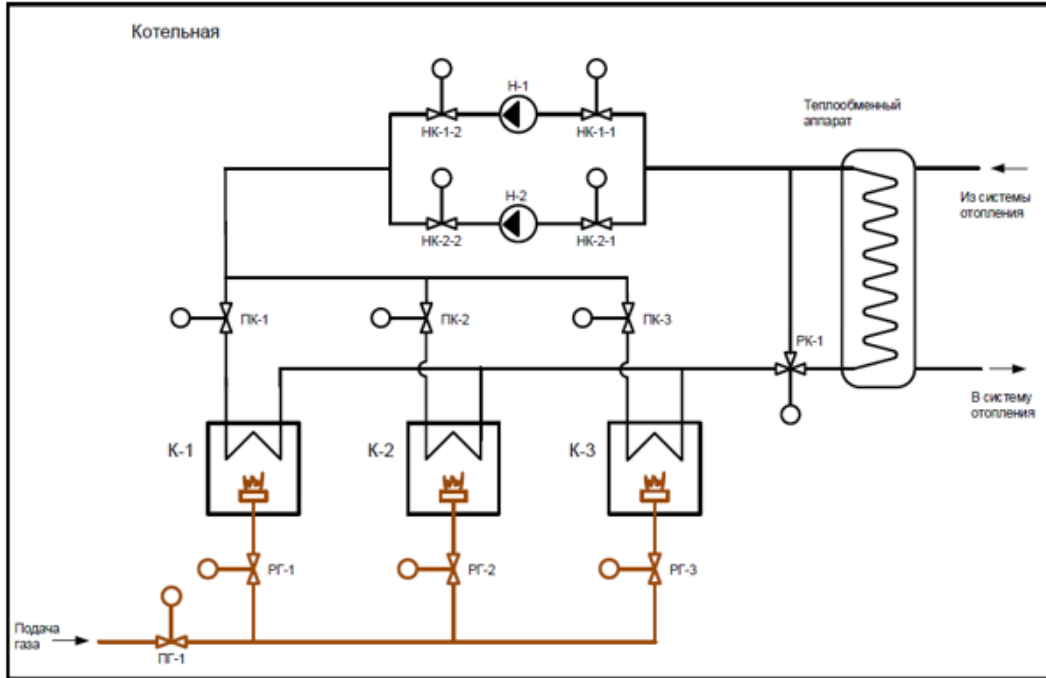


Рисунок 1 – Технологический процесс «Котельная»

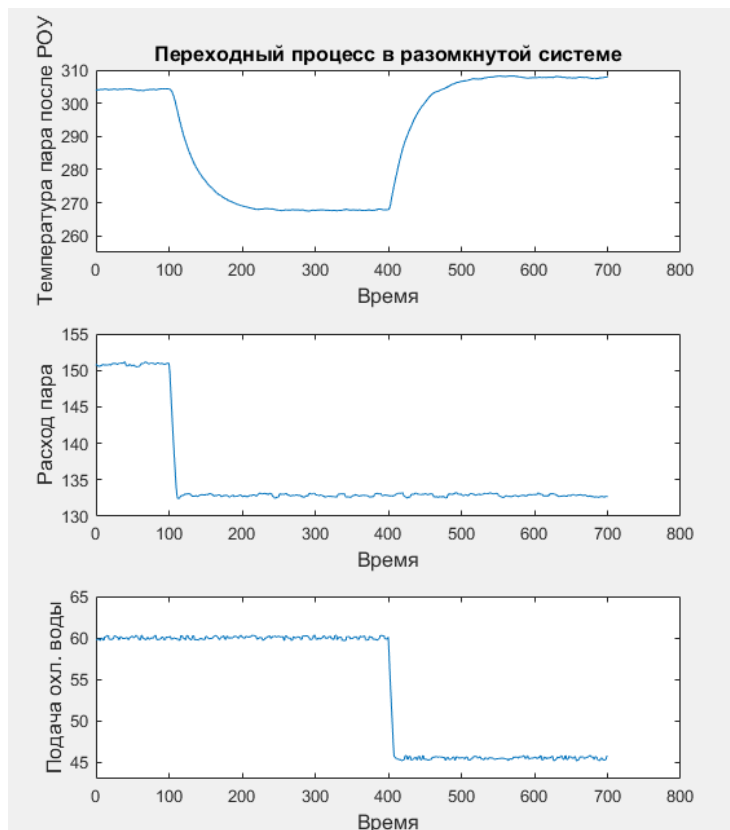


Рисунок 2 – Переходный процесс в разомкнутой системе

Идентификация объекта управления [1] позволила определить его передаточные функции. Передаточная функция по управлению:

$$W_1(p) = \frac{2,0122}{1+30,768p}, \quad (1)$$

передаточная функция по возмущению:

$$W_2(p) = \frac{-20,529}{30,011p+1}. \quad (2)$$

В качестве регулятора применен ПИ-регулятор, который является одним из наиболее распространенных типов регуляторов в системах управления. Он обладает рядом преимуществ, таких как быстрое реагирование на отклонения, хорошая стабильность и способность компенсировать накопленные отклонения.

ПИ-регулятор состоит из двух компонентов: пропорционального (П) и интегрального (И). П-компонент обеспечивает пропорциональное изменение управляющего воздействия в зависимости от величины отклонения. И-компонент обеспечивает астатизм и позволяет регулятору достичь нулевой статической ошибки.

Передаточная функция ПИ-регулятора в общем случае имеет вид:

$$W(p) = K1 + \frac{K2}{T_i \cdot p}, \quad (3)$$

где  $K1$  – это коэффициент усиления пропорционального, а  $K2$  – интегрального компонента,  $T_i$  – постоянная времени интегрирования. ПИ-регулятор довольно прост в настройке, так как фактически настраиваются только два параметра: коэффициент усиления и постоянная времени интегрирования [2]. Для настройки ПИ-регулятора был использован GUI Control System Designer, входящий в состав расширения Control System Toolbox пакета MATLAB. Control System Toolbox предоставляет возможности для моделирования, анализа и синтеза непрерывных и дискретных линейных систем управления. Существует несколько методов настройки регулятора, включая метод Ziegler-Nichols, метод Cohen-Coon, метод PID-tuning и другие. Была выбрана настройка на основе частотной характеристики. В ходе настройки регулятора была получена передаточная функция непрерывного регулятора в виде:

$$W(p) = 3,7 + \frac{3,7 \cdot 0,027}{s}. \quad (4)$$

Simulink-модель системы подогрева пара в теплообменнике представлена на рисунке 3, где  $g(t)$  – заданное значение регулируемой переменной,  $\varepsilon(t)$  – ошибка рассогласования,  $u(t)$  – управляющее воздействие,  $f(t)$  – возмущающее воздействие,  $y(t)$  – действительные значения регулируемой переменной,  $W(s)$  – объект управления,  $R(s)$  – регулятор,  $M(p)$  – передаточная функция для введения в систему возмущающего воздействия.

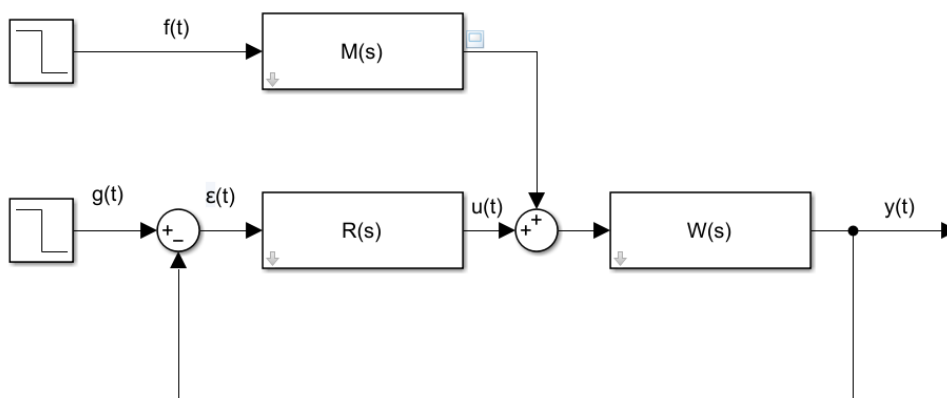


Рисунок 3 - Simulink-модель системы автоматического управления подогрева пара в теплообменнике

Для анализа устойчивости системы к возмущениям при ее работе с отклонениями от заданного значения было осуществлено моделирование работы САУ с настроенным непрерывным ПИ-регулятором. В ходе моделирования была проанализирована реакция системы на управляющее и возмущающее воздействия. Переходный процесс в замкнутой

системе представлен на рисунке 4. Анализ приведенных графиков показал, что настройка непрерывного ПИ-регулятора была успешно выполнена, и САУ работает стабильно, избегая перерегулирования.

Поскольку современные системы управления являются непрерывно-дискретными (гибридными) [3, 4], и в них сочетаются непрерывный объект управления и дискретный регулятор, далее был осуществлен переход от непрерывной к дискретной форме представления ПИ-регулятора. Синтез непрерывно-дискретной (гибридной) САУ осуществлялся методом переоборудования [5], который заключался в настройке непрерывного регулятора для управления непрерывным объектом и последующей дискретизации регулятора.

Передаточная функция дискретного регулятора имеет вид:

$$W(z) = \frac{3,7z - 3,7}{z - 1} \quad (5)$$

в широком диапазоне изменения шага квантования по времени. Для анализа работы системы с полученным методом переоборудования дискретным ПИ-регулятором вида (5), в Simulink было осуществлено моделирование работы гибридной САУ. Анализ показал, что и в этом случае САУ работает стабильно.

MATLAB – это мощный инструмент для настройки ПИ-регулятора [6], при помощи интерактивной среды Control System Designer происходило создание и анализ модели ПИ-регулятора, визуализировалось его поведение, проводился частотный анализ и временной анализ, а также были настроены параметры регулятора для достижения желаемых характеристик.

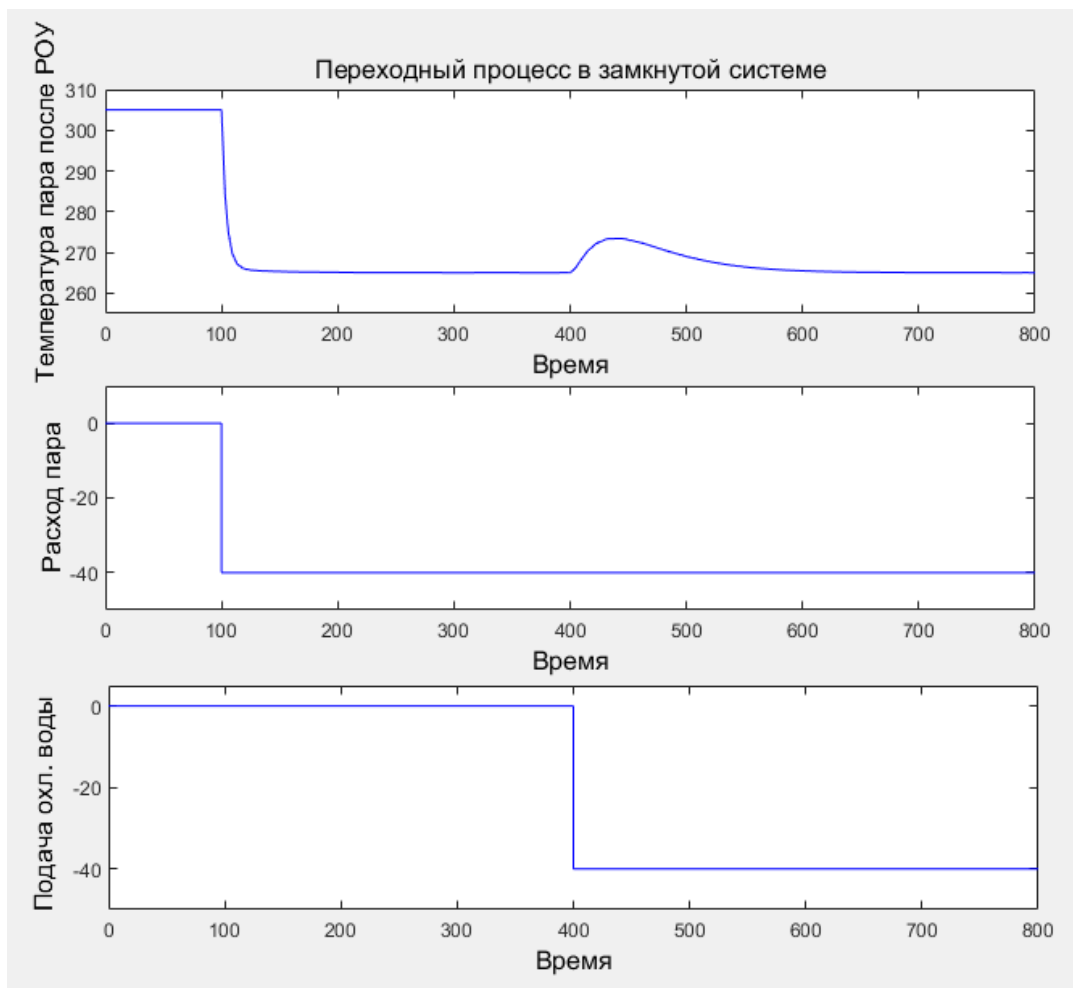


Рисунок 4 – Переходный процесс в замкнутой системе с регулятором

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дилигенская А.Н. Идентификация объектов управления. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т., 2009.– 136 с.
2. Сидорова А. А. Определение наиболее эффективного метода настройки ПИД-регулятора // Информационные технологии в системах автоматизации. – 2012. – С. 143-150.
3. Рогачев Г.Н. Продукционный метод описания, анализа и синтеза автоматических регуляторов непрерывно-дискретных систем управления // Cloud of Science. – 2014. – Т. 1. – № 1. – С. 17-40.
4. Рогачев Г.Н. Гибридно-автоматный метод анализа и синтеза систем автоматического управления // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2006. – № 41. – С. 43-47.
5. Поляков К.Ю. Полиномиальные методы прямого синтеза оптимальных импульсных систем управления: диссертация ... доктора технических наук: 05.13.01. – СПб, 2006. – 393 с.
6. Pleshivtseva Yu., Rogachev G., Popov A. Matlab-Flux Coupling For Numerical Modeling In Education В сборнике: SHS Web of Conferences. electronic collection. 2016. С. 02033.

УДК 536.24

### ИДЕНТИФИКАЦИЯ КОЭФФИЦИЕНТА КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА В КОТЛОВОМ ОБОРУДОВАНИИ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ

Осянина Л. В., Дилигенская А. Н.

Самарский государственный технический университет, Самара

**Аннотация:** решена задача разработки и идентификации модели температурного распределения стенки барабана котла-утилизатора газотурбинной установки. На основе аналитического решения найдено значение коэффициента теплоотдачи от стенки котла к рабочей среде в соответствии с минимаксным критерием оптимизации.

**Ключевые слова:** коэффициент теплоотдачи, температурное распределение, идентификация.

### IDENTIFICATION OF CONVECTIVE HEAT TRANSFER COEFFICIENT IN BOILER EQUIPMENT OF GAS TURBINE INSTALLATION

Osyagina L. V., Diligenskaya A. N.

Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** the problem of developing and identifying a model of the temperature distribution of the drum wall of a gas turbine heat recovery boiler has been solved. Based on the analytical solution, the value of the heat transfer coefficient from the boiler wall to the working medium was found in accordance with the minimax optimization criterion.

**Keywords:** heat transfer coefficient, temperature distribution, identification.

В газотурбинной установке важным элементом является котел-утилизатор, который используется для извлечения и использования отходящего тепла, выделяющегося при работе двигателя.

Внутри котла, на определенном уровне, находится жидкость, которая при нагреве преобразуется в пар. Чем больше температура жидкости, тем сильнее давление насыщенного пара оказывает на стенки барабана. Повышенное давление при этом может вызвать деформацию материала станки, что в свою очередь может привести к утечкам пара и жидкости, а также к возможным аварийным ситуациям.

Поэтому для обеспечения надежной работы котлоагрегата важно знать закон изменения температуры во времени на его поверхности. Чтобы найти данный закон изменения температуры, необходимо выявить коэффициент теплоотдачи от рабочей среды к стенке барабана котла.

Целью исследования является идентификация коэффициента теплоотдачи от жидкости к стенке барабана котла.

В качестве экспериментальных данных взят холодный запуск котла-утилизатора газотурбинной установки.

В ходе решения поставлены следующие задачи:

1) проанализировать и обработать экспериментальные данные;

2) осуществить математическую постановку задачи;

3) решить краевую задачу:

а) идентифицировать входное воздействие (температура жидкости в барабане котла);

б) промоделировать решение краевой задачи;

4) идентифицировать коэффициент конвективного теплообмена в соответствии с минимаксным критерием оптимизации.

При решении задачи принимаются некоторые допущения:

1) коэффициент теплоотдачи на внутренней поверхности стенки не зависит от времени;

2) на внешней поверхности барабана теплообмен отсутствует, так как на внешней стенке находится слой тепловой изоляции.

Математическая постановка задачи включает в себя уравнение объекта, начальные и граничные условия:

$$\frac{\partial Q(x,t)}{\partial t} = a \frac{\partial^2 Q(x,t)}{\partial x^2}, 0 < x < R, t > 0, \quad (1)$$

$$Q(x, 0) = Q_0, \quad (2)$$

$$\frac{\partial Q(0,t)}{\partial x} = 0, \quad (3)$$

$$\lambda \frac{\partial Q(R,t)}{\partial x} + \alpha [Q(R,t) - Q_{ж}(t)] = 0, \quad (4)$$

где  $Q$  – температура,  $x$  – координата,  $t$  – время,  $a$  – коэффициент температуропроводности,  $Q_0$  – начальная температура,  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности материала барабана,  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи от стенки барабана к жидкости,  $Q_{ж}(t)$  – температура жидкости,  $R$  – толщина стенки барабана.

В соответствии с математической постановкой задачи температурное распределение определяется выражением [1]:

$$Q(x, t) = \int_0^R G(x, \xi, t) Q_0(\xi) d\xi + \frac{\alpha}{c\gamma} \int_0^R G(x, R, t - \tau) Q_{ж}(\tau) d\tau, \quad (5)$$

где  $G$  – функция Грина, определяющаяся согласно выражению:

$$G(x, \xi, t - \tau) = \frac{1}{R} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2\eta_n}{\eta_n + \sin(\eta_n) + \cos(\eta_n)} \cos\left(\eta_n \frac{x}{R}\right) \cos\left(\eta_n \frac{\xi}{R}\right) e^{-\frac{a\eta_n^2}{R^2}(t-\tau)}, \quad (6)$$

где  $\eta_n$  – пронумерованные в порядке возрастания корни уравнения:

$$\eta t g \eta - Bi = 0 \quad (7)$$

и  $Bi = \frac{\alpha R}{\lambda}$  – безразмерный критерий Био.

Подстановка функции Грина (6) в выражение (5) позволяет получить решение краевой задачи:

$$Q(x, t) = \frac{1}{R} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2\eta_n \cos\left(\eta_n \frac{x}{R}\right)}{\eta_n + \sin(\eta_n) + \cos(\eta_n)} \times \left[ \int_0^t \frac{\alpha}{c\gamma} Q_{ж}(\tau) \cos(\eta_n) e^{-\frac{a\eta_n^2}{R^2}(t-\tau)} d\tau + \int_0^R Q_0(\xi) \cos\left(\eta_n \frac{\xi}{R}\right) e^{-\frac{a\eta_n^2}{R^2}t} d\xi \right] \quad (8)$$

Экспериментальные данные запуска котла-утилизатора включают в себя параметры, записывающиеся по изменению, т. е. временные интервалы регистрации данных неравномерные. В связи с этим при обработке данные были интерполированы и записываются с шагом 10 секунд с предыдущим значением измеряемого параметра.

Для моделирования температурного распределения по толщине стенки котла необходимо идентифицировать зависимость температуры жидкости.

Данную зависимость решено искать в виде экспоненциальной:

$$Q_{ж}(t) = k(1 - e^{-\beta t}) + Q_{min}, \quad (9)$$

где  $k, \beta$  – коэффициенты функции,  $Q_{min} = 66.7734$  – начальная температура, с которой происходит нагрев,

Чтобы найти нужные параметры функции температуры рабочей среды, используется квадратичный функционал качества (10). Он представляет собой сумму квадратов отклонений модельных значений выходного сигнала от экспериментальных [2].

$$J = \sum_{j=1}^N [Y_{эксп} - Y_{мод}]^2 \quad (10)$$

Тогда для определения коэффициентов  $k, \beta$  функции изменения температуры жидкости выражение (10) приобретает вид (11):

$$J = \sum_{j=1}^N [Y_{эксп} - (k(1 - e^{-\beta t}) + Q_{min})]^2 \quad (11)$$

В результате идентификации были определены коэффициенты, равные следующим значениям:  $k = 168.4668$ ,  $\beta = 0.0010$ . Уравнение зависимости температуры жидкости представляет собой следующий вид:

$$Q_{ж}(t) = 168.4668(1 - e^{-0.0010t}) + 66.7734 \quad (12)$$

На рисунке 1 представлен график изменения температуры жидкости внутри барабана котла, где отображена кривая, описывающая экспериментальные данные, а также кривая, описывающая выражение (12).

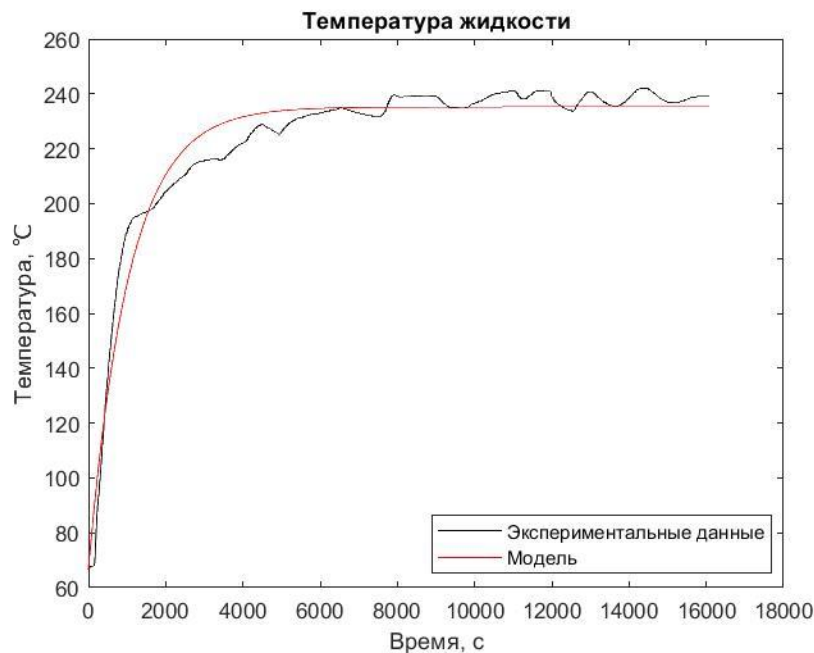


Рисунок 1 – Изменение температуры жидкости внутри барабана

Для моделирования температурного распределения необходимо найденное уравнение жидкости (9) подставить в выражение (8). Таким образом получено окончательное решение краевой задачи (13).

$$Q(x, t) = \frac{1}{R} \frac{\alpha}{c\gamma} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2\eta_n \cos(\eta_n \frac{x}{R})}{\eta_n + \sin(\eta_n) + \cos(\eta_n)} \times \left[ \cos(\eta_n) \left[ \frac{k \left( 1 - e^{-\frac{\alpha \eta_n^2}{R^2} t} \right)}{\frac{\alpha \eta_n^2}{R^2}} - \left( \frac{k \left( e^{-\beta \tau} - e^{-\frac{\alpha \eta_n^2}{R^2} \tau} \right)}{\frac{\alpha \eta_n^2}{R^2} - \beta} \right) \right] \right] + Q_0, \quad (13)$$

где  $Q_0 = 66.2344$  – начальная температура металла стенки барабана.

Полученное решение было реализовано в среде MATLAB. Результаты изменения температуры стенки барабана котла представлены на рисунке 2. Здесь же дана кривая, описывающая экспериментальные данные.

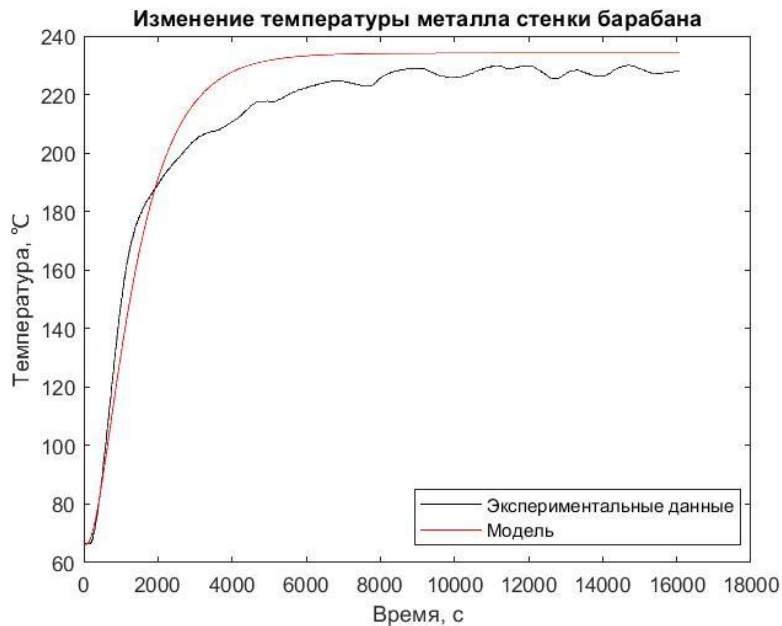


Рисунок 2 – Изменение температуры металла стенки барабана

Для нахождения коэффициента теплоотдачи используется минимаксный метод оптимизации, обеспечивающий выполнение условия (14) [3].

$$Y = \max(Q_{\text{эксп}}(x, t) - Q_{\text{мод}}(x, t)) \rightarrow \min_{\alpha} \quad (14)$$

где  $Q_{\text{эксп}}(x, t)$  – экспериментальные данные,  $Q_{\text{мод}}(x, t)$  – модельные данные.

Минимаксный метод заключается в том, чтобы достичь знаменитые максимальное по абсолютной величине значение искомой величины.

При построении графика разности искомой модели и экспериментальной модели необходимо выявить такой коэффициент конвективного теплообмена, при котором будет выполнено условие, согласно которому будет найдено два максимальных отклонения равные по значению, но противоположные по знаку (рисунок 3).

Такой результат достигается при параметре  $\alpha = 370 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

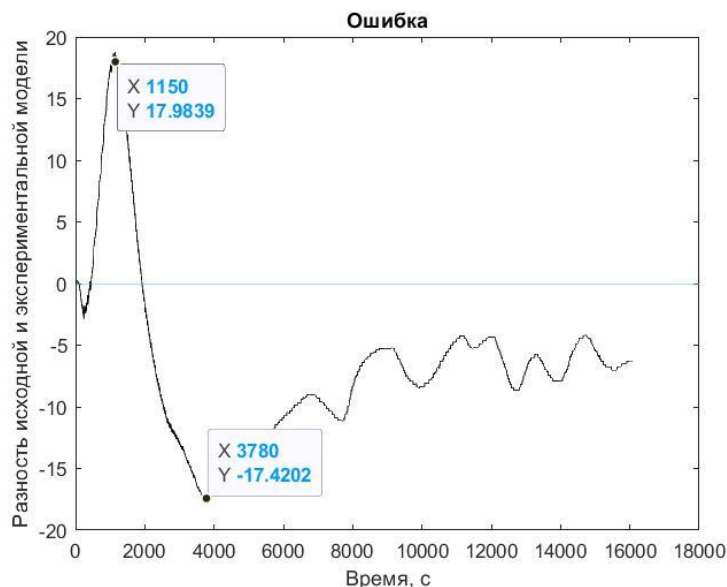


Рисунок 3 – График ошибки (разность исходной и экспериментальной модели)

На основе полученного в работе аналитического решения задачи теплопроводности для стенки барабана котла-утилизатора газотурбинной установки при экспоненциальном законе изменения температуры жидкости внутри барабана, а также при известных экспериментальных значениях температуры на внешней поверхности барабана найдено значение коэффициента теплоотдачи от стенки к жидкости.

При найденном коэффициенте ошибка составляет почти 7%. Данные результаты не удовлетворяют цели исследования, поэтому следующим этапом работы станет повышение точности модели.

Идентификация коэффициента конвективного теплообмена важна для оптимизации работы котла и повышения его эффективности. Зная этот коэффициент, можно правильно рассчитать тепловые потери и эффективность котла, а также корректно выбрать параметры процесса нагревания жидкости. Кроме того, знание коэффициента конвективного теплообмена позволяет улучшить расчеты теплового баланса и предотвратить перегрев или недогрев жидкости, что поможет предотвратить повреждение оборудования и сэкономить энергию.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рапопорт Э.Я. Структурное моделирование объектов и систем управления с распределенными параметрами: Учебное пособие/Э.Я. Рапопорт. – Москва: Высшая школа, 2003. 299 с.
2. Дилигенская А.Н. Математическое моделирование систем с распределенными параметрами: Учебное пособие / А.Н. Дилигенская, И.А. Данилушкин. – Самара: СамГТУ, 2012. 65 с.
3. Дилигенская А.Н. Решение линейной коэффициентной обратной задачи теплопроводности на основе альтернативного метода оптимизации/А.Н. Дилигенская. – Самара: Вестник СамГТУ. Сер.: Технические науки, 2013. № 3 (39). 198–202 с.

УДК 65  
65.011.5

## ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ СКЛАДСКОГО ЛИФТА

Гребенкин Н. М., Данилушкин И. А.

Самарский государственный технический университет, Самара

**Аннотация:** в статье рассмотрена задача оптимизации алгоритма перемещения складского лифта с применением нескольких критериев. Статья имеет практическое значение, поскольку оптимальная работа лифта позволяет увеличить производительность складской системы, сократив временные задержки и уменьшив общее время обработки товаров. Также снижение времени, необходимого для перемещения товаров, может сократить расходы на энергию и затраты на трудовые ресурсы.

**Ключевые слова:** оптимизация складского оборудования, имитационное моделирование, критерии оптимальности, лифт, алгоритм управления.

## OPTIMIZING THE OPERATION OF A WAREHOUSE ELEVATOR

Grebenkin N. M., Danilushkin I. A.

Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** The article discusses the problem of optimizing the algorithm for moving a warehouse elevator using several criteria. The article is of practical importance, since optimal elevator operation allows increasing the productivity of the warehouse system, reducing time delays and reducing the overall processing time of goods. Also, reducing the time required to move goods can reduce energy costs and labor costs.

**Keywords:** optimization of warehouse equipment, simulation modeling, optimality criteria, elevator, control algorithm.



Для любого коммерческого предприятия, в том числе и логистического, одной из основных целей является извлечение прибыли. Важный пункт к ее достижению - это хорошо продуманное и автоматизированное складское помещение [1]. Склад - один из важнейших элементов современной логистической цепочки. Для повышения его производительности и уменьшения количества ошибок все больше внимания уделяется вопросам оптимизации [2].

Важным пунктом в оптимизации работы складского помещения служит оптимизация складского оборудования. А как способ, для построения моделей этого оборудования, его оптимизацию и тестирование, предлагают использовать имитационное моделирование [3].

Лифт – это один из элементов оборудования, которое используется на автоматизированном складе и требует оптимизации его работы. Один из способов оптимизации лифта – это использование марковских процессов, в алгоритме описания его работы [4].

В качестве объекта исследования выступает складской лифт, обеспечивающий перемещение контейнеров между этажами. С нескольких этажей приходит поток контейнеров, каждый из них с помощью лифта из потока-источника перемещается в поток-назначение. Принцип работы лифта представлен на рис. 1.

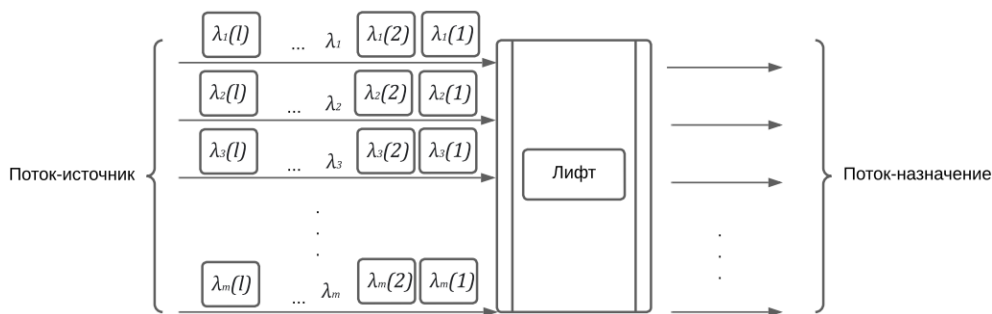


Рисунок 1 – Упрощённая схема конструкции складского лифта

Цель исследования заключается в разработке и реализации имитационной модели с последующей оптимизацией алгоритма управления перемещениями лифта. Рассмотрение исследуемой системы как имитационной, а не математической предлагается потому, что аналитическое описание усложняется по ряду причин:

- 1) взаимодействие со структурой склада не всегда может быть описано математически, особенно при изменении условий;
- 2) оптимизация включает в себя маршрутизацию и приоритеты, что усложняет разработку аналитической модели;
- 3) в системах складской автоматизации часто могут происходить непредвиденные ситуации, такие, как отказ оборудования или чрезвычайное происшествие. Учет таких событий и неопределенностей усложняет процесс моделирования.

Задачи, решаемые в этой работе, заключаются в следующем:

- 1) разработка имитационной модели;
- 2) разработка критериев оптимизации алгоритма управления лифтом;
- 3) проведение серии экспериментов с разными критериями оптимизации.

Для моделирования использовался пакет инженерных расчётов MATLAB [5], в котором создана стандартная модель работы лифта. В модели учтены следующие параметры:

- 1) количество этажей  $m > 0$  и длина потока-источника  $l > 0$  соответственно;
- 2) матрица времени перемещения лифта  $T_{od}$ , где  $o$  – origin (этаж нахождения),  $d$  – destination (этаж прибытия), представленная в виде:

$$T_{od} = \begin{bmatrix} t_{11} & \dots & \dots & t_{1m} \\ \vdots & 0 & \dots & \vdots \\ \vdots & \dots & 0 & \vdots \\ t_{m1} & \dots & \dots & t_{mm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

3) очередь товаров на каждом этаже описывается вектором  $\lambda_i$ , где  $i$  – номер этажа,  $i \in [1, m]$ ;

4) элементы вектора  $\lambda_i$  содержат адреса потока-назначения для  $j$ -того товара,  $\lambda_i(j) \in [1, m]$ ,  $j = \overline{1, l}$ ;

5) для отслеживания порядкового номера контейнера, который стоит на очереди на загрузку в лифт на каждом этаже используется вектор  $f$ ,  $f_i \leq l$ ,  $i \in [1, m]$ ,

$$f = [f_1, f_2 \dots f_m]^T; \quad (2)$$

6) каждый раз, когда контейнер забирается лифтом с  $i$ -того этажа,  $f_i$  меняется следующим образом:

$$f_i = \begin{cases} f_i + 1, & \text{если } f_i < l, \\ 0, & \text{если } f_i = l; \end{cases} \quad (3)$$

7) для отслеживания времени простоя товаров на этажах, введен вектор  $d$ , компоненты которого содержат длительность ожидания очередного контейнера на этаже. Если контейнер стоит первым в очереди на погрузку и пока не был взят лифтом, то время наращивается. При заборе контейнера лифтом соответствующий компонент лифта обнуляется:

$$d_i = \begin{cases} d_i + 1, & \text{если } \lambda_i(f_i) \text{ не взят лифтом, } i = \overline{1, m}; \\ d_i = 0, & \text{если } \lambda_i(f_i) \text{ взят лифтом;} \end{cases} \quad (4)$$

После рассмотрения всех используемых условий для построения и исследования модели, были реализованы три варианта управления лифтом.

1) Стандартный. Контейнер забирается лифтом в строгой очередности: лифт по очереди обходит все этажи-источники с первого до последнего. На каждом этаже лифт забирает контейнер, перемещает его по назначению и движется к следующему по очереди этажу. После последнего этажа лифт вновь переходит к первому.

2) Быстрый. С использованием критерия максимального быстрогодействия. Модель рассчитывает наиболее быстрый маршрут движения лифта каждый раз, когда лифт выгружает контейнер на этаже назначения. Обозначим этаж, на котором происходит выгрузка, как  $k$ ,  $k \in [1, m]$ . Тогда расчет этажа-источника, к которому должен переместиться лифт, осуществляется по следующему выражению:

$$N_{\text{эт}} = \arg \min_i (T_{od}(k, i) + T_{od}(i, \lambda_i(f_i))) \quad (5)$$

3) Сбалансированный. С использованием критерия максимального быстрогодействия и учетом времени простоя контейнера на этаже. Модель рассчитывает самый быстрый маршрут также, как и во втором случае, в то же время учитывает время простоя контейнера с весом коэффициента  $\alpha \in [0, 1]$ . Расчет происходит по формуле:

$$N_{\text{эт}} = \arg \min_i (T_{od}(k, i) + T_{od}(i, \lambda_i(f_i)) - \alpha \cdot d_i). \quad (6)$$

Была составлена программа в среде MATLAB и выполнено несколько прогонов имитационной модели, с одними и теми же входными параметрами, то есть на все три модели были поданы одинаковые очереди из контейнеров  $\lambda_i$ . Причем очереди были сгенерированы для каждого прогона модели случайным образом.

Для третьего варианта управления, где модель рассчитывает быстрый маршрут и учитывает время простоя с весом коэффициента  $\alpha$ , были проведены эксперименты с разными коэффициентами.

Результаты прогонов модели на одних и тех же стартовых условиях с разными алгоритмами управления приведены в таблице 1. В которой указано время окончания обработки всех контейнеров.

Таблица 1

Время работы трех вариантов управления лифтом

№ эксперимента	1	2	3	4
Стандартный	458 сек	471 сек	457 сек	481 сек
Быстрый	405 сек	421 сек	423 сек	407 сек
Сбалансированный	421 сек	427 сек	416 сек	425 сек

Из таблицы 1 видно, что скорость работы стандартной модели и оптимизированной по времени отличается на ~50 секунд, что составляет 12% от общего времени работы. Тогда как модель с критерием по быстродействию и учетом времени простоя не слишком отличается от самой быстрой модели, примерно на 5 секунд, что составляет 1% от общего времени. То есть можем считать, что 2 и 3 модель работают практически с одной скоростью.

По результатам экспериментов были построены графики типа «ящики с усами» (рисунок 2), описывающие распределение времен ожидания контейнеров.

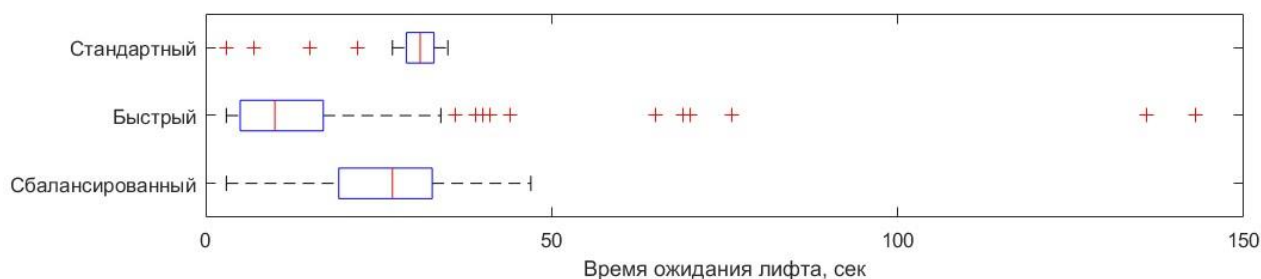


Рисунок 2 – Распределение времени ожидания контейнеров для разных алгоритмов управления лифтом

Из данного рисунка видно, что при работе модели с критерием оптимизации по быстродействию системы, возникают выбросы, при том, что это самая быстрая модель из рассматриваемых, но иногда время ожидания контейнера на этаже в несколько раз превосходит среднее время ожидания, тогда как в первом и третьем варианте почти все товары распределены равномерно.

Создана имитационная модель лифта, и проведены исследования времени работы модели, при одинаковых начальных условиях, но разных алгоритмах управления лифтом.

Показано, что при самом быстродействующем варианте алгоритма, происходит задержка контейнеров на этаже, которая может в несколько раз превосходить среднее время ожидания контейнеров, что недопустимо в работе реальной системы. Данная проблема решается введением дополнительного параметра, отслеживающего эту задержку с каким-либо коэффициентом  $\alpha \in [0; 1]$ . Путем подбора коэффициента было выявлено оптимальное значение  $\alpha = 0.2$ .

Получен алгоритм, который работает на ~15% быстрее стандартного, без увеличения средней длительности ожидания лифта контейнером.

Результаты данной работы могут быть полезны логистическим компаниям, полученное решение может быть внедрено в реальные системы автоматизации.

Полученная модель может использоваться для исследования других алгоритмов управления лифтом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондраков И.В., Размахина А.А. Склад как элемент логистической системы предприятия. 2017. Т.12. №6. С. 131-132.
2. Ложечник Е.А. Оптимизация складского комплекса предприятия на основе рационализации и автоматизации основных процессов // Экономика и бизнес. 2010. С. 22-23.
3. Бабина О.И. Разработка оптимизационной имитационной модели для поддержки процессов планирования складских систем // Модели экономических и социальных систем. 2014. Т.6. №2. С.295-307.
4. Ge Hangli, Takeo Hamada, Takahiro Sumitomo, Naboru Koshizuka An Intelligent Elevator System Proactive in Traffic Control for Time-Efficiency Improvement. 2020
5. MathWorks©. MATLAB [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ.

## ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ И ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАКОНОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНОЙ СТРУКТУРЫ

Кондратьева Н. В., Мандра А. Г.

Самарский государственный технический университет, Самара

**Аннотация:** в статье описывается лабораторный стенд, который предназначен для реализации систем управления на основе релейных, непрерывных, дискретных и интеллектуальных законов регулирования.

**Ключевые слова:** автоматическая система регулирования, температура, контроллер, учебный стенд.

## A LABORATORY STAND FOR THE IMPLEMENTATION AND RESEARCH OF REGULATORY LAWS OF VARIOUS STRUCTURES

Kondratieva N. V., Mandra A. G.

Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** the article considers one of the design options for a universal, within the framework of the educational process, autonomous thermal process control system with a limit on the heating temperature.

**Keywords:** automated control system, temperature, controller, training stand.

Тепло является важным аспектом нашей повседневной жизни и играет решающую роль в различных сферах, обеспечивая достойный уровень жизни современного человека. Отрасли промышленности все больше интегрируют тепловые процессы в свою деятельность, становится очевидной необходимость контроля температуры. Количество передаваемой теплоты от одного теплоносителя к другому за единицу времени может оставаться постоянным или изменяться во времени. Изучение закономерностей как простых, так и более сложных процессов переноса теплоты в различных средах является задачей лабораторного практикума [1].

Для развития науки и техники требуются специалисты. Настоящие профессионалы своего дела проходят обучение в университетах. Программы обучения студентов подразумевают освоение теоретических знаний и практических азов специальности. Для практической деятельности на лабораторном практикуме используются макеты или стенды реальных установок. Проектируемый учебный стенд служит инструментом, предоставляющим учащимся осязаемый интерфейс с управлением тепловым процессом с ограничением на температуру нагрева. Такой стенд поможет студентам лучше понимать и закреплять приобретенные теоретические знания, развивать навыки критического мышления и решения проблем, развить исследовательские навыки. Всё это однозначно повышает качество получаемого образования [2].

Лабораторный стенд представляет собой физическую модель низкотемпературной печи [3]. В качестве нагревательного элемента используется лампа накаливания мощностью 300 Вт. В стенде используются термометр сопротивления с токовым выходом для измерения температуры на нагревательном элементе и в камере. Регулирование температуры осуществляется с помощью программируемого реле ОВЕН ПР-200-220.5.2.0 совместно с модулем расширения ОВЕН ПРМ220-3. Особенностью разработанного стенда является то, что в нем реализована возможность регулировать выделяемую мощность на нагревательном элементе тремя исполнительными механизмами: электромеханическим реле, твердотельным реле и блоком управления симисторами и тиристорами. Из-за наличия разных вариантов использования исполнительных механизмов в рамках лабораторных работ есть возможность

рассмотреть позиционные, непрерывные, дискретные и цифровые алгоритмы управления. Интерфейс оператора реализуется на основе сенсорной панели ОВЕН СП307 (рис. 1).

Выполнение лабораторного практикума на данном стенде возможно для множества дисциплин, например, таких как типовые регуляторы промышленной автоматики, технические средства автоматизации и управления, проектирование систем управления, программные средства для анализа и синтеза систем управления.

Проектируемый учебный стенд необходим для развития практических навыков молодых специалистов. Практические навыки способствуют более мягкому и быстрому освоению должностных обязанностей на первом месте работы.

Лабораторный стенд создан в рамках программы ООО «Завод 423» (Компания ОВЕН) сотрудничества с вузами.

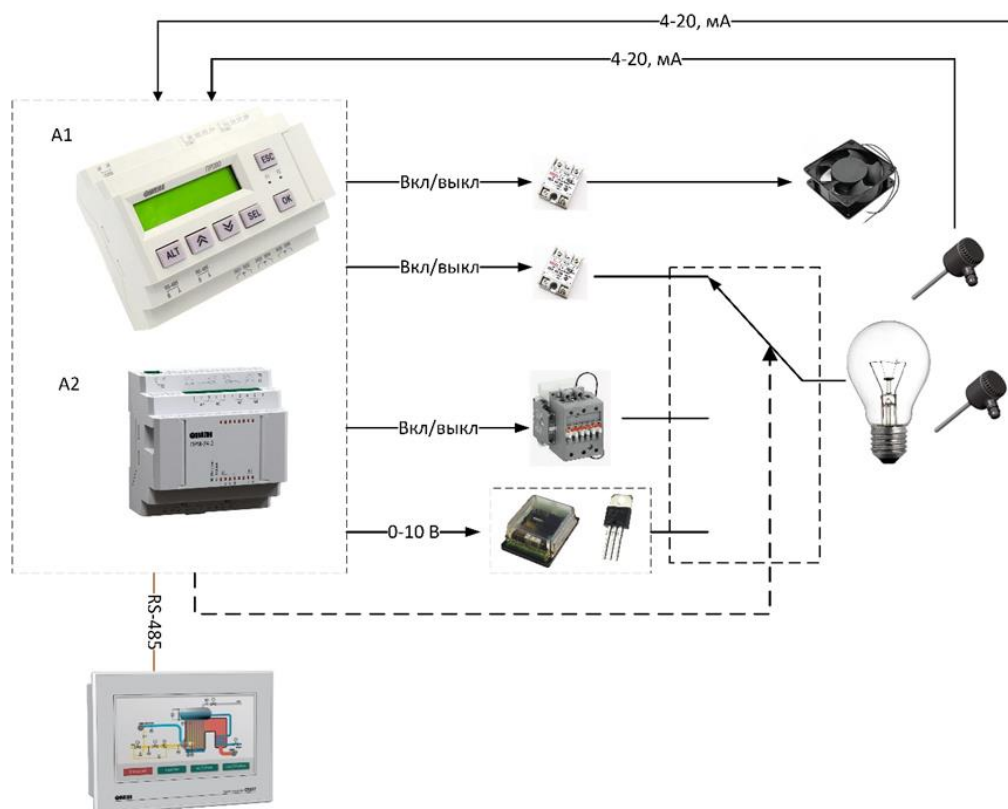


Рисунок 1 – Структурная схема системы управление тепловым процессом с ограничением на температуру нагрева

На лабораторном стенде возможна реализация системы управления на базе нечеткой логики и нейронных сетей. Выполнение лабораторного практикума на данном стенде возможно для множества дисциплин, например, таких как типовые регуляторы промышленной автоматики, технические средства автоматизации и управления, проектирование систем управления, программные средства для анализа и синтеза систем управления.

Проектируемый учебный стенд необходим для развития практических навыков молодых специалистов. Практические навыки способствуют более мягкому и быстрому освоению должностных обязанностей на первом месте работы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тепловые процессы: учеб. пособие / А.Г. Липин, А.А. Липин, Ю.Е. Романенко, А.В. Шибашов. – Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т., 2018. – 80 с.
2. Использование современных технологий для повышения качества образования / Д.В. Редников, А.А. Казыханов, Д.Р. Хлестова. – Башкирия: Башкирский гос. ун-т., 2018. – 4 с.
3. Справочная книга энергетика / А.Д. Смирнов, К.М. Антипов. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 568 с.

УДК 681.5.015  
517.977.5

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ МЕТОДОМ РЕШЕНИЯ МНОГОМЕРНОЙ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

Бочкарева И.С.

Самарский государственный технический университет, Самара

**Аннотация:** исследуется методология идентификации параметров объектов с распределенными параметрами на основе многомерных обратных задач теплопроводности. Разработанный подход основан на теории оптимального управления системами с распределенными параметрами и включает точную редукцию исходных некорректно поставленных задач к специальным условно-корректным задачам последовательной параметрической оптимизации. В качестве исследуемого объекта рассматривается двумерное тело канонической формы. Представлены результаты исследования, демонстрирующие высокую точность идентификации неизвестной сосредоточенной функции. Описанный метод также можно применить к идентификации других характеристик с необходимыми дополнениями.

**Ключевые слова:** многомерная обратная задача теплопроводности, идентификация, оптимальное управление, параметрическая идентификация, альтернативный метод.

## IDENTIFICATION USING THE SOLUTION METHOD FOR MULTIDIMENSIONAL INVERSE HEAT CONDUCTION PROBLEM

Bochkareva I.S.

Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** the methodology for identifying parameters of objects with distributed parameters based on multidimensional inverse heat conduction problems is investigated. The developed approach is grounded in the theory of optimal control of systems with distributed parameters and involves precise reduction of the original ill-posed problems to special conditionally well-posed problems of sequential parametric optimization. A canonical two-dimensional body is considered as the object under investigation. The research results demonstrate high accuracy in identifying the unknown concentrated function. The described method can also be applied to identify other characteristics with necessary modifications.

**Keywords:** multidimensional inverse heat conduction problem, identification, optimal control, parametric identification, alternance method.

Современное развитие производственных технологий приводит к созданию более сложных устройств и систем, а также постоянному возрастанию требований к точности и эффективности управления такими системами. Для соответствия требованиям к качеству управляющих алгоритмов необходимо иметь точное математическое описание объекта управления. При создании точной модели реального технологического процесса зачастую можно столкнуться с неполнотой информации об исследуемом объекте по различным причинам, например, недостаточность информации об объекте, ограничения средств измерений физических характеристик объекта и др. Разработка и внедрение методов идентификации для обеспечения точного математического описания технологических процессов имеет широкий спектр применений в различных областях промышленности.

Особый интерес вызывает задача идентификации применительно к объектам с распределенными параметрами в области технологической теплофизики из-за сложности структуры и изменчивости параметров в пространстве и времени. Данный класс задач относится к обратным задачам теплопроводности (ОЗТ). При разработке моделей сложных объектов, в которых по различным технологическим причинам невозможно контролировать определенные параметры, требуется использование доступной экспериментальной информации. Благодаря теории решения ОЗТ возможно восстановить характеристики

процесса, которые не могут быть прямо измерены, на основе данных, собранных в ограниченной области объекта, например, в отдельных его точках [1].

Рассматривается задача идентификации неизвестного сосредоточенного воздействия на основе экспериментальной информации о температурном распределении, полученной в определенной точке  $(x^*, y^*)$  на интервале идентификации  $\varphi \in (0, \varphi^*]$ .

Разрабатываемая методология основывается на теории оптимального управления системами с распределенными параметрами и реализует точную редукцию исходных некорректно поставленных задач теплопроводности к специальным условно-корректным задачам последовательной параметрической оптимизации искомых идентифицируемых воздействий.

Для математического описания исследуемого объекта используют аналитические или численные модели. В работе применяется численное моделирование. Это обосновано использованием множества допущений при построении аналитических моделей, а также невозможностью решения уравнений в явной форме из-за неразрешимости аналитическим методом. В таких ситуациях широко используются численные методы, которые, в отличие от аналитических, могут эффективно решать широкий спектр задач.

Модель процесса теплопроводности с внутренним тепловыделением в относительных единицах и нулевыми начальными и граничными условиями описывается в виде:

$$Q(x, y, \varphi) = W(x, y)u(t), \quad (1)$$

где  $Q(x, y, \varphi)$  – температурное поле объекта;  $W(x, y)$  – функция внутренних теплоисточников;  $U(\varphi)$  – функция мощности внутренних теплоисточников.

Рассматривается ОЗТ, в которой неизвестная функция  $u(t)$  подлежит идентификации на основе экспериментальных данных о температурном поле  $Q^*(\varphi) = Q^*(x^*, y^*, \varphi)$ , полученном в некоторой точке  $(x^*, y^*)$ , в котором возможно непосредственное измерение температуры, на всем интервале идентификации  $\varphi \in (0, \varphi^*]$ . Формулируется минимаксная постановка задачи:

$$I_0 = \max_{\varphi \in (0, \varphi^*)} |Q_M(x^*, y^*, \varphi) - Q^*(\varphi)| \rightarrow \min_{u(\varphi)}, \quad (2)$$

где  $Q_M(x^*, y^*, \varphi)$  – рассчитанное на основе модели температурное поле в известной экспериментальной точке.

Для параметрического представления неизвестной функции  $u(\varphi)$  используется полином третьего порядка. Теперь на базе общего решения уравнения теплопроводности (1) возможно перейти к параметризованной форме температурного поля объекта:

$$Q_M(x, y, \varphi, a_1, a_2, a_3, a_4) = W(x, y)(a_1 t^2 + a_2 t + a_3 t + a_4), \quad (3)$$

где  $a_1, a_2, a_3, a_4$  – неизвестные искомые коэффициенты полинома.

Дальнейшее решение полученной ОЗТ (3) осуществляется с помощью альтернативных условий экстремума [2, 3], соответствует оцениванию отклонению температуры между модельной и экспериментальной кривыми.

Для построения численной модели использовалась программная платформа COMSOL Multiphysics. Для последующего решения ОЗТ модель была импортирована в среду MATLAB.

Далее полагая, что функция  $u(t)$  неизвестна, на основе данных, полученных при решении (1) с известными данными, осуществляется решение ОЗТ (2), (3).

На рисунке приведены результаты решения ОЗТ на основе описанного метода. На рисунке (а) приведены кривые температурного поля, рассчитанного на основе полных экспериментальных данных  $Q_M$  и идентифицированного  $Q^*$ . На рисунке (б) изображен график отклонений значений температурного поля  $\varepsilon = Q_M(x, y, \varphi, a_1, a_2, a_3, a_4) - Q^*(\varphi)$ . Результаты демонстрируют высокую точность идентификации неизвестной сосредоточенной функции мощности.

Решение ОЗТ методом минимаксной оптимизации позволяет восстановить температурное поле с высокой точностью. С увеличением порядка полинома возможно достичь высокой точности идентификации, удовлетворяющей большинству практических задач.

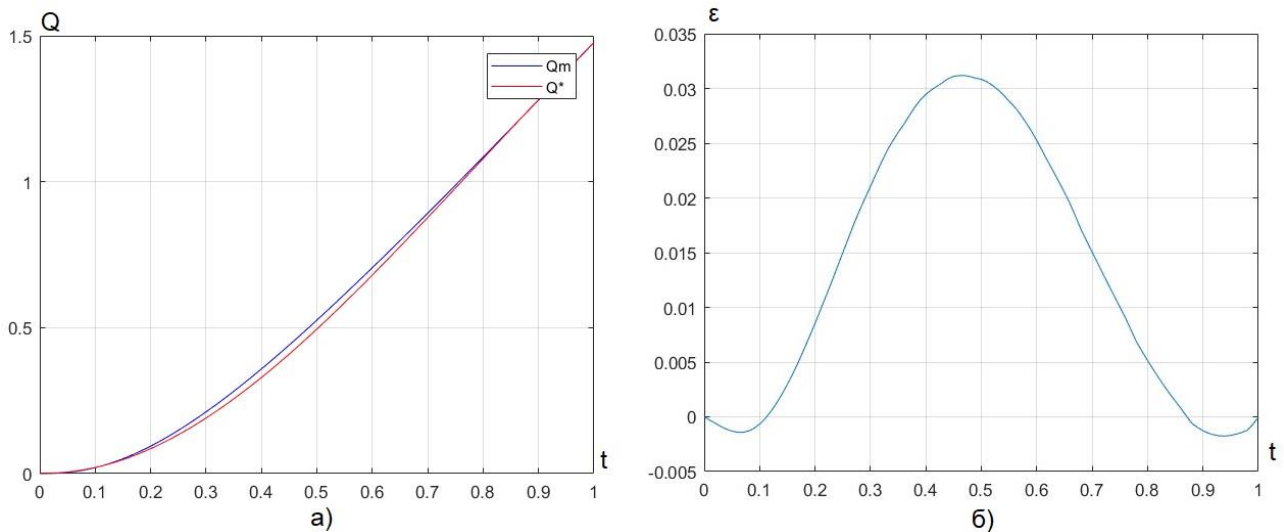


Рисунок – Графики температурного поля (а), график погрешности идентификации (б)

Была рассмотрена задача идентификации неизвестного сосредоточенного воздействия на основе экспериментальных данных о температурном распределении. Методология, основанная на теории оптимального управления системами с распределенными параметрами, позволила точно решить исходную некорректно поставленную обратную задачу теплопроводности.

Использование численного моделирования было обосновано сложностью аналитического решения. Полученные результаты демонстрируют высокую точность идентификации неизвестной функции мощности внутренних теплоисточников. Данный подход к идентификации параметров объектов с распределенными параметрами имеет потенциал для применения в различных областях, где требуется точное математическое описание и управление технологическими процессами. Представленная методология может быть использована для оптимизации производственных процессов и повышения их эффективности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тихонов А.Н., Кальнер В.Д., Гласко В.Б. Математическое моделирование технологических процессов и метод обратных задач в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1990. - 264 с.
2. Рапопорт Э. Я. Анализ и синтез систем автоматического управления с распределенными параметрами. – 2005.
3. Дилигенская А.Н., Рапопорт Э.Я. Аналитические методы параметрической оптимизации в обратных задачах теплопроводности с внутренним тепловыделением // Инженерно-физический журнал. 2014. Т. 87. № 5. С. 1082–1089.



УДК 004.94  
697.31

## ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ И КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ВОДОГРЕЙНОЙ СТАНЦИИ

Строкин Л. П., Данилушкин И. А.

Самарский государственный технический университет, Самара

**Аннотация:** в статье представлен вариант построения модели водогрейной станции. Приведены уравнения описывающие основные элементы станции, а также компьютерная реализация. Обосновывается подбор параметров и коэффициентов. Анализируется адекватность предложенных моделей.

**Ключевые слова:** модель, водогрейная станция, котел, теплообменник, трехходовой клапан, контур отопления.

## BUILDING A MATHEMATICAL AND COMPUTER MODEL OF A HOT WATER STATION

Strokin L. P., Danilushkin I. A.

Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** the paper presents a variant of constructing a model of a water heating station. Equations describing the main elements of the station are given, as well as a computer implementation. The selection of parameters and coefficients is justified. The adequacy of the proposed models is analyzed.

**Keywords:** model, water heating station, boiler, heat exchanger, three-way valve, heating circuit.

Водогрейные станции (котельные) широко используются по всему миру и в особенности в России. По данным издательства «ТАСС» [1] в России функционируют 73248 котельных различной мощности и суммарной отдачей 718,6 млн Гкал, такой объем используемого оборудования делает крайне актуальными вопросы надежности и эффективности его эксплуатации.

Конструктивно, котельные отличаются в зависимости мощности, структуры потребителей, требуемых параметров теплоносителя. В одном из самых распространенных вариантов котельной принцип действия следующий: вода циркулирует в замкнутом контуре, нагреваясь в котле и отдавая тепло потребителю. Циркуляция воды обеспечивается работой насоса. Котёл функционирует в релейном режиме. Для более точного поддержания температуры воды на потребителя, используется трёхходовой клапан, обеспечивающий подмес воды от потребителя. Функциональная схема представлена на рисунок 1.

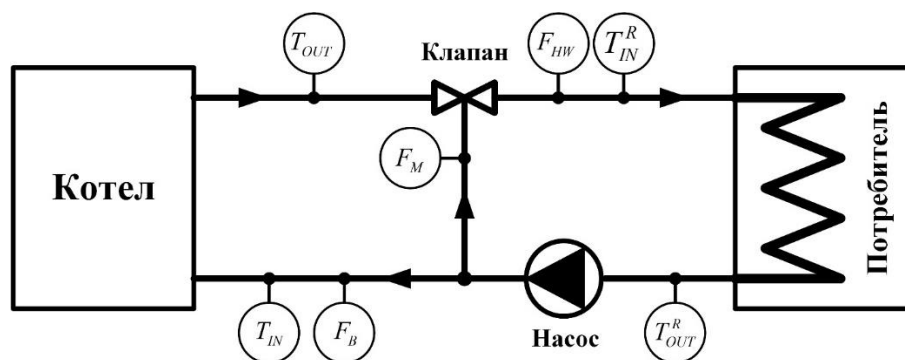


Рисунок 1 – Функциональная схема контура отопления котельной

Также большинство водогрейных станций осуществляют подачу горячего водоснабжения, но в рамках данной работы рассматривается котельная, обслуживающая только контур с потребителем отопления.

В статье рассматривается задача создания и реализации компьютерной модели котельной. Построение модели котельной необходимо по нескольким причинам. Модель существующей котельной можно использовать для тестирования различных режимов работы с целью оптимизации затрат на сжигаемое топливо. Модель может использоваться для диагностики работы станции. Диагностика происходит путем сравнения реальных и модельных данных, если расхождение начинает увеличиваться – это может быть связано с неисправностью какого-то элемента. Модель может использоваться при проектировании новых станций для оценки соответствия расчётных параметров выбранного оборудования заданным режимам работы и выявления недостатков конфигурации до этапа эксплуатации.

К существующим вариантам моделирования относятся упрощенные регрессионные модели с акцентом на эффективность производства [2, 3] или модели паровых котлов, создаваемые с главной целью оптимизации затрат [4, 5]. В данной статье основная задача ставится на точное моделирование отдельных подсистем с возможностью использовать их для модульного моделирования различных конфигураций водогрейных станций.

**Математическое моделирование основных элементов.** К основным элементам контура отопления относятся: котел, потребитель отопления, трехходовой клапан, насос.

Модель контура отопления должна включать в себя гидравлическую и тепловую модели. Гидравлические процессы могут быть приняты безынерционными по отношению к тепловым. С учётом элементарной схемы контура отопления (рис. 1), расход воды в контуре отопления определяется номинальными характеристиками насоса контура, расход воды на котёл – степенью открытия трехходового клапана.

Модель котла представлена балансовой динамической тепловой моделью. Моделирование основывается на учёте тепловых потоков от сгорающего газа к металлу нагревателя и от металла нагревателя к протекающей через котёл воде. Динамическая модель реализуется как система передаточных функций в терминах структурного представления динамических объектов [6]. Температура металла трубок нагревателя котла  $T_{ME}^B(p)$ , по которым движется вода в процессе нагрева, зависит от массы металла  $m_{ME}$  и удельной теплоёмкости металла  $c_{ME}$ , а также от притока тепла  $Q_{ГОР}(p)$  и оттока тепла  $Q_W(p)$  и  $Q_{air}(p)$ :

$$T_{ME}^B(p) = \frac{1}{c_{ME} m_{ME}} \cdot \frac{1}{p} \cdot (Q_{ГОР}(p) - Q_W(p) - Q_{air}(p)). \quad (1)$$

Здесь  $p$  – комплексная переменная интегрального преобразования Лапласа.

Приток тепла  $Q_{ГОР}(p)$  зависит от мощности горелки:

$$Q_{ГОР}(p) = \begin{cases} 0, & \text{при } Burner = 0; \\ 700, & \text{при } Burner = 1; \\ 1000, & \text{при } Burner = 2, \end{cases} \quad (2)$$

где  $Burner$  – состояние горелки: 0 – выключена, 1 – включена первая ступень (70% номинальной мощности), 2 – включена вторая ступень (100% номинальной мощности).

Отток тепла  $Q_W(p)$  определяется массовым расходом воды через котёл  $F_B(p)$  с теплоемкостью  $c_W$  и температурой воды на входе  $T_{IN}(p)$  и выходе котла  $T_{OUT}(p)$ :

$$Q_W(p) = F_B(p) \cdot c_W \cdot (T_{OUT}(p) - T_{IN}(p)). \quad (3)$$

Отток тепла  $Q_{air}(p)$  определяется расходом воздуха  $F_{air}(p)$  с теплоемкостью  $c_{air}$ , проходящим через котёл и его температурой на входе  $T_{air}(p)$  и температурой металла  $T_{ME}(p)$

$$Q_{air}(p) = F_{air}(p) \cdot c_{air} \cdot (T_{ME}^B(p) - T_{air}(p)) \cdot i, \quad (4)$$

где  $i$  – признак продувки котла воздухом перед запуском,

$$i = \begin{cases} 1, & \text{продувка включена} \\ 0, & \text{продувка выключена} \end{cases} \quad (5)$$

Температура воды на выходе котла  $T_{OUT}(p)$  определяется как

$$T_{OUT}(p) = T_{IN}(p) + \alpha \cdot (T_{ME}^B(p) - T_{IN}(p)), \quad (6)$$

где  $\alpha$  – приведённый коэффициент теплообмена.

Модель потребителя отопления представлена балансовой динамической тепловой моделью. Моделирование основывается на балансе отпуска тепла на отопление и притока тепла от теплоносителя. Потери на отопление определяются температурой наружного воздуха. Динамическая модель реализуется как система передаточных функций. Динамика температуры металла батарей  $T_{ME}^R(p)$ , по которым движется вода, зависит от массы металла батарей  $m_{ME}^R$  и удельной теплоёмкости металла  $c_{ME}^R$ , а также от притока  $Q_{HW}(p)$  и оттока тепла  $Q_R(p)$ :

$$T_{ME}^R(p) = \frac{1}{c_{ME}^R m_{ME}^R} \cdot \frac{1}{p} \cdot (Q_{HW}(p) - Q_R(p)). \quad (7)$$

Приток тепла  $Q_{HW}(p)$  зависит от расхода воды на потребителя контура отопления  $F_{HW}(p)$  с теплоемкостью  $c_w$  в контуре отопления, а также от разности температур греющей воды на входе  $T_{IN}^R(p)$  и выходе контура отопления  $T_{OUT}^R(p)$ :

$$Q_{HW}(p) = F_{HW}(p) \cdot c_w \cdot (T_{IN}^R(p) - T_{OUT}^R(p)). \quad (8)$$

Отток тепла  $Q_R(p)$  определяется температурой наружного воздуха  $T_{AIR}(p)$ , с учётом инерционности «промерзания стен» дома:

$$Q_R(p) = \beta_R \cdot \left( T_{ME}^R(p) - \frac{1}{T_{wall} p + 1} \cdot T_{AIR}(p) \right), \quad (9)$$

где  $\beta_R$  – приведённый коэффициент теплоотдачи,  $T_{wall}$  – постоянная времени, определяющая динамику влияния температуры наружного воздуха.

Температура воды на выходе контура отопления  $T_{OUT}^R(p)$  рассчитывается как

$$T_{OUT}^R(p) = T_{IN}^R(p) - \alpha_R \cdot (T_{IN}^R(p) - T_{ME}^R(p)), \quad (10)$$

где  $\alpha_R$  – приведённый коэффициент теплообмена.

Трёхходовой клапан определяет соотношение расходов воды на водогрейный котёл  $F_B(p)$  и на подмес  $F_M(p)$ . Соотношение задаётся степенью открытия клапана  $u \in [0,1]$ . При полностью закрытом клапане,  $u=0$ , весь поток направляется на котёл. Расход на потребителя  $F_{HW}(p)$  связан с расходами на котёл и на подмес соотношениями:

$$F_M(p) = u(p) \cdot F_{HW}(p), \quad F_B(p) = (1 - u(p)) \cdot F_{HW}(p), \quad (11)$$

Температура после трёхходового клапана представлена уравнением смешения двух потоков воды:

$$T_{IN}^R(p) = \frac{F_B(p) \cdot T_{OUT}(p) + F_M(p) \cdot T_{OUT}^R(p)}{F_{HW}(p)} = (1 - u(p)) \cdot T_{OUT}(p) + u(p) \cdot T_{OUT}^R(p). \quad (12)$$

**Подбор и обоснование констант и коэффициентов.** Для валидации полученной модели проведён вычислительный эксперимент: были определены технологические параметры некоторого типового контура отопления и реализована компьютерная модель. Для определения параметров компьютерной модели использовались типовые значения физических характеристик сред и материалов и параметров оборудования.

К физическим характеристикам относятся:

1)  $c_w = 4200 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ,

2)  $c_{air} = 1005 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ,

3)  $c_{ME} = 420 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ .

4)  $c_{ME}^R = 420 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ .

К параметрам оборудования относятся те параметры, которые зависят от конкретных исполнений элементов котельной:

1)  $m_{ME} = 872 \text{ кг}$  – масса металла конвекционных труб котла на 1 ГВт,

2)  $m_{ME}^R = 20000 \text{ кг}$  – масса металла батарей потребителя отопления,

3)  $F_{air}(p) = 0.92 \text{ кг} / \text{с}$  – расход воздуха во время продувки,

4)  $T_{air}(p) = 25 ^\circ\text{C}$  – температура воздуха внутри котельной,

5)  $F_{HW}(p) = 50 \text{ м} / \text{ч}$  – номинальный расход воды на потребителя.

Подбор коэффициентов  $\alpha_R$  и  $\beta_R$  для модели потребителя отопления осуществляется таким образом, чтобы при номинальном расходе  $F_{HW}(p) = 50 \text{ м} / \text{ч}$  и температуре воды на входе потребителя  $95 ^\circ\text{C}$ , при температуре наружного воздуха  $-20 ^\circ\text{C}$ , температура  $T_{ME}^R(p)$  составляла  $60 ^\circ\text{C}$ , а температура  $T_{OUT}^R(p)$  составляла  $70 ^\circ\text{C}$ . Подставляя в (9) и (10) номинальные значения получаем  $\alpha_R = 0.71$  и  $\beta_R = 18229.17$ .

Коэффициент  $\alpha$  для модели котла выбирается таким образом, чтобы при номинальном расходе в 70 т/час и температуре воды на входе  $70 ^\circ\text{C}$ , при работе первой ступени горелки температура металла устанавливалась в значении  $150 ^\circ\text{C}$ .

**Компьютерное моделирование.** Полученные уравнения реализованы при помощи MATLAB Simulink [7]. Общий вид построенной модели представлен на рисунке 2.

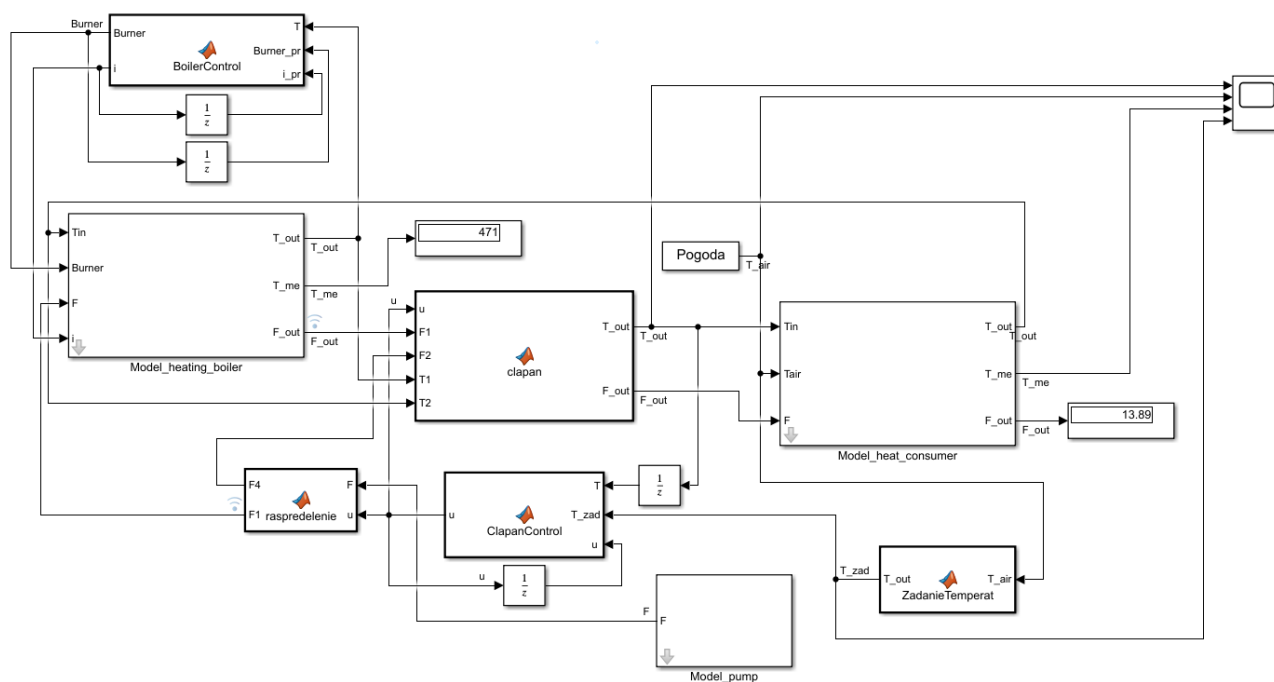


Рисунок 2 – Общий вид Simulink модели

Simulink-модель контура отопления реализована следующими функциями (MATLAB function) и подсистемами (Subsystem): *Model\_heating\_boiler* – блок модели котла, реализующий уравнения (1)–(6), релейное управление котлом рассчитывается блоком *BoilerControl*, температура воды на выходе котла  $T_{OUT}(p)$  поддерживается в диапазоне от  $92 ^\circ\text{C}$  до  $98 ^\circ\text{C}$ . Блоки *clapan*, *raspredelenie* реализуют модель трехходового клапана (11), (12).

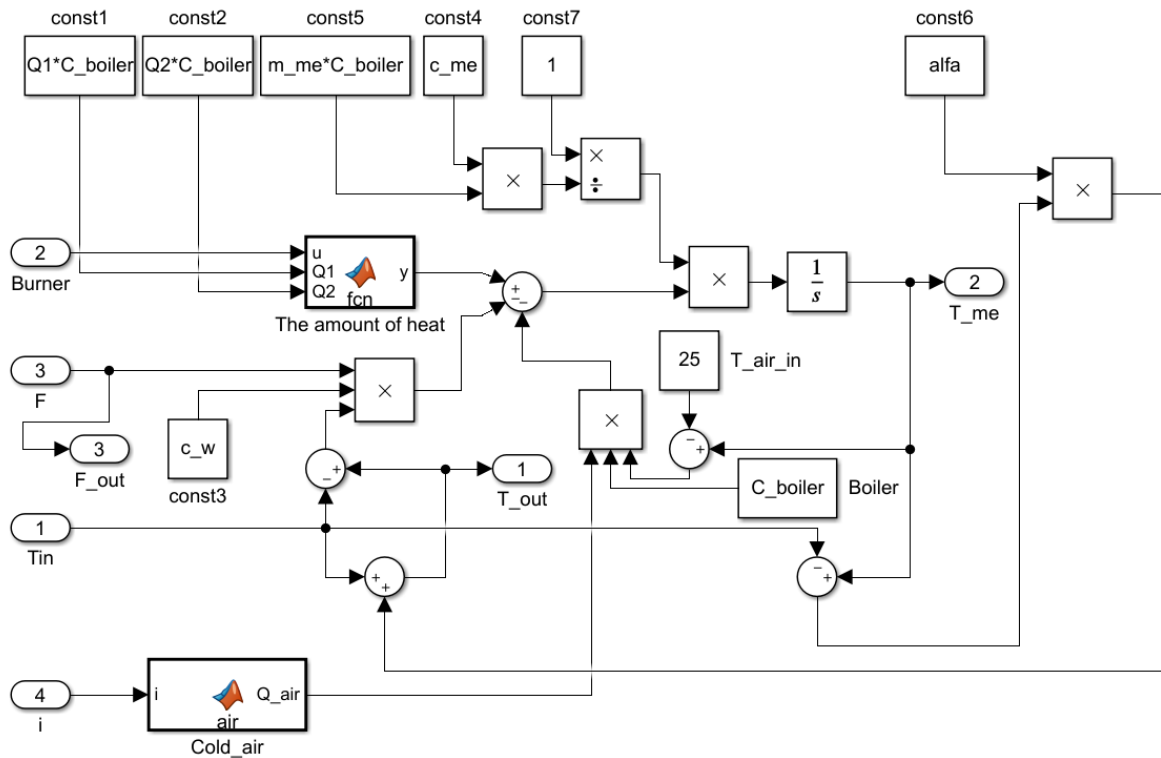


Рисунок 3 – Модель котла

Управление клапаном происходит по отклонению от требуемой температуры, которая задается блоком *ZadanieTemperat* погодным графиком – график зависимости выходной температуры воды со станции к потребителю  $T_{IN}^R(p)$  от температуры наружного воздуха потребителя  $T_{AIR}(p)$ , данный график определяется исходя из климата конкретного района. *Model\_heat\_consumer* – модель потребителя отопления, реализует формулы (7)–(10). Номинальный расход воды считается константой и задается блоком *Model\_pump*.

Для примера более подробно на рисунке 3 представлен блок *Model\_heating\_boiler* который реализует соответствующие уравнения (1) – (6).

Для тестирования модели на вход температуры наружного воздуха была подана температура за 15 часов изменяемая от  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . График модели представлен на рис. 4.

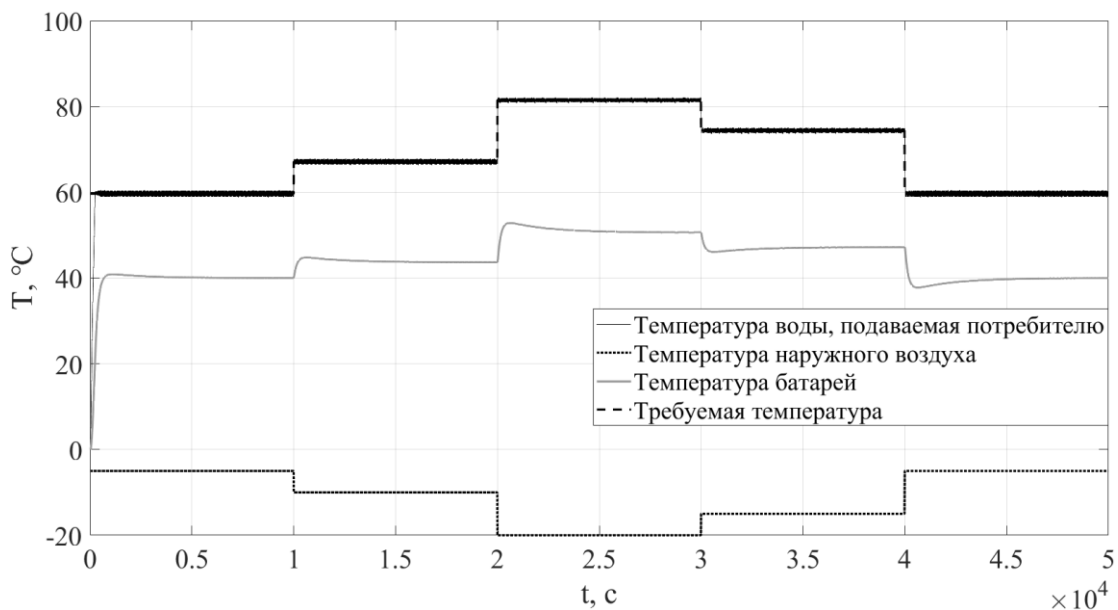


Рисунок 4 – График модели водогрейной станции

По графику видно, что потребитель отопления имеет большую инерцию, при этом система поддерживает заданную температуру воды на потребителя.

Построенная модель адекватно реагирует на изменение погоды и поставляет потребителю необходимое количество тепла, что подтверждает корректность математических моделей и компьютерной реализации. Следующим шагом будет сравнение модельных данных с реальными, а также усложнение модели за счёт добавления контура потребителя горячего водоснабжения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТАСС. – URL: <https://tass.ru/ekonomika/18905769> (дата обращения 21.03.2024).
2. Гаврилова А.А., Салов А.Г., Иванова Д.В. Исследование характеристик регионального промышленного комплекса методами статистического и модельного анализа// Научное обозрение, №15, 2015. - С.327-333.
3. Салов А.Г., Гаврилова А.А., Князев П-А., Круглов В.А. Имитационное моделирование деятельности генерирующего комплекса на основе трехфакторной производственной функции// Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура: научно-технический журнал. – Самара: СГАСУ, 2016. - Вып.3 (24) - С.140-145.
4. Жарков П.В. Оптимизация динамических режимов в паровом котле //Системные исследования в энергетике (Труды молодых ученых ИСЭМ СО РАН, Вып. 35). - Иркутск ИСЭМ СО РАН, 2005. - С. 125 - 130.
5. Клер А.М., Жарков П.В. Оптимальное управление динамическими процессами в паровом котле // Энергосистемы, электростанции и их агрегаты: Сборник научных трудов / Под ред. акад. РАН В.Е. Накорякова. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. - Вып. 10. - С. 17-26.
6. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования/ М.: «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, – 1972 г. – 768 с.
7. MathWorks©. MATLAB [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ.

УДК 681.5.015

## ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ В ЗАДАЧАХ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДВУХ ХАРАКТЕРИСТИК

Золотарёва В. В.

Самарский государственный технический университет, Самара

**Аннотация:** в данном исследовании рассматривается важная задача в области инженерной теплофизики, а именно определение плотности теплового потока на границе объекта в процессе его нагрева, с использованием измерений температуры в ограниченном количестве точек и учетом неизвестного начального неравномерного распределения. Проводимые исследования опираются на математическую модель процесса нестационарной теплопроводности с двумя управляющими воздействиями в условиях производственных режимов. Определение параметров, которые необходимо идентифицировать, осуществляется через использование метода параметрической оптимизации, который основывается на альтернативных свойствах разности экспериментальных и модельных данных.

**Ключевые слова:** обратные задачи теплопроводности, объект с распределёнными параметрами, идентификация, параметрическая оптимизация, альтернативные свойства.

## PARAMETRIC OPTIMIZATION IN PROBLEMS OF IDENTIFICATION OF TWO CHARACTERISTICS

Zolotaryova V. V.

Samara State Technical University, Samara

**Abstract:** this study considers an important problem in the field of engineering thermophysics, namely, the determination of the heat flux density at the boundary of an object during its heating, using temperature measurements

at a limited number of points and taking into account the unknown initial non-uniform distribution. The ongoing research relies on a mathematical model of the process of unsteady heat conduction with two control actions under the conditions of production modes. The parameters to be identified are determined through the use of parametric optimization method, which is based on the alternative properties of the difference between experimental and model data.

**Keywords:** inverse heat conduction problem, object with distributed parameters, identification, parametric identification, alternance features.

Теплообменные процессы имеют большое значение при проектировании различных объектов и технологических процессов, иногда являясь ключевыми при разработке новой техники и технологий. Для решения сложных задач теплообмена часто используется математическое и физическое моделирование. При этом нередко реализация производственных режимов сопровождается неполнотой информации, и проектные сведения приходится дополнять данными, полученными из экспериментальных исследований [1]. Разработка методов для решения обратных задач теплопроводности с учетом особенностей производственных процессов остается актуальной задачей в инженерной теплофизике.

В работе были рассмотрены два случая идентификации граничного воздействия (теплового потока) в процессе нагрева твердого тела, в одном из которых идентификация происходила с учетом неизвестного начального распределения, которое рассматривалось как возмущающее воздействие, а в другом случае присутствовало дополнительное управляющее воздействие, то есть нагрев происходил по двум каналам (рисунок 1). Задачи подобного типа относят к классу обратных задач теплопроводности, так как в них нарушена причинно-следственная связь, другими словами, нужно определить граничные или начальные условия процесса и вычислить коэффициенты уравнения, используя известные функции решения.

Рассмотрен процесс нагрева одномерной модели, состояние которой характеризуется переменным во времени и по объему тела температурным полем. В роли входных воздействий в первом случае выступают плотность теплового потока  $q(t)$  на поверхности  $x = R$  и начальное распределение температур  $\theta_0(x)$ , рассматриваемые в качестве управляющего и возмущающего воздействий, соответственно [2]; во втором случае присутствует два граничных воздействия  $q_0(t)$  и  $q_1(t)$ .

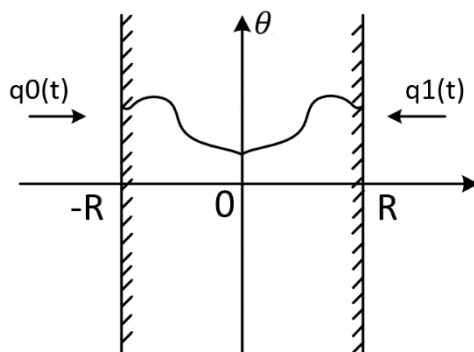


Рисунок 1 – Входные воздействия

Для восстановления теплового потока  $q(t)$  или  $q_0(t)$ ,  $q_1(t)$  необходимо найти модельную зависимость  $q_M(t)$  которой будет соответствовать минимальная оптимальная температурная невязка между экспериментальными  $Q^*(t)$  и модельными данными  $Q_M^*(t)$  в некоторой точке  $x^*$  по минимаксному критерию в теории оптимального управления.

$$I = \max_{t \in [0, t_k]} |Q_M(x^*, t) - Q^*(t)| \rightarrow \min_{q_M(t)}, \quad (1)$$

Решений подобной задачи (1) основывается на применении метода параметрической оптимизации, который в свою очередь учитывает альтернансные свойства разности.

Процесс, который рассматривался, характеризуется линейным однородным уравнением теплопроводности вида:

$$\frac{\partial \theta(x, t)}{\partial t} = \frac{\partial^2 \theta(x, t)}{\partial x^2}, \quad (2)$$

При этом заданы начальные и граничные условия второго рода.

Для первого случая:

$$\begin{aligned} \theta(x, 0) &= \theta_0(x); \quad 0 \leq x \leq R, \\ \theta_0(x) &= k_2(1 - e^{-\beta_2 x}) \end{aligned} \quad (3 \text{ а})$$

и граничным условием второго рода:

$$\frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0; \quad \frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=1} = q(t). \quad (3 \text{ б})$$

Для второго случая начальные и граничные условия несколько изменятся:

$$\theta(x, 0) = 0; \quad -R \leq x \leq R, \quad (4 \text{ а})$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=0} = q_0(t); \quad \frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=1} = q_1(t). \quad (4 \text{ б})$$

В формулах 2-6,  $x$  – вектор пространственных координат и  $t$  – время в относительных единицах [3].

Поиск аппроксимирующих зависимостей для первого случая решения задачи идентификации граничного воздействия проводился при использовании следующей функциональной зависимости:

$$q_M(t) = \sum_{i=0}^{N-1} a_{N-i} \times t^i, \quad N = 2, 3. \quad (5 \text{ а})$$

$$\theta_{M0}(x) = \sum_{i=0}^{N-1} b_{N-i} \times t^i, \quad N = 2, 3. \quad (5 \text{ б})$$

Для второго случая поиск осуществился также в класс полиномиальных функций.

Экспериментальная плотность теплового потока была получена решением прямой задачи теплопроводности и описывалась экспоненциальной функцией

$$q^*(t) = k_1(1 - e^{-\beta_1 x}). \quad (6)$$

Процесс идентификации неизвестных характеристик осуществляется с помощью метода последовательной параметрической оптимизации. То есть на каждой итерации осуществляемого метода, на основе вычислений из предыдущего этапа, определяется только одна из неизвестных характеристик. Такой подход дает возможность определить количество неизвестных параметров на каждом этапе в соответствии с числом неизвестных в обратной задаче теплопроводности при определении одной характеристики [3].

Результаты идентификации для первого рассмотренного случая приведены на рисунке 2.



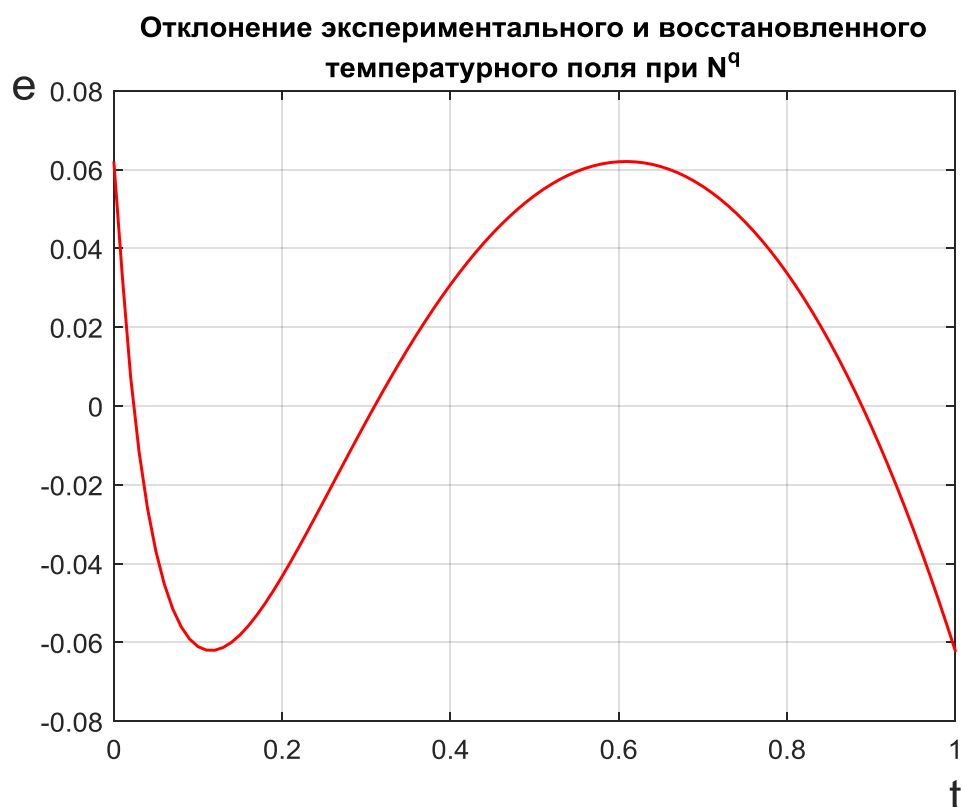


Рисунок 2 – График отклонения экспериментального температурного поля от восстановленного при  $N^q = 2$

Результаты ошибки идентификации при поиске решений рассчитывались в соответствии с минимаксным критерием и приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Анализ полученных результатов

Погрешность, %	N=2	N=3
$\varepsilon(Q)$	6.03	0.6032
$\varepsilon(q)$	18	8.2873

Приведенные результаты исследования показали возможность идентификации неизвестных характеристик при учете начального пространственного распределения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дилигенская, А. Н. Параметрическая идентификация граничного воздействия на компактных множествах заданной формы / А. Н. Дилигенская, В. В. Золотарева // Математические методы в технологиях и технике. – 2022. – № 12-1. – С. 7-10. – DOI 10.52348/2712-8873\_ММТТ\_2022\_12\_07. – EDN TGGYQJ.
2. 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. - М. : Высш. шк., 2003 (Казань : ГУП ПИК Идел-Пресс). - 298, [1] с. : ил., табл.; 21 см.; ISBN 5-06-004694-X (в пер.).
3. Дилигенская, А. Н. Параметрическая идентификация процессов технологической теплофизики с двумя неизвестными характеристиками / А. Н. Дилигенская, В.В. Золотарёва [Текст] // XI Всероссийская научная конференция «Системный синтез и прикладная синергетика». – Ростов-на-Дону – Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2022. – С. 236-240.

## ВИДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ, ВАЖНОСТЬ И МЕТОДЫ

Черкасов А. В.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** важность использования методов прогнозирования в биржевой торговле, а также применяемые методы и рекомендации

**Ключевые слова:** прогнозирование, количественные методы, качественные методы, смешанные методы, непрерывное прогнозирование.

## TYPES OF FORECASTING, IMPORTANCE AND METHODS

Cherkasov A. V.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** The importance of using forecasting methods in stock trading, as well as the methods and recommendations used

**Keywords:** Forecasting, Quantitative methods, Qualitative methods, Mixed methods, Continuous forecasting.

Фондовый рынок является одним из ключевых механизмов при финансировании экономического развития. Он бесспорно является одним из катализаторов, который позволяет использовать средства предприятий для увеличения их капитала. Помимо этого, он является необходимым и актуальным для привлечения инвестиций. Использование возможностей и ресурсов фондового рынка позволит привлечь дополнительные денежные средства в различные экономические секторы, а также позволит дополнительно простимулировать развитие региона.

В 2019 году компания ОАО «РЖД», Федеральная антимонопольная служба и АО «Санкт-Петербургская Международная Товарно-сырьевая биржа» заключили документ о взаимодействии, он подразумевает под собой внедрение на рынке нефтепродуктов институт оператора товарных поставок (ОТП). Которые в свою очередь позволяют решить задачу повышения поставок биржевого товара от биржевого покупателя до конечного грузополучателя с четкой привязкой биржевых договоров к исполнению поставки, а также оптимизируют процессы расчетов за организацию транспортировки биржевого товара, перегруз и недогруз по биржевым договорам, проведена автоматизация процесса определения и оптимизация документооборота по исполнению биржевых договоров.

Для более эффективного управления ресурсами, в биржевую торговлю зачастую внедряют возможность прогнозирования. Прогнозирование является процессом составления прогнозов на основе прошлых и настоящих данных, что позволит оценивать будущие события и тренды, основанные на текущих показателях и индикаторах рынка, а также принимать стратегические решения. Методология прогнозирования связана с планированием и моделированием.

Важность прогнозирования:

- Стратегическое решение: позволяет правильно провести анализ и принять решение в различных сценариях, спрогнозировать анализ влияния на бизнес-процессы и дальнейшие финансовые стратегии компании.

- Анализ рисков: использование модели прогнозирования поможет аналитикам вовремя вычислить потенциальные риски обвала рынка и позволит своевременно придумать план по минимизации ущерба компании.

- **Повышение эффективности:** прогнозирование позволит более правильно распоряжаться финансовыми ресурсами компании и вкладываться в направления, которые обладают большей маржинальностью.

- **Составление плана:** прогнозирование позволяет принимать во внимание динамику финансовых изменений на рынке и позволит совместно с аналитиками составить более выгодную стратегию торговли ценными бумагами или ресурсами.

Прогнозирование включает в себя различные подходы и методы, которые следует использовать в различных ситуациях, а также зависимости от цели компании.

Методы прогнозирования:

1) Количественные методы.

- **Статистическое прогнозирование:** позволяет провести анализ исторических данных, учитывать влияние различных произошедших кризисов, а также применяет методы линейной регрессии и авторегрессионную модель.

- **Временные ряды:** направление, которое позволяет строить модели, прогнозирующие поведение изучаемого процесса, учитывая моменты сезонности, каких-либо закономерностей изменения рынка на основании предыдущих наблюдений.

- **Машинное обучение:** позволяет создавать модели, позволяющие компьютеру обучаться без конкретных инструкций и самому выявлять закономерности в обрабатываемых данных. Для использования машинного обучения необходимо использовать механизмы теории вероятностей, математической статистики, методов оптимизации и другие.

2) Качественные методы.

- **Экспертные оценки:** данный метод оценки подразумевает использование для оценки тенденций рынка группу специалистов, которые смогут принять обоснованное решение, не выраженное строгими зависимостями в аналитике и остальными факторами. Такой метод способствует формированию консенсуса среди экспертов при определении оптимального решения. Одной из особенностей метода является использование нескольких независимых экспертов, что позволит сделать более точное предсказание и оценку результатов, в отличие от групп специалистов.

- **Метод сценариев:** один из методов, суть которого заключается в моделировании сценариев в виде пошаговой логической последовательности развития исследуемого объекта, основан на вероятностных предположениях о различных состояниях факторов. При этом число сценариев должно быть обозримо и каждый отдельный сценарий должен допускать возможность точного прогнозирования.

3) Комбинированные методы – при формировании стратегии развития предприятия, на это влияют факторы как внешней, так и внутренней среды, основной вопрос касается потенциальных возможностей предприятия, которые определяются различными факторами среды. Комбинированные методы позволяют компенсировать недостатки одних методов, достоинствами других.

- **Ансамблевое прогнозирование:** вместо использования одного единого прогноза, составляется целый набор прогнозов. Целью данного подхода является создание представления о диапазоне возможных сценариев будущих состояний. Ансамблевое прогнозирование использует метод Монте-Карло. Несколько моделей должны обучаться решать одну и ту же задачу, после чего их объединяют и получают наилучший результат для дальнейших действий. Стекинг – достаточно простой тип ансамблей, принцип заключается в использовании нескольких слабых учеников, после получают результат их прогноза. Бэггинг – принцип, в котором модели обучают на разных исходных данных, после чего объединяют, таким образом информация уравнивается, например метод случайного леса.

- **Иерархическое прогнозирование:** включает в себя прогнозирование временных рядов, которые связаны между собой иерархически, существует три способа построения: снизу вверх, сверху вниз и центральный.

- Структурное прогнозирование: данный метод использует метод обучения с учителем, он позволяет находить решение проблемы, при этом сохранив функции. Обучение происходит при наблюдении за данными, однако из-за сложности данной модели требуется более внимательно смотреть за результатами предсказаний.

4) Динамическое прогнозирование предоставляет компаниям возможность не только создавать прогнозы однократно, но и непрерывно обновлять и адаптировать их к изменяющемуся бизнес-окружению и ситуациям на рынке. Этот подход позволяет организациям собирать и анализировать данные в режиме реального времени, актуализировать свои прогнозы и стратегии, а также оперативно реагировать на динамику торговых площадок.

Прогнозирование играет фундаментальную роль в успехе бизнеса, обеспечивая компаниям возможность принимать обоснованные решения и оперативно реагировать на изменения в рыночной среде. Применение разнообразных методов прогнозирования способствует повышению точности и надежности прогнозов, что ведет к улучшению эффективности управления компанией и стимулирует ее дальнейший рост и развитие.

В дополнение, для эффективного прогнозирования рекомендуется:

- Выявить ключевые цели, сферу применения и учитывать специфику в применяемой области.

- Анализировать входные данные и принять решение по использованию метода прогнозирования, а также правильно использовать данные для того, чтобы выполнить поставленную задачу.

- Инвестиции в обучение и развитие компетенций сотрудников, специализирующихся на анализе данных имеют огромное значение для успеха прогнозирования. Поддержка обучения персонала и расширение их навыков позволят эффективнее использовать инструменты прогнозирования.

- Систематически проверять результаты для улучшения результатов прогнозирования системы, а также для более понятного вектора дальнейшего развития.

- Адаптироваться к изменяющимся тенденциям и кризисам, что позволит быстрее приспосабливаться под изменяющиеся тенденции рынка и постоянное наблюдение за ситуацией на биржевом рынке.

Выбор методов прогнозирования в бизнесе зависит от его целей, наличия и качества исходной информации, опыта экспертов и технических возможностей. При использовании краткосрочных прогнозов не требуется применять большое количество методов или большое количество специалистов. В данном случае большую роль играет оперативность. В долгосрочной перспективе составлять прогнозы уже приходится с использованием методов компьютерного моделирования. Также прогнозирование для бизнеса является ценным инструментом планирования, оптимизации ресурсов и управления рисками.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прогнозирование\_Конспект.pdf [Электронный ресурс]. – URL: [http://ea.donntu.ru:8080/bitstream/123456789/28385/2/Прогнозирование\\_Конспект.pdf](http://ea.donntu.ru:8080/bitstream/123456789/28385/2/Прогнозирование_Конспект.pdf) (дата обращения: 06.03.2024).
2. Роль и сущность прогнозирования. Социально-экономическое прогнозирование – Студопедия [Электронный ресурс]. – URL: [https://studopedia.ru/3\\_29489\\_rol-i-sushchnost-prognozirovaniya-sotsialno-ekonomicheskoe-prognozirovanie.html](https://studopedia.ru/3_29489_rol-i-sushchnost-prognozirovaniya-sotsialno-ekonomicheskoe-prognozirovanie.html) (дата обращения: 07.03.2024).
3. Techniques and Methods of Business Forecasting [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.economicdiscussion.net/business-forecasting/techniques-and-methods-of-business-forecasting/31478> (дата обращения: 08.03.2024).
4. ОАО “РЖД” и АО “СПбМТСБ” организуют железнодорожные поставки нефтепродуктов в рамках биржевых торгов | Пресс-релизы | Компания [Электронный ресурс]. – URL: <https://company.rzd.ru/ru/9397/page/104069?id=247149> (дата обращения: 08.03.2024).

## THE PRINCIPLE OF BUILDING THE STRUCTURE OF A SELF-TUNING TRAIN COORDINATE CLASSIFICATION SYSTEM FOR INTERVAL TRAIN CONTROL SYSTEMS

Tarasova A. E., Chudakov L. A.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** The article deals with the issues of building adaptive self-tuning systems of interval control of train traffic, the stages of forming the structural scheme of the system are presented. It is shown that the system should have a feedback, and the feedback control function is the residual error between the real length of the control section and the length calculated with the use of the solving function.

**Keywords:** State classifier, informative features, decisive function, machine learning, equation self-tuning, train coordinate.

## ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ СТРУКТУРЫ САМОНАСТРАИВАЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ КООРДИНАТЫ ПОЕЗДА ДЛЯ СИСТЕМ ИНТЕРВАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ

Тарасова А. Е., Чудаков Л. А.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** в статье рассмотрены вопросы построения адаптивных самонастраивающихся систем интервального регулирования движением поездов, представлены этапы формирования структурной схемы системы. Показано, что система должна обладать обратной связью, и функцией регулирования обратной связью является остаточная ошибка между реальной длиной участка контроля и длины, вычисленной с помощью решающей функции.

**Ключевые слова:** Классификатор состояний, информативные признаки, решающая функция, машинное обучение, самонастройка уравнения, координата поезда.

The peculiarity of complex systems, such as railway automated traffic control devices, lies in their non-stationarity due to dynamic changes in external influences and operating conditions [1, 2]. This results in fluctuations in the values of primary informative features, making the synthesis of an equation for accurately calculating the coordinates of interval train control systems (ITCS) a challenging task. The machine learning of the coordinate equation must constrain the range of changes in the primary parameters of rail lines and destabilizing influences. However, in real conditions, achieving the initial conditions for limitation may be unattainable. This challenge can be addressed by employing adaptive self-tuning systems. Adaptive systems within the complex ITCS can be categorized into subclasses based on the adaptation tasks they perform [3, 4]:

– Extremum systems: These systems operate by adjusting the input signal to reach the extremum of the object characteristic when it undergoes changes.

– Learning systems: Adaptation occurs during the training of an equation or model, utilizing accumulated statistical data. The correctness of the training algorithm is periodically reassessed.

– Self-tuning systems: These systems embrace the principle of adaptation in uncertain conditions by tuning the model, the calculator equation, or by modifying the structure or its parameters.

In this paper, trainable and self-tuning adaptation systems are examined. The combined representation of these adaptation systems enables the attainment of quasi-invariance in the results of train coordinate calculations. During the initial stage, the coordinate calculator equation is trained within a restricted range of changes in circuit parameters and disturbing influences. System upset is identified by the error in train coordinates calculation, noticeable when the calculated train

coordinate significantly deviates from the actual coordinate. Subsequently, the self-tuning process of the coordinate calculation equation commences, involving the tuning of coefficients. Therefore, continuous active control of the input electrical parameters of the rail line, coordinate calculation, comparison of the calculated coordinate with the actual one, and the organization of self-tuning if necessary are essential.

The structural-functional scheme of the system with adaptive self-tuning of the train coordinate equation, depicted in Fig. 1, consists of the information generation link and the self-tuning channel of the equation (STCE), indicated by the dashed line.

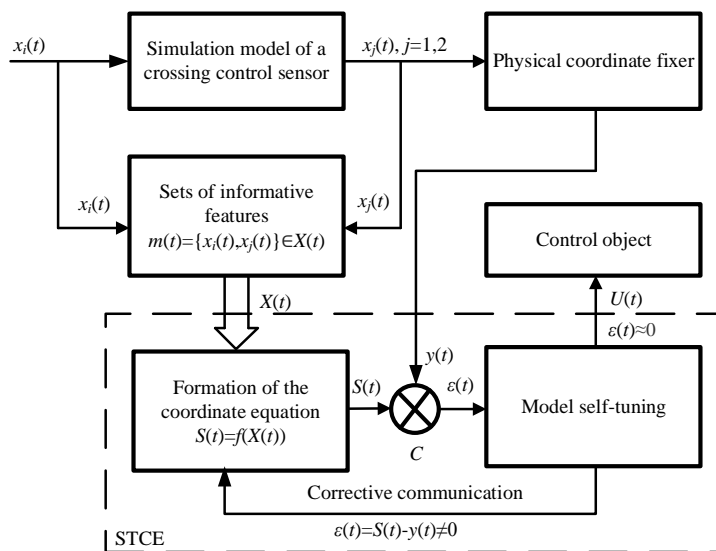


Figure 1 – Structural and functional diagram of the system with adaptive self-tuning of the train coordinate equation

The self-tuning channel comprises three crucial components:

1. train coordinate equation generation block  $S_C(t) = f(X(t))$ ;
2. block of equation coefficients tuning;
3. element for comparing the current and calculated coordinates ( $C$ ).

The desired model takes the form of an equation for calculating train coordinates, wherein the tunable arguments are informative features  $m(t) = \{U_1 e^{j\omega t}, I_1 e^{j\omega t}\} \in X(t)$ , that constitute the patterns of coordinates  $X(t)$ . When constructing the equation, it is imperative to consider that the equation should be as simple as possible, preferably linear. This simplicity is essential to facilitate technical implementation [5] and adhere to the requirements of electromagnetic compatibility with the power supply system of railway transport [6]. Simultaneously, the equation of train coordinates should minimize errors in the calculation process.

The methods for self-tuning dynamically non-stationary objects, which include classifiers of ITCS train coordinates, are rooted in the knowledge of the differential equation of the rail line, understanding the type and complexity of the calculator equation, and the need to determine its coefficients. However, the accuracy of the result, when the object is mathematically described using a model and the coordinates are calculated through the resulting equation, may be compromised. This is primarily attributed to insufficient knowledge of the behavior of the calculator equation when the initial conditions for perturbations exceed acceptable limits.

To minimize errors, it is advisable to employ compensatory methods utilizing model analogs of the identified train coordinate [7–9]. The methodology involves applying the input signal  $u(t)$  not only to the rail line but also to its model (equation of the coordinate calculator  $S(t)$ ). The mathematical model of the calculator equation, with tunable coefficients, mirrors the structure of the rail line. The output signal, detecting the train entering the approach section of a finite fixed

length  $l_{yn}$ , is compared with the information from the coordinate equation  $S(t)$ . Following a chosen criterion for error estimation

$$\varepsilon(t) = S(t) - l_{yn} \rightarrow \min, \tag{1}$$

the coefficients of the coordinate calculation equation are tuned. The cyclic tuning process continues until the condition of fulfilling the minimum error criterion is met.

The development of the self-tuning system of the ITCS involves two main stages:

1. Informational Stage: This stage focuses on forming information that reflects the current coordinates, represented as an information matrix of features.

2. Control Stage: This stage implements necessary corrective actions on the train coordinates calculation equation to ensure the required accuracy of coordinates calculation. This stage involves a cycle of modeling, training, and self-tuning of the train coordinates equation.

Given the pivotal importance of the first stage in synthesizing a self-tuning ITCS in this study, we will delve into the details of this stage. The first stage is implemented using either a simulation tool or a series of field measurements conducted over the year. These measurements record climatic effects on rail lines, leading to changes in insulation conductivity on the polygon of the railway section with a crossing.

The simulation model of measuring transducers of signals from the sensor, providing information about the coordinates of train movement, enables the formation of a matrix of primary features  $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ . These features include electrical input parameters of the rail line at the supply end and their corresponding coordinates  $S(x_i)$  [10]. Similar to the machine learning procedure, the input parameters of measuring transducers consist of complex amplitudes of voltage and current at the supply end of the rail line:

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &= U_1 e^{j\varphi_1} = U_1, \varphi_1, \\ \dot{I}_1 &= I_1 e^{j\psi_1} = I_1, \psi_1, \end{aligned} \tag{2}$$

where  $\dot{U}_1$  and  $\dot{I}_1$  represent complex amplitude values of voltages and currents at the supply end of the rail line,

$\varphi_1$  and  $\psi_1$  denote their corresponding initial phases.

To pinpoint the moment of train entry into the control section and initiate the self-tuning process of the model, the instantaneous value of current at the relay end of the rail line in the approach section is utilized as an informative output parameter  $i_2(t)$ :

$$S(x) = f(U_1 e^{j\varphi_1}, I_1 e^{j\psi_1}) \tag{3}$$

Starting from the time  $t=0$  when the train enters the boundary of the approach section, the procedure for forming the a priori multidimensional feature space is activated. This formation depends on the states of the primary parameters of the rail line, the parameters of the track circuit hardware matching devices at the ends of the rail lines, and the train coordinate:

$$m(x) = \{U_1 e^{j\varphi_1}, I_1 e^{j\psi_1}, I_2 e^{j\psi_2}\}. \tag{4}$$

Utilizing the set (4), patterns of train coordinates  $X_i(t)$  in each time interval are established, resulting in the generation of a matrix comprising informative features and train coordinates:

$$\begin{array}{ccc} \left\| \begin{array}{c} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ \dots \\ X_{n-1} \\ X_n \end{array} \right\| & \left\| \begin{array}{cccc} U_{11} & \varphi_{11} & I_{11} & \psi_{11} \\ U_{21} & \varphi_{21} & I_{21} & \psi_{21} \\ U_{31} & \varphi_{31} & I_{31} & \psi_{31} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ U_{(n-1)1} & \varphi_{(n-1)1} & I_{(n-1)1} & \psi_{(n-1)1} \\ U_{n1} & \varphi_{n1} & I_{n1} & \psi_{n1} \end{array} \right\| & \left\| \begin{array}{c} S_{11} \\ S_{21} \\ S_{31} \\ \dots \\ S_{(n-1)1} \\ S_{n1} \end{array} \right\| \\ \text{patterns} & \text{informative features} & \text{train coordinates} \end{array} \tag{5}$$

The mandatory requirement for compiling the matrix of features is the correspondence of the rows: each row should represent a single pattern – informative features – train coordinates.

Analyzing the research results, presented in the form of matrix (5) with consideration for  $\{U_1 e^{j\varphi_1}, I_1 e^{j\psi_1}\} \equiv \{x_i, x_j, x_n, \dots, x_k\} = f(x, g)$ , allows for an estimation of the influence of changes in the primary parameters of the rail line and train coordinates on the informative features.

Thus, the multidimensional matrix of input electrical parameters of the rail multipole, with its dimensionality determined by the dynamic range of changes in the primary attributes of rail lines, enables the formation of an information matrix for the self-tuning system. This matrix serves as the foundation for synthesizing the solving function of the adaptive classifier.

## REFERENCES

1. Razgonov S. A. [About combinational frequencies in rail circuits with track throttle-transformers] // Sbornik nauchnykh trudov DONIZhT. 2005. №4.
2. Zhelezov D. V., Tarasov E. M., Gerus V. L., Tarasova A. E. [Perturbing effects on rail lines and their compensation by invariance principles] // Transport, Nauka, Obrazovanie v XXI veke: Opyt, Perspektivy, Innovacii: proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference. Samara – Orenburg : Limited Liability Company "Aeterna", 2017. P. 25-29. EDN: ZQMACJ.
3. Boukerche A., Wang J. Machine Learning-Based Traffic Prediction Models for Intelligent Transportation Systems // Computer Networks. 2020. Vol. 181, Issue 3. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2020.107530>.
4. Tarasov E. M., Zhelezov D. V., Vasin N. N., Tarasova A. E. Providing Invariance to Disturbing Effects in Rail Lines // Inzhenernyye tekhnologii i sistemy = Engineering Technologies and Systems. 2019. № 2. P. 152-168. DOI: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.029.201902.152-168>.
5. Volik V. G., Kharlamova N. I., Shumakov V. M., Tarasova A. E. [Microprocessor classifier of rail line states] // Vestnik Transporta Povolzhya. 2017. № 6. P. 98-103. EDN: YTUVKN.
6. Shamanov V. I. [Problems of electromagnetic compatibility of track circuits with traction network] // Avtomatika na transporte. 2019. №2. DOI: [10.20295/2412-9186-2019-5-2-160-185](https://doi.org/10.20295/2412-9186-2019-5-2-160-185).
7. Bobtsov A. A. [Adaptive and robust output control of uncertain systems]. SPb : Nauka, 2011. 174 p.
8. Tarasov E. M., Gerus V. L., Tarasova A. E. [Development of information and control system of crossing signalling with multiparameter sensor of train coordinate] // Perspective Information Technologies (PIT 2017) : proceedings of the International Scientific and Technical Conference. Samara: Samara Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, 2017. P. 742-745. EDN: YOWQIP.
9. Zheng Z., Dai S., Xie X. Research on Fault Detection for ZPW-2000A Jointless Track Circuit Based on Deep Belief Network Optimized by Improved Particle Swarm Optimization Algorithm // IEEE Access. 2020. Vol. 8. P. 175981–175997. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3025628>.
10. Tarasova A. E. [Investigation of potential capabilities of rail line state classifiers] // Nauka i Obrazovanie Transporty. 2018. № 1. P. 223-226. EDN: YZAGPJ.

УДК 656.34

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ И ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МОДЕЛИ

Черкасов А. В.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** Прогнозирование временных рядов, используемые модели, языки программирования и используемые параметры.

**Ключевые слова:** Прогнозирование временных рядов, ARMA, ARIMA, SARIMA, Python, Java.

## TIME SERIES FORECASTING AND MODELS USED

Cherkasov A. V.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** Time series forecasting, models used, programming languages and parameters used.

**Keywords:** Time series recognition, ARMA, ARIMA, SARIMA, Python, Java.



Прогнозирование временных рядов – это случай задачи регрессии, который является специальным. При прогнозировании временных рядов, объекты систематизации линейно упорядочены по временным параметрам. В ходе процесса обучающая выборка работает с параметрами, которые расположены в прошлом, а тестовая выборка работает с параметрами, которые располагаются в будущем. Для случаев, когда требуется решить задачу количественных взаимосвязей экономических объектов, движение временного ряда складывается из плавно изменяющегося тренда, сезонного повторения через определенные случайные интервалы и календарных эффектов. В таких случаях достаточно неплохо работают адаптивные методы краткосрочного прогнозирования. Данные методы основаны на рекуррентных формулах, которые вводятся методом наименьших квадратов. При ситуациях, когда модель временного ряда неизвестна, но временных рядов много, приходится использовать методы адаптивной селекции и адаптивного комбинирования моделей. Неоспоримым преимуществом таких методов является высокая вычислительная производительность.

При выборе используемых технологий необходимо провести детальный анализ предметной области. Ведь выбор инструментов будет влиять на качество и скорость разработки программного продукта. Также важно помнить о том, что после выхода программный продукт планируется развивать и поддерживать. Одними из самых распространенных языков, которые используют на данный момент: Python и Java. Рассмотрим использование одной из популярных моделей в Java. ARIMA представляет собой модель, которая использует параметры средних значений и показывает предполагаемое движение тенденций на биржевом рынке. Помимо этого, используя и анализируя данные прошлых лет эта модель может предугадывать будущие движения цен на бирже. Прогнозирует прибыль компании выстраивая ориентир на прошлый период. ARIMA использует средства, которые были основаны на предыдущих значениях и применяет технический анализ биржи, чтобы спрогнозировать цены на акции в будущем. Модели авторегрессии могут оказаться неподходящими для использования в условиях рынка и часто быть неточными, так как в рыночных условиях часто возникают ситуации кризиса и другие неожиданные ситуации.

Основная идея модели заключается в прогнозировании данных. Например, для прогнозирования биржевых котировок, росте или падении акций, поиске различий между входящими и выходящими значениями.

Компоненты, которые включает в себя модель ARIMA:

- Авторегрессия: модель временных рядов, которая показывает изменения переменной.
- Интеграция: означает, что статистические характеристики модели не меняются со временем, они являются постоянной величиной.
- Скользящее среднее: использует подход, когда происходит наблюдение за реальным значением, при этом параллельно идет анализ значения, которое было спрогнозировано.

Основная масса биржевых данных нацелена на отображение будущих тенденций рынка. Главная цель дифференцирования заключается в устранение любых тенденций или сезонных скачков.

Сезонность: представляет собой изменения, которые случаются через определенные интервалы. Частота сезонных изменений может происходить как поквартально, так и еженедельно. Периодически могут возникать несезонные колебания, но такие ситуации происходит реже. Таким образом очень важно заниматься выявлением сезонных колебаний и пытаться снизить эффект этого воздействия на компанию.

При построении модели загружается большое количество финансовых данных, следом определяются тенденции для этих данных. Далее необходимо определить наименьший порядок различий. Путем наблюдения за автокорреляциями можно определить порядок

регрессии и порядок скользящего среднего путем сравнения автокорреляций и частичных автокорреляций.

Преимущества модели включают в себя возможность использования краткосрочных прогнозов. Также к преимуществам необходимо добавить возможность использования только исторических данных и возможность моделировать нестационарные данные. Из недостатков стоит отметить недопустимость использования в долгосрочном прогнозировании, так как модель плохо поддается прогнозированию поворотных точек, а также требует больших вычислительных затрат и обладает субъективными параметрами.

Помимо языка программирования Java, при программировании временных рядов используется язык программирования Python. Python представляет пользователю множество нужных библиотек и инструментов, которые помогут ему реализовать задачу применяя прогнозирование временных рядов. В Python используются библиотеки Pandas и sktime и другие, которые сразу работает со всеми моделями: ARMA, ARIMA, SARIMA.

ARMA – авторегрессивная скользящая средняя, которая предсказывает будущие значения, используя прошлые данные.

SARIMA – статистическая модель, которая рассчитывает прогнозы в конкретном периоде и позволяет работать с нестационарными данными и фиксировать сезонность. Также данная модель не полагается на независимые переменные.

Чтение и отображение данных временных рядов.

При чтении исторических данных с помощью библиотеки Pandas подключенная библиотека позволит определить дату и время, а также извлечь цены на запрашиваемый вид продукта. При этом на экран будут выведены следующие значения:

- Дата: индекс во временном ряду, показывающий дату, связанную с ценой.
- Закрытие: цена, по которой в последний раз был куплен товар в конце дня.
- Открытие: цена, по которой товар был куплен в начале дня.
- Высокая: самая высокая цена, по которой купили товар в этот день.
- Низкая: самая низкая цена, по которой купили товар в этот день.
- Объём: общее число сделок за день.

Для построения временного ряда используют библиотеки визуализации Seaborn и Matplotlib, после этого можно приступить к построению модели временного ряда авторегрессионной скользящей средней.

Обособление данных для дальнейшего обучения и тестирования.

Одной из важных частей при построении модели является разделение данных для обучения и тестирования. Модель будет обобщаться за пределами обучающих данных, а эти данные будут статистически значимыми. В таком случае часть данных служит обучающими данными, а другая данными для тестирования.

Построение и оценка модели SARIMAX.

При нахождении оптимальных параметров с помощью поиска, их используют для обучения модели на наборе динамических данных. Такой метод позволяет понять, насколько хорошо модель подходит к выбранным данным и даст возможность их своевременной корректировки. При идеальном раскладе, модель должна иметь статистически значимые коэффициенты, нормально распределенные и неоднородные остатки наблюдений. Когда модель соответствует этим критериям, она считается хорошей.

Статическое прогнозирование.

Генерируются прогнозируемые значения, начиная с конкретной даты, заканчивая конечной датой. После полученные прогнозные значения сравнивают с реальными данными временного ряда. Для оценки точности прогноза используют метрику среднеквадратичной ошибки. Эта метрика является общепринятой для оценки качества моделей прогнозирования. В данной метрике среднеквадратичной ошибки – чем ниже значение, тем точнее модель.

Динамическое прогнозирование.

Представляет собой более реалистичное представление о будущем поведении временного ряда. Так как в данном методы учитываются оценки в процессе прогнозирования.

Динамический прогноз использует самые свежие прогнозные значения. Также присутствует возможность использования расчета среднеквадратичной ошибки для динамического прогноза.

Рассмотрев используемые методы, стало более понятно какими преимуществами и недостатками они обладают, однако важно помнить о том, что большую роль до сих пор играют исходные данные и то, насколько правильно ими пользуются специалисты, а также качество этих исходных данных. Python предпочтительнее в качестве языка программирования из-за его простоты освоения, а также большой библиотеке по данному языку.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прогнозирование временных рядов с помощью ARIMA в Python 3 [Электронный ресурс]. URL: <https://timeweb.cloud/tutorials/python/prognozirovanie-vremennyh-ryadov-python-3> (дата обращения: 03.03.2024).
2. Руководство по прогнозированию временных рядов в Python на примере BTC | Itprogers | Дзен [Электронный ресурс]. URL: <https://dzen.ru/a/YzsPCo4wjj-6bSAs> (дата обращения: 03.03.2024).
3. Реализация JAVA временного ряда прогноза модели ARIMA – Русские Блоги [Электронный ресурс]. URL: <https://russianblogs.com/article/7963797381/> (дата обращения: 04.03.2024).
4. Анализ временных рядов – модели на основе ARIMA [Электронный ресурс]. URL: <https://skine.ru/articles/16930/> (дата обращения: 05.03.2024).

УДК 004.62

## ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР ОПТИМИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Тихонова Е. В., Папиловская Л. И.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** в статье рассматривается роль информационно-аналитических систем (ИАС) в работе железнодорожного транспорта России. Такие системы обеспечивают безопасное и эффективное функционирование железнодорожного транспорта, и их внедрение является отраслевым стандартом для бизнес-аналитики. Также в статье приводится схема работы аналитической пирамиды (АП), на основе которой работают все существующие ИАС, расписан каждый уровень АП и составляющие этих уровней

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, информационно-аналитические системы, базы данных, транзакционные системы, аналитическая пирамида, хранилища данных, витрины данных, аналитические приложения.

## INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEMS AS A KEY FACTOR IN OPTIMIZING RAILWAY TRANSPORT

Tikhonova E. V, Papirovskaia L. I.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** The article examines the role of information and analytical systems (IAS) in the work of Russian railway transport. Such systems ensure the safe and efficient operation of rail transport, and their implementation is an industry standard for business intelligence. The article also provides a scheme of the analytical pyramid (AP), on the basis of which all existing IAS work, each level of the AP and the components of these levels are painted

**Keywords:** railway transport, information and analytical systems, databases, transactional systems, analytical pyramid, data warehouses, data marts, analytical applications.

Железнодорожный транспорт – основа транспортной системы Российской Федерации. По состоянию на 2018 год, составляла 122 тыс. км, в том числе 86,6 тыс. км путей общего пользования и 35 тыс. км путей необщего. Средняя скорость движения поездов в России составляет 45 км/ч, но на некоторых участках железных дорог скорость может достигать до 150 км/ч и более.

Работа всех систем железнодорожного транспорта нацелена на эффективное движение не только поездов, но грузов. Например, по данным Росстата на 2018 год железнодорожным транспортом было перевезено 1,2 млрд тонн груза, что составляет более 40 % от общего объема грузовых перевозок в стране. По данным Ространснадзора, количество аварий на железных дорогах России значительно ниже, чем на других видах транспорта, железнодорожные перевозки являются самым безопасным способом транспортировки.

Такие высокие показатели невозможно было достичь без работы информационно-аналитических систем (ИАС). Именно они обеспечивают эффективную работу железнодорожного транспорта, позволяя получать и анализировать информацию о состоянии поездов, локомотивов, вагонов и других объектов, включая объекты инфраструктуры, что позволяет оптимизировать процессы и принимать обоснованные решения.

Информатизация железнодорожной отрасли берет свое начало с 9 июля 1958г. В этом году по поручению руководства МПС во ВНИИЖТе была организована первая лаборатория вычислительной техники, а с 1971 года создана сеть Информационно-Вычислительных центров на все железных дорогах Советского Союза во главе с Главным Вычислительным центром [1]. За прошедшее время разработаны и внедрены более 700 автоматизированных систем, создана информационная сеть, охватывающая все структурные подразделения, объекты, поддерживающая все технологические процессы управления железнодорожным транспортом.

В настоящее время компания ОАО «РЖД» активно использует следующие автоматизированные системы: АСОУП, ЕЦДУ, ЕК АСУИ, «Экспресс 2», КАС АНТ, КАС АТ, АСУ ГС, АСУ СС. Любая ИАС представляет собой пирамиду (аналитическую – далее по тексту АП), в которой различные классы ИС располагаются на разных ступенях (уровнях), движение которых определяется направлением снизу вверх от транзакционных систем до аналитических приложений. Схема аналитической пирамиды представлена на рисунке 1.

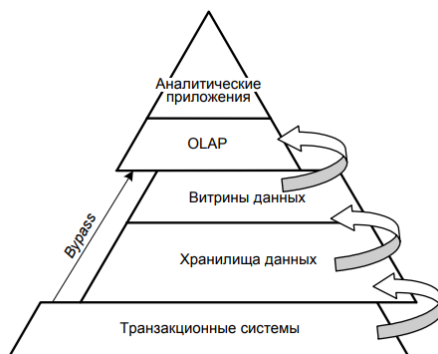


Рисунок 1 – Схема аналитической пирамиды

На нижнем уровне пирамиды лежат транзакционные системы, такие системы предназначены для выполнения различных операций с данными (информацией), такие как чтение, запись, обновление и удаление, для обеспечения безопасности и целостности информации. В качестве таких систем, которые используются на железнодорожном транспорте, можно привести: транзакционные терминалы самообслуживания (ТТС) пассажиров. С их помощью можно получить справочную информацию из АСУ «Экспресс», купить билет на поезд дальнего следования и оформить ранее оплаченные через Интернет билеты. Из достоинств ТТС выделяют высокую производительность, надежность, безопасность и масштабируемость [3].

Информация из транзакционных систем (ТС) в регламентированном виде аккумулируется в хранилищах данных (ХД). ХД – это некие системы хранения и анализа больших объемов данных (на железнодорожном транспорте проходит достаточно большой объем информации), полученных из различных источников (либо непосредственно от объектов, участвующих в перевозочном процессе, либо в результате выполненных транзакций, либо в результате работы автоматизированных систем) и позволяющих принимать управляющие решения. На железной дороге используются различного вида и содержания хранилища данных. В 1998 году в Главном вычислительном центре Министерства путей сообщения был запущен проект «Информационное хранилище МПС» [2], который должен был выполнять следующие задачи:

- проводить анализ данных о грузовых перевозках из системы ЭТРАН;
- предоставлять детальные сведения о состоянии грузовых вагонов [2].

Ступень «Витрины данных» представляет собой информационные массивы, которые, в необходимой мере являются структурированными, и в отличие от хранилищ данных, являются предметно-ориентированными. Данная ступень содержит специализированную информацию, которая хранится в подходящем виде, что крайне важно для выполнения конкретной задачи железнодорожного транспорта и ответа на запросы любой группы аналитиков. От витрин данных можно получить информацию по поездам: номер поезда, сколько вагонов в поезде, тип поезда и т.д., такую же информацию можно получить по любому объекту железнодорожной инфраструктуры. Следом за ступенью «Витрины данных» следуют системы оперативной аналитической обработки или Online Analytical Processing, (сокращенно, и далее по тексту «OLAP-системы» [4]), которые играют роль ключевой компонентной организации хранилища данных (см. ступень «Хранилища данных», рисунок 1).

На железнодорожном транспорте с помощью OLAP-систем можно проанализировать объем перевозок грузов, построить сравнительный график по временным промежуткам, как представлен на рисунке 2. Собрав информацию по конкретному направлению деятельности железнодорожного транспорта, с помощью OLAP-системы можно выявить и проанализировать полученные закономерности.

Грузооборот и погрузка железнодорожного транспорта России в 1988-2018 гг. (данные за 1988-1991 гг. - по РСФСР)

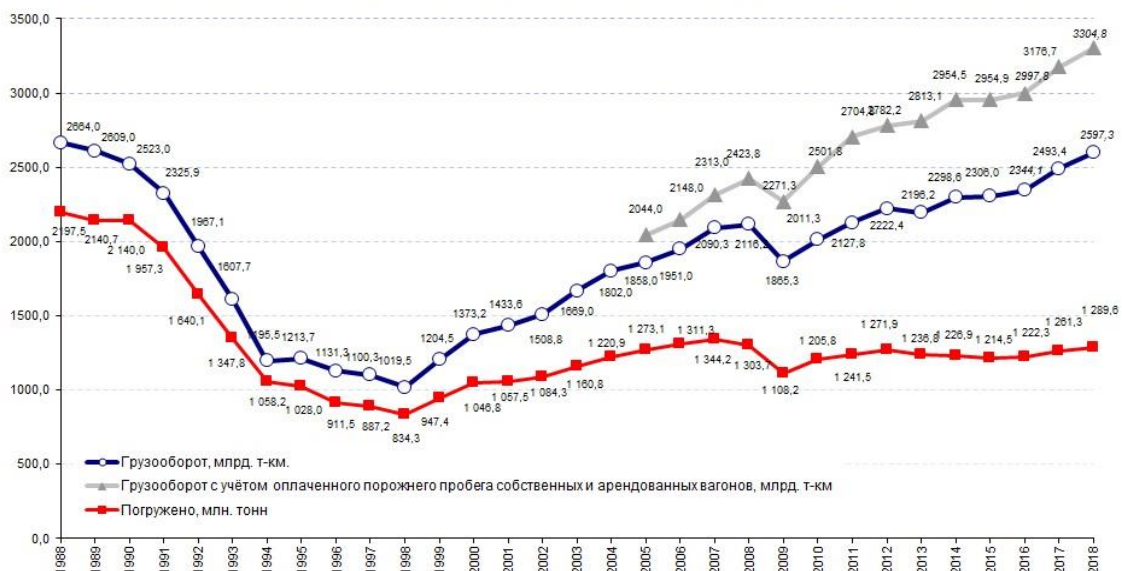


Рисунок 2 – Грузооборот и погрузка ЖД России в 1988–2018 гг.

Рассмотрев рисунок 2 график грузооборота (отмеченный серым), можно сделать выводы, что в период с 1988–1991 год объем погрузки уменьшился на 339 млрд.т-км, а в период с 1992–2018 год объем погрузки значительно вырос (на 630 млрд т-км).

Рассмотрев график грузооборот с учетом оплаченного порожнего пробега собственных арендованных вагонов (отмеченный синим цветом). Не трудно заметить, что с 2005 по

начало 2008 года, наблюдался рост этого грузооборота примерно на 379 млрд. т-км, но начиная с конца 2008 по 2009 год, наблюдался резкий спад на 260 млрд. т-км., тем самым значительно вырос грузооборот с учетом оплаченного порожнего пробега собственных арендованных вагонов в период с 2010 по 2018, примерно на 803 млрд. т-км.

На красном графике можно увидеть какая погрузка железнодорожного транспорта была в период с 1988 по 2018 гг. Наименьшие погрузки были в 1998 и 2009, и составили соответственно 843 млн. тонн и 1108 млн. тонн, наибольшее погрузки были в период с 1988 по 1991 гг.

Рассматривая вершину пирамиды (аналитические приложения), которые предназначены для осуществления исследования, существенно отличаются от транзакционных систем, которые направлены на подготовку конкретных задач. Аналитические приложения используют многомерные базы данных (далее по тексту – многомерные БД), которые эффективно работают не только с основными данными, но и с бизнес-правилами, рассматривающими их взаимосвязи с точки зрения отдельных бизнес-задач. В свою очередь, передача данных через OLAP-системы из транзакционных систем может проходить как прямую передачу "bypass", так и более коротким путем. Это может быть, как последовательная передача через все этапы, так и передача непосредственно от транзакции.

Ведение деятельности в такой крупной и территориально-распределенной компании, как ОАО «РЖД», требует применения современных и эффективных информационно-аналитических систем (ИАС). Корпоративная информатизация ОАО «РЖД» эволюционируя стала отраслевым стандартом в области бизнес-аналитики и одним из главных источников отчетов для руководства. Это свидетельствует о том, что компания активно инвестировала в современные информационные технологии и аналитические системы для оптимизации своей деятельности и улучшения процедуры согласования.

Использование таких программных продуктов не только обеспечивает компанию надежными и точными данными для принятия решений, но также делает возможным быстрое реагирование на изменяющиеся условия и требования рынка. Отчеты, полученные с помощью ИАС, стали важным инструментом для эффективного управления бизнесом.

Переход от уровня хранилища данных к единой отраслевой аналитической интегрированной платформе является следующим логичным этапом развития информатизации на любом предприятии. Такой этап способствует получению правдоподобной и полной картины происходящего, показывая весь спектр возможностей бизнес-аналитики (систему нерегламентированных запросов и углубленной аналитики), при этом эксплуатационные расходы не растут, а задачи пользователей не становятся сложнее. Рассмотрев составляющие аналитической пирамиды, можно сделать вывод, что использование такой пирамиды дает возможность проведения анализа информации (данных) на разных уровнях и этапах. Что помогает интегрировать сведения из разных информационных ресурсов, создавать отчеты и получать информацию, которая позволит принять важные меры в режиме реального времени.

Используя технологию аналитической пирамиды, профильные специалисты разработали и продолжают разрабатывать большое количество ИАС. Они будут работать не только с отказами и технологическими нарушениями, как было рассмотрено в статье "Мониторинг отказных состояний инфраструктуры железнодорожного транспорта", но и в других направлениях деятельности железнодорожной отрасли.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информатизация на железнодорожном транспорте. История и современность. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9401/page/78314?id=22800> (дата обращения: 09.03.24 15:15)
2. Семенов, А. Корпоративное хранилище на железной дороге / А. Семенов // Открытые системы. СУБД. – 2008. – № 5. – С. 62-65. – EDN KDYHVJ.
3. Транзакционные материалы самообслуживания ТТС ОАО «РЖД» приобретает все большую популярность у пассажиров URL: <https://www.rzd.ru/ru/9284/page/3102?accessible=true&id=36759> (дата обращения: 05.03.24 14:51)
4. OLAP на железнодорожном транспорте URL: <https://studfile.net/preview/5906694/page:3/> (дата обращения: 04.03.24 15:24)

## СЕКЦИЯ 5

### Электроэнергетика.

### Электроснабжение и электротехнические комплексы

УДК 004.42

#### РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПЕРЕРАСХОДА ПО ДОГОВОРАМ ДЛЯ АСКУЭ (Бэкенд)

Кузнецов Д. В., Грубов Т. Л., Ефимова Т. Б.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** в данной статье рассматривается проектирование информационной подсистемы мониторинга максимальной подключенной мощности, в частности применяемый стек технологий, методы передачи и обработки данных, а также межсервисное взаимодействие частей системы.

**Ключевые слова:** сервисы, rest api, java spring, мониторинг электроэнергии, разработка информационной системы.

#### DEVELOPMENT OF ELECTRICITY OVERCONSUMPTION MONITORING SUBSYSTEM FOR ASCAPC (Backend)

Kuznetsov D. V., Grubov T. L., Efimova T. B.

Samara State University of Transport, Samara

**Annotation:** this article discusses the development of a connected power monitoring information subsystem, in particular the used tech stack, methods of data transmission and processing, as well as systems service interoperation.

**Keywords:** services, rest api, java spring, electricity monitoring, information system development.

Одной из обязательных частей клиент-серверной системы является бэкенд или серверная часть, отвечающая за получение и обработку данных, а также их предоставление пользователю интерфейсу, в данной статье рассматривается разработка сервера для подсистемы мониторинга перерасхода по договорам для АСКУЭ.

Цель создания Системы заключается в повышении надежности энергоснабжения потребителей за счет своевременного выявления фактов превышения максимальной электрической мощности, а также в снижении расходов на содержание энергоемкого оборудования, необходимого для поддержания заявленных потребителями величин максимальной электрической мощности, путем вывода его из работы либо замены на менее мощное оборудование.

Серверная часть в данном проекте представляет собой две части, сервер фронтенда к которому обращается пользователь для загрузки веб-сайта, и сервер бэкенда, к которому происходит обращение из пользовательского интерфейса (по заранее предопределенным ссылкам). Общение между двумя системами происходит за счет RestApi, современного стандарта разработки клиент серверных приложений. В качестве транспорта используется Json файл передаваемый по TCP (Transmission control protocol).

API (Application Programming Interface) позволяет обмениваться данными в малосвязанных системах (или наоборот сделать их малосвязанными), в текущей парадигме программирования когда уход от монолитных приложений с одним большим ядром ответственным за всё является почти необходимым, разбиение ядра на «сервисы» становится как никогда актуальным [1-5].

Json файл предопределяется на серверной стороне, поэтому необходимо согласие о содержании интерфейса между разработчиками клиентской и серверной частей. Данная проблема может быть решена за счет ведения документации при условии последовательной разработки. Таким образом система становится малосвязанной что упрощает разработку и позволяет добавлять новые функции без необходимости переписывания рабочего кода. Фронтенд обращается к независимым частям бэкенда и получает запрошенные данные, после чего обрабатывает и отрисовывает пользователю для дальнейшего взаимодействия, при этом можно составить модель линейного взаимодействия с пользователем, или сценарий.

Кроме взаимодействия через обмен файлами Rest позволяет использовать методы HTTP, которые поддерживаются браузером напрямую, без написания дополнительного кода. Так можно реализовать базовые запросы GET, POST, PUT, DELETE и предоставлять пользователям вариант выбора между статичным сайтом и одностраничным. При этом взаимодействие с сервером будет одинаковым.

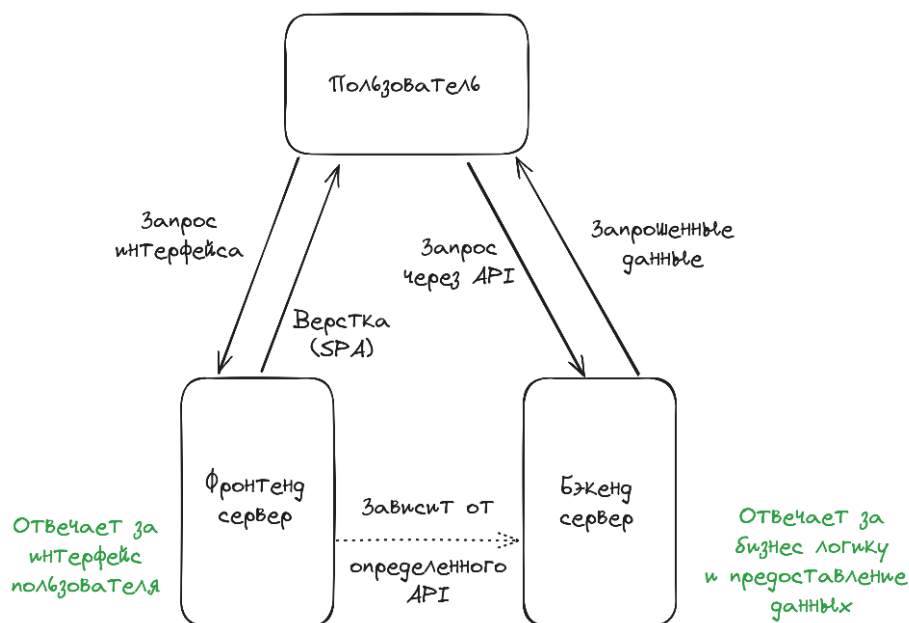


Рисунок 1 – Взаимодействие клиента с сервером

В Java Spring для создания Rest сервиса необходимо определить точки обращения (endpoint), а также вид возвращаемого объекта (так как используется объектно-ориентированный подход). Для объекта внутри программы создается специальный транспортный объект, по конвенции называемый DTO (Data transfer object), его поля при возвращении в виде Json объекта «копируются» и отправляются пользователю. Такой объект нужен не только для снижения нагрузки на сети передачи данных, но и для предотвращения ошибок, связанных с двунаправленными связями при использовании Hibernate.

В едином приложении Spring образуются отдельные части с собственной зоной ответственности, так выделяются слои получения данных (репозитории или data access objects), обработки (сервисы или бизнес-логика), и получения запросов (роутер или контроллер), благодаря этому можно разбить приложение на модули или пакеты, которые легче поддерживать. Каждый слой определяется вручную при помощи аннотаций, а их взаимодействие определяется с помощью Dependency Injection – механизма внедрения зависимостей, в каждом классе определяется набор необходимых зависимостей (сервисы, репозитории), к которым можно обратиться, при создании экземпляра класса будут созданы и зависимости.

Для работоспособности системы необходимо обеспечить её надежность и устойчивость к ошибкам. Для этого в Java используется обработка ошибок, при возникновении сбоя при



исполнении программы, она не закрывается, а прекращает выполнение кода, в котором произошел сбой, и продолжает работу, тем самым обеспечивая надежную серверную часть.

Обработка ошибок во время выполнения программы – не единственная которую стоит учитывать. Также существует вероятность дублирования данных при их добавлении, к примеру, при невнимательности пользователя, для предупреждения подобных ситуаций, при разработке базы данных используются методы обеспечения её целостности, также известные как нормализация. В данном проекте используется третья нормальная форма, для достижения которой нужно соответствие второй и первой. Так при добавлении данных можно автоматически проверить их на дублирование.

Взаимодействие с базой данных обеспечивает библиотека Hibernate, отображающая сущности базы данных в объекты Java (POJO), с её помощью можно создать структуру базы данных на основе существующих объектов, а также установить их связи, репозитории являются частью этой библиотеки, так как предоставляют возможность автоматического маппинга (соответствия полей объекта с полями сущности в базе данных), сохранения, удаления, редактирования и получения данных с обеспечением атомарности, согласованности, изолированности и надежности.

Помимо ошибок, необходимо разделять роли пользователей в данной системе пользователи разделяются на три группы: администратор, оператор, пользователь. Оператор в отличии от пользователя может не только просматривать данные, но и при необходимости менять их, так если необходимо добавить или изменить договор в системе — это может сделать оператор или администратор системы. При этом администратор должен иметь возможность добавления пользователей в систему, выдачи им прав, сброса паролей.

Данная система позволит дирекции по энергообеспечению отслеживать используемую подключенную мощность по договорам и оперативно принимать решения по устранению превышения допустимых значений. Это позволит снизить затраты на обслуживание оборудования, а также предотвратить его износ в случае превышения. Таким образом система соответствует целям разработки и современным стандартам программного обеспечения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ефимова, Т. Б. Разработка информационной системы мониторинга перерасхода энергоресурсов / Т. Б. Ефимова, Д. В. Кузнецов, Т. Л. Грубов // Наука и образование транспорту. – 2023. – № 2. – С. 19-23. – EDN MQQVGL.
2. Непрерывное развитие API. Правильные решения в изменчивом технологическом ландшафте / М. Меджуи. – Санкт-Петербург: Питер, 2022. – 368 с. – ISBN 978-5-4461-2023-9
3. Создание микросервисов / Сэм Ньюмен. – 2-е издание. – Санкт-Петербург: Питер, 2023. – 624 с. – ISBN 978-5-4461-1145-9.
4. Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения. / Мартин Р. – СПб.: Питер, 2021. – 352 с.: ил.
5. Spring Boot по-быстрому / М. Хеклер. – (Серия «Бестселлеры O'Reilly»), перевод на русский язык ООО «Пресс книга», 2022. – Санкт-Петербург: «Питер», 2022. – 352 с. – ISBN 978-5-4461-3942-2.

УДК 004

## ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕМ НА ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОПОДСТАНЦИЯХ

Втулкина А. И., Нуждина А. А., Ефимова Т. Б.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** данная статья посвящена проблемам энергоснабжения на тяговых электроподстанциях (ТЭП) и методам их оптимизации. ТЭП играют ключевую роль в обеспечении электроэнергией систем электрификации транспорта, однако неэффективное управление нагрузкой и другие проблемы могут привести к

снижению эффективности работы системы. Целью оптимизации является обеспечение устойчивого и эффективного энергоснабжения, что достигается через применение современных систем мониторинга и управления, автоматизированных систем управления нагрузкой и использование искусственного интеллекта. Оптимизация энергоснабжения на ТЭП позволяет сэкономить ресурсы, повысить надежность системы и улучшить ее энергоэффективность, что способствует более эффективной работе систем транспорта.

**Ключевые слова:** тяговые электроподстанции, аналитика, оптимизация, загруженность.

## OPTIMIZATION OF ENERGY SUPPLY MANAGEMENT AT TRACTION POWER SUBSTATIONS

Vtulkina A. I., Nuzhdina A. A., Efimova T. B.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** this article is devoted to the problems of power supply at traction power substations (TPS) and methods of their optimization. Thermal power plants play a key role in providing electricity to transport electrification systems, but inefficient load management and other problems can lead to a decrease in the efficiency of the system. The purpose of optimization is to ensure sustainable and efficient energy supply, which is achieved through the use of modern monitoring and control systems, automated load management systems and the use of artificial intelligence. Optimization of energy supply at the thermal power plant allows you to save resources, increase the reliability of the system and improve its energy efficiency, which contributes to more efficient operation of transport systems.

**Keywords:** traction power substations, analytics, optimization, workload.

Несмотря на большое число информационных систем, находящихся в использовании ОАО «РЖД» (информационные системы Холдинга почти полностью покрывают работу служб и дирекций [1]), существуют процессы, которые нуждаются в автоматизации. Тяговые электроподстанции (ТЭП) играют большую роль в обеспечении электроэнергией систем электрификации транспорта. Они специализируются на поставке электроэнергии для работы тяговых систем, таких как электрические поезда и трамваи, обеспечивая непрерывную работу общественного транспорта. Однако неравномерное распределение нагрузки между ТЭП может привести к перегрузкам и снижению эффективности работы системы. В этой статье мы рассмотрим методы оптимизации энергоснабжения на тяговых электроподстанциях и их преимущества.

Тяговая подстанция – электроустановка, предназначенная для понижения электрического напряжения и последующего преобразования (выпрямления) тока (для подстанций постоянного тока) с целью передачи его в контактную сеть для обеспечения электрической энергией электровозов, электропоездов, трамваев и троллейбусов.

Система тягового электроснабжения электрического подвижного состава включает в себя тяговую сеть, состоящую из фидеров (питающих линий), контактной сети, рельсовой сети и отсасывающих линий (рисунок 1).

Одной из основных проблем ТЭП является обеспечение устойчивого и эффективного энергоснабжения. Недостаточное управление нагрузкой и использование мощности, а также поддержание надежности системы – ключевые аспекты, которые необходимо учитывать при оптимизации работы тяговых систем. Перерасход и недорасход ресурсов могут нести отрицательные последствия, так как предоставляемое оборудование рассчитывается из указанного планового расхода электроэнергии, соответственно повышенная нагрузка приводит к отказам, а пониженная – к простоям и неэффективному управлению финансовыми ресурсами [4]. Эти проблемы могут возникнуть из-за непредвиденных изменений в потреблении электроэнергии или из-за недостаточной балансировки нагрузки между подстанциями.

Целями оптимизации являются:

- Оптимизация использования электроэнергии;
- Обеспечение надежности энергоснабжения;
- Улучшение энергоэффективности.

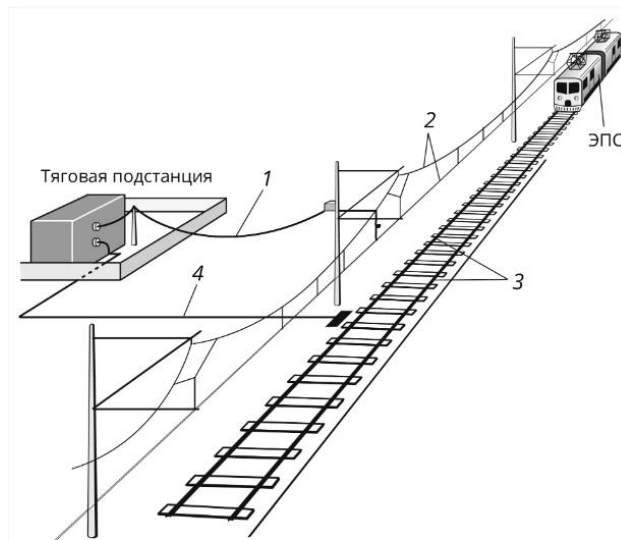


Рисунок 1 – Система тягового электроснабжения: 1 – фидер; 2 – контактная сеть; 3 – рельсовая сеть; 4 – отсасывающая линия

### Методы оптимизации энергоснабжения.

Системы мониторинга и управления. С помощью современных систем мониторинга можно постоянно контролировать состояние подстанций, нагрузку, напряжение и другие показатели, чтобы быстро реагировать на изменения и оптимально распределять электроэнергию. Они помогают предотвратить перегрузки и сбои в системе. Автоматизированная информационная система «Энергоэффективность» – система автоматизированного контроля электроэнергии, обеспечивающая достоверный учет, который одновременно выгоден ресурсоснабжающим организациям, хозяйствующим субъектам, собственникам и государству [2].

Автоматизированные системы управления нагрузкой. Эти системы динамически перераспределяют нагрузку между различными тяговыми электроподстанциями в зависимости от текущих потребностей, оптимизируя энергопотребление и снижая издержки. Если рассматривать систему в более детальном виде, то она представляет собой сеть из разных компонентов, объединяемых каналами связи, и разворачиваемых на разных серверах, обеспечивая масштабируемость, гибкость и надежность.

«Система сокращает время поиска нужной информации и позволяет оперативно обрабатывать данные» [3].

Применение искусственного интеллекта. Использование алгоритмов искусственного интеллекта и машинного обучения позволяет создать интеллектуальные системы управления, способные прогнозировать спрос на энергию и оптимизировать распределение, что улучшает надежность и эффективность работы ТЭП.

Оптимизация энергоснабжения [5, 6] на тяговых электроподстанциях приносит ряд значительных преимуществ. Во-первых, способствует экономии ресурсов и снижению затрат на производство и транспортировку электроэнергии. Это достигается за счет более эффективного использования существующих мощностей и уменьшения потерь энергии в процессе её передачи. Во-вторых, оптимизация энергоснабжения повышает надежность системы и снижает риск возникновения аварийных ситуаций. Это связано с тем, что более эффективное управление энергоснабжением позволяет избежать перегрузок в сети и обеспечить стабильное питание потребителей. Наконец, оптимизация энергоснабжения улучшает энергоэффективность и сокращает потери электроэнергии. Это достигается за счет использования современных технологий и оборудования, которые позволяют более эффективно использовать электроэнергию и минимизировать её потери.

Таким образом, оптимизация энергоснабжения на тяговых электроподстанциях является важным шагом на пути к более устойчивому и эффективному использованию энергетических ресурсов.

Оптимизация энергоснабжения на тяговых электроподстанциях является важным фактором для обеспечения устойчивого и эффективного функционирования системы транспорта. Развитие современных технологий мониторинга, управления и использование искусственного интеллекта помогает улучшить работу ТЭП, тем самым обеспечить комфорт и безопасность для пассажиров.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Часовских А. Е., Ефимова Т. Б. Цифровые решения российского бизнеса // Проблемы развития предприятий: теория и практика. 2018. № 3. С. 57–60.
2. Ефимова Т. Б., Чупак Е. В. Digitization of jsc «RZD» electric networks activity: problems and prospects of development // Lecture notes in networks and systems. 2021. № 133. С. 213–218.
3. 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.
4. Ефимова, Т. Б. Разработка информационной системы мониторинга перерасхода энергоресурсов / Т. Б. Ефимова, Д. В. Кузнецов, Т. Л. Грубов // Наука и образование транспорту. – 2023. – № 2. – С. 19-23. – EDN MQQBGL.
5. Тяговая сеть. Большая российская энциклопедия – URL: <https://bigenc.ru/c/tiagovaia-set-54d8ea> (дата обращения: 15.03.2024).
6. Степанова, Дарья Владимировна. Анализ компенсации реактивной мощности в контактных сетях участка Камышта – Бискамжа Красноярской железной дороги [Электронный ресурс] : выпускная квалификационная работа бакалавра : 13.03.02 / Д. В. Степанова. — Абакан : СФУ; ХТИ — филиал СФУ, 2017.

УДК 004.42

### РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПЕРЕРАСХОДА ПО ДОГОВОРАМ ДЛЯ АСКУЭ (Front-end)

Кузнецов Д. В., Грубов Т. Л., Ефимова Т. Б.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** статья посвящена разработке подсистемы мониторинга подключенной мощности по договорам для автоматизированных систем контроля и управления энергопотреблением (АСКУЭ). Цель проекта заключается в упрощении процесса мониторинга и оптимизации использования энергоресурсов. Основные задачи включают минимизацию рисков, связанных с надежностью, и максимизацию прибыли. Для достижения этих целей разрабатывается фронтенд-приложение SPA (Single Page Application). Результатом будет создание эффективного инструмента для контроля и оптимизации энергоресурсов.

**Ключевые слова:** SPA-приложение, мониторинг, Vue.js, Vuetify, Nuxt.js, front-end, автоматизация

### DEVELOPMENT OF ELECTRICITY OVERCONSUMPTION MONITORING SUBSYSTEM FOR ASCAPC (Front-end)

D. V. Kuznetsov, T. L. Grubov, Efimova T. B.

Samara State University of Transport, Samara

**Annotation:** this article is dedicated to development of connected power monitoring subsystem for ASCAPC. The goal of the project is to simplify the process of monitoring and optimize the use of energy resources. Main objectives include minimizing reliability risks and maximizing profits. To achieve these goals, a front-end single page application is being developed. The result will be the creation of an effective tool for monitoring and optimizing the use of energy resources.

**Keywords:** single page application, monitoring, Vue.js, Vuetify, Nuxt.js, front-end, automation

Подсистема предназначена для мониторинга используемой максимальной электрической мощности, основываясь на данных из актов об осуществлении технологического присоединения и АСКУЭ.

Целями данного проекта являются:

1. Минимизация рисков, связанных с надежностью.
2. Максимизация прибыли дирекции по энергообеспечению.

Результат достигается благодаря оперативному мониторингу и информированию сотрудников руководства о недобросовестном использовании присоединенной мощности потребителем. Таким образом, мы можем предложить потребителю более высокий тариф с увеличенной мощностью, если он ее неэффективно использует, или наоборот, переключить потребителей, которые не используют запрашиваемую мощность, на более низкие тарифы с меньшей мощностью. Это позволяет сократить расходы на обслуживание оборудования для предоставления электроэнергии, уменьшить риски, связанные с надежностью, и увеличить прибыль.

В современной сфере автоматизации систем контроля и управления энергопотреблением (АСКУЭ) эффективное мониторинговое решение становится все более важным. Одним из ключевых компонентов в этом процессе является разработка подсистемы мониторинга перерасхода по договорам, обеспечивающей адекватное управление ресурсами. В данный момент одним из актуальных методов является процесс разработки фронтенд-приложения SPA (Single Page Application) для мониторинга и управления перерасходом по договорам, с обеспечением авторизации, регистрации пользователей и управлением ролями.

Fetch () с помощью данной функцией отправляются сетевые запросы на сервер – как отправлять, так и получать данные. Promise возвращается с объектом ответа в этом методе предоставляется дополнительная информация (заголовки, статус ответа) и ответ на запрос. Глобальный API предоставляется браузером для работы с ответами и запросами HTTP. Для таких работ ранее использовался XMLHttpRequest, но fetch() оказался гибкой и отличной альтернативой ведь применяя promise он прост в использовании и более понятен.

В взаимодействии между клиентом – сервером и backend сервером будет предусмотрена защита данных и безопасность приложения, используя авторизацию и аутентификацию на основе токена. Все запросы, отправленные через API из клиента – сервера к backend содержат токен. После доставки его на сервер идет проверка прав доступа пользователя. При таком подходе предотвращается утечка конфиденциальной информации и обеспечивается защита данных от несанкционированного доступа. Также между клиентом – сервером и backend для предотвращения вмешательства посторонних лиц и перехвата информации, будет обеспечено шифрование данных и установлено защищенное соединение. Токены и механизмы защиты играют важную роль в работе приложения через API, повышая безопасность и надежность

Одна из ключевых задач заключается в разработке приложения, которое позволит иметь удобный доступ и управление для пользователей различных категорий. Приложение будет SPA, которое минимизирует перезагрузки страниц и гарантирует плавный и быстрый интерфейс [1].

Функциональность приложения будет включать в себя не только базовые возможности авторизации и регистрации пользователей, но и управление ролями. Это означает, что система будет поддерживать различные роли, такие как администратор, оператор и обычный пользователь, с соответствующими уровнями доступа и правами.

Приложение будет обладать следующим функционалом:

- Поисковая система: пользователи смогут находить нужную информацию по каналам и точкам измерения и договорам, применяя фильтрацию для облегчения поиска.
- Редактирование: администратор или оператор сможет редактировать договора, вносить изменения о продлении или об актуальных изменениях в использовании мощности.
- Оповещение: на графике будет проведена красная линия, что означает предел предоставленной мощности в договоре, при превышении значения будет приходиться уведомление о перерасходе.

- Просмотр каналов и точек измерения: в таблице мониторинга будут выводиться точки и каналы измерения. При нажатии на канал измерения, выводится график с данными, которые показывают расход электроэнергии каждые 30 минут, так же на календаре можно выбрать временной промежуток и посмотреть расход.

Разработка приложения ведется с использованием таких фреймворков, как: Nuxt.js, Vuetify, Vue.js [2].

Vue.js используется для удобства и обеспечения разработки пользовательского интерфейса и позволяет управлять состоянием приложения. Данный фреймворк предоставляет интуитивно-простую и понятную структуру, что сильно упрощает процесс создания компонентов интерфейса и их взаимодействия.

Vuetify предоставляет готовый набор компонентов пользовательского интерфейса, соответствующих дизайну, аналогично bootstrap. Фреймворк позволит эффективно и быстро создать стильные и современные интерфейсы без необходимости разработки компонентов с нуля. При проектировании пользовательского интерфейса важно соответствие проекта правилам UI/UX (User Interface / User Experience), подразумевается, что он будет логичным и интуитивно понятным для пользователя. Компоненты веб-приложения обычно отражают объекты, содержащиеся в системе, но учитывают отображение информации в удобном для восприятия виде [3].

При помощи данного фреймворка можно создавать приложения с удобной клиентской навигацией и моментальной загрузкой страниц, а также обеспечивает на стороне сервера рендеринг для лучшей индексации поисковыми системами.

Для SEO-оптимизации и высокой производительности приложения будет использован Nuxt.js. Фреймворк обеспечивает на стороне сервера рендеринг для лучшей индексации поисковыми системами, а также можно разработать приложение с моментальной загрузкой страницы и удобной пользовательской навигацией.

Правильное сочетание вышеуказанных фреймворков позволит разработать эффективное и мощное приложение с современным интерфейсом, отличной оптимизацией и высокой производительностью. В результате, разработка подсистемы мониторинга перерасхода по договорам для АСКУЭ с использованием фронтенд SPA-приложения станет важным шагом в оптимизации системы управления энергопотреблением, предоставляя пользователям удобный и эффективный инструмент для контроля и оптимизации энергоресурсов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Миковски Майкл С., Пауэлл Джош К. Разработка одностраничных веб-приложений / Миковски Майкл С., Пауэлл Джош К. — : ДМК Пресс, 2023 — 514 с.
2. Заяц А. М., Васильев Н. П. Проектирование и разработка WEB-приложений. Введение в frontend и backend разработку на JavaScript и node.js / Заяц А. М., Васильев Н. П. — 3-е изд., стер. — : Издательство "Лань", 2021 — 120 с.
3. Ефимова, Т. Б. Разработка информационной системы мониторинга перерасхода энергоресурсов / Т. Б. Ефимова, Д. В. Кузнецов, Т. Л. Грубов // Наука и образование транспорту. — 2023. — № 2. — С. 19-23. — EDN MQQBGL.

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ РЕЛЬСОТРОННЫЙ ДВИЖЕТЕЛЬ

Тихонов И. В., Путько В. Ф.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

**Аннотация:** статья рассматривает увеличивающийся интерес к исследованиям в области высокоскоростного метания, основанного на принципе действия силы Ампера. Она начинается с описания процесса метания, основанного на электромагнитном поле, порождаемом током в проводнике, что приводит к формированию силы Ампера. Статья рассматривает применение этой силы в различных устройствах.

**Ключевые слова:** высокоскоростное метание, сила Ампера, электромагнитное поле, проводник, электромагнитное поле, устройства, правило левой руки.

## ELECTROMAGNETIC RAILGUN MOVER

Tikhonov I.V., Putko V.F.

Samara State University of Transport, Samara

**Abstract:** the article examines the increasing interest in research in the field of high-speed throwing based on the principle of Ampere force action. It begins with a description of the throwing process based on the electromagnetic field generated by the current in the conductor, which leads to the formation of an Ampere force. The article examines the use of this force in various devices.

**Keywords:** high-speed throwing, Ampere force, electromagnetic field, conductor, electromagnetic field, devices, left-hand rule.

Сейчас значительно возрос интерес к исследованиям высокоскоростного метания. Процесс метания происходит благодаря силе Ампера. Рассмотрим, как работает сила Ампера более подробно.

Общеизвестно, что при протекании по проводнику тока вокруг проводника создается электромагнитное поле. Именно электромагнитное поле порождает так называемую силу Ампера. Именно благодаря этой силе работают, описанные ниже устройства, а направление этой силы можно определить с помощью правила левой руки, изображенного на рисунке 1. Величину этой силы можно найти с помощью векторного произведения:

$$F = [B \cdot I]$$

где вектор силы  $F$  перпендикулярен векторам  $B$  и  $I$ .

Военные технологии всегда были обособлены от других изобретений. Это сложилось ещё в древности, так как развитые военные технологии способствовали выживанию людей. Но несмотря на военные технологии, остается приоритетным направлением в научном развитии человека и по сей день, однако это ничуть не мешает применению военных технологий в гражданских целях. Главной революцией в военной сфере стало использование пороха.

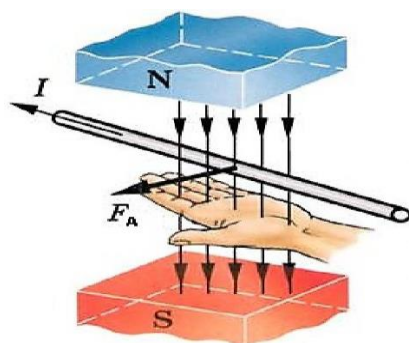


Рисунок 1 – Правило левой руки

Но вернемся обратно в современность. В настоящее время государства разных стран мира используют самые передовые достижения науки для укрепления своего военного потенциала. Одними из главных критериев, применяемых к новым видам оружия, являются точность и дальность, ведь улучшение этих параметров позволит поражать важные объекты инфраструктуры противника. В настоящий момент вполне очевидно, что использование пороха для стрельбы достигло своего предела ведь скорость снаряда выпущенного с помощью порохового заряда не превышает 2,5 км/с. Именно данный недостаток орудий подтолкнул людей на поиск альтернатив в данной сфере.

Так во время первой мировой войны был разработан так называемый рельсотрон. Рассмотрим принцип работы и конструкцию данного устройства. Рельсотрон состоит из пары параллельных рельс (электродов), которые подключены к конденсатору большой емкости, через ключ, а конденсатор в свою очередь подключен к источнику питания также через ключ. Рассмотрим Рисунок 2 первый ключ при замыкании заряжает конденсатор, ключ 2 при замыкании передает всю накопленную энергию на рельсы это пусковой рубильник.

Для того, чтобы произвести выстрел необходимо создать огромный по своей величине импульс тока, но при этом снаряд не должен разлететься и испариться. После подачи тока на электроды и рельсы на снаряд начинает действовать сила Ампера, которая приводит к взаимному отталкиванию всех частей конструкции. Именно это позволяет разогнать снаряд с помощью рельсотрона до скоростей недоступных пороховым орудиям.

Теперь зная принципы устройства и работы рельсотрона рассмотрим достоинства и недостатки орудий подобного типа.

Достоинства:

Главным плюсом рельсотрона является огромная скорость выпускаемого снаряда, отсюда также выходят такие плюсы рельсотрона как огромная пробивная сила снаряда и дальность стрельбы. Ещё одной привлекательной особенностью таких механизмов является безопасная транспортировка и хранение боеприпасов.

Недостатки:

Рельсотрон представляет собой довольно громоздкую конструкцию. В результате протеканию тока огромной силы составные части установки подвержены износу, что существенно снижает срок службы рельсотрона.

Однако рельсотрон имеет не только военное, но и гражданское применение. На данный момент одна из наиболее развитых идей применения конструкции рельсотрона это так называемый Hyperloop. Идея создания такого транспортного средства принадлежит Илону Маску, впервые он её высказал в 2013 году. Изначально Hyperloop представлялся как пассажирский транспорт, который за один день рейс будет перевозить до 188 человек, но данное изобретение имеет будущее скорее, как средство грузоперевозок.

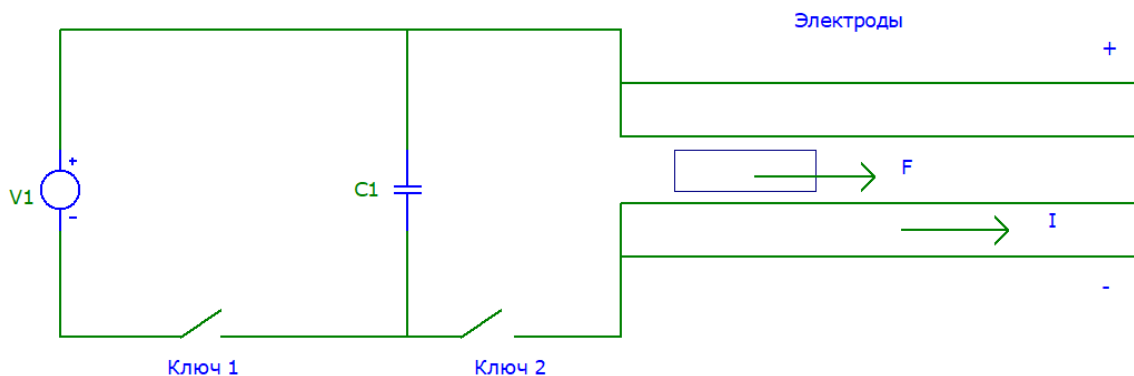


Рисунок 2 – Электрическая схема рельсотрона

Рассмотрим, как устроен Hyperloop. Данная система состоит из сообщающихся труб, внутри которых будет поддерживаться пониженное давление. В этой конструкции будет передвигаться капсула со скоростью около 1200 км/ч это значение близко к скорости звука.



Заставлять двигать капсулу будет следующая конструкция. Она будет представлять собой пару параллельных рельсов, находящихся под напряжением, а на основании капсулы находится переключатель, который замыкает рельсы. Возникает логичный вопрос, что будет источником питания такого транспортного средства? На верхней части труб будут установлены солнечные батареи. Количество энергии, вырабатываемой панелями должно хватить, даже учитывая тот факт, что необходимо запастись некоторое количество энергии для продолжения работы, даже в ночное время. Трубы, в которых будет двигаться капсула будут установлены на гибко укрепленных столбах. Это позволит решить проблему постоянного смещения земной коры (рисунок 4).

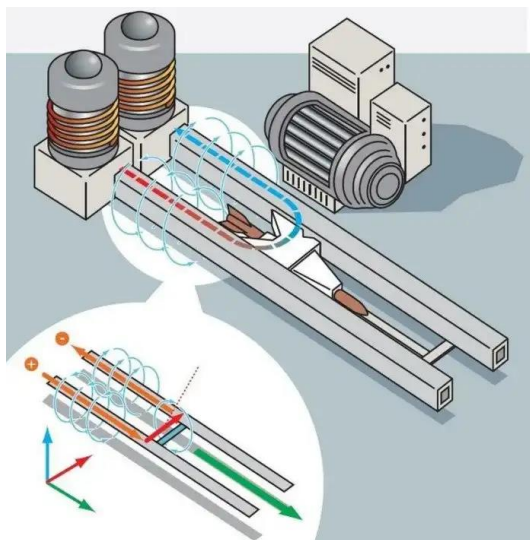


Рисунок 3 – Устройство рельсотрона

Теперь изучим конструкцию капсулы. Капсула будет установлена на металлические лыжи. Магниты на лыжах в паре с электромагнитным импульсом задают капсуле начальную скорость. Также все капсулы будут оборудованы двумя горизонтальными и одним вертикальным амортизаторами. Это будет позволять компенсировать наклон трубы, который возникнет в результате особенностей ландшафта. В передней части капсулы будет установлен нагнетательный насос, который будет перемещать воздух так чтобы он поддерживал работу воздушной подушки. Поддерживать работу насоса будет батарея находящаяся в задней части капсулы (которая будет накапливать энергию от солнечных панелей, см. рисунок 5).

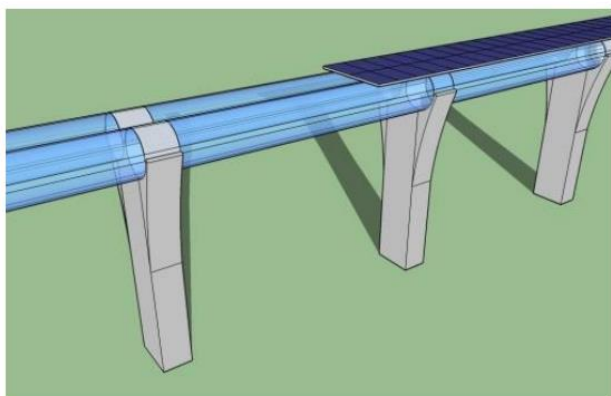


Рисунок 4 – Трубы, в которых капсула совершает движение

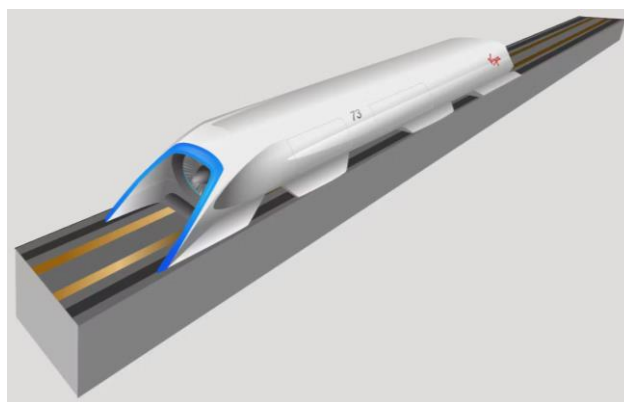


Рисунок 5 – Устройство капсулы

На данный момент времени Компания SpaceX одно из немногих (крупных предприятий) которое пытается реализовать данный проект. Сейчас компания получила разрешение на

начало полноценного строительства. Протяженность трассы должна составить около 500 километров.



Рисунок 6 – Движение колесной пары

В нашем макете мы подводим к проводящей колесной паре напряжение величиной 12 Вольт. В этом опыте мы используем тот же принцип что и в рельсотроне, но здесь мы приводим в движение колесную пару.

Так мы можем развить концепцию использования такого принципа для того, чтобы приводить в движение вагоны на железной дороге. Это позволит сократить протяженность контактной сети. Однако есть и недостатки главный состоит в том, что при использовании конструкции подобного типа на железнодорожном транспорте многократно увеличивается вероятность поражения электрическим током. Ввиду того что токоведущие части установки будут открыты.

Итак, мы рассмотрели применение электромагнитных ускорителей для военных и гражданских целей. Но это лишь теория, подведём итог.

Использование рельсотрона как оружия несмотря на все его преимущества на данный момент сложно сказать будет оно когда-либо использовано за пределами испытательных полигонов и лабораторий. Но это не отменяет того факта что на данный момент рельсотроны существуют и активно модернизируются.

Но гражданская сфера подает большие надежды ведь ее реализуется в настоящий момент времени более перспективна. Так как постройка проекта Hyperloop может колоссально увеличить грузопоток и скорость транспортировки пассажиров в десятки раз.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Динамические ускорители масс - из прошлого в будущее “Клюшников В.Ю. URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_43095839\\_21378762.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_43095839_21378762.pdf) (дата обращения: 05.03.24 15:15)
2. Сравнительный анализ процессов в N - витковых и классических рельсотронах.” Глинов А.П URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_9516652\\_94696023.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_9516652_94696023.pdf) (дата обращения: 11.03.24 15:15)

Научное издание

# МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ

МАТЕРИАЛЫ VI ВСЕРОССИЙСКОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Самара, 29 марта 2024 г.)