

ISSN 2306-4986

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

---

ФГБОУ ВО

«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

---

# **МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ**

**ХIII НАЦИОНАЛЬНАЯ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ**

2025 ВОРОНЕЖ

УДК 519.8:631.563.2.002.5

ББК Л80-5-05я4

М 74

М74 Моделирование энергоинформационных процессов [Электронный ресурс] : / Сборник статей XIII национальной научно-практической конференции с международным участием (24-26.12.2024). - Воронеж. гос. ун-т инж. технол. – Воронеж: ВГУИТ, 2025.-505 с.

Сборник материалов XIII национальной научно-практической конференции с международным участием «Моделирование энергоинформационных процессов», Воронеж, 24-26 декабря 2024 г.

Статьи публикуются в редакции авторов (с корректировкой и правкой). Мнения и позиции авторов не обязательно совпадают с мнениями и позициями редакционной коллегии.

**0601000000**

**М**

**ОК2 (03) - 2025**

**Без объявл.**

**УДК**

**519.8:631.563.2.002.5**

**ББКЛ80-5-05я4**

### **Оргкомитет**

#### **Председатель:**

Корнеева О.С., д.б.н. (Воронеж, Россия), член-корреспондент РИА, и.о. проректора ВГУИТ по научной и инновационной деятельности

#### **Сопредседатели:**

Битюков В. К., Заслуженный деятель науки РФ, д.т.н. (Воронеж, Россия)

Гусев Б.В. д.т.н., Заслуженный деятель науки РФ, член-корр. РАН, президент РИА

#### **Члены оргкомитета:**

Авцинов И. А., д.т.н. (Воронеж, Россия)

Дворецкий С. И., Заслуженный деятель науки РФ, д.т.н. (Тамбов, Россия)

Зиягдинов Н. Н., д.т.н. (Казань, Россия)

Иванов Л. А., к.т.н. (Москва, Россия), первый вице президент РИА

Ильин А. В., член-корреспондент РАН (Москва, Россия)

Калач А.В., д.х.н. (Воронеж, Россия)

Карманова О. В., д.т.н. (Воронеж, Россия), член- корреспондент РИА

Карпович Д. С., к.т.н. (Минск, Республика Беларусь)

Конотопов М. В., д.т.н. Заслуженный деятель науки РФ, академик РИА(Москва,Россия)

Кудряшов В. С., д.т.н. (Воронеж, Россия)

Лабутин А. Н., д.т.н. (Иваново, Россия)

Меньшутина Н. В., д.т.н. (Москва, Россия), академик РИА

Мешалкин В. П., академик РАН (Москва, Россия) , академик РИА

Подвальный С. Л., Заслуженный деятель науки РФ, д.т.н. (Воронеж, Россия)

Провоторов В. В., д. физ.-мат. н. (Воронеж, Россия)

Прокопчук Н. Р., д.т.н. (Минск, Республика Беларусь), член-корреспондент БАН

Скрыпников А. В., д.т.н. (Воронеж, Россия)

Соколов И.А., академик РАН (Москва, Россия)

Тихомиров С.Г., д.т.н. (Воронеж, Россия) , академик РИА

Челноков В.В., д.т.н. (Москва, Россия) , академик РИА

Урбанович П.П., д.т.н. (Минск, Республика Беларусь)

Хаустов И.А., д.т.н. (Воронеж, Россия), член-корреспондент РИА

#### **Секретариат:**

Никитин Б. Е., к. физ. - мат. н. (Воронеж, Россия)

Толстова И. С. (Воронеж, Россия)

Романов Р. А. (Воронеж, Россия)

©ФГБОУ ВО

«Воронеж.

гос. ун-т

инж. технол, 2025

## Оглавление

**АЛГОРИТМ РАЦИОНАЛЬНОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ** *БИРЮКОВ М.И.<sup>1</sup>, ХВОСТОВ А.А.<sup>2</sup>, ХАУСТОВ И.А.<sup>3</sup>, ТИХОМИРОВ С.Г.<sup>3</sup>, ИВАНОВ А.В.<sup>3</sup>* .....14

**УСТРОЙСТВА С ГАЗОВОЙ ПРОСЛОЙКОЙ ДЛЯ МАНИПУЛИРОВАНИЯ ШТУЧНОЙ ПРОДУКЦИЕЙ** *АВЦИНОВ И. А., СУХАНОВА Н. В.* .....21

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ НА ОСНОВЕ ПОЧТИ ПЕРИОДИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ** *<sup>1,2</sup>КАЛАЧ А.В., <sup>2</sup>ПАРАМОНОВ А.А., <sup>2</sup>ШКЕРИН А.Л.* .....24

**АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ВЯЗКОСТИ СМЕСЕЙ АЗОТА И КИСЛОРОДА НА ЛИНИИ НАСЫЩЕНИЯ** *ХАУСТОВ И.А.<sup>1</sup>, ХВОСТОВ А.А.<sup>1,2</sup>, ЖУРАВЛЕВ А.А.<sup>3</sup>, ГРИГОРЬЕВ А.А.<sup>3</sup>* .....29

**ОЦЕНКА ДИССИПАТИВНЫХ ТЕПЛО ВЫДЕЛЕНИЙ ПРИ ТЕЧЕНИИ ТЕРМОВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ В КОЛЬЦЕВОМ ЗАЗОРЕ РОТАЦИОННОГО ВИСКОЗИМЕТРА** *ТИХОМИРОВ С.Г.<sup>1</sup>, ХВОСТОВ А.А.<sup>1,2</sup>, ЖУРАВЛЕВ А.А.<sup>3</sup>, ИВАНОВ А.В.<sup>1</sup>* .....36

**СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ЗАЩИЩЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СЕТИ С PROXY-СЕРВЕРОМ И КООРДИНАТОРОМ** *КОЛЕСНИКОВ А.В.<sup>1</sup>, ДРАННИКОВ А.В.<sup>2</sup>, СЛЮСАРЕВСКИЙ А.А.<sup>1</sup>* .....45

**АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕНТРА ТРОПИЧЕСКОГО ЦИКЛОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ** *<sup>1,2</sup>КАЛАЧ А.В., <sup>2</sup>ПАРАМОНОВ А.А., <sup>2</sup>ШКЕРИН А.Л.* .....49

УМНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ <i>ШАКИРОВ А. Г., САНДАКОВ В. Д.</i> .....	55
МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГИЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ <i>ВАСИЛЬЕВА И. С., САНДАКОВ В. Д.</i> .....	59
ОЦЕНКА БЫСТРОДЕЙСТВИЯ МОДЕЛИ НЕЙРОСЕТЕВОЙ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ <i>В. Д. ШАПОВАЛОВ<sup>1</sup>, В. Н. ВАСИЛЕНКО<sup>2</sup></i> .....	63
ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ ПРОГРАММЫ «ОРИОНС» <i>С. В. МАКЕЕВ, Е. С. БУНИН</i> .....	72
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ В РОССИИ В ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ <i>АХТАРЬЯНОВ А. А., САНДАКОВ В. Д.</i> .....	77
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УПРАВЛЕНИИ ЭНЕРГЕТИКОЙ <i>КРАВЧЕНКО Д. В., СУВОРОВА Е. В.</i> .....	80
СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ ЗАДАНИЙ В СИСТЕМАХ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ <i>ФАТКУЛЛИНА Л. Ф.</i> .....	87
ПОСТРОЕНИЕ НЕЙРОНЕЧЕТКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ БАЗ ЗНАНИЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ <i>ХАСБИУЛЛИН М. Ф., КАТАСЁВ А. С.</i> .....	92
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ СОПЛА ДЛЯ ПИЩЕВОЙ 3D-ПЕЧАТИ НА ОСНОВЕ	

<b>МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИКИ ПОТОКА КОПЫТИН Р. И., МАРТЕХА А.Н., ТОРОПЦЕВ В.В. ....</b>	<b>97</b>
<b>РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ РЕСУРСАМИ ХУСНУТДИНОВ Б.С., САНДАКОВ В.Д. ....</b>	<b>100</b>
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ГИБРИДНЫХ СЕТЯХ ГЛУШАКОВ В. Е. ....</b>	<b>105</b>
<b>ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ НЕФТЕПРОДУКТОВ БИКЧУРИН Т.А., САНДАКОВ В.Д. .....</b>	<b>113</b>
<b>УМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЖКХ ЗАИРОВА Д.И., САНДАКОВ В.Д. ....</b>	<b>116</b>
<b>ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В ТЭК И ЖКХ РАЗЖЕВАЛОВ С.А., САНДАКОВ В. Д. ....</b>	<b>119</b>
<b>ВОПРОСЫ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ПОДВИЖНЫХ ПЛАТФОРМ ХАБИРОВ Т. А., БОГДАНОВА Н. В. ....</b>	<b>122</b>
<b>НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РОСТА ЛЕСОВ РОССИИ НА ПРИМЕРЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И ЛИСТВЕННИЦЫ ЮЖНОЯКУТСКИХ БРУСНИЧНИКОВЫХ ЛЕСОВ АРАПОВ Д.В.<sup>1,2,3</sup>, СКРЫПНИКОВ А.А.<sup>2</sup> .....</b>	<b>127</b>
<b>НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ АРАПОВ Д.В.<sup>1,2,3</sup>, ШЕВЫРЕВА Е.В.<sup>1</sup> .....</b>	<b>133</b>
<b>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УЩЕРБА ПРЕДПРИЯТИЮ ПРИ КИБЕРСТРАХОВАНИИ БУРЗУНОВ Д.Д.<sup>3</sup>, АРАПОВ Д.В.<sup>1,2,3</sup> .....</b>	<b>138</b>
<b>ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ И</b>	

ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ В СИСТЕМЕ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ <i>МАЛЬЦЕВ М. В., МАЛЬЦЕВ В. М. (УБ-32)</i> .....	РЕАЛИЗАЦИИ 144
АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ОБ УРОВНЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ <i>МАЛЬЦЕВ М. В., МЕЕРСОН М. В.</i> .....	149
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ЗДАНИЙ <i>КОПЫСОВА Е.В., ШЛЕЙМОВИЧ М.П.</i> .....	154
СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ <i>ТИМЕРХАНОВА Л. И., САНДАКОВ В.Д.</i> .....	162
ОБРАБОТКА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ И ПОЛУЧЕНИЕ ДАННЫХ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ СОСЛИВОСТИ ЧЕЛОВЕКА <i>КУРБАНОВ Б., КАТАСЁВ А.С.</i> .....	166
ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ТРОПИЧЕСКОГО ЦИКЛОНА, СОЗДАННОГО С УЧЁТОМ СФЕРИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ ЗЕМЛИ <sup>2</sup> <i>ШКЕРИН А.Л.,</i> <sup>1,2</sup> <i>КАЛАЧ А.В.,</i> <sup>3</sup> <i>ТРОСТЯНСКИЙ С.Н.,</i> <sup>2</sup> <i>КУЗНЕЦОВА К.А.</i> .....	171
ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРОДАЖ ФИРМЫ <i>ДИМА В.П., ЧИКУНОВ С.В.</i> .....	177
СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ИНЦИДЕНТОВ В ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ИТ-КОМПАНИЙ <i>АВАКЯН А.А., ЛИТВИНОВ Д.А.</i> .....	184

<b>ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НАИВНОГО ПОХОДА ПРИ ПОИСКЕ РАВНОВЕСИЯ НЭША</b> <i>ФИЛАТОВ П.И., НИКИТИН Б.Е.</i> .....	190
<b>ОБРАБОТКА И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ СИГНАЛОВ СЕНСОРОВ БИОСКАНЕРА ПРИ ДИАГНОСТИКЕ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ОРГАНИЗМА</b> <i>МУРАХОВСКИЙ И.А., КУЧМЕНКО Т.А., КОРОБОВА Л.А. МЕНЖУЛИНА Д.А.</i> .....	194
<b>МНОГОПОТОЧНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ГЕНЕРАЦИИ НАЧАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧАСТИЦ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ПЛАЗМЫ</b> <i>КАЛАЧ А.В., ТОЛСТОВА И.С.</i> .....	200
<b>РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ОБ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЩЕНИЯХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ПОРТАЛА ОГКУ «МФЦ»</b> <i>ДАЦЕНКО Н.В.<sup>1</sup>, БЕЗМЕНОВ В.А.<sup>1</sup>, ГОРБАТЕНКО В.В.<sup>2</sup></i> .....	209
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА АСУТП В КОМПАНИИ «IN TOUCH»</b> <i>ДАЦЕНКО Н.В.<sup>1</sup>, БУЛАТОВА В.А.<sup>1</sup>, ГОРБАТЕНКО В.В.<sup>2</sup></i> .....	212
<b>ВЫБОР МЕТОДА МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМ СЕРВИСА «КОД БУДУЩЕГО» ПО ИЗУЧЕНИЮ КУРСОВ</b> <i>ДАЦЕНКО Н.В., ГНЕДЫХ М.О.</i> 215	
<b>АНАЛИЗ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА ОКАЗАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ УСЛУГ В БУЗ ВО «ВГП №10»</b> <i>ДАЦЕНКО Н.В., ЕМЕЛЬЯНОВ А.В.</i> .....	217
<b>ИНТЕГРАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ С ПОРТАЛОМ ГОСУДАРСТВЕННЫХ УСЛУГ ДЛЯ АВТОРИЗАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ</b> <i>ДАЦЕНКО Н.В., ШАКАРИШВИЛИ А.А.</i> .....	219

<b>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАДИЦИОННОЙ ВУЛКАНИЗАЦИИ КАУЧУКОВ НА ОСНОВЕ КИНЕТИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ</b> <i>ТИХОМИРОВ С.Г., МАСЛОВ А.А., СБОЕВ М.А., КАРМАНОВА О.В., ПАВИНА Е.В., ИВАНОВ А.В.</i> .....	223
<b>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОРЕСУРСΟΣБЕРЕЖЕНИЯ В ИНДУСТРИИ ТУРИЗМА</b> <i>КОВАЛЕВА Е.Н., ЗАЦЕПИЛИНА Н.П.</i> .....	228
<b>СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В МОДЕЛИРОВАНИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В ГОСТИНИЧНОМ ДЕЛЕ</b> <i>ЗАЦЕПИЛИНА Н.П., КОВАЛЕВА Е.Н., ПОПОВА Н.Н., АНОСОВ М.А.</i> ....	234
<b>РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДСИСТЕМЫ РАСЧЕТА ОТОПЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ</b> <i>МАЧТАКОВ С.Г., ЛЕМЕШКИН А.В., КРЯКОВСКИЙ Р.В.</i> .....	239
<b>ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДСИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ УЧАСТНИКОВ ЭЛЕКТРОННЫХ ТОРГОВ</b> <i>МАЧТАКОВ С.Г., ТРИБУНСКИХ О.А., ГОЛЕНЦОВ В.С.</i> .....	243
<b>УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ИНЦИДЕНТАМИ</b> <i>МАЧТАКОВ С.Г., ТРИБУНСКИХ О.А., СЕВАСТЬЯНОВА А.С.</i> .....	247
<b>ПРОГРАММНЫЙ ПОМОЩНИК В DISCORD: ЧАТ-БОТ</b> <i>ЖДАНОВ С.В., КОРОБОВА Л.А.</i> .....	251
<b>АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ СОЗДАНИЕ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ НА ОСНОВЕ УЧЕБНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА</b> <i>РУДНЕВ Ю.А., ШОРИНА К.В., ЭЙНУЛЛАЕВ Т.А., ТОЛСТОВА И.С.</i> .....	256
<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИЗНЕС-СИМУЛЯТОРОВ КАК ИНСТРУМЕНТА МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ</b> <i>ПРОКОПЬЕВ Д. Е., МОЛЧЕВСКАЯ А. И., ЭЙНУЛЛАЕВ ТАГИ АЛИДАДАШ ОГЛЫ</i> .....	262

<b>РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ПРОДУКТА ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА И ОПТИМИЗАЦИИ ФИНАНСОВЫХ ПРОЦЕССОВ</b> <i>КОРЧАГИНА С.С., КОРОБКОВ А. Н., МАЙКА А.Н.</i> .....	265
<b>ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ КРЕДИТОСПОСОБНОСТИ ОРГАНИЗАЦИЙ</b> <i>ЛОБАНОВ В.К., МЕЛЕШКО О.К., МАЙКА А.Н.</i> .....	276
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ FASTML КАК НОВОГО ПОДХОДА К ОБУЧЕНИЮ ПОИСКА ПОЛЕЙ В ДОКУМЕНТАХ НА СТОРОНЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ</b> <i>БАКЛАНОВ О. В.</i> .....	284
<b>ПЕРСПЕКТИВЫ И ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗВИТИЮ CRM-СИСТЕМ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ</b> <i>КРЮЧКОВ А.С., КОРОБОВА Л.А.</i> .....	288
<b>РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГ НА ПРИМЕРЕ ДИСПЛЕЙНОГО МОДУЛЯ</b> <i>ХНЫКИН Д.Е., КОРОБОВА Л.А.</i> .....	294
<b>СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К САМОДИАГНОСТИКЕ ОРГАНИЗМА</b> <i>ГОЛОВИН А.И.</i> .....	297
<b>КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ В ЦИФРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ</b> <i>ШИХАЛЕВ А. И., САНДАКОВ Д. В.</i> .....	301
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ КРИСТАЛЛИЗАЦИОННОЙ СТАНЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ САХАРА</b> <i>ТИМОШИН М.В.<sup>3</sup>, АРАПОВ Д.В.<sup>1,2,3</sup></i> .....	316
<b>ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ IOT-УСТРОЙСТВ</b> <i>МАЧТАКОВ С.Г., ТРИБУНСКИХ О.А., ПОПОВ Н.А.</i> .....	324

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РАССТАНОВКИ ПЕРЕДВИЖНЫХ УСТРОЙСТВ ФВФ	ЗАПОЛНЕНИЕ ДИМА	ПЛАНОВ	
<i>В.П., ЧИКУНОВ С.В.</i>			329
НЕЙРОСЕТЕВАЯ РАСПОЗНАВАНИЯ	СВЕРТОЧНАЯ СИГНАЛОВ	МОДЕЛЬ СВЕТОФОРА	
<i>КАТАСЁВА Д.В., СКИБИН В.</i>			336
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ УТОМЛЕНИЯ	СВЕРТОЧНОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЧЕЛОВЕКА	НЕЙРОСЕТЕВОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ VGG16	
<i>НИКОНОРОВ Д.П.</i>			340
ТЕХНОЛОГИЯ РЕДУКЦИИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА			
ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА			
<i>ПЫРНОВА</i>			346
<i>О.А.</i>			
РАЗМЕЩЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ НА МОНТАЖНОЙ			
ОБЛАСТИ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ НА ОСНОВЕ СИЛОВОГО			
АЛГОРИТМА			
<i>САДЫКОВ Р. Д., ПЕТУХОВ К. А.</i>			350
ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ: КАК			
СПОСОБ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ			
<i>ГАРФИЕВ И. Б.,</i>			
<i>САНДАКОВ В. Д.</i>			369
РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В			
ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ			
<i>ЕРМОЛАЕВА А.С., САНДАКОВ В.Д.</i>			374
СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ YOLOV5 И YOLOV8 ДЛЯ			
ОБНАРУЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ НА КАДРАХ			
ВИДЕОПОСЛЕДВОТЕЛЬНОСТИ			
<i>ЛЯШЕВА М. М.,</i>			
<i>ШЛЕЙМОВИЧ М. П.</i>			377
ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В			
СОЗДАНИИ ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧИСЛОВЫМ			
ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ			
<i>МАЛОУХОВ Н.В.,</i>			
<i>КУЧЕР В.П.</i>			383

<b>РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УПРАВЛЕНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ</b> <i>СКОПЕНКО Т. А., САНДАКОВ В. Д.</i> .....	386
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ</b> <i>ЭБЕРЛЕ Э. А., САНДАКОВ В. Д.</i> .....	390
<b>ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ</b> <i>ИНТИНТИЕВА Д. Р., САНДАКОВ В. Д.</i> ...	393
<b>ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ</b> <i>САЛЯХУТДИНОВА А. Н., ВАЛИУЛЛИНА Д. М.</i> .....	396
<b>АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ ЁМКОСТИ КОНДЕНСАТОРА</b> <i>ДУХАНИН М. А., НИКИТИН Б. Е.</i> .....	401
<b>NETWORK SECURITY THREATS</b> <i>ИВЛИЕВ М. Н., ГАФУР З. А. С.</i> .....	406
<b>МОДУЛЬ ВЕДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛИСТКОВ НЕТРУДОСПОСОБНОСТИ</b> <i>БОРОДИНА Е. А.</i> .....	411
<b>МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ С НЕГЛАДКИМИ РЕШЕНИЯМИ</b> <i>БОРОДИНА Е. А.</i> .....	414
<b>РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАДРАМИ КОММЕРЧЕСКОГО БАНКА</b> <i>ГЛАДКИХ Т. В., КОРОБОВА Л. А.</i> .....	418
<b>ОТСЛЕЖИВАНИЕ СТАТИСТИКИ ПРИ ВЕДЕНИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛИСТКОВ НЕТРУДОСПОСОБНОСТИ</b> <i>БОРОДИНА Е. А.</i> .....	425
<b>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО СЖИЖЕНИЯ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВА</b> <i>САФОНОВ А. О., БОНДАРЕВ А. Е., МАНОХИН С. В.</i> .....	429

<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ</b>	<b>КОЭФФИЦИЕНТА</b>	
<b>ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ</b>	<b>ДЛЯ ОПИСАНИЯ</b>	
<b>ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ</b>	<b>БИОТОПЛИВА</b>	<b>САФОНОВ</b>
<b>А.О., БОНДАРЕВ А.Е.</b>		<b>435</b>
<b>РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА</b>	<b>ДЛЯ РАСЧЕТА ДАВЛЕНИЯ</b>	
<b>КИПЕНИЯ</b>	<b>СМЕСИ КОМПОНЕНТОВ</b>	<b>ПРИ</b>
<b>МОДЕЛИРОВАНИИ</b>	<b>ПРОЦЕССА</b>	<b>ПОЛУЧЕНИЯ</b>
<b>БИОТОПЛИВА</b>	<b>САФОНОВ А.О.</b>	<b>438</b>
<b>ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ</b>	<b>ПОДХОД</b>	
<b>В ПРОЕКТИРОВАНИИ</b>	<b>СИСТЕМЫ</b>	<b>ПОДДЕРЖКИ</b>
<b>ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ</b>	<b>ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ</b>	<b>КАЧЕСТВА</b>
<b>ПРОДУЦИИ</b>	<b>ХРОМЫХ Е.А.1, РЯЗАНЦЕВ С.В.</b>	<b>442</b>
<b>ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ</b>	<b>ПОДХОД</b>	
<b>В МОДЕЛИРОВАНИИ</b>	<b>ДЕЯТЕЛЬНОСТИ</b>	<b>КОМПАНИИ</b>
<b>ГРУЗОПЕРЕВОЗОК</b>	<b>ХРОМЫХ Е.А.1, РЯЗАНЦЕВ С.В.2.</b>	<b>448</b>
<b>ОБЗОР НЕКОТОРЫХ СУЩЕСТВУЮЩИХ</b>	<b>МЕТОДОВ</b>	
<b>УПРАВЛЕНИЯ</b>	<b>БЕСПИЛОТНЫМИ</b>	<b>АППАРАТАМИ</b>
<b>КУСТОВ А.В., КАЛАЧ А.В.</b>		<b>455</b>
<b>АЛГОРИТМ РАБОТЫ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА</b>	<b>АДАПТИВНОГО РАСШИРЕНИЯ</b>	<b>НАБОРА ДАННЫХ</b>
<b>ЕВДОКИМОВА Т.С.</b>		<b>460</b>
<b>АКТУАЛЬНЫЕ</b>	<b>АСПЕКТЫ</b>	<b>ПРИМЕНЕНИЯ</b>
<b>ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ</b>	<b>ПОДДЕРЖКА</b>	<b>ПРИНЯТИЯ</b>
<b>РЕШЕНИЙ В СИСТЕМАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ</b>	<b>ПРИРОДНО-</b>	
<b>ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ</b>	<b>ХОДЯКОВ В.А.</b>	<b>463</b>
<b>РОЛЬ МИКРОПРОЦЕССОРОВ</b>	<b>В НАВИГАЦИИ И</b>	
<b>УПРАВЛЕНИИ</b>	<b>БЕСПИЛОТНЫМИ</b>	<b>ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ</b>
<b>АППАРАТАМИ (БПЛА)</b>	<b>ХУСНУТДИНОВ Б.С., САНДАКОВ</b>	
<b>В.Д.</b>		<b>466</b>
<b>ОСОБЕННОСТИ</b>	<b>БИЗНЕС-МОДЕЛЕЙ</b>	<b>В СФЕРЕ</b>
<b>ПЕРЕДАЧИ</b>	<b>ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ</b>	<b>С ТОЧКИ</b>
	<b>ЗРЕНИЯ</b>	

<b>ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЮШЕРОВА А.Е., ВОЛЬНАЯ С.А., КЕТОЕВА Н.Л. ....</b>	<b>469</b>
<b>ВНЕДРЕНИЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ (ИОТ) В ЖИЛИЩНО- КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕОНОВА Д. П., САНДАКОВ В. Д. ....</b>	<b>472</b>
<b>ВОПРОСЫ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ПОДВИЖНЫХ ПЛАТФОРМ ХАБИРОВ Т. А., БОГДАНОВА Н. В. ....</b>	<b>475</b>
<b>БЛОКЧЕЙН КАК ТЕХНОЛОГИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЗРАЧНОСТИ И ДОВЕРИЯ В ПРОЦЕССЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ КИРИЛИН А.М. ....</b>	<b>480</b>
<b>УТИЛИЗАЦИЯ И ПЕРЕРАБОТКА ЯДЕРНЫХ ОТХОДОВ НУРУДИНОВ С.М., ЯКУПОВ З.Я. ....</b>	<b>482</b>
<b>СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ОСНОВЫ МЕНЕДЖМЕНТА ШАКИРОВ А. Г., НАДЕЖДИНА М.Е. ....</b>	<b>489</b>
<b>ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В МЕДИЦИНЕ БАСКАКОВ С.Л., САНДАКОВ В.Д. ....</b>	<b>493</b>
<b>ТРАНСФОРМАЦИЯ РЫНКА ТРУДА ПОД ВЛИЯНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА Н.А. ЕПРЫНЦЕВА .....</b>	<b>498</b>

## АЛГОРИТМ РАЦИОНАЛЬНОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*Бирюков М.И.<sup>1</sup>, Хвостов А.А.<sup>2</sup>, Хаустов И.А.<sup>3</sup>, Тихомиров С.Г.<sup>3</sup>,  
Иванов А.В.<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>ООО НПП "Измерон-В"*

*<sup>2</sup>Воронежский государственный технический университет,*

*<sup>3</sup>Воронежский государственный университет инженерных  
технологий,*

*г. Воронеж, Россия*

Процессы распределенной тепловой обработки крупногабаритных конструкций в результате интенсивного теплового воздействия могут приводить к возникновению температурных градиентов, сопряженных с недопустимым перегревом, термической деформацией или разрушением объекта. Для предотвращения этих явлений необходим рациональный режим тепловой обработки, обеспечивающий заданную интенсивность, длительность, а также пространственную локализацию теплового воздействия [1].

Предлагается разработка алгоритма рациональной распределенной тепловой обработки крупногабаритной конструкции на основе математической модели объекта, целевой функции в виде теплового расстояния (взвешенной суммы градиента температуры и геометрического расстояния между обрабатываемыми узлами конструкции) и жадного алгоритма, оценивающего локальный экстремум целевой функции на каждом этапе тепловой обработки, исходя из сложившейся термической обстановки. Решение задачи идентификации рационального режима рассмотрено на примере восстановительного ремонта методом наплавки рамы тележки тепловоза 2ТЭ116 (рис. 1).

Для оценки динамики температуры конструкции решена тепловая начально-краевая задача [2,3]

$$\rho(T)c_p(T)\frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot [\lambda(T)\nabla T], \quad (1)$$

где  $t$  – время, с;  $T$  – температура, К;  $x, y, z$  – координаты;  $\rho$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>;  $c_p$  – изобарная удельная теплоёмкость, Дж/(кг·К);  $\lambda$  – теплопроводность, Вт/(м·К).

Начальные условия  $T|_{t=0} = T_0$ , где  $T_0$  – начальная температура. Граничные условия на поверхности конструкции  $\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3$  задают сложный (конвективный и лучистый) теплообмен с окружающей средой  $-\lambda \frac{\partial T}{\partial n} + \alpha(T_{ext} - T_S) = 0$ , где  $\alpha$  – суммарный коэффициент теплоотдачи от поверхности изделия к окружающей среде посредством теплоотдачи и излучения, Вт/(м<sup>2</sup>·К),  $T_{ext}, T_S$  – температура окружающей среды и поверхности, К;  $\bar{n}$  – единичный нормальный к поверхности вектор. На рабочей поверхности  $\Omega_1$  задавалась плотность теплового потока параметрической функцией координат от времени и траектория движения источника тепловой энергии

$$-\bar{n}_j \cdot [\lambda(T)\nabla T]|_{\Gamma_j} = q_{\max} e^{-k[\bar{r}_j - \bar{m}_j(t)]^2}, \quad (2)$$

где  $q_{\max}$  – наибольшая плотность теплового потока в центре пятна нагрева, Вт/м<sup>2</sup>;  $k$  – коэффициент сосредоточенности теплового потока дуги, 1/м<sup>2</sup>; где  $\Gamma_j - j$ -я обрабатываемая поверхность объекта;  $\bar{n}_j$  – вектор нормали к поверхности  $\Gamma_j$ ;  $\bar{m}_j(t)$  – радиус-вектор центра пятна контакта (траектория движения источника),  $\bar{r}_j$  – радиус-вектор расстояния от центра источника, м.

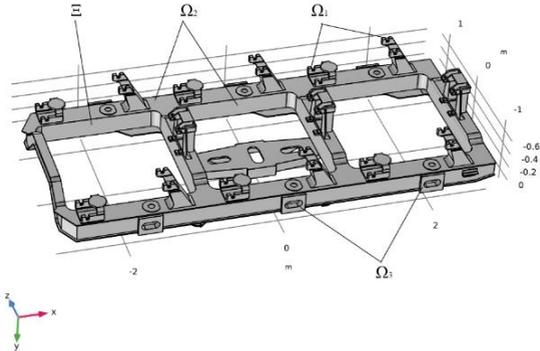


Рис. 1 Геометрическая модель рамы тележки тепловоза 2ТЭ116  
 Учет теплоты, затрачиваемой на плавление-кристаллизацию  
 проведен с помощью эффективной теплоемкости среды [4]  
 $c_{p,eff}(T)$

$$c_{p,eff}(T) = c_p(T) + Q_L \delta(T - T^*) , \quad (3)$$

где  $Q_L$  - удельная скрытая теплота плавления [Дж/кг];  $\delta$  - дельта-функция, 1/Т.

Сопряженная механическая задача решена в рамках линейно теории упругости. Уравнение равновесия

$$\nabla \cdot \bar{\sigma} = 0, \quad (4)$$

$$\bar{\sigma} = \bar{C} : (\bar{\varepsilon} - \bar{\varepsilon}_{th}), \quad (5)$$

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{2} \left[ (\nabla \bar{u})^T + \nabla \bar{u} \right], \quad (6)$$

где  $\bar{\sigma}$  - тензор напряжений,  $\bar{\varepsilon}$  - общий тензор деформаций, являющийся суммой перемещений за счёт упругой и неупругой (термической) составляющей  $\bar{\varepsilon} = \bar{\varepsilon}_{el} + \bar{\varepsilon}_{th}$ ,  $\bar{u}$  - вектор перемещений с компонентами  $u_i = x_i - X_i$  (где  $x$  и  $X$  координата точки до и после деформации),  $i$  – порядковый номер размерности пространства,  $\bar{C}$  – тензор упругости 4-го ранга, связывающий напряжения и деформации в законе Гука, и определяется параметрами упругой среды,  $T$  – операция транспонирования.

Тензор упругости

$$D = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1-\nu & \nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & 1-\nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & \nu & 1-\nu & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2} \end{bmatrix}. \quad (7)$$

где  $E$  – модуль Юнга,  $\nu$  – коэффициент Пуассона.

Сопряжение с тепловой задачей осуществлено в соответствии с

$$\bar{\varepsilon}_{th} = \beta(T - T_{ref}) \bar{I}, \quad (8)$$

где  $\bar{I}$  – единичный тензор,  $\beta$  – коэффициентом объёмного расширения.

Начальные условия  $\bar{u} = 0$ . Граничные условия. На закрепленной поверхности  $\Omega_3$  и отсутствием перемещений

$$\bar{u} = 0. \quad (9)$$

Поверхности  $\Omega_1, \Omega_2$  свободные. Для оценки порога начала пластической деформации использованы напряжения по Мизесу [21], которые рассчитываются из тензора напряжений

$$\sigma_{mis} = \sqrt{3J_2(\bar{\sigma})}, \quad (10)$$

где  $J_2(\bar{\sigma}) = \frac{1}{2} \bar{\sigma} : \bar{\sigma}$  – второй инвариант тензора напряжений  $\bar{\sigma}$ , Па.

На основе математической модели (1-10) прогнозируются температурные и деформационные поля в конструкции при локальной тепловой обработке (рис. 2).

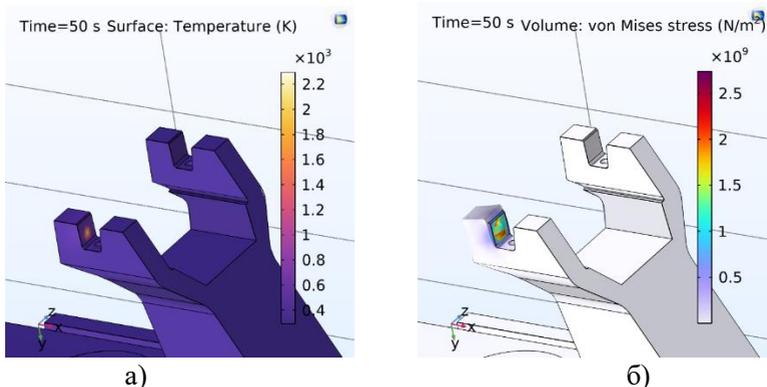


Рис. 2 Результаты вычислительного эксперимента. (а) – температурное поле, (б) – поле напряжений (цветовая шкала) и деформаций

Для оптимизации процесса тепловой обработки он формализован в виде взвешенного неориентированного графа (рис. 3).

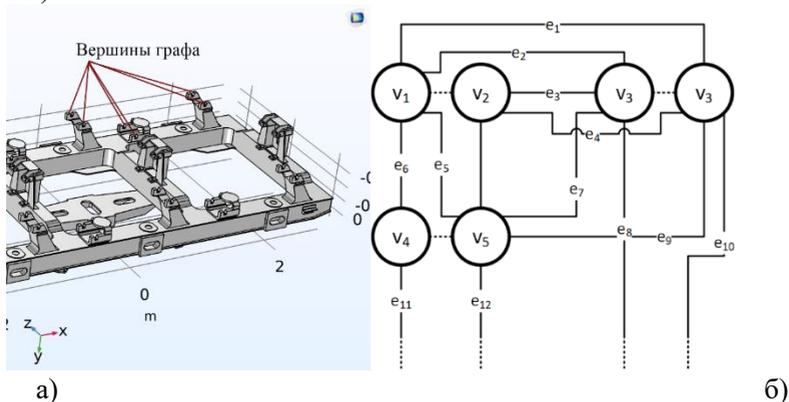


Рис. 3 Расположение обрабатываемых элементов (а) и соответствующий им фрагмент графа (б)

Для задания метрики близости узлов обработки введено понятие теплового расстояния. В безразмерном виде расстояние между соседними вершинами  $x_{ij}$  и остальными  $n$  вершинами

$$x_{ij} = \frac{(n-1)x_{ij}}{\sum_{j=1}^{n-1} x_{ij}}, \quad (11)$$

перепад температуры

$$\Delta T_{ij} = \frac{(n-1)\Delta T_{ij}}{\sum_{j=1}^{n-1} \Delta T_{ij}}. \quad (12)$$

Алгоритм оптимальной обработки (рис. 4) строится на максимизации на каждом шаге обработки теплового расстояния последующего узла тепловой обработки от всех остальных

$$et_{ij} = \alpha_1 x_{ij} + \alpha_2 \Delta T_{ij}, \quad (13)$$

где  $\alpha_1 > 0$ ,  $\alpha_2 < 0$  - весовые коэффициенты, определяющие вклад каждого из параметров в оценку «теплового расстояния»,

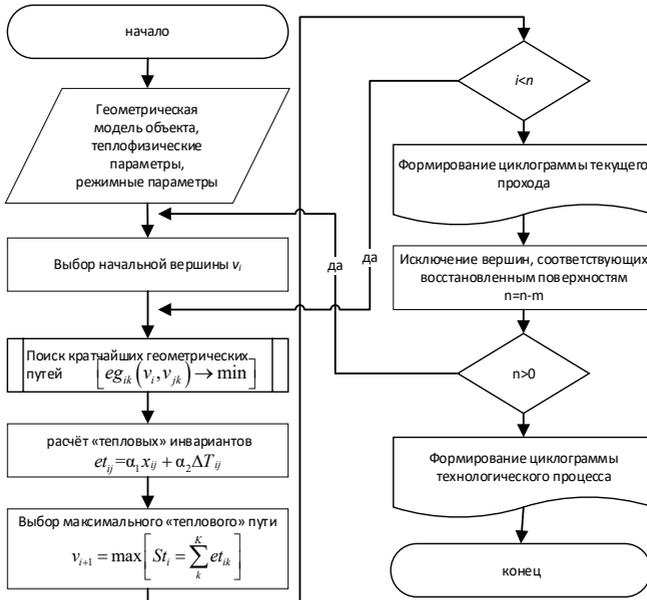


Рис. 4 Блок-схема алгоритма идентификации оптимального теплофизического режима

Предлагаемый подход к идентификации рационального режима восстановительного ремонта методом наплавки позволяет сформировать технологические карты распределенной тепловой обработки конструкций.

*Список источников*

1. Сидоров А.И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. – М.: Машиностроение, 1987. – 192 с.

2. Фролов, В.В. Теория сварочных процессов / В.В. Фролов (ред.), В.Н. Волченко, В.М. Ямпольский, В.А. Винокуров, В.А. Парахин, В.И. Ермолаева, Э.Л. Макаров, А.Г. Григорьянц, В.С. Гаврилюк, В.В. Шип – М.: Высшая школа, 1988. - 559 с.

3. Eagar, T. and Tsai, N. Temperature Fields Produced by Traveling Distributed Heat Sources // Welding Journal. 1983. 62, P. 346-355

4. Alexiades V., Solomon A. D. Mathematical Modeling of Melting and Freezing Processes. — Washington DC: Hemisphere Publ. Co, 1993. 323 p.

## УСТРОЙСТВА С ГАЗОВОЙ ПРОСЛОЙКОЙ ДЛЯ МАНИПУЛИРОВАНИЯ ШТУЧНОЙ ПРОДУКЦИЕЙ

*Авцинов И. А., Суханова Н. В.*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»,  
г. Воронеж, Россия*

Во многих отраслях промышленности возникают серьезные сложности при манипулировании специфическими деталями и готовой продукцией. В работе рассматривается разработка оборудования способного качественно манипулировать специфическими деталями. Предложен принцип распознавания изделий, основанный на использовании свойств тонкой газовой несущей прослойки (ТГНП) и несущей поверхности, который обеспечил создание ряда универсальных устройств, способных успешно решать задачи: ориентирования, контроля, классификации и сортировки (отбраковки) изделий.

Характерной особенностью всех разработанных устройств является наличие ТГНП [1,2]. Очевидно, что при подаче сжатого воздуха под изделие, в первую очередь, изменяется сила трения, а, в частности, коэффициент трения, который не постоянен и зависит от параметров системы «рабочая поверхность - ТГНП - изделие». Данная зависимость представлена в виде формулы:

$$f = f_{TP} \left( 1 - \frac{Q\mu s^2}{k\Delta h^3 GS} \right),$$

где  $f$  - коэффициент трения (модифицированный);  $f_{TP}$  - номинальный коэффициент сухого трения;  $Q$  - общий расход воздуха, подаваемого в пневмокамеру;  $\mu$  - динамический коэффициент вязкости воздуха;  $s$  - площадь опорной поверхности изделия;  $k$  - поправочный коэффициент;  $\Delta h$  - зазор между изделием и рабочей поверхностью;  $S$  - площадь рабочей поверхности;  $G$  - сила тяжести изделия.

Ленточное устройство для выбраковки штучных изделий 11 (рис. 1) состоит из несущей поверхности 1, полностью перфорированной воздухоподводящими отверстиями 2, и представляет собой непрерывную ленту, которая огибает пневмокамеру 3. Перемещение ленты и ее натяжение организуют ведущий 4 и ведомый 5 барабаны. Изделия на ленту подаются по транспортеру 6 и снимаются с нее: годные - по транспортеру 7, бракованные - поступают в сборник 8. Сжатый воздух подается в пневмокамеру 3 через штуцер 9. Вся конструкция имеет небольшой наклон  $\alpha$  к горизонтальной плоскости и установлена на четырех опорах 10.

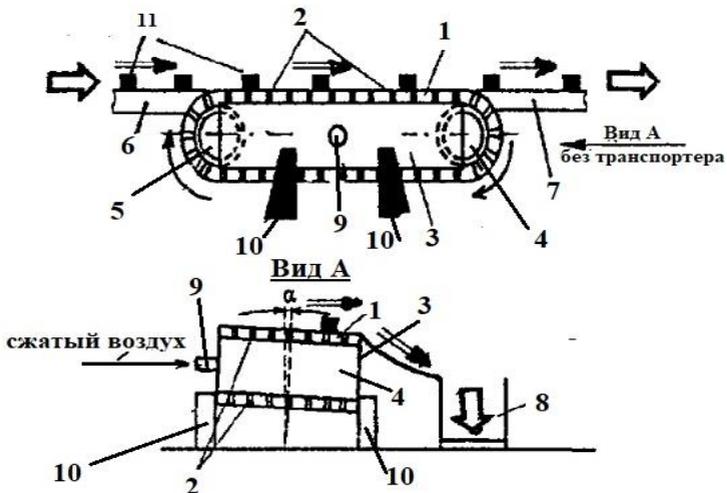


Рис. 1. Ленточное устройство для выбраковки штучных изделий

В пневмокамеру 3 через штуцер 9 подается определенный расход сжатого воздуха, который выбирается таким образом, чтобы, например, всплывали на газовой прослойке только бракованные изделия, имеющие меньшую массу. Газовая прослойка под изделием образуется в результате истечения газа через перфорации 2 ленточного полотна 1. В результате того, что конструкция имеет наклон в горизонтальной плоскости, всплывшие (бракованные) изделия соскальзывают с ленточного

полотна в сборник 8. Годные изделия (с нормальной массой) на ленточном полотне 1 не всплывают и движутся совместно с ним к приемному транспортеру 7 и далее по последнему на дальнейшие технологические операции.

Рассмотренное устройство реализует распознавание изделий по величине удельной нагрузки изделия на газовую прослойку, не зависящую от конкретных особенностей (ключей ориентации) распознаваемого изделия.

Применение эффектов, реализуемых ТГНП, позволяет таким устройствам выполнять разнообразные технологические операции (сортировку, ориентирование и др.), что говорит о том, что они обладают высокой многофункциональностью, универсальностью и применимы в различных производствах. Использование подобного пневматического оборудования за счёт бесконтактности способа при снижении сухого механического трения между изделием и несущими частями оборудования существенно улучшает условия труда на производстве без потери качества. Такие устройства и оборудование позволяют экономить на зарплате сотрудников, поскольку заменяют собой несколько операций, а также экономить производственные площади.

#### Список источников

1. Битюков В. К., Авцинов И. А., Суханова Н. В. К вопросу конструирования пневматических устройств для сортировки специфических штучных изделий [Текст] // Сборка в машиностроении, приборостроении, 2019. № 4. - С. 172-176.

2. Битюков В. К., Авцинов И. А., Суханова Н. В. К вопросу разработки систем управления операций сортировки штучных деталей по массе на пневматических устройствах [Текст] // Вестник Тамбовского государственного технического университета, 2019. Т. 25, № 4. - С. 526-534.

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА  
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ТРОПИЧЕСКИХ  
ЦИКЛОНОВ НА ОСНОВЕ ПОЧТИ ПЕРИОДИЧЕСКОГО  
АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ**

*<sup>1,2</sup>Калач А.В., <sup>2</sup>Парамонов А.А., <sup>2</sup>Шкерин А.Л.*

*<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий», г. Воронеж, Россия,  
<sup>2</sup>МИРЭА — Российский технологический университет,  
г. Москва, Россия*

*Аннотация. Рассмотрены особенности применения возможностей оригинального проблемно-ориентированного комплекса программ для исследования динамики тропических циклонов на основе почти периодического анализа изображений. На примере выявления центра тропического циклона с нечётко выраженным центром продемонстрированы возможности реализованной программы для успешного выделения характерного центра на основе выбранного контура и отображает его на исходных данных.*

В настоящее время в рамках решения задач техносферой безопасности исследуются возможности прогнозирования динамики развития структур тропических циклонов на основе почти периодического анализа [1-3].

В рамках исследований был реализован комплекс проблемно-ориентированных программ для выполнения почти периодического анализа данных с упорядоченным аргументом [4], предобработки видеозаписей тропических циклонов для возможности использования этих данных в дальнейшем анализе [5].

Необходимо отметить, что одной из возможностей повышения эффективности прогнозирования циклонической

активности является определение центра тропического циклона по результатам анализа данных с видео- и фотоснимков.

Данная задача является актуальной в условиях трудноразличимых облачных структур при обработке и анализе видеозаписей видимого диапазона, а также при анализе ИК-диапазона (Рисунок 1).

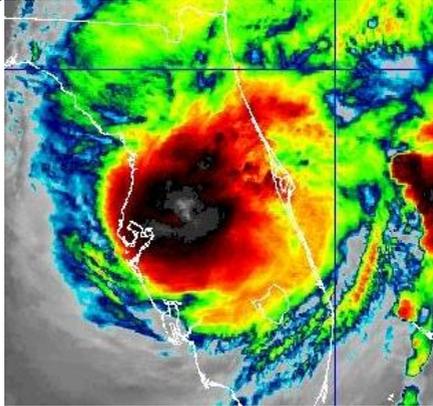


Рисунок 1 – Фрагмент динамики тропического циклона в ИК-диапазоне

Одним из наиболее распространённых и основных методов сегментации в компьютерном зрении на основе контуров является пороговая обработка. Данный метод позволяет отделить передний план, то есть, интересующие нас объекты, от фона изображения.

Пороговая обработка представлена в трёх подходах. Простая пороговая обработка, при которой задаём вручную параметры для сегментации изображения, что позволяет хорошо обрабатывать данные с хорошим контрастом света и цветового различия. Динамическая пороговая обработка, например, пороговое значение Оцу, которые автоматически вычисляют оптимальное пороговое значение входного изображения, но при этом, данные методы определяют пороговое значение на основе глобальной оценки контрастности и цвета, что не всегда является целесообразным. Адаптивное пороговое значение, которое устанавливает пороговое значение изображение при помощи

разбиения его на мелкие части и устанавливает для них пороговое значение индивидуально.

Для разработки программы была выбрана простая пороговая обработка с ручной настройкой порога для более удобного контроля по отбору контуров. В качестве примера на Рисунке 2 представлены результаты задания порогового значения в 50, на рисунке 3 – 100 и на рисунке 4 – 150.

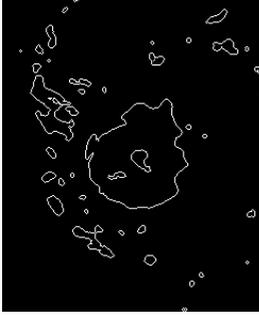


Рисунок 2. Контурсы фрагмента тропического циклона с рисунка 1 при параметре порога 50

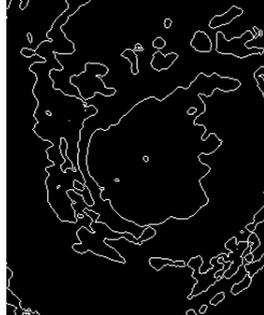


Рисунок 3. Контурсы фрагмента тропического циклона с рисунка 1 при параметре порога 100

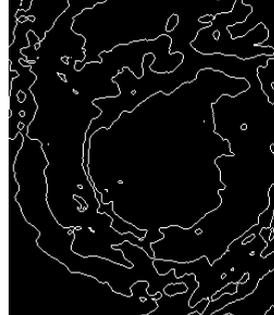


Рисунок 4. Контурсы фрагмента тропического циклона с рисунка 1 при параметре порога 150

Видны явные отличия в выявляемых количестве и структуре контуров в зависимости от заданных пороговых значений. Среди найденных контуров нам необходимо выбрать тот, который характеризует минимальную зону центра тропического циклона путём отслеживания нужного контура по уровню вложенности. Все контуры имеют несколько параметров, которые помогают отслеживать их место в общей структуре данных. Параметр родителя имеет номер контура, в который вложен изучаемый контур, параметр потомков показывает наличие у контуров-потомков. Среди всех контуров исследовательский интерес вызывает наиболее вложенный по структуре контур без потомков. На Рисунке 2 представлено наиболее удачное определение контуров для решения задачи идентификации центра

тропического циклона, в результате фильтрации и отбора наиболее вложенных и без потомков контуров представлены на рисунке 5. Нас интересует самый крупный контур, для него определяем центр (Рисунок 6), который и будет являться центром исходной структуры тропического циклона.

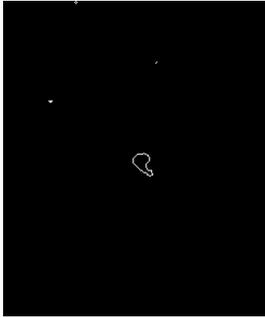


Рисунок 5. Результат отбора контуров с рисунка 2

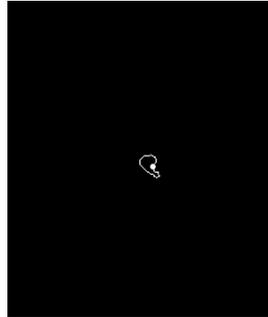


Рисунок 6. Отображение центра максимального контура с рисунка 5

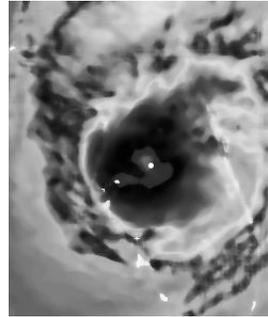


Рисунок 7. Определенный центр на изображении тайфуна в серых тонах

Определенный центр перенесём на исходную структуру тропического циклона (Рисунок 7).

Из рисунка 5 видно, что определенный центр контура хорошо определяет центр всего тропического циклона. Таким образом, полученная программа позволяет на при помощи инструмента компьютерного зрения по выделению контуров объектов на изображении выделять структурные контуры близкие к центральной части тропического циклона. А в наиболее вложенном определить его центр, который будет являться и центром соответствующего тропического циклона.

Таким образом, реализованная программа позволяет на основе механизмов выявления контуров объекта на изображении определять центр найденного объекта центрического типа по самому вложенному центральному контуру. На примере выявления центра тропического циклона с нечётко выраженным центром реализованная программа успешно выделяет

характерный центр на основе центрального контура и отображает его на исходных данных.

#### Список источников

1. Калач А. В., Парамонов А. А. О возможностях применения метода почти-периодического анализа для обработки изображений // Моделирование систем и процессов. – 2024 – Т. 17, № 3. – С. 44-52. DOI: <https://doi.org/10.12737/2219-0767-2024-42-50>

2. Парамонов А. А. Выявление почти-периодических характеристик спутниковых изображений тайфунов в аспекте решения задач техносферной безопасности // Техносферная безопасность. – 2024 – Т. 44, № 3. – С. 71-76

3. Парамонов А. А., Крынецкий Б. А., Калач А. В. О возможностях применения метода почти-периодического анализа для прогнозирования чрезвычайных ситуаций, вызванных циклонами // Проблемы экологии и экологической безопасности. Создание новых полимерных материалов Сборник материалов XI Международной заочной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню охраны окружающей среды, Минск, 5 июня 2024 года – Минск: Университет гражданской защиты министерства по чрезвычайным ситуациям республики Беларусь, 2024 – С. 73-75

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024666193 Российская Федерация. «Программа для почти-периодического анализа данных с упорядоченным аргументом» : № 2024664410 : заявл. 24.06.2024 : опубли. 11.07.2024 / А. В. Калач, А. А. Парамонов, Т. Е. Смоленцева [и др.].

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024668093 Российская Федерация. «Программа для кадрирования видео ряда» : № 2024666554 : заявл. 16.07.2024 : опубли. 01.08.2024 / А. В. Калач, А. А. Парамонов, Т. Е. Смоленцева [и др.].

## АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ВЯЗКОСТИ СМЕСЕЙ АЗОТА И КИСЛОРОДА НА ЛИНИИ НАСЫЩЕНИЯ

*Хаустов И.А.<sup>1</sup>, Хвостов А.А.<sup>1,2</sup>, Журавлев А.А.<sup>3</sup>, Григорьев А.А.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж, Россия*

<sup>2</sup>*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж, Россия*

<sup>3</sup>*ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия»  
им. профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»,  
г. Воронеж, Россия*

В различных сферах промышленного производства, включая пищевую, химическую, металлургическую и машиностроительную отрасли, для получения чистых азота и кислорода широко используется способ низкотемпературной ректификации атмосферного воздуха [1]. Благодаря незначительному содержанию инертных газов в атмосферном воздухе, его можно рассматривать как бинарную смесь, состоящую из азота и кислорода.

В процессе ректификации происходят сложные тепло- и массообменные процессы между паровой и жидкой фазами. В результате их взаимодействия паровая фаза постепенно обогащается низкокипящим компонентом (азотом), а жидкая фаза обогащается высококипящим компонентом (кислородом). Непрерывное перераспределение азота и кислорода между фазами приводит к изменению температур кипения жидкой и конденсации паровой фаз, что существенно влияет на термодинамические свойства азотно-кислородных смесей.

К числу важнейших физико-химических свойств бинарных смесей азота и кислорода в жидком и парообразном состояниях относится их динамическая вязкость, зависящая от вязкости чистых азота и кислорода, их соотношении в паровой и жидкой фазах, а также температуры (давления) насыщения [1, 2]. Динамическая

вязкость чистых компонентов и их бинарных смесей определяет гидродинамику материальных потоков в кипятильнике, испарителе и на контактных устройствах ректификационной установки, а также глубину и интенсивность протекания тепло-массообменных процессов при низкотемпературной ректификации.

Справочные данные о динамической вязкости криогенных продуктов, хотя и отражают качественную картину явления, не являются однозначными, представлены в различных единицах измерения и для узких диапазонов варьирования термодинамических условий [2 – 6]. Использование термодинамических таблиц и диаграмм в инженерной практике является неудобным и не обеспечивает требуемой точности вычислений. Результаты теоретических оценок вязкости, в ряде случаев, демонстрируют их существенное расхождение с экспериментальными данными.

Неполнота и недостоверность данных о динамической вязкости азота и кислорода, табулированное представление (таблицы, графики) и необходимость в их интерполяции для заданных термодинамических условий, приводят к существенным погрешностям вычислений, усложняют анализ, обобщение и использование существующих результатов и методик при автоматизированных вычислениях. Кроме того, нестационарность и неизотермичность процесса ректификации, обусловленные непрерывным перераспределением азота и кислорода по фазам, требуют многократного пересчета физико-химических показателей (в том числе динамической вязкости) азота, кислорода и их смесей в жидком и паровом виде, что, при ручном счете, является трудоемкой операцией.

В этой связи для моделирования и оптимизации низкотемпературной ректификации воздуха необходимо располагать надежными данными о вязкости азота, кислорода и их смесей для заданных термодинамических условий, что требует обобщения известных данных и формализации соответствующих математических моделей, удобных для реализации средствами вычислительной техники с приемлемой ошибкой предсказания расчетных параметров.

Статистический анализ результатов [4 – 6] позволил обобщить имеющиеся данные о динамической вязкости  $\mu$  (Па·с) чистых азота и кислорода на линии насыщения в виде многочленов 3-го порядка

$$\mu = (a_0 + a_1T + a_2T^2 + a_3T^3)10^{-7}, \quad (1)$$

где  $T$  – температура насыщения, К;  $a_0, a_1, a_2, a_3$  – эмпирические коэффициенты (табл. 1).

Таблица 1 – Значения коэффициентов уравнения (1)

Фаза	Продукт	Коэффициенты				Коэффициент парной корреляции	Средняя относительная ошибка, %
		$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$		
Ж	А	20662	-513,3	4,4995	-0,0136	0,9998	2,95
	К	20261	-425,58	3,2221	-0,0084	1,0	3,48
П	А	-677,72	22,694	-0,2358	0,0008	0,9945	4,08
	К	-283,9	9,5657	-0,0902	0,0003	0,9969	6,21

Примечания: Ж – жидкость; П – пар; А – азот; К – кислород.

Значения эмпирических коэффициентов получены согласно методу наименьших квадратов из условия минимизации суммы квадратов отклонений расчетных значений от известных экспериментальных данных [2]. Повышение степени многочленов выше 3-го порядка не приводит к существенному повышению точности аппроксимации. Результаты аппроксимации представлены на рис. 1.

На линии насыщения динамическая вязкость паробразной  $\mu_n$  и жидкой  $\mu_{жс}$  азотно-кислородной смеси могут быть определены по уравнениям [2, 3]:

$$\mu_n = \frac{y_1\mu_{n1}}{y_1 + y_2\Phi_{12}} + \frac{y_2\mu_{n2}}{y_2 + y_1\Phi_{21}}; \quad (2)$$

$$\lg \mu_{жс} = x_1 \lg \mu_{жс1} + x_2 \lg \mu_{жс2}, \quad (3)$$

где  $y_1, y_2$  – соответственно, массовая доля азота и кислорода в паровой фазе;  $x_1, x_2$  – соответственно, массовая доля азота и кислорода в жидкой фазе;  $\mu_{n1}, \mu_{n2}$  – соответственно,

динамическая вязкость паров азота и кислорода;  $\mu_{ж1}$ ,  $\mu_{ж2}$  – соответственно, динамическая вязкость жидких азота и кислорода;  $\Phi_{12}$ ,  $\Phi_{21}$  – параметр вязкости, определяется по формулам Вильке

$$\Phi_{12} = \frac{\left[ 1 + (\mu_{n1}/\mu_{n2})^{1/2} (\mu_{n2}/\mu_{n1})^{1/4} \right]^2}{\left[ 8(1 + (\mu_{n1}/\mu_{n2})) \right]^{1/2}}; \quad (4)$$

$$\Phi_{21} = \Phi_{12} \frac{\mu_{n2}}{\mu_{n1}} \frac{M_1}{M_2}, \quad (5)$$

где  $M_1$ ,  $M_2$  – соответственно, молярные массы азота и кислорода, кг/моль.

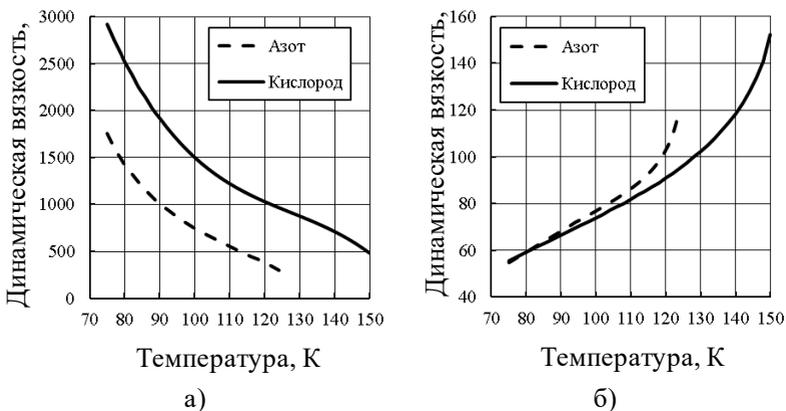


Рис. 1 Зависимость динамической вязкости азота и кислорода от температуры насыщения:  
а – жидкая фаза; б – паровая фаза

Как следует из (2) и (3), вязкость азотно-кислородных смесей зависит от их состава, для расчета которого можно воспользоваться объединенным законом Рауля-Дальтона с привлечением балансовых соотношений [1, 2]:

$$y_1 = \frac{\alpha x_1}{1 + (\alpha - 1)x_1}; \quad (6)$$

$$x_1 = \frac{y_1}{\alpha - (\alpha - 1)y_1}; \quad (7)$$

$$x_1 + x_2 = 1; \quad y_1 + y_2 = 1, \quad (8)$$

где  $\alpha$  – коэффициент относительной летучести, связанный с давлением насыщения  $P$ , МПа, соотношением [7]

$$\alpha = 4,09P^{-0,2719}. \quad (9)$$

Температура насыщения азотно-кислородной смеси при постоянном давлении зависит (в неявном виде) от ее состава и давления насыщенных паров каждого чистого компонента. Для двухкомпонентной смеси азота и кислорода применимо уравнение Дальтона [1, 2]

$$P_{01}x_1 + P_{02}x_2 = P, \quad (10)$$

где  $P_{01}$ ,  $P_{02}$  – давление насыщенного пара азота и кислорода, соответственно, МПа.

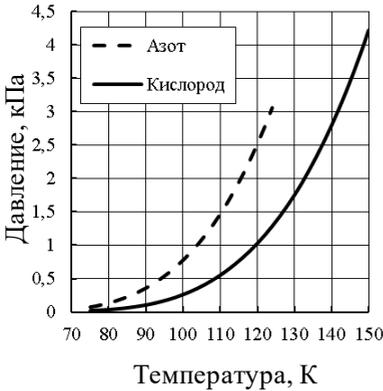


Рис. 2 Зависимость давления насыщения от температуры

Связь между давлением и температурой на линии насыщения для чистых азота и кислорода имеет вид уравнения Антуана (рис. 2, [8])

$$\ln P_{01} = 6,7358 - \frac{698,22}{T}, \quad (11)$$

$$\ln P_{02} = 7,0771 - \frac{846,26}{T}, \quad (12)$$

После потенцирования (11) и (12), уравнение (10) примет вид [9]

$$842,0168 \exp\left(-\frac{698,22}{T}\right)x_1 + 1184,528 \exp\left(-\frac{846,26}{T}\right)x_2 = P, \quad (13)$$

здесь учтено, что  $x_2 = 1 - x_1$ .

Численное решение уравнения (13) позволяет, при известном давлении, рассчитать температуру кипения смеси азота и кислорода заданного состава.

Таким образом методика автоматизированного расчета динамической вязкости смесей азота и кислорода на линии насыщения формализована в виде следующего алгоритма:

1. По заданным значениям давления и концентрации одного из компонентов, по формулам (6) – (8) определяют составы азотно-кислородной смеси в жидкой и паровой фазах.

2. В результате решения уравнения (13) определяют температуру кипения смеси азота и кислорода.

3. По эмпирическому уравнению (1) определяют вязкость чистых криопродуктов на линии насыщения.

4. По уравнениям (2) – (5) определяют вязкости паровой и жидкой азотно-кислородной известного состава при заданном давлении в ректификационной колонне.

Представленные математические соотношения были реализованы в среде Matlab Simulink в виде подпрограммы расчета динамической вязкости паровых и жидких смесей азота и кислорода, что позволило провести имитационное моделирование процесса низкотемпературной ректификации атмосферного воздуха и выбрать оптимальные режимы его проведения [7, 10].

#### Список источников

1. Комиссаров Ю.А. Химическая технология: научные основы процессов ректификации. В 2 ч. Часть 1 : учеб. пособие для академического бакалавриата / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2018. – 270 с.

2. Борзенко Е.И. Установки и системы низкотемпературной техники. Автоматизированный расчет и моделирование процессов криогенных установок и систем: учебное пособие / Е.И. Борзенко, А.В. Зайцев. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2006. – 232 с.

3. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей. – Л.: Химия, 1982. – 592 с.

4. Теплофизические свойства криопродуктов / Л.А. Акулов, Е.И. Борзенко, В.Н. Новотельнов, А.В. Зайцев. – СПб.: Политехника, 2012. – 243 с.

5. Термодинамические свойства азота / В.В. Сычев, А.А. Вассерман, А.Д. Козлов и др. – М.: Изд-во стандартов, 1977. – 352 с.

6. Термодинамические свойства кислорода / В.В. Сычев, А.А. Вассерман, А.Д. Козлов и др. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 312 с.

7. Ряжских В.И. Модель испарителя кубовой жидкости ректификационной колонны воздухоразделительной установки с переменными теплофизическими характеристиками / В.И. Ряжских, А.А. Хвостов, А.А. Журавлев, А.В. Ряжских, О.А. Семенихин // Математические методы в технике и технологиях: сб. тр. Междунар. науч. конф.: в 12 т. Т. 1 / под общ. ред. А.А. Большакова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. – С. 92 – 95.

8. Ряжских В.И. Расчет давления насыщенных паров криопродуктов по экспериментальным данным / В.И. Ряжских, А.А. Хвостов, А.А. Журавлев, А.В. Ряжских А.В. // Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении: сб. науч. статей 3-й Всерос. науч.-техн. конф. с межд. участием. / Юго-Зап. гос. ун-т. Курск: ЮЗГУ, 2018. – С. 293 – 296.

9. Казьмин И.А. Расчет температуры кипения азотно-кислородных смесей / И.А. Казьмин, А.В. Иванов, А.А. Журавлев // Воздушно-космические силы. Теория и практика. – 2018. – № 6 (6) – С. 72 – 82.

10. Хвостов А.А. Математическая модель массообмена на контактных устройствах воздухоразделительной установки / А.А. Хвостов, В.И. Ряжских, А.А. Журавлев, И.А. Казьмин, А.А. Никитченко // Математические методы в технике и технологиях: сб. тр. Междунар. науч. конф.: в 12 т. Т. 1 / под общ. ред. А.А. Большакова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. – С. 102 – 105.

**ОЦЕНКА ДИССИПАТИВНЫХ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЙ  
ПРИ ТЕЧЕНИИ ТЕРМОВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ  
В КОЛЬЦЕВОМ ЗАЗОРЕ  
РОТАЦИОННОГО ВИСКОЗИМЕТРА**

*Тихомиров С.Г.<sup>1</sup>, Хвостов А.А.<sup>1,2</sup>, Журавлев А.А.<sup>3</sup>, Иванов А.В.<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий», г. Воронеж, Россия*

*<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный  
технический университет», г. Воронеж, Россия*

*<sup>3</sup>ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия  
им. профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»,  
г. Воронеж, Россия*

В различных отраслях промышленности для определения динамической вязкости неньютоновских материалов широко используются ротационные вискозиметры (реометры) различных конструкций, наиболее распространенными среди которых являются коаксиально-цилиндрические. Несмотря на известные достоинства [1, 2], такие реометры имеют ряд недостатков, одним из которых является диссипативный нагрев исследуемого материала вследствие действия сил вязкого трения [1 – 4].

Диссипативные тепловыделения приводят к неизотермичности условий измерения вязкости [1], а в случае анализа термовязких жидкостей – к существенному снижению вязкости [4], что, в свою очередь, оказывает влияние на характер течения жидкости в реометре. Так, Г. Шрамм отмечает [3], что повышение температуры некоторых жидкостей на 1 градус приводит к снижению их вязкости в среднем на 10 %. Кроме того, диссипативный нагрев некоторых термолабильных сред при их ротационной вискозиметрии может привести к нежелательным физико-химическим изменениям исследуемого продукта (подвулканизация, химическое разложение полимеров,

клейстеризация зерен крахмала, денатурация и коагуляция белков пищевых сред и пр.).

Известные экспериментальные и теоретические результаты о диссипативном нагреве в ротационных вискозиметрах (А.Г. Мержанов, А.П. Посецельский, А.М. Столин, А.С. Штейнберг, Р.Н. Вельтман, П.Н. Кун, А.Я. Малкин, С.М. Тарг, Г. Шлихтинг, Т.Я. Гораздовский, С.А. Регирер, Г. Цайбинг и др.), несмотря на некоторые различия, убедительно указывают на важность учета теплового эффекта при ротационной вискозиметрии, особенно при высоких скоростях (напряжениях) сдвига.

При ротационной вискозиметрии, сопряженной с диссипативным нагревом, существенную роль играют условия отвода тепловыделений вращающимся ротором и системой охлаждения вискозиметра. В случае теплоизоляции коаксиального зазора с обеих сторон наблюдается линейный рост температуры [3]. Наиболее распространенным тепловым режимом является повышение температуры до некоторого предела, когда диссипативные тепловыделения уравниваются теплоотводом [1]. В более редких случаях некомпенсируемого теплоотвода наблюдается резкое увеличение температуры, что приводит к тепловой неустойчивости (явление теплового взрыва) [1].

Существующие вискозиметры имеют системы термостатирования, однако они не учитывают динамику диссипативного нагрева и требуется соответствие величины снимаемого теплового потока и генерируемого вследствие вязкой диссипации, что требует коррекции управляющих воздействий в охлаждающем контуре и регулирования расхода или температуры хладагента.

Таким образом, диссипативные тепловыделения, а также несовершенство (или полное отсутствие) системы охлаждения измерительной ячейки реометра могут явиться причинами существенных ошибок при измерении вязкости ротационными приборами.

В этой связи важным является разработка математической модели неизотермического течения неньютоновской термовязкой жидкости в кольцевом зазоре коаксиально-цилиндрического

вискозиметра и проведение на ней вычислительных экспериментов.

Рассмотрим нестационарное, неизотермическое, ламинарное течение несжимаемой неньютоновской жидкости в кольцевом зазоре, образованном двумя коаксиальными цилиндрами, один из которых – внешний (стенка охлаждающего контура) с диаметром  $d_{вн}$  – неподвижный, а второй – внутренний (ротор) с диаметром  $d_{нар}$  – приводится во вращение электродвигателем с постоянной угловой скоростью. Т.о., имеем две сопряжённые области – ротор  $\Theta_1$  и кольцевой зазор  $\Theta_2$ , заполненный вязкой жидкостью (рис. 1).

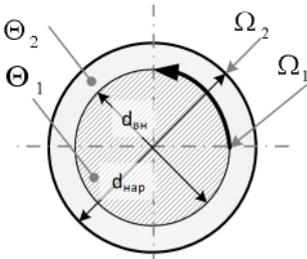


Рис. 1 Расчетная схема моделирования течения в кольцевом зазоре ротационного вискозиметра

На внешней границе  $\Omega_2$  расчётной области осуществляется конвективный теплообмен вязкой жидкости с потоком хладагента охлаждающей системы (не показана), а на границе  $\Omega_1$  осуществляется сопряжение областей по температуре и тепловым потокам. Действием массовых сил, а также тепловой инерционностью стенки охлаждающего контура пренебрегаем.

При заданных условиях и допущениях уравнения сохранения импульса, массы и энергии для расчетных областей  $\Theta_1$  и  $\Theta_2$  принимают вид [5]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Область } \Theta_2 : \rho_l \left[ \frac{\partial \mathbf{u}_l}{\partial t} + (\mathbf{u}_l \cdot \nabla) \mathbf{u}_l \right] = -\nabla \cdot P_l \mathbf{I} + 2\nabla \cdot \mu_l (I_2, T_l) \mathbf{D}; \\ \frac{\partial \rho_l}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho_l \mathbf{u}_l) = 0; \\ \rho_l c_l \frac{\partial T_l}{\partial t} + \rho_l c_l \mathbf{u}_l \cdot \nabla T_l = \nabla \cdot \lambda_l \nabla T_l + \mathbf{T} : \nabla \mathbf{u}_l; \\ \text{Область } \Theta_1 : \rho_p c_p \frac{\partial T_p}{\partial t} = \nabla \cdot \lambda_p \nabla T_p, \end{array} \right. \quad (1)$$

где  $\rho_l, \rho_p$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>;  $\mathbf{u}_l$  – вектор скорости, м/с;  $P_l$  – давление, Па;  $\mathbf{I}$  – единичный тензор;  $T_l, T_p$  – температура, К;  $c_l, c_p$  – удельная теплоемкость, Дж/(кг·К);  $\lambda_l, \lambda_p$  – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К);  $\mathbf{T} = 2\mu_l \mathbf{D}$  – тензор вязких напряжений, Па;  $\mathbf{D}$  – тензор скоростей деформации,  $\mathbf{D} = \frac{1}{2} (\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T)$ ;  $\mu_l (I_2, T_l)$  – динамическая вязкость жидкости, Па·с, которая зависит от второго инварианта тензора скоростей деформации  $I_2$  ( $I_2 = \mathbf{D} : \mathbf{D}$ ) и температуры. В уравнениях системы (1) индекс  $l$  относится к параметрам вязкой жидкости, индекс  $p$  – к параметрам ротора.

Начальные условия:  $\mathbf{u}_l|_{t=0} = 0, P_l|_{t=0} = 0, T_l|_{t=0} = T_0,$   
 $T_p|_{t=0} = T_0$  где  $T_0$  – начальная температура вязкой среды и ротора.

Граничные условия на подвижной стенке  $\Omega_1$ :  $\mathbf{u}_l = U\mathbf{t}$ , где  $U$  – модуль окружной скорости ротора,  $\mathbf{t}$  – единичный тангенциальный вектор;  $\frac{\partial T_l}{\partial \mathbf{n}} = \frac{\partial T_p}{\partial \mathbf{n}}, T_l = T_p$ , где  $\mathbf{n}$  – единичный вектор нормали к границе  $\Omega_1$ . Граничные условия на неподвижной стенке  $\Omega_2$ :  $\mathbf{u}_l = 0$ ;  $-\lambda_l(T) \nabla T_l = \alpha(T_l - T_c)$ , где  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи от вязкой среды к хладагенту контура охлаждения, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $T_c$  – температура хладагента, К.

В качестве реологической модели принята модель Карро [6], в которой учтено влияние температуры жидкости на ее вязкость [7]

$$\mu_l(I_2, T_l) = a_T \mu_0^* \left[ 1 + 2(a_T \lambda^*)^2 I_2 \right]^{\frac{m-1}{2}}; \quad (2)$$

$$a_T = \exp \left[ \frac{E}{R} \left( \frac{1}{T_l} - \frac{1}{T_l^*} \right) \right], \quad (3)$$

где  $\mu_0$  и  $\lambda^*$  – соответственно, наибольшая ньютоновская вязкость (Па·с) и время релаксации (с) при температуре приведения  $T_l^*$ ;  $m$  – показатель кривизны реологической кривой  $\mu_l(I_2)$ ;  $a_T$  – фактор приведения по температуре;  $R$  – универсальная газовая постоянная;  $E$  – энергия активации вязкого течения, Дж/моль.

Математическая модель течения неньютоновской среды в кольцевом зазоре ротационного вискозиметра (1) – (4) реализована в вычислительном пакете Comsol Multiphysics™. Для решения системы дифференциальных уравнений использовалась адаптивная сетка размером порядка 5000 элементов, метод конечных элементов и прямой решатель на основе алгоритма PARADISO. Для согласования начальных и граничных условий скорость стенки умножалась на сглаженную функцию Хэвисайда с длительностью транзитного перехода 1 с

$$\tilde{\theta}(T) = \theta_{Up} + \frac{\theta_{Low} - \theta_{Up}}{1 + e^{-2s(T-T^*)}}, \quad (4)$$

где  $\theta_{Low}$ ,  $\theta_{Up}$  – нижнее и верхнее значение параметра в точке перехода.

Вычислительный эксперимент выполнен для геометрических размеров кольцевого зазора ротационного вискозиметра:  $R_{нар} = 0,019$  м,  $R_{вн} = 0,016$  м. Окружную скорость вращения ротора варьировали в диапазоне от 0,2 до 1,36 м/с. Теплофизические свойства ротора (сталь):  $\rho_p = 8000$  кг/м<sup>3</sup>,  $c_p = 500$  Дж/(кг·К),  $\lambda_p = 500$  Вт/(м·К). В качестве реологической

среды принята модельная неньютоновская жидкообразная биопищевая среда с параметрами [6]:  $\mu_0^* = 16000$  Па·с,  $\lambda^* = 155,6$  с,  $m = 0,301$ ,  $E = 38350$  Дж/моль;  $T_l^* = 333$  К. Теплофизические свойства биопищевой среды в зависимости от температуры [8]:

$$c_l = -3782,1 + 18,708T_l; \quad (5)$$

$$\rho_l = 1969,9 - 1,952T_l; \quad (6)$$

$$\lambda_l = 0,6205 - 0,0008T_l. \quad (7)$$

Вычислительный эксперимент показал (рис. 2а), что интенсивность диссипативного нагрева всей массы определяется окружной скоростью ротора и вязкостью жидкой среды, а степень нелинейности – теплофизическими и геометрическими параметрами ротора. При снижении окружной скорости до 0,2 м/с изменение температуры за время измерений (порядка 10 с) не превышает 1 – 2 К. Как показал эксперимент, существенный рост температуры в случае скорости вращения выше 0,2 м/с приводит к плавному изменению осреднённой по площади зазора динамической вязкости жидкой среды (рис. 2б), что обуславливает погрешности оценки динамической вязкости по данным измерений без учета температурной поправки. При этом динамика изменения до 10 К за время 10 с сопоставима с инерцией термомпар, что затрудняет оперативный контроль температуры и внесение управляющих воздействий в контур охлаждения.

Расчеты показали, что при окружной скорости ротора 0,2 м/с наблюдается увеличение температуры среды на 1,75 К, что приводит к изменению динамической вязкости на 8,86 % (кривая 1, рис. 2). Увеличение окружной скорости ротора до 1,36 м/с вызывает более существенный диссипативный нагрев среды на 12,75 К. При этом относительная ошибка в оценке динамической вязкости составляет 46,89 % (кривая 4, рис. 2).

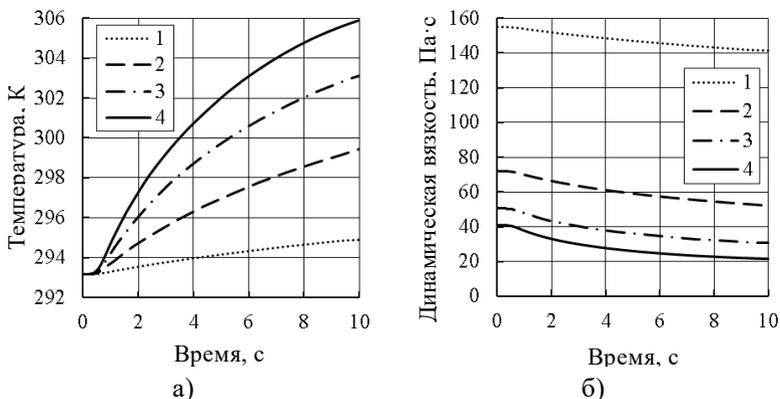


Рис. 2 Изменение температуры (а) и динамической вязкости (б) в коаксиальном зазоре вискозиметра при окружной скорости ротора: 1 – 0,2 м/с; 2 – 0,6 м/с; 3 – 1,0 м/с; 4 – 1,36 м/с

Добиться снижения диссипативного нагрева возможно при использовании контура охлаждения кольцевого зазора вискозиметра. Так, использование в качестве хладагента жидкости с температурой 293 К и обеспечение коэффициента теплоотдачи 250 и 450 Вт/(м<sup>2</sup>·К) позволяет снизить интенсивность нагрева жидкости в кольцевом зазоре вискозиметра на 2 – 4 К за 10 с (рис 3).

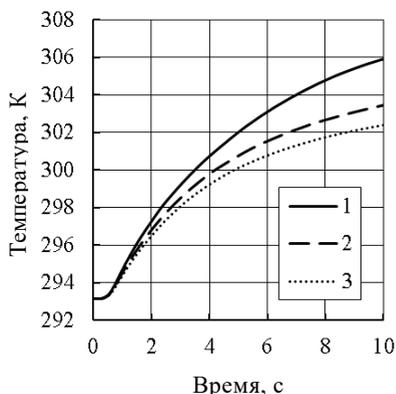


Рис. 3 Изменение температуры в коаксиальном зазоре вискозиметра

при коэффициенте теплоотдачи:  
 1 – 0 Вт/(м<sup>2</sup>·К); 2 – 250 Вт/(м<sup>2</sup>·К);  
 3 – 450 Вт/(м<sup>2</sup>·К)

провести теплотехнический расчет и оценить эффективность как штатных, так и новых систем термостатирования лабораторных коаксиально-цилиндрических реометров. Кроме того, математическая модель делает возможным синтезировать систему автоматического регулирования тепловых режимов ротационной вискозиметрии неньютоновских сред, для которых характерны высокие тепловыделения при сдвиге течения.

Проведенные исследования неизотермического течения неньютоновской термовязкой жидкости в кольцевом зазоре коаксиально-цилиндрического вискозиметра указывают на существенную значимость теплового эффекта вследствие действия сил вязкого трения и возможные способы его нивелирования в ротационной вискозиметрии.

Представленная термогидродинамическая модель и результаты вычислительных экспериментов позволяют

#### Список источников

1. Малкин А. Я. Реология: концепции, методы, приложения / А. Я. Малкин, А. И. Исаев. – СПб.: Профессия, 2007. – 580 с.
2. Bolotov, A & Novikov, V & Novikova, O. (2022). An error analysis of a rheological study of magnetic nanofluids on a rotational viscometer. *Journal of Physics: Conference Series*. 2373 (2): 022014.
3. Шрамм Г. Основы практической реологии и реометрии / Г. Шрам. – М.: КолосС, 2003. – 312 с.

4. Урманчеев С.Ф. Об оценке интенсивности тепловыделения при течении термовязкой жидкости / С.Ф. Урманчеев // Многофазные системы. 2020. Т. 15. № 1 – 2. С. 103.

5. Математическое моделирование гидродинамики и теплообмена в движущих жидкостях / под ред. Э.М. Карташова. – СПб.: Лань, 2019. – 208 с.

6. Хвостов А.А. Параметрическая идентификация реологической модели Карро с использованием регуляризации А.Н. Тихонова на основе CFD-модели / А.А. Хвостов, Г.О. Магомедов, В.И. Ряжских, А.В. Ковалев, А.А. Журавлев, М.Г. Магомедов // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. № 3. С. 615 – 627.

7. Хвостов А.А. Параметрическая идентификация температурно-инвариантной характеристики вязкости неньютоновских сред / А.А. Хвостов, А.А. Журавлев, А.В. Ряжских, А.В. Бараков // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2024. Т. 20. № 3. С. 71-76.

8. Хвостов А.А. Термогидродинамический анализ работы валковой формующей машины кондитерского производства на основе CFD-подхода / А.А. Хвостов, О.Р. Дорняк, А.А. Журавлев, Е.А. Татаренков, О.А. Ткачев // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2021. № 3 (347). С. 117 – 130.

## СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ЗАЩИЩЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СЕТИ С PROXY-СЕРВЕРОМ И КООРДИНАТОРОМ

*Колесников А.В.<sup>1</sup>, Дранников А.В.<sup>2</sup>, Слюсаревский А.А.<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени  
Владимира Даля»,*

*г. Луганск, Россия*

*<sup>2</sup>ФГБОУ ВО "Воронежский государственный университет  
инженерных технологий",*

*г. Воронеж, Россия*

Достоверные данные играют значительную роль, как в производственных процессах, так и являются базой для работы государственных организаций, банковских структур, страховых фондов, предприятий социальной сферы и т.д. В большинстве из представленных случаев данные представляют значительный интерес для злоумышленников. Значительной части преступлений предшествует утечка информации. Также, с увеличением использования современных компьютерных технологий в различных областях, становится возможным увеличение злоупотреблений, связанных с применением компьютерной техники (кибер-преступлений) [1, 2].

Цель работы: представить систему обеспечения информационной безопасности корпоративной компьютерной сети предприятия с Proxy-сервером и Координатором.

Проведя анализ возможных видов угроз и причины результативных атак на информационные сети, мы можем определить требования к построению защищенной сети.

ПО ViPNet [Координатор] размещается на одной из рабочих станций в каждой из объединяемых информационных сетей (определенная для этого рабочая станция не должна быть шлюзом сети). IP-адрес такой станции должен быть статическим (рис. 1). В структуре данной схемы ViPNet [Координатор] решает задачи:

– выступает сервером IP-адресов, иными словами, является справочным источником, информирующим объекты VPN об актуальном состоянии иных объектов VPN (активны или не активны) и их IP-адреса;

– выступает сервером для передачи обновлений (программное обеспечение, справочная и базовая информация);

– выступает сервером-маршрутизатором для передачи почтовых данных (если применяется модуль "Деловая Почта") и файлов, передающихся по "файловому обмену" через объекты VPN.

Программное обеспечение ViPNet [Клиент] размещается на всех остальных рабочих станциях всех информационных сетей.

Данное программное обеспечение выполняет следующие задачи:

– кодирует всю исходную передачу данных с объектами VPN;

– декодирует весь входящий прием данных от объектов VPN;

– отменяет доступ к объектам в Интернете;

– предоставляет значительный набор сервисных функций для контактов с другими абонентами VPN (отправка текстовых данных, получение данных о доступности конкретного абонента VPN, пересылка писем и файлов и др.);

– при включении компьютера информирует свой сервер IP-адресов (компьютер информационной сети с установленным программным пакетом ViPNet [Координатор]) о своем актуальном IP-адресе;

– при отключении компьютера информирует свой сервер IP-адресов о данном факте;

– выполняет функцию персонального сетевого экрана, ограничивающего доступ со свободных ресурсов на данный компьютер.

Программа ViPNet [Администратор] размещается на одном из специализированных серверов (администратор безопасности) информационной сети, как правило, в главном офисе. Назначение этой программы:

1) построить топологию (логическую структуру) VPN-сети и назначить ключевые данные для элементов VPN-сети,

определить имена элементам VPN-сети и позволить или закрыть обмен данными между ними;

2) преобразование (добавление или удаление элементов) VPN-сети с дальнейшей рассылкой актуальной нормативной и адресной информации тем элементам VPN-сети, к которым относятся данные преобразования;

3) системно восстановить установленное программное обеспечение (ViPNet [Клиент] и ViPNet [Координатор]) при появлении актуальной версии.

В наборе решений ViPNet – пакет приложений, представляющих комплексные программные продукты для построения виртуальных безопасных информационных сетей (VPN) различной конфигурации, сочетающихся с системой разделенных индивидуальных и межсетевых экранов (МЭ).

Виртуальная сеть создается путем размещения на рабочие станции (сетевые узлы) двух видов программных приложений: ViPNet-клиента и ViPNet-координатора. ViPNet-клиент осуществляет сетевую защиту и активизацию в VPN отдельных рабочих станций.

Технология ViPNet дает возможность значительно облегчить администрирование распределенной информационной сети, разделенной на подсети разного вида активным сетевым оборудованием, на котором, как правило, из соображения безопасности устанавливаются допустимые для доступа адреса и протоколы.

Наименование ViPNet Coordinator (Координатор) представляет общее название вида программного обеспечения, выполняющего задачи универсального сервера безопасной сети ViPNet.

В зависимости от назначенных параметров ViPNet Coordinator может реализовывать следующие задачи: маршрутного защищенного сервера (криптошлюза); сервера безопасной почты; прокси-сервера защищенных подключений; межсетевого экрана; сервера назначения IP-адресов.

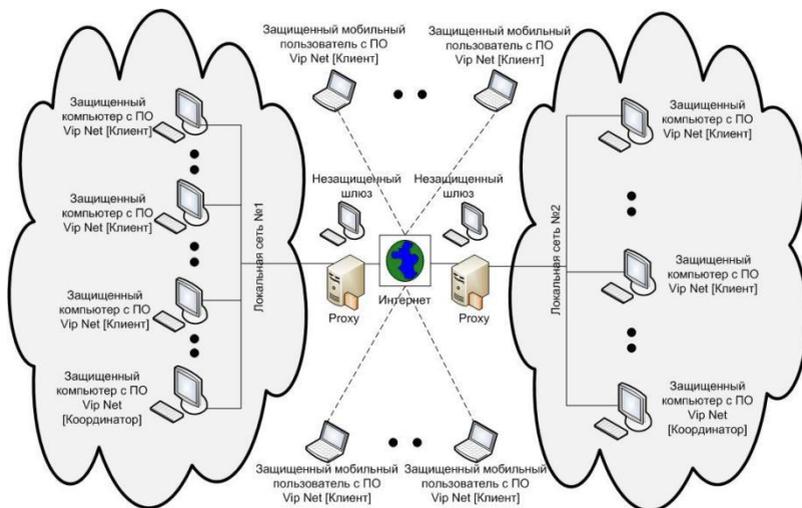


Рисунок 1 – Схема безопасной информационной сети с Proxy-сервером и координатором

Представленная схема может быть использована для государственных учреждений, а также распределенных компаний. Такая схема имеет разнообразные инструменты управления и администрирования, может быть перестроена с учетом запросов руководства предприятия.

#### Список источников

1. Степанов, Е.А. Информационная безопасность и защита информации. Учебное пособие / Е.А. Степанов, И.К. Корнеев. – М.: ИНФРА-М, 2001. – 304 с.
2. Дядичев, В. В. Исследование криптографической защиты информации / В. В. Дядичев, А. В. Колесников, А. В. Дядичев // Сборник трудов I научной конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых "Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского", Симферополь, 26–30 октября 2015 года / Департамент научно-исследовательской деятельности ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского». – Симферополь: ООО "Антиква", 2015. – С. 12-20. – EDN VDCFPX.

## АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕНТРА ТРОПИЧЕСКОГО ЦИКЛОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

<sup>1,2</sup>Калач А.В., <sup>2</sup>Парамонов А.А., <sup>2</sup>Шкерин А.Л.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий», г. Воронеж, Россия,

<sup>2</sup>МИРЭА — Российский технологический университет,  
г. Москва, Россия

*Аннотация.* Приведено описание алгоритма по автоматическому выявлению центров тропических циклонов. Описаны особенности работы алгоритма по выявлению в изображении контуров исследуемого объекта и отборе среди них значимого центрального элемента. С учётом криволинейности получаемых контуров, расчёт их центра определяли как среднюю координату всех точек, принадлежащих к контуру. Применение алгоритма показано на двух изображениях тропических циклонов, одно - со слабо выраженным центром, другое - с ярковыраженным центром тропического циклона. Полученные результаты показали успешное выявление контуров тропического циклона с последующим определением у наиболее вложенного их них, центра.

Применение методов машинного обучения в настоящее время применяется и в проектах, реализуемых МЧС для прогнозирования тропических циклонов. В настоящий момент наиболее точный мониторинг и диагностику тропических циклонов производят метеослужбы США и Японии, осуществляя данную процедуру с привлечением экспертов. Поскольку тропические циклоны оказывают влияние и на территории Российской Федерации, то задача для служб МЧС России является актуальной по построению системы диагностики тропических циклонов. Разрабатываемая МЧС России система [1] проводит

диагностику основных параметров тропических циклонов, в том числе устанавливает класс циклона, для последующего прогнозирования его поведения. Далее по серии спутниковых изображений проводит мониторинг траектории перемещения циклона, определяет его категорию, а также давление в центре и максимальную скорость ветра. Из преимуществ выделяется обновление данных каждые 30 мин, что превосходит мировые аналоги в 12 раз, а также полную автоматизацию.

В рамках данной работы рассматривается алгоритм по определению центра тропического циклона с использованием технологий компьютерного зрения. В качестве предмета анализа данных выступали выявляемые контуры тропического циклона, который представлен изображениями в ИК-диапазоне. Общий вид алгоритма представлен на Рисунке 1.

Алгоритм начинается с преобразования цветового пространства исходного изображения в градацию серых оттенков. После чего в полученном изображении выявляем контуры объектов на нём, для этого задаём пороговое значение, которое все пиксели, имеющие яркость больше пороговой, заменяются на значение пикселя 255 – белый цвет, а те пиксели, значение яркости которых меньше порогового, им присваивается значение 0, то есть происходит смена цвета на чёрный. Подбираем пороговое значение таким образом, чтобы контуры центральной части тропического циклона были чётко различимы.

После подбора порогового параметра получаем для исследования иерархический набор контуров.

Каждый контур имеет свою собственную информацию в виде вектора данных, относительно того, к какой иерархии он относится. Вектор состоит из четырёх значений: "Следующий", "Предыдущий", "Первый потомок", "Родитель". Значение "Следующий" обозначает следующий контур на том же иерархическом уровне, что и исследуемый, а "Предыдущий", соответственно, - предшествующий контур на том же иерархическом уровне. Параметр "Первый потомок" имеет значение индекса первого дочернего контура, а "Родитель" определяет индекс родительского контура.

Интересующий нас контур имеет самое глубокое расположение, то есть, не имеет следующих за ним контуров, не имеющий потомков.

В ходе фильтрации получаем набор оставшихся контуров максимально вложенного уровня. Большинство из них, как правило, являются небольшими выбросами на изображении, из-за чего представляют собой незначительные контуры малых размеров. В то время, как интересующий нас контур, центральной части тропического циклона, будет являться наибольшим по размерам среди представленных.

В результате определения контура, проводим расчёт его центра, путём прохождения по каждой координате контура с дальнейшим определением его центра, как среднюю координату всех точек контура. Полученные координаты центра теперь отображаем на снимке тропического циклона. Действие алгоритма продемонстрируем на двух примерах.

Рассмотрим тропический циклон с хорошо различимым центром (Рисунок 2) и применим к нему описанный выше алгоритм.

Результаты некоторых значений порогов приведены на рисунке 3.

Установлено, что для представленных данных результат при различных значениях порога явно выделяет внутренний центральный контур, который характеризует на исходных данных "глаз бури" тропического циклона.

В ходе фильтрации контуров, например, для данных при пороге, равном 100, определяли центр интересующего нас контура и идентифицировали центр циклона.

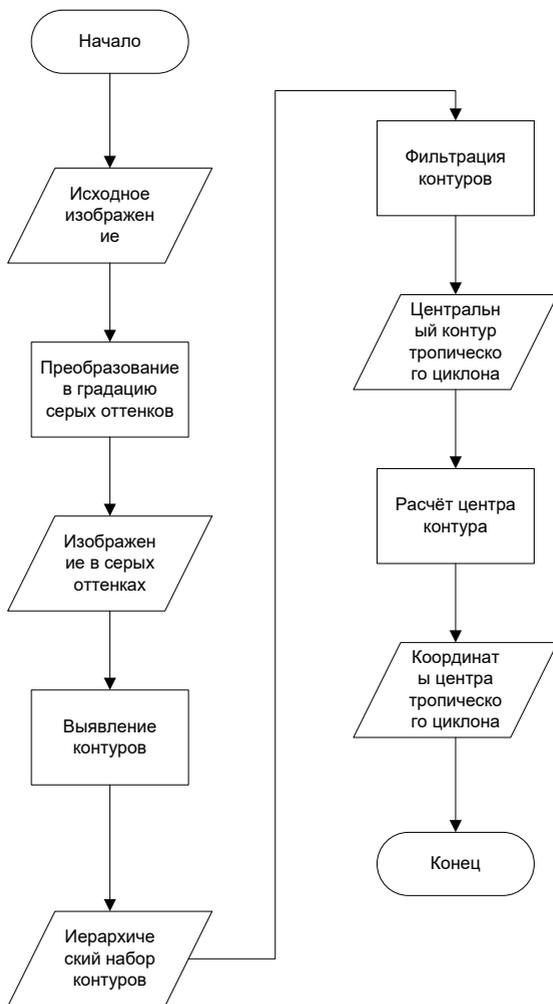


Рисунок 8. Схема алгоритма определения центра тропического циклона с использованием технологий компьютерного зрения

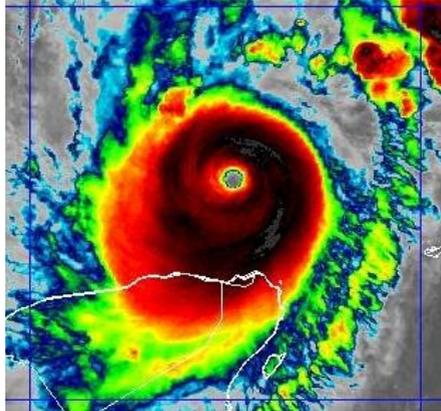


Рисунок 9. Фрагмент динамики тропического циклона с хорошо различимым центром в ИК-диапазоне

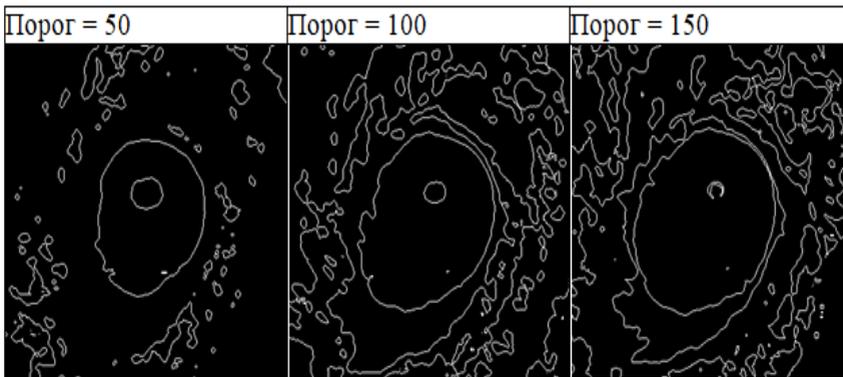


Рисунок 10. Контуры фрагмента тропического циклона с рисунка 1 при различных параметрах порога

Второй пример представляет собой изображение тропического циклона без выраженного "глаза бури" (Рисунок 4), что усложняет процесс идентификации центра исследуемого объекта.

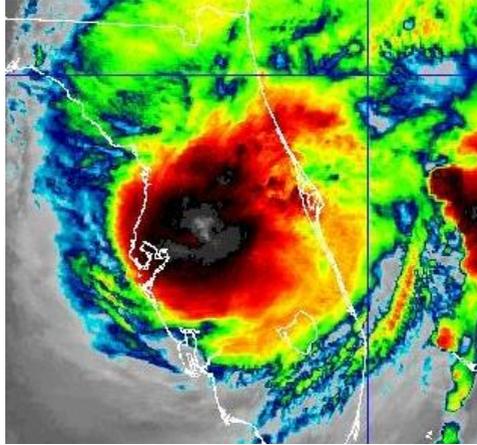


Рисунок 4. Фрагмент динамики тропического циклона в ИК-диапазоне без выраженного центра

Результаты некоторых пороговых значений приведены на Рисунке 5.

Установлено, что в этот раз получаемые контуры идентифицируются более разнообразно, а контур центра тропического циклона и вовсе при малых порогах не проявляется.

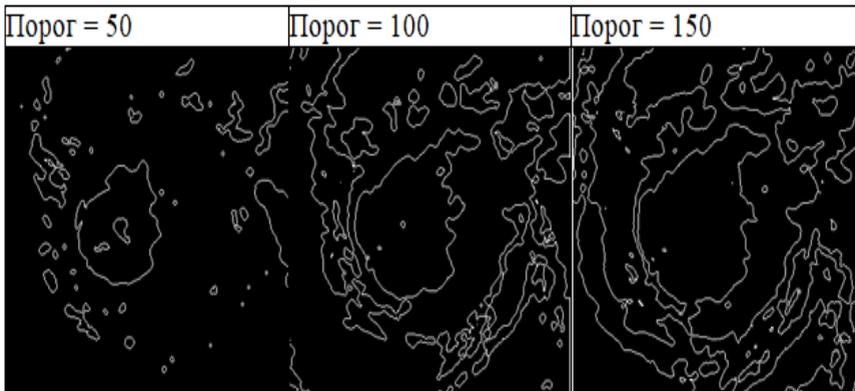


Рисунок 5. Контурсы фрагмента тропического циклона с рисункаб при различных параметрах порога

Для последующей обработки принимали контуры, которые были получены также при пороговом значении 50. В результате фильтрации и определения центра данного конкура идентифицировали центр тропического циклона.

Таким образом, по результатам проведенных исследований установлено, что даже в сложно различимых структурах тропического циклона при помощи инструментов компьютерного зрения возможно идентифицировать его центр.

#### Список источников

1. Система диагностики тропических циклонов. URL: <https://2030.dvfu.ru/sistema-diagnostiki-tropicheskikh-cziklonov/>

**УДК 621.31**

## **УМНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

*Шакиров А. Г., Сандаков В. Д.*

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический  
университет»,  
г.Казань, Россия*

Технологии умного дома используют возможности подключения и автоматизации для оптимизации использования энергии, делая дома более эффективными и экологичными. Предоставляя данные в первое время и автоматический контроль, эти технологии позволяют землевладельцам принимать обоснованные решения относительно потребления энергии.

В современной энергетике одним из ключевых аспектов является обеспечение высокого качества электроэнергии. Это особенно важно в условиях уже растущего потребления электроэнергии и необходимости оптимизации ее распределения и использования. Умные устройства для повышения качества

электроэнергии представляют собой революционное решение, которое не только повышает эффективность энергосистемы, но и обеспечивает более надежное и устойчивое энергоснабжение.

Концепция умных сетей (Smart Grids) на основе ведущих передовых технологий, включая Интернет-вещи (IoT), в традиционных энергетических системах. Эти системы позволяют обеспечить реальный мониторинг и управление процессами распределения и потребления электроэнергии, обеспечивая соответствие стандартам качества электроэнергии [1].

Умные устройства для повышения качества электроэнергии представляют собой сложную систему, включающую в себя несколько ключевых компонентов:

Одним из основных элементов этого устройства является аналого-цифровой преобразователь (АЦП), часто основанный на микроконтроллерах, таких как ATmega328P-PU. Эти устройства подключаются к распределительной сети через гальваническую развязку, обеспечивая безопасность и точность измерений. Использование датчиков и сенсоров, подключенных к сети Интернет, позволяет мгновенно собирать данные о запасах электроэнергии. Эти датчики могут отслеживать такие параметры, как напряжение, форма сигнала, коэффициент гармоник, температура оборудования и другие крайние показатели. Это позволяет выявлять отклонения от норм и передавать результаты через сетевой интерфейс, такой как Ethernet или беспроводная связь [2].

Умные устройства оснащены функцией последовательного анализа данных, которая использует машинное обучение и искусственный интеллект для обработки собранных данных. Эти системы позволяют прогнозировать потребление и производство энергии, улучшать работу оборудования и предотвращать неисправности до их возникновения. Данные передаются через протоколы, такие как MQTT, цепь и надежную передачу информации.

Умные устройства позволяют оптимизировать работу энергосистемы, снизить потери при передаче энергии и повысить энергоэффективность. Реальный мониторинг и анализ данных позволяют прогнозировать потребление и адаптацию

производства энергии в соответствии с потребностями, что особенно важно для возобновляемых источников энергии.

Автоматизация процессов управления энергосистемами с учетом человеческого фактора и повышение точности изменения в сети. Предиктивное обслуживание, основанное на анализе данных с датчиков, помогает предсказывать неисправности оборудования до их возникновения, что приводит к риску внезапных отключений и потерь энергии [3].

Умные устройства обеспечивают постоянный мониторинг нормируемых параметров электроэнергии, таких как напряжение, форма сигнала и коэффициент гармоник.

Многие современные системы качества электроэнергии являются масштабируемыми и метрологически сертифицированными. Например, системы на основе технологии Current Link могут объединять до 32 токовых модулей, обеспечивая измерения точности и соответствие международным стандартам, таким как IEC 60688 и IEC 61557-12.

Такие технологии, как такие Elektrilevi в Эстонии, уже внедрили сотни умных счетчиков потребления электроэнергии. Эти счетчики не только измеряют потребление энергии, но и предоставляют данные на первом этапе, позволяя пользователю отслеживать и оптимизировать свои модели потребления энергии [4].

Интеллектуальные сети с помощью IoT могут балансировать производство и потребление энергии, интегрируя энергию из различных источников и улучшая качество электроснабжения. Это особенно важно для адаптации к изменениям в освещении и оптимизации работы системы.

Интеграция Интернета вещей в энергетические системы на основе возобновляемых источников энергии открывает новые горизонты для повышения эффективности и управления энергетическими активами. Это позволяет реализовать умное оборудование мониторинга состояния, точное управление генерацией и распределением энергии, а также корректировать работу сети в соответствии с текущим спросом и погодными условиями.

Одним из ключевых вызовов является обеспечение безопасности и надежности передачи данных. Умные устройства должны быть защищены от киберугроз, а также обеспечивать стабильную и эффективную работу в различных условиях. Кроме того, необходима стандартизация протоколов и интерфейсов для обеспечения совместимости между различными направлениями [5].

Умные устройства для измерения качества электроэнергии представляют собой мощный инструмент в современном мире. Интеграция этих устройств в умные сетевые системы и возобновляемая энергия открывают новые возможности для создания устойчивой и надежной энергетической работы будущего. С развитием технологий и современных вызовов эти устройства будут играть все более важную роль в обеспечении эффективного и качественного энергоснабжения.

#### Список литературы

1. Ли П. Архитектура интернета вещей. Москва : ДМК Пресс, 2019.

2. Intelligent meters - safety comes first! Siemens. Sep. 08, 2017. Accessed: Oct. 3, 2019. [Online]. Available: [http://w5.siemens.com/web/ua/ru/news\\_press/news/2017/Pages/smart\\_metering\\_infrastruktur.aspx](http://w5.siemens.com/web/ua/ru/news_press/news/2017/Pages/smart_metering_infrastruktur.aspx).

3. Subhash B., Rajagopal V. Overview of smart metering system in Smart Grid scenario // IEEE Conferences: Power and Energy Systems: Towards Sustainable Energy. 2024. P. 1-6. doi: 10.1109/PESTSE.2014.6805319.

4. Hart G. Nonintrusive appliance load monitoring // Proceedings of the IEEE. 1992. V. 80, N 12. P. 1870-1891. doi:10.1109/5.192069.

5. Wang Z., Zheng G. Residential Appliances Identification and Monitoring by a Nonintrusive Method // IEEE Transactions On Smart Grid. 2022. V. 3, N 1. p. 80-92. doi: 10.1109/TSG.2011.2163950.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГИЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

*Васильева И.С., Сандаков В.Д.*

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический  
университет»,  
г. Казань, Россия*

### *Аннотация*

Статья посвящена моделированию систем интеллектуального управления энергией на предприятиях, которые становятся важным инструментом повышения энергоэффективности и устойчивости бизнеса. Рассматриваются современные технологии, включая использование Интернета вещей (IoT), машинного обучения и обработки больших данных, которые позволяют оптимизировать энергопотребление, снижать издержки и повышать надёжность производственных процессов. Особое внимание уделяется экологическим аспектам, таким как снижение выбросов углекислого газа и интеграция возобновляемых источников энергии. Также обсуждаются ключевые проблемы, связанные с внедрением интеллектуальных систем, и преимущества, которые они предоставляют предприятиям. Приводятся примеры успешного применения таких систем в различных отраслях. В заключении отмечается, что интеллектуальные системы управления энергией играют стратегическую роль в промышленной трансформации, способствуя созданию устойчивой и конкурентоспособной экосистемы.

В условиях стремительного роста промышленного производства и глобальных требований к устойчивому развитию всё больше внимания уделяется вопросам эффективного использования энергии. Для предприятий энергопотребление

остаётся одной из ключевых статей расходов, а также источником значительного влияния на окружающую среду. Именно поэтому моделирование систем интеллектуального управления энергией становится неотъемлемой частью стратегии современных организаций, стремящихся повысить свою эффективность, сократить издержки и минимизировать углеродный след.

Интеллектуальные системы управления энергией представляют собой комплексные решения, объединяющие аппаратные средства, программное обеспечение и аналитические инструменты. В основе этих систем лежит использование датчиков и устройств Интернета вещей (IoT), которые собирают данные о состоянии оборудования, параметрах окружающей среды и потреблении энергии. Эти данные становятся отправной точкой для построения аналитических моделей, которые позволяют не только оптимизировать текущие процессы, но и предсказывать их поведение в будущем.

Ключевая роль в таких системах отводится технологиям обработки больших данных и машинного обучения. Эти подходы позволяют выявлять закономерности в энергопотреблении, определять наиболее энергоёмкие процессы и разрабатывать стратегии их оптимизации. Например, алгоритмы машинного обучения могут предсказывать периоды пикового энергопотребления на основе исторических данных, что даёт возможность заранее подготовиться, перераспределив нагрузки или скорректировав график работы оборудования. Такие подходы особенно актуальны на предприятиях с высокими энергозатратами, где каждая минута оптимизированного времени работы может приводить к значительной экономии.

Преимущества интеллектуальных систем управления энергией проявляются не только в снижении затрат, но и в повышении надёжности производственных процессов. За счёт мониторинга состояния оборудования в реальном времени можно своевременно выявлять отклонения от нормальных параметров работы. Это позволяет предупреждать поломки, сокращать время простоя и снижать расходы на внеплановый ремонт. Например, в химической промышленности системы управления энергией часто интегрируются с системой предиктивного обслуживания

оборудования, что значительно уменьшает вероятность аварийных ситуаций.

Особую ценность интеллектуальные системы представляют в контексте экологической ответственности бизнеса. Сокращение энергопотребления напрямую влияет на снижение выбросов углекислого газа, что помогает предприятиям соответствовать международным экологическим стандартам и повышает их репутацию на рынке. Кроме того, интеграция возобновляемых источников энергии в работу предприятия становится более эффективной при использовании интеллектуальных систем. Например, такие системы могут автоматически перераспределять нагрузку между традиционными и альтернативными источниками энергии в зависимости от текущих условий.

Тем не менее внедрение интеллектуальных систем управления энергией сопряжено с определёнными трудностями. Одной из основных проблем является интеграция таких решений в существующую инфраструктуру. Для многих предприятий это требует значительных инвестиций, включая модернизацию оборудования, закупку новых датчиков и разработку специализированного программного обеспечения. Ещё одной сложностью является обеспечение качества данных. Для построения точных моделей требуется полная и достоверная информация, однако её сбор и обработка могут быть затруднены из-за несовершенства текущих процессов автоматизации. Несмотря на эти вызовы, результаты, достигаемые с помощью интеллектуальных систем управления энергией, значительно перевешивают затраты на их внедрение. Промышленность уже демонстрирует многочисленные успешные примеры использования таких систем. Например, на металлургических заводах внедрение систем управления энергией позволяет не только снизить энергопотребление на 20%, но и повысить производительность за счёт более точного управления технологическими процессами.

Современные технологии позволяют моделировать энергопотребление не только на уровне отдельных предприятий, но и в масштабах целых производственных цепочек. Это особенно важно для крупных корпораций, где взаимодействие между

различными подразделениями может существенно влиять на общий уровень энергозатрат. Например, цифровые двойники — виртуальные копии предприятий — позволяют создавать симуляции производственных процессов, тестировать различные сценарии работы и выбирать наиболее эффективные.

Перспективы развития систем интеллектуального управления энергией выглядят многообещающе. С каждым годом эти решения становятся всё более адаптивными, доступными и мощными. Новые подходы, такие как глубокое обучение, расширяют возможности анализа данных, что делает модели ещё более точными. В сочетании с развитием технологий возобновляемой энергии и сетей умных городов интеллектуальные системы управления энергией становятся важным звеном в создании устойчивой промышленной экосистемы.

Таким образом, моделирование систем интеллектуального управления энергией — это не просто инструмент для повышения энергоэффективности, а стратегический подход, который помогает предприятиям адаптироваться к новым экономическим и экологическим вызовам. Это инвестиция в будущее, которая способствует устойчивому развитию, конкурентоспособности и технологическому лидерству на глобальной арене. Интеллектуальные системы управления энергией становятся важным элементом промышленной трансформации, делая предприятия более эффективными, устойчивыми и готовыми к новым вызовам.

#### Список источников:

1. Май Нгок Тханг, Ха Ван Муон, Камаев Валерий Анатольевич, Щербakov Максим Владимирович, Тхай Куанг Винь Моделирование и оптимизация управления интеллектуальной гибридной энергосистемной с источниками возобновляемой энергии // УБС. 2013. №46.

2. Мясоедов Ю.В. Интеллектуальные системы электроснабжения: методические указания к лабораторно-

практическим занятиям / Ю.В. Мясоедов. - Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2013. – 82 с.

3. Кривоногов Владимир Геннадьевич, Кожевников Александр Вячеславович Разработка системы интеллектуального управления электроснабжением потребителей в концепции "Умная энергетика" // Евразийский научный журнал. 2018.

**УДК 004.93**

## **ОЦЕНКА БЫСТРОДЕЙСТВИЯ МОДЕЛИ НЕЙРОСЕТЕВОЙ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ**

***В.Д. Шаповалов<sup>1</sup>, В.Н. Василенко<sup>2</sup>***

*<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени  
Владимира Даля»,  
г. Луганск, Россия*

*<sup>2</sup>ФГБОУ ВО "Воронежский государственный университет  
инженерных технологий",  
г. Воронеж, Россия*

### *Аннотация*

*Интеллектуальные системы на основе нейронных сетей требуют большого количества вычислительных операций, что определяет их быстродействие. Цель данных исследований – повышение быстродействия нейросетевой визуальной системы распознавания за счет уменьшения количества вычислительных процедур при заданной вероятности распознавания. Предложенные в среде моделирования Scilab 6.02 модели позволяют оценить зависимость средней вероятности распознавания от количества тренировочных циклов и количества слоёв и определить минимальные значения этих параметров для заданного изображения и вероятности распознавания изображения.*

Искусственные интеллектуальные системы в большинстве своем строятся на основе нейросетевых технологий. Нейронные сети требуют большого количества вычислительных операций, которые реализуются с использованием различных вычислительных средств. Но современные вычислительные средства хотя и достигают значительного быстродействия, но являются определяющим фактором быстродействия нейронных сетей. Особенно это сказывается при реализации практических задач автоматизации, в которых вычислительные процедуры часто реализуются на микропроцессорах, имеющих ограниченный ресурс.

В таких случаях приходится решать взаимоисключающую задачу: с одной стороны повышать количество итераций параметров нейросети для достижения заданной вероятности распознавания, с другой стороны уменьшать количество итераций параметров для повышения быстродействия. Повышение быстродействия нейросетей сегодня являются насущной проблемой [1 – 5].

В исследованиях моделей распознавания нейросетевой визуальной системой манипуляционных и управляющих знаков в изменяющихся условиях освещенности и положения знака [ 6,7 ] показали, что средние значения вероятности распознавания при изменении положения знака (повороте) составляют 0, 9046 – 0,9562; средние значения вероятности распознавания при изменении контраста знака (повороте) составляет 0, 9489 – 0,9562; при повороте на 90 градусов при изменении освещенности минимальное значение снизилось до 0,4561607, при этом уровень контраста составлял 9,41%.

Это подтверждает возможность построения систем распознавания в системах автоматизации, без ограничения итераций параметров нейросети.

Цель данных исследований – повышение быстродействия нейросетевой визуальной системы распознавания за счет уменьшения количества вычислительных процедур при заданной вероятности распознавания.

Исследование выполняется на модели с использованием среды моделирования Scilab 6.02. Scilab — это система

компьютерной математики, которая предназначена для выполнения инженерных и научных вычислений [8].

Моделирование базируется на модуле ANN Toolbox 0.5, в частности, функции обучения нейросети с сигмоидной функцией:

**ann\_FF\_Std\_batch(X,t,N,W,lp,epoch);**

где X – тренировочный набор; t – распознаваемый объект; N – количество входов, слоев, выходов; W - инициализируются веса связей; lp - скорость обучения и порог ошибки; epoch - количество тренировочных циклов;

Функция распознавания:

**function [yr]=funcnevr(Prasp, sloy, trc);**

где: Prasp – распознаваемое изображение.

sloy – количество слоев нейросети;

trc – количество тренировочных циклов.

Скрипт функции распознавания:

**function [yr]=funcnevr(Prasp, sloy, trc);** // Функция распознавания неизвестной детали нейронной сетью

a=1;//градация детали

b=0;//градация фона

HG = [...

a a a a a a a ...

a b b b b b a ...

a b a b b a b a...

a b a b b a b a ...

a b a b b a b a ...

a b a b b a b a ...

a b a b b a b a...

a a a a a a a ]'; //эталон пластины трансформатора

//disp ("Распознаю неизвестный символ, подождите")

N = [64 sloy 1]; //49 входов, количество слоев, 1 выход

W = ann\_FF\_init(N); //инициализируются веса связей между нейронами

X = [HG]; //тренировочный набор состоит из 1 изобр

t\_t = [1 ]'; //Если входной слой читает «Т», то первый выходной нейрон должен дать 1, а второй выходной нейрон должен дать 0

```

t = [t_t];
lp = [0.01, 0.001]; //параметрами обучения являются скорость
обучения и порог ошибки.
W = ann_FF_Std_batch(X,t,N,W,lp,tre); //Сеть обучается
стандартным обратным распространением в пакетном режиме;
yr = ann_FF_run(Prasp,N,W); //вероятность распознавания
неизвестного символа;
endfunction;

```

В качестве распознаваемого изображения использовано изображения пластины трансформатора.



Рис. 1. Распознаваемое изображение

Моделирование выполнено в среде Scilab 6.02

*Скрипт модели оценки количества тренировочных циклов нейросети.*

```

for trc =1:1:trcm;//количество тренировочных циклов
a=1; //уровень пикселя
b=0; //уровень пикселя
//распознаваемое изображения
Prasp = [...
a a a a a a a ...
a b b b b b b a ...
a b a b b a b a...
a b a b b a b a ...
a b a b b a b a ...
a b a b b a b a ...

```

```

a b a b b a b a a...
a a a a a a a ]';
TRC(trc)=trc;//массив количества тренировочных циклов
W(trc)=funcneyr(Prasp,sloy,trc);//моделирование
sumW=sum(W); //суммирование вероятностей за все циклы
распознавания
midW=sumW/trc; //среднее значение вероятности для данной
эпохи
MIDW(trc)=midW;
m = stdev(W); //средне_квадратичное_отклонение
M(trc)=m;
end;
plot2d(TRC,[MIDW M],...
[1,2],leg="Среднее значение вероятности@
Среднеквадратичное отклонение", rect=[0,0,trcm,1]);
xtitle('График зависимости вероятности от количества циклов
тренировки нейросети', 'Циклы тренировки', 'Вероятность
распознавания') ;

```

#### ПАРАМЕТРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ:

количество тренировочных циклов = 300, количество слоёв = 50,  
количество циклов распознавания = 5.

Результаты моделирования представлены на рисунке 2.

По полученному графику можно определить минимальное количество тренировочных циклов нейросети для данного изображения и заданной вероятности.

Исследования зависимости средней вероятности распознавания от количества слоёв нейросети выполняются аналогично предыдущим, заменив входной параметр модели с количества тренировочных циклов на количество слоёв модели нейросети.

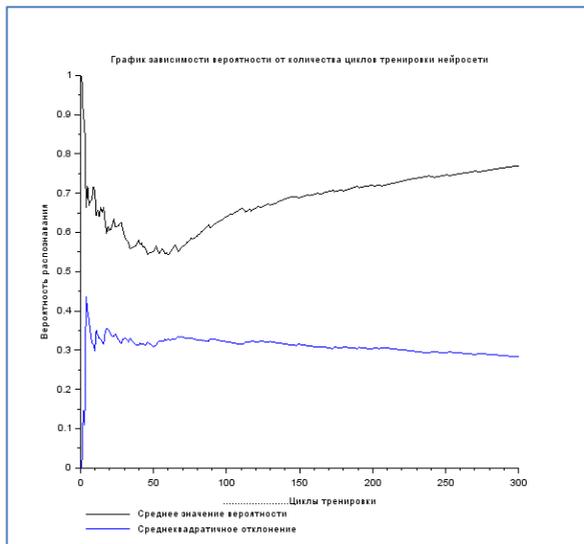


Рис.2. График зависимости средней вероятности распознавания и средне квадратичного отклонения от количества тренировочных циклов

*Скрипт модели оценки количества слоёв нейросети.*

```

for sloy=1:1:sloym; // количество слоев нейросети
SLOY(sloy)=sloy;
W(sloy)=funcneyr(Prasp,sloy,trc); //моделирование
sumW=sum(W); //суммирование вероятностей за все циклы
распознавания
midW=sumW/sloy; //среднее значение вероятности для данной
эпохи
MIDW(sloy)=midW
m = stdev(W); //средне_квадратичное_отклонение
M(sloy)=m;
end;
plot2d(SLOY,[MIDW M],[1,2],leg="Среднее значение
вероятности@Среднеквадратичное
отклонение",rect=[0,0,sloym,1]);

```

*xtitle( 'График зависимости вероятности от количества слоёв нейросети,sloy=',sloym, 'Количество слоев', 'Вероятность распознавания') ;*

#### ПАРАМЕТРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ:

количество тренировочных циклов = 300, количество слоев = 50,  
количество циклов распознавания = 5.

Результаты моделирования представлены на рисунке 3.

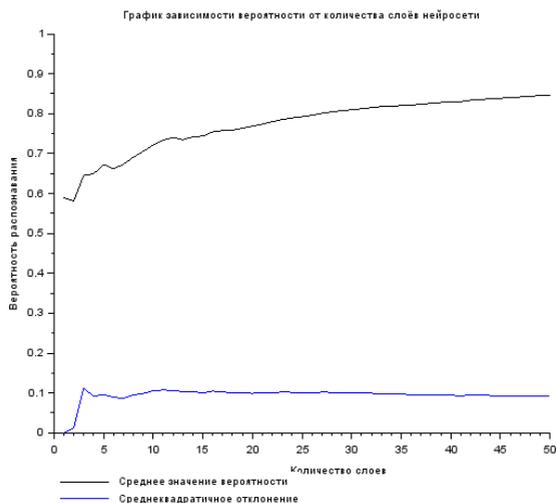


Рис.3. График зависимости среднего значения вероятности распознавания и среднеквадратичного отклонения от количества слоёв нейросети

Для оценки минимального количества тренировочных циклов и слоёв нейросети нужно в скрипт модели оценки количества тренировочных циклов ввести цифровой образ распознаваемого объекта и задаться минимальной средней вероятностью распознавания. Далее с принятыми параметрами выполняем моделирование и по графику зависимости средней вероятности распознавания от количества тренировочных циклов определяем минимальное количество тренировочных циклов. Полученное значение тренировочных циклов задаем в качестве

входных параметров в скрипт модели оценки минимального количества слоев и по графику и заданной минимальной вероятности распознавания определяем минимальное количество слоёв нейросети.

*Пример:*

Объект распознавания – пластина трансформатора.

Ожидаемая средняя вероятность распознавания – 0,75.

Предварительное значение количество слоёв – 50.

По графику зависимости средней вероятности распознавания от количества тренировочных циклов определим минимальное количество тренировочных циклов – 250.

Установим полученное количество тренировочных циклов в скрипт оценки количества средней вероятности от количества слоёв нейросети и по полученному графику по заданной вероятности определим минимальное количество слоев – 23.

Таким образом, для распознавания изображения пластины трансформатора с вероятностью 0,75 достаточно использовать нейросеть с 23 слоями и 250 тренировочными циклами.

## ВЫВОДЫ.

Одним из способов повышения быстродействия распознавания изображений нейросетью является снижение количества слоев и тренировочных циклов.

Разработанные в среде Scilab 6.02 модели зависимости средней вероятности распознавания изображения от количества слоёв и тренировочных циклов нейросети позволяют получить некоторые параметры нейросети для повышения быстродействия.

Дальнейшие исследования предполагают использование градиционных изображений.

## Список источников.

1. Пройдаков Э. М. Современное состояние искусственного интеллекта // Научно-исследовательские исследования, 2018 : сб. науч. тр. / РАН. ИНИОН. Центр науч.-информ. исслед. по науке, образованию и технологиям ; отв. ред. А. И. Ракитов. М., 2018. С. 129–153.

2. Терехов В. А., Ефимов Д. В., Тюкин И. Ю. Нейросетевые системы управления. М. : Высшая школа, 2002. 184 с.

3. Саяпин В. О. Интеллектуальные нейросети — будущий потенциал цивилизационного развития цифрового мира // Вестник Челябинского государственного университета. 2023. № 7 (477). С. 21–26. doi: 10.47475/1994-2796-2023-477-7-21-26.

<https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnye-neyroseti-buduschiy-potentsial-tsivilizatsionnogo-razvitiya-tsifrovogo-mira>

4. Журавлёв Д.В., Смолин В.С. Нейросетевая революция искусственного интеллекта и варианты её развития // Проектирование будущего. Проблемы цифровой реальности: труды 6-й

Международной конференции (2-3 февраля 2023 г., Москва). — М.: ИПМ им. М.В.Келдыша,

2023. — С. 223-244. — <https://keldysh.ru/future/2023/16.pdf>

<https://doi.org/10.20948/future-2023-16>

5. А.А. Рындин, В.П. Ульев, *Исследование скорости обучения нейронных сетей, Воронежский государственный технический университет, КиберЛенинка,*

<https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-skorosti-obucheniya-neyronnyh-setey>

6. Шаповалов В.Д, Струков Г.Н., Щербаков Р.В. Оценка вероятности распознавания манипуляционных знаков грузов нейросетевой визуальной системой. Моделирование энергоинформационных процессов [Электронный ресурс] : / Сборник статей XII национальной научно-практической конференции с международным участием (26-28.12.2023). - Воронеж. гос. ун-т инж. технол. – Воронеж: ВГУИТ, 2024.-166 - 201 с.

7. Шаповалов В.Д. Модель автоматической нейросетевой модели распознавания знаков. Материалы II Международной научно-практической конференции "Инновации и информационные технологии в условиях цифровизации экономики", 25-26 апреля 2024 г., Алчевск, ФГБОУ ВО "ДонГТУ", 2024 г.

8. Алексеев Е. Р. A47 Scilab: Решение инженерных и математических задач / Е. Р. Алексеев, О. В. Чеснокова, Е. А. Рудченко. — М. : ALT Linux ; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. — 260 с. : ил. ; 8 с. цв. вклейки.— (Библиотека ALT Linux).

**УДК 681.5.004.8**

**ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ  
ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ НА  
ПРИМЕРЕ ПРОГРАММЫ «ОРИОНс»**

*С.В. Макеев, Е.С. Бунин*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»,  
г. Воронеж, Россия*

Нейронная сеть обладает способностью к обучению и обобщению накопленных знаний, так будучи натренированной на ограниченном множестве данных, сеть способна обобщать полученную информацию и показывать хорошие результаты на данных, не использовавшихся в процессе обучения. Обученная аппроксимирующая сеть играет роль универсального аппроксиматора функции нескольких переменных, который реализует нелинейную функцию вида  $y=f(x)$ , где  $x$  – входной вектор, а  $y$  – реализованная функция нескольких переменных.

Программная реализация нейронной сети для обработки экспериментальных данных была выполнена на языке высокого уровня C++ в интегрированной среде объектно-ориентированного программирования «Builder 6.0» корпорации «Borland Software Corporation®». При этом была создана программа «ОРИОНс» (Обработка Результатов Исследований с Использованием Нейронной сети) [1]. На которую в настоящее время получено свидетельство № 2007611094 об официальной регистрации программного продукта в федеральной службе по интеллектуальной собственности. На рис. 1

показана экранная форма программы «ОРИОНс» с информацией о структуре входных и выходных данных для обработки.

Данная программа позволяет моделировать работу нейронной сети произвольной структуры с различным видом активационной функцией нейронов, проводить обучение сети методом обратного распространения ошибки, выполнять последующую оптимизацию выходных параметров градиентным методом.

Работа с программой «ОРИОНс» начинается с ввода результатов экспериментов в таблицы исходных данных. Экранная форма используемого при этом интерфейса показана на рис. 1

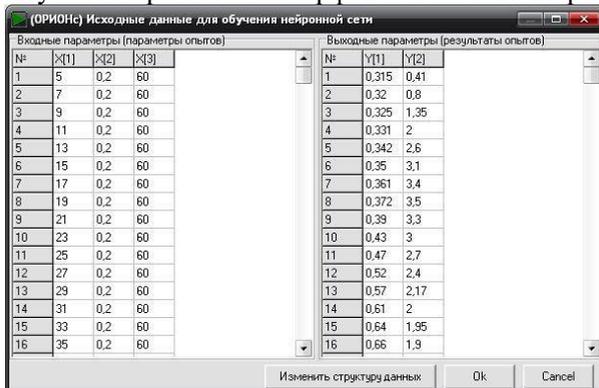


Рис. 1 – Интерфейс ввода исходных данных программы «ОРИОНс»

Затем производится выбор структуры нейронной сети, числа её скрытых слоёв, количества нейронов в каждом слое и типа используемой активационной функции. При этом программой автоматически выполняется построение схематического графического отображения выбранной структуры нейронной сети. Экранная форма, порождаемая программой «ОРИОНс» на этом этапе работы изображена на рис. 3.

Структура нейронной сети нами выбиралась на основании теоремы Колмогорова [2], и в дальнейшем уточнялась с использованием метода OBD («Optimal Brain Damage») [1]. В итоге была выбрана сеть типа многослойный персептрон, имеющая два скрытых нейронных слоя, первый из которых содержит четыре

нейрона, а второй – пять. Выходной слой состоит из двух нейронов, что определяется числом выходных параметров.

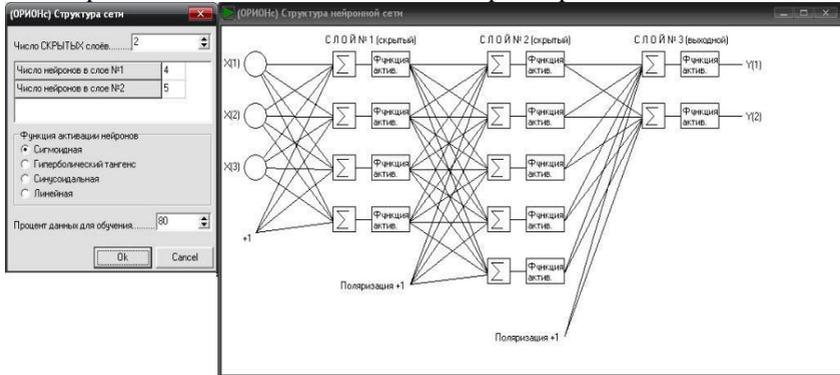


Рис. 3 – Интерфейс программы «ОРИОН» при выборе структуры сети.

В качестве функции активации для каждого из нейронов была выбрана сигмоидальная зависимость вида  $f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$ . Выбранная структура нейронной сети представлена на рис. 4.

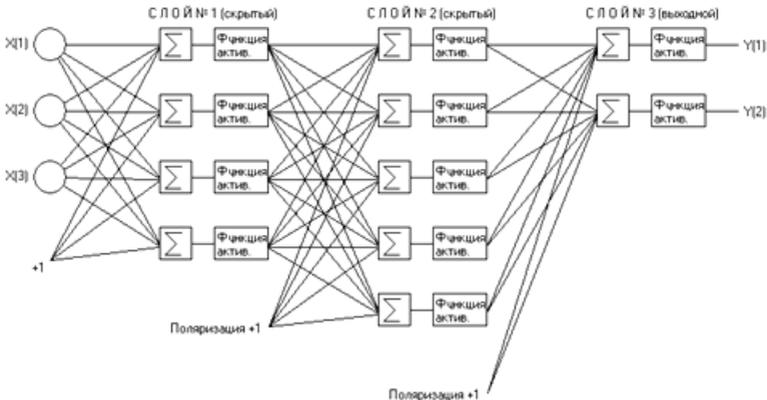


Рис. 4 – Структура нейронной сети.

Согласно рекомендациям, изложенным в [2] для улучшения обучаемости сети вводилась поляризация, т.е. на дополнительный вход каждого нейрона через соответствующий весовой коэффициент подавалась постоянная величина равная +1. Обучение сети велось по методу обратного распространения ошибки с постоянным

коэффициентом обучения, равным 0,1. Экранная форма, порождаемая программой «ОРИОНс» на данном этапе приведена на рис. 5.

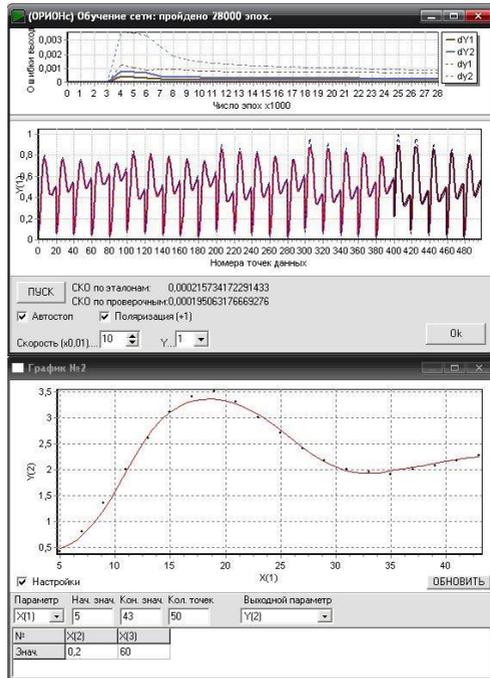


Рис. 5 – Экранная форма программы «ОРИОНс» на этапе обучения структуры нейронной сети

Перед началом обучения все численные значения результатов экспериментов автоматически подвергаются нормализации таким образом, чтобы они находились в интервале 0...1 (за «0» принимается минимальное значение параметра, за «1» – максимальное). При этом весь объём исходных данных был разделён на три части: эталонные данные для обучения (обучающее подмножество – 60% данных), данные для проверки работы сети в процессе обучения (тестовое подмножество – 25% данных) и данные для контроля адекватности сети после завершения процесса обучения (контрольное подмножество - 15% данных). При обучении последовательность предоставляемых сети эталонных значений рандомизировалась. В течение всего процесса обучения

отслеживалось поведение функций погрешности обучения и погрешности обобщения, которые определяются как среднеквадратичное отклонение (СКО) по всем точкам данных между выходом сети и эталонными значениями, а также значениями из тестового подмножества, соответственно.

$$E = \frac{1}{N \cdot M} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (y_j^{<i>} - d_j^{<i>})^2$$

где  $M$  – число выходных параметров,  $N$  – объём выборки,  $y_j^{<i>}$  –  $j$ -й выход сети при  $i$ -ом наборе входных параметров,  $d_j^{<i>}$  – значение  $j$ -го параметра из  $i$ -го набора экспериментальных данных (эталонных или тестовых). Обучение останавливали в тот момент, когда погрешность обобщения начинала возрастать.

### Список источников

1. Бунин Е.С. Программно-логический алгоритм управления процессом вихревой СВЧ – сушилки с применением микропроцессора / Е.С. Бунин [и др.]. // Материалы международной научно-практической конференции. 2022. С. 207-211.

2. Бунин Е.С. Анализ исследование работы цифрового датчика оптической плотности / Е.С. Бунин [и др.]. // Материалы 87-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием). Минск, 2023. С. 112-115.

3. Макеев С.В. Алгоритм калибровки датчика оптической плотности / Макеев С.В. // В сборнике: Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство. VIII Международная научно-техническая конференция. Воронеж. гос. ун-т инж. технол., 2023. С. 350-354.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ В РОССИИ В ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

*Ахтарьянов А. А., Сандаков В.Д.*

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический  
университет»,  
г. Казань, Россия*

*Возможности визуализирования данных в реалиях современного  
российского рынка и использование неподсанкционных  
инструментов для анализа данных.*

В последнее время, в связи с развитием Business Intelligence (BI) инструментов, всё чаще именно BI технологии стали ассоциировать с системами поддержки принятия решений. Как мне кажется, это абсолютно верно, так как, огромное количество данных, собранных из множества различных источников не принесут никакой пользы бизнесу в чистом виде. Обычно данные изучают в дополнение к визуализированным дашбордам такие специалисты как аналитики данных. И всё же, даже аналитики данных сначала смотрят на графики, а уже затем идут в базу данных и пишу свои аналитические SQL запросы [1]. Менеджеры старшего звена с базами данных не обращаются, они лишь смотрят на графики, которые им предоставляют аналитики. Всем этим пользователям важна скорость получения данных, и скорость отклика инструмента, в котором они смотрят на графики [2].

Около 5 лет назад в нише BI инструментов господствовали закрытые и недешёвые системы, такие как Qlik, PowerBI и Tableau. Особенностью данных инструментов является то, что они используют в качестве базы данных для дашбордов свои собственные файловые системы и базы данных, которые прилагаются к самому BI инструменту при покупке. В данном решении есть как достоинства, так и недостатки. К достоинствам

можно отнести высокую работы инструмента в плане отклика, и независимость от состояния работы источника данных, то есть при падении корпоративного хранилища данных, работа инструмента визуализации никак не пострадает. К недостаткам обычно относится скорость загрузки новых данных, бизнес-мониторинг в реальном времени построить на таких инструментах, к сожалению, не получится.

Помимо недостатков самого подхода хранения данных, главным недостатком этих инструментов является цена и зависимость от поставщика программного обеспечения (ПО). В последнее время в России возникла тенденция на отказ от вендорного программного обеспечения, в особенности иностранного, в связи с обстановкой в мире. Компании всё чаще переходят на ПО с открытым исходным кодом, и дорабатывают под свои нужды внутренними отделами разработки.

Одним из самых популярных BI инструментов с открытым исходным кодом в последнее время стал – Apache Superset. Этот инструмент написан на python, и идёт в виде web-приложения, то есть он работает в браузере. Фишкой этого инструмента является отсутствие собственной аналитической базы данных или файловой системы. Superset берёт данные напрямую из нужного источника, и при необходимости сохраняет данные в кэш, причём время кэширования можно настроить как угодно, всё лишь упирается в выделенные мощности под это BI приложение.

Так как данные Superset берёт напрямую из базы данных, то необходимо, чтобы запрос выполнялся быстро. Идеальным кандидатом на роль базы данных для Superset является – Clickhouse. Это колоночная система управления базами данных (СУБД) класса On-line analytical processing (OLAP) с открытым исходным кодом, в которой запросы на миллиарды строк могут выполняться всего доли секунд [3]. Такая скорость выполнения запросов достигается за счёт многих архитектурных особенностей, которые позволяют с огромной скоростью обрабатывать терабайты данных [4]. Именно по причинам, указанным ранее, Clickhouse стал основной СУБД для BI инструментов без собственной базы данных.

Superset в сочетании с Clickhouse стал одной из самых популярных и успешных связок для создания собственной платформы визуализации и аналитики данных на российском рынке. Принцип работы следующий – сырые данные из источников загружаются в хранилище данных. Там данные проходят очистку и обогащение. Затем данные перекадываются в Clickhouse, который используется как БД для хранения готовых широких денормализованных витрин данных, хотя в последнее время его часто используют и как основную СУБД для построения корпоративного хранилища данных [5]. И уже после этого Superset обращается к витринам, и выводит нужные данные на графики.

Таким образом в современном мире вполне можно обойтись инструментами с открытым исходным кодом, и условно бесплатно построить аналитику в собственной компании, и быть независимым от сторонних вендоров. Важно отметить, что указанные выше инструменты – не являются маргинальными, а очень популярными, в том числе в западном мире, и активно развиваются и поддерживаются сообществом.

#### Список источников:

1. Isik, Oyku, Mary C. Jones, and Anna Sidorova. "Business intelligence (BI) success and the role of BI capabilities." *Intelligent systems in accounting, finance and management* 18.4 (2011): 161-176.
2. Wixom, Barbara, and Hugh Watson. "The BI-based organization." *International Journal of Business Intelligence Research (IJBIR)* 1.1 (2010): 13-28.
3. Robert Schulze, Tom Schreiber, Ilya Yatsishin, Ryadh Dahimene, Alexey Milovidov ClickHouse - Lightning Fast Analytics for Everyone // VLDB conference. - 2024. - №17.
4. Vadim Korolik Optimizing Clickhouse: The Tactics That Worked for Us / Vadim Korolik [Электронный ресурс] // highlight.io: [сайт]. — URL: <https://www.highlight.io/blog/lw5-clickhouse-performance-optimization> (дата обращения: 27.10.2024).
5. Adrian Göransson, Oskar Wändesjö Evaluating ClickHouse as a Big Data Processing Solution for IoT-Telemetry // VLDB conference. - 2022. - №2022

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УПРАВЛЕНИИ ЭНЕРГЕТИКОЙ

*Кравченко Д.В., Суворова Е.В.*

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет  
«МЭИ»,  
Москва, Россия*

Информационные технологии становятся неотъемлемой частью повседневной жизни. Их стремительное развитие позволяет решать трудные задачи в разных отраслях, таких как экономика, медицина, образование, промышленность и многие другие. Одно из значимых направлений использования современных технологий, как искусственный интеллект (ИИ) — это энергетика. Являясь высокотехнологичной сферой, данной отрасль требует внедрения инновационных подходов в рабочие процессы. Использование ИИ открывает новые возможности для повышения безопасности, автоматизации процессов и оптимизации работы предприятий энергетики (Рисунок )



Рисунок 1 – Преимущества использования ИИ в энергетике

Специалисты постоянно исследуют, как современные технологии могут повлиять на эффективность и безопасность в ядерной промышленности. Согласно последнему исследованию InsightAce Analytic, ожидается, что среднегодовой темп роста мирового рынка ИИ в ядерной энергетике составит 6,19% в течение прогнозируемого периода с 2023 по 2031 год [1]. Искусственный интеллект вдохновляет создавать различные проекты и на сегодняшний день в этой сфере активно применяются системы, связанные с анализом видеозображения, предиктивной аналитикой и прогнозированием изменения состояния оборудования.

Интеграция ИИ с мобильными вычислениями, особенно в контексте передовых сетевых технологий, таких как 5G, дает значительные преимущества в обработке данных в реальном времени и обеспечении безопасности. Архитектурная структура для мобильных вычислений на базе ИИ включает три основных компонента: восприятие, познание и принятие решений. Компонент восприятия — это область, которая получает большой объем информации из ряда различных каналов, таких как данные мобильного терминала (MTD), данные сети радиодоступа (RAND) и данные пакетной базовой сети (PCND). Эти данные предоставляют подробную информацию о пользовательском оборудовании, средах распространения радиоволн и элементах мобильной сети, благодаря чему сеть может быть глобально понята относительно ее состояния и условий. Познание — это компонент, который использует этот огромный объем данных для изучения и извлечения ценных сведений, например, предпочтений пользователей, моделей мобильности и поведения трафика [5].

Например, на атомной электростанции можно внедрить архитектуру мобильных вычислений на базе искусственного интеллекта, чтобы повысить безопасность за счет повышения эффективности. В результате компонент восприятия будет собирать данные с датчиков, контролирующих температуру, давление и уровень радиации на станции. Система познания, в свою очередь, проанализирует эту информацию, после чего система начнет находить закономерности и, возможно, обнаружит аномалии, что будет явным предупреждением о предстоящей

проблеме или сбое. На основе этого анализа компонент принятия решений можно использовать либо для отправки оповещения в режиме реального времени, либо для планирования профилактического обслуживания, либо для автономной корректировки работы станции, чтобы поддерживать безопасность и стабильность.

В ближайшем будущем технология IoT в сочетании с искусственным интеллектом и блокчейном быстро изменит весь способ работы в промышленных отраслях. Использование этих систем было бы полезным в сочетании с ИИ, поскольку IoT позволяет собирать данные и, следовательно, лучше понимать процессы атомных электростанций и мониторинг, поддерживая решения, необходимые во время эксплуатации, а также во время критических аварийных ситуациях. Кроме того, учитывая, что атомные электростанции нуждаются в постоянной оптимизации и мониторинге для обеспечения надежности и безопасности, использование IoT может предоставить данные для заблаговременного указания на возможные сбои, что позволит своевременно принимать решения устранения неисправностей. Возможность получения аналитической и мониторинговой гибкости всей станции также предоставляется за счет удаленного сбора и передачи данных. Для выгодного использования IoT необходимо внедрить определенную инфраструктуру. Высокоуровневая инфраструктура IoT включает в себя устройства IoT, подключение и датчики, чтобы данные могли эффективно собираться и передаваться. Кроме того, инфраструктура IoT на атомных электростанциях должна включать в себя защищенную линию передачи данных, а также защищенный интерфейс хранения данных для снижения любых рисков кибербезопасности, которые могут возникнуть из-за этого приложения.

Одним из удачных примеров использования IoT-проектов в российской электроэнергетике является компания «Интер РАО Электрогенерация». В рамках проекта была внедрена система сбора, передачи и обработки технологических данных (ССПРТИ), которая способствует снижению перерасхода топлива и увеличению надежности работы. По оценкам, проект окупится в

течение 5-7 лет благодаря ежегодной экономии на топливных затратах, достигающей 130 млрд рублей [2].

Облачные сервисы следующий пример применения современных технологий. Это технология позволяющая предоставлять пользователям доступ к вычислительным ресурсам, программам и данным через интернет. Облачные технологии активно применяются для хранения данных, аналитики, управления проектами и автоматизации процессов. Например, в бухгалтерии они используются для доступа к данным в реальном времени и организации удаленной работы. Компания ITGLOBAL.COM предоставила частное облако для АО «Уральская Сталь», специалисты предложили компании перенести ИТ-инфраструктуру в приватное облако для размещения масштабной ERP-системы. Это позволило повысить эффективность и точность работы комбината, оптимально выстроить внутреннее и внешнее взаимодействие с подразделениями, клиентами, поставщиками [3].

«Газпром нефть» развивают облачные технологии в партнерстве с VK. Была создана облачная платформа на базе Private Cloud от VK, которая включает в себя работы с вычислительными ресурсами и работу с данными. Внедрение новой ИТ-инфраструктуры позволило значительно увеличить эффективность использования вычислительных ресурсов – в среднем по компании этот показатель поднялся с 30% до 70% благодаря использованию облачных технологий [4].

Внедрение искусственного интеллекта в информационные процессы на примере группы «РусГидро». Компания создала информационную систему обработки электронного архива первичных финансово-хозяйственных документов и юридически значимого документооборота. Проект начался в 2020 году и предпосылками послужило создание общего центра обслуживания и передачи центру бухгалтерской функции порядка 70 предприятий. Организационно-технические цели проекта (Рисунок 11):



Рисунок 11 – Организационно-технические цели проекта

По завершению проекта повысилась прозрачность процессов ведения общехозяйственной деятельности в компаниях, входящих в группу «РусГидро». Автоматизация процессов обработки финансовых документов способствовала:

- ускорению получения управленческой отчетности до 50%;
- ускорению получения регламентированной отчетности до 60%;
- сокращению расходов на материальные ресурсы на 5%.

ИИ быстро трансформирует программы контроля состояния сотрудников, предлагая новые способы мониторинга, поддержки и повышения благополучия на рабочих местах. Благодаря возможности отслеживать стресс, настроение и физические особенности здоровья, агенты ИИ могут предупреждать HR-отделы о потенциальных проблемах и предлагать индивидуальные решения.

Основные возможности агентов ИИ в мониторинге состояния сотрудников:

- Персонализированные программы оздоровления;
- Раннее обнаружение рисков для здоровья;
- Чат-боты поддержки психического здоровья;
- Индивидуальные фитнес-программы;
- Поддержка финансового благополучия;
- Распределение рабочей нагрузки;
- Гибкое планирование.

Инструменты на базе искусственного интеллекта на рабочем месте приносят пользу как сотрудникам, так и организациям. Инструменты ИИ в планировании помогают сократить число переутомления сотрудников, физической усталости, снижения внимания, что приводит к уменьшению количества несчастных случаев и совершения ошибок. Внедрение инструментов на базе ИИ для мониторинга состояния сотрудников на станциях является важным шагом к созданию более безопасной, эффективной и надежной рабочей среды.

Применение современных технологий таких как искусственный интеллект, IoT, облачные сервисы, открывают новые возможности для энергорынка. Эти инновации позволяют повысить безопасность, улучшить мониторинг, оптимизировать рабочие процессы и сократить затраты. Реализованные проекты демонстрируют реальную экономическую эффективность и значимость цифровизации для отрасли. Перспективы их развития подтверждают, что будущее энергетики связано с дальнейшим внедрением искусственного интеллекта для обеспечения ее устойчивости и конкурентоспособности.

Таким образом в этой области возможно использование ИИ по таким направлениям как:

- Ведение бухгалтерского учета;
- Облачные сервисы, хранение БД;
- Использование мобильных вычислений с интеграцией ИИ;
- Анализ информации о состоянии оборудования станций, выявление закономерностей и обнаружение аномалий, автоматическое оповещение о предполагаемых сбоях;
- Использование ИИ-агентов для мониторинга физического и эмоционального состояния сотрудников.

Предполагаемый эффект использования ИИ в энергетике может составить: освобождение рабочего времени сотрудников, компании для других задач (56%), быстрый темп исполнения задач (50%) и экономия денежных средств (35%). Внедрение облачных технологий позволит значительно увеличить эффективность использования вычислительных ресурсов – в среднем по компании этот показатель с 30% до 70%. Использование ИИ-агентов на

предприятия способствует снижению травматизма в 2 раза, снижению издержек производства на 10%, увеличению производительности труда на 10-15%.

#### **Список источников:**

1. Отчет об анализе инвестиций и возможностей роста на рынке атомной энергетики за 2023-2031 годы с использованием искусственного интеллекта URL: <https://finance.yahoo.com/news/ai-nuclear-energy-market-investment-092600902.html>

2. Топ-5 инноваций в энергетике: от интернета вещей до «умных» сетей URL: <https://www.iksmedia.ru/articles/5584620-Top5-innovacij-v-energetike-ot-inte.html>

3. Официальный сайт компании ITGLOBAL.COM – URL: <https://itglobal.com/ru-ru/?attempt=1>

4. «Газпром нефть» развивает облачные технологии в партнерстве с VK URL: <https://www.gazprom-neft.ru/press-center/news/gazprom-neft-razvivaet-oblachnye-tehnologii-v-partnerstve-s-vk/>

5. Ло, Г.; Юань, К.; Ли, Дж.; Ван, С.; Ян, Ф. Искусственный интеллект на основе мобильных сетей: от познания к принятию решений. IEEE Netw. 2021 , 36 , 136–144.

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ПОДДЕРЖКИ  
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ ЗАДАНИЙ  
В СИСТЕМАХ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ**

*Фаткуллина Л.Ф.*

*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»,  
г. Казань, Россия*

В настоящее время многие организации сталкиваются с проблемой распределения заданий в условиях многозадачности, растущего объема информации и усложнения процессов. Традиционные подходы делегирования, основанные на ручном планировании или использовании простых алгоритмов, часто занимают продолжительное время на обработку поступающих задач и не соответствуют ожиданиям руководителей, где также необходимо учитывать различные аспекты. Поэтому, разработка интеллектуальных моделей поддержки принятия решений по распределению заданий, которые могут адаптироваться к изменениям и принимать оптимальные решения, становится актуальной.

В данной статье рассмотрены современные подходы к разработке интеллектуальных моделей поддержки принятия решений по распределению заданий в различных предметных областях, а также определены перспективные направления исследований для повышения эффективности координации задач по исполнителям.

Рассмотрим формальную постановку задачи.

Пусть  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$  – множество заданий объемом  $n$ ,  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$  – множество исполнителей в количестве  $m$  [1, 2],  $c_{ij}$  – стоимость (время, затраты) выполнения задания  $t_i$  исполнителем  $e_j$ ,  $x_{ij}$  – переменная для указания фактического

выполнения  $i$ -го задания  $j$ -м исполнителем и принимающая значение 1, если задание  $t_i$  выполняет исполнитель  $e_j$ , а иначе 0.

Необходимо минимизировать общую стоимость выполнения всех заданий:

$$\min Z = \sum_i \sum_j c_{ij} * x_{ij}.$$

Ограничения:

- каждое задание должно быть выполнено ровно одним исполнителем:  $\sum_j x_{ij}$  для всех  $i$ ;

- каждый исполнитель может выполнять не более определённого количества заданий:  $\sum_i x_{ij} \leq k_j$  для всех  $j$ , где  $k_j$  – максимальное количество заданий для исполнителя  $e_j$ .

Кроме того, данную задачу можно усложнить путём добавления различных ограничений и выделений дополнительных категорий, например, квалификация исполнителей (специалист 1 категории, ведущий специалист, главный специалист, руководитель), приоритет задачи (низкий, средний, высокий, срочный), зависимости между заданиями и другими факторами.

Современные исследования предлагают большое количество методов для решения подобных задач. Среди них можно выделить наиболее перспективные для создания моделей поддержки принятия решений по распределению заданий:

- экспертные системы, основанные на знаниях экспертов, формализованных в виде правил и фактов [3];

- нейронные сети, способные обучаться на больших объёмах данных и выявлять сложные зависимости между характеристиками заданий и исполнителей [4];

- генетические алгоритмы, используемые для поиска оптимального решения задачи распределения заданий [5];

- методы многокритериальной оптимизации, позволяющие учитывать несколько критериев эффективности, таких как время выполнения задания, затраты ресурсов, квалификация исполнителя и др. (для этого могут применяться, например, метод идеальной точки, метод Парето и др. [6]).

В работе [7] предложен метод автоматизированного распределения данных, основанный на использовании нейронных

сетей. Автор описывает основные этапы реализации метода и выделяет несколько вариантов перераспределения информации в системах электронного документооборота. Результаты апробации показывают, что ошибки классификации по ключевым категориям не превышают 7%, что указывает на эффективность метода.

В работах [1, 8, 9] рассматриваются методы распределения заданий, основанные на использовании нечётких множеств и алгоритмов нечёткого логического вывода. Для решения поставленной задачи разработана нечётко-продукционная модель с выбранными правилами. Она учитывает параметры загрузки и квалификации сотрудников. Данный подход позволяет учитывать не только количественные характеристики исполнителей, но и сложность заданий, что делает его более эффективным. Разработаны подходы и методы для создания системы управления, на основе которых был создан программный комплекс для поддержки принятия решений по выбору исполнителей заданий.

В работе [10] описаны методы поддержки принятия решений многоагентной системы для управления ресурсами в сложных системах. У модели два вида агентов: ресурсы и потребители, также для них описаны базы знаний. При решении данной задачи учитываются семантические ограничения.

В [2] описан метод для компаний с большим количеством типовых задач. Подход заключается в равномерном распределении заданий между исполнителями, а также учёте загрузки, личных графиков работы, характеристики сотрудников и опыта выполнения подобных задач. Данный способ назначения задач позволяет избежать перегрузки «лучших» специалистов и повысить общий уровень эффективности команды.

Анализируя рассмотренные подходы, можно выделить две основные группы решений:

- 1) современные методы на основе искусственного интеллекта (нейронные сети, нечетко-продукционные модели), активно применяющиеся для прогнозирования и автоматизации распределения заданий и информации;

2) классические методы оптимизации, такие как генетические алгоритмы или математическое программирование, используемые для оптимизации в сложных вычислительных системах.

Использование современных методов и моделей поддержки принятия решений имеет ряд преимуществ, позволяя:

- 1) учитывать множество критериев при распределении задач;
- 2) интегрировать экспертные оценки и прогнозные данные;
- 3) сокращать временные издержки на принятие решений;
- 4) повышать точность и адаптивность распределения задач;
- 5) минимизировать человеческий фактор и исключать ошибки, связанные с субъективным подходом.

Однако остаются и проблемы, связанные с отсутствием универсального алгоритма и необходимостью дополнительного тестирования для изучения пригодности и адаптации моделей в специфике конкретных компаний.

Таким образом, разработка интеллектуальных моделей распределения заданий в организационных системах управления является актуальной задачей, требующей применения комплексных подходов [11]. Анализ научных работ, посвящённых данной проблеме, показал, что современные методы, включающие нечеткие модели, нейронные сети, машинное обучение и оптимизационные алгоритмы, предоставляют широкий спектр инструментов для повышения эффективности управления. В дальнейшем необходимо сосредоточиться на универсальности, адаптивности и масштабируемости таких систем для удовлетворения потребностей организаций.

#### Список литературы

1. Кильдеева С.С., Катасёв А.С., Талипов Н.Г. Модели и методы прогнозирования и распределения заданий по исполнителям в системах электронного документооборота // Вестник Технологического университета. – 2021. – Т. 24, № 1. – С. 79-85.

2. Чернышев Н.А., Бочкарев С.В. Распределение задач внутри компании на основе оценки нейронных моделей

сотрудников // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика. – 2022. – Т. 1. – С. 78-81.

3. Глова В.И., Катасёв А.С., Корнилов Г.С. Преднастройка и оптимизация параметров нечеткой нейронной сети при формировании баз знаний экспертных систем // Информационные технологии. – 2010. – № 5. – С. 15-19.

4. Житенев С.А., Ерыгин А.А., Голубинский А.Н. Разработка модели интеллектуальной системы поддержки принятия решений в организационно-технических системах управления на основе аппарата искусственных нейронных сетей // Вестник Воронежского института МВД России. – 2017. – № 3. – С. 32-41.

5. Катасёв А.С., Катасёва Д.В., Кирпичников А.П. Оценка стойкости шифрующих преобразований моноалфавитной замены с использованием генетического алгоритма // Вестник Технологического университета. – 2015. – Т. 18, № 7. – С. 255-259.

6. Тихвинский В.И., Морозов В.А., Пономарев А.Н. Связь онтологий и метода Парето // Научно-технический вестник Поволжья. – 2022. – № 6. – С. 86-90.

7. Обухов А.Д. Автоматизация распределения информации в адаптивных системах электронного документооборота с применением машинного обучения // Advanced Engineering Research. – 2020. – Т. 20, № 4. – С. 430-436.

8. Кильдеева С.С., Катасёв А.С., Талипов Н.Г. Интеллектуальная технология прогнозирования и распределения заданий в автоматизированных системах электронного документооборота // Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. – 2020. – Т.4. – С. 122-127.

9. Талипов Н.Г., Катасёв А.С., Кильдеева С.С., Катасёва Д.В. Автоматизация процессов распределения заданий в системах электронного документооборота на базе нечетко-продукционной модели // Автоматизация процессов управления. – 2018. – № 3(53). – С. 41-49.

10. Ризванов Д.А. Методологические основы поддержки принятия решений при управлении ресурсами в сложных системах // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. – 2019. – № 21(4). – С. 200-207.

11. Галипов Н.Г., Катасёв А.С. Система поддержки принятия решений по распределению заданий по ведению реестра операторов персональных данных на основе нечетко-продукционной модели // Кибернетика и программирование. – 2016. – № 6. – С. 96-114.

**УДК 004.94**

## **ПОСТРОЕНИЕ НЕЙРОНЕЧЕТКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ БАЗ ЗНАНИЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ**

*Хасбиуллин М.Ф., Катасёв А.С.*

*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»,  
г. Казань, Россия*

В настоящее время интеллектуальные системы, особенно нейронные сети [1], нечеткие [2] и нейронечеткие модели [3], находят широкое применение для решения таких задач, как обработка больших объемов данных, анализ изображений, оценка финансовых рисков, оптимизация цепочек поставок, нахождение полезных ископаемых, определение состояния объектов и др. Главной особенностью таких систем является способность к обучению на основе анализа данных (нейронные сети и нейронечеткие модели) и получение интерпретируемых результатов (нечеткие и нейронечеткие модели), что позволяет их эффективно использовать для поддержки принятий решений.

Как правило, в состав интеллектуальных систем поддержки принятия решений входит база знаний, включающая набор нечетких правил и содержащихся в них функций принадлежности [4]. При этом, как известно, эффективным инструментом для формирования баз знаний являются нечеткие нейронные сети (ННС) [5], которые позволяют обрабатывать большие по объему и различные по типу данные. Основным преимуществом ННС перед

другими моделями является их способность обучаться на разнотипных данных и в процессе обучения настраивать значения параметров функций принадлежности в нечетких правилах, формируя таким образом базу знаний.

На рисунке 1 представлена типовая схема формирования базы знаний на основе нечеткой нейронной сети.



Рис. 1. Схема использования нечеткой нейронной сети для формирования базы знаний

Данные для анализа используются для обучения ННС, в результате чего формируется база знаний. Таким образом, ННС применяются для анализа входных данных и выявления скрытых в них закономерностей, формализуемых в виде нечетких правил.

Рассмотрим пример структуры ННС, предложенной в [6] и используемой при формировании нечетких баз знаний для оценки дискретного состояния объектов [7] (см. рис. 2).

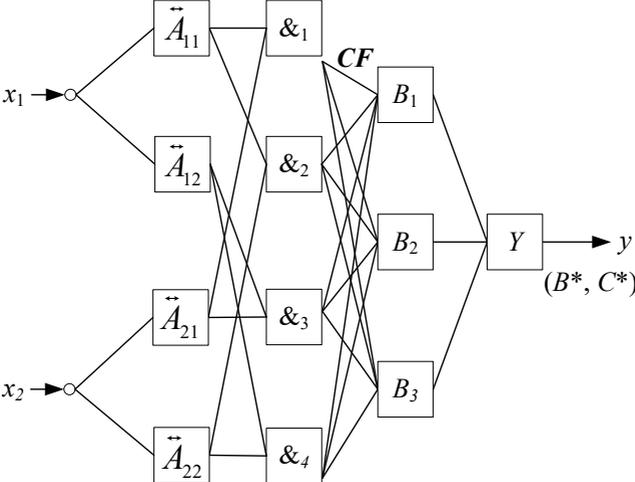


Рис. 2. Пример структуры нечеткой нейронной сети

На рисунке для простоты представлена ННС, имеющая два входных нейрона с двумя градациями каждый. Выход ННС имеет один нейрон, принимающий одно из трех возможных значений:  $B_1$ ,  $B_2$  или  $B_3$  – состояний объекта. Четыре центральных &-нейрона соответствуют четырем нечетким правилам, формируемым ННС.

При такой структуре ННС значения параметров функций принадлежности, содержащихся в  $A$ -нейронах, фиксированы для всех правил, формируемых ННС. Это накладывает фундаментальное ограничение на адаптивность такой модели к анализируемым данным, так как построенные функции принадлежности, оптимальные для одного нечеткого правила, могут быть недостаточно оптимальны для других.

Для преодоления этого ограничения предлагается изменить структуру ННС, чтобы значения параметров функций принадлежности могли адаптивно и независимо настраиваться для различных нечетких правил.

На рисунке 3 представлен пример предлагаемой структуры ННС, позволяющей преодолеть указанное ограничение.

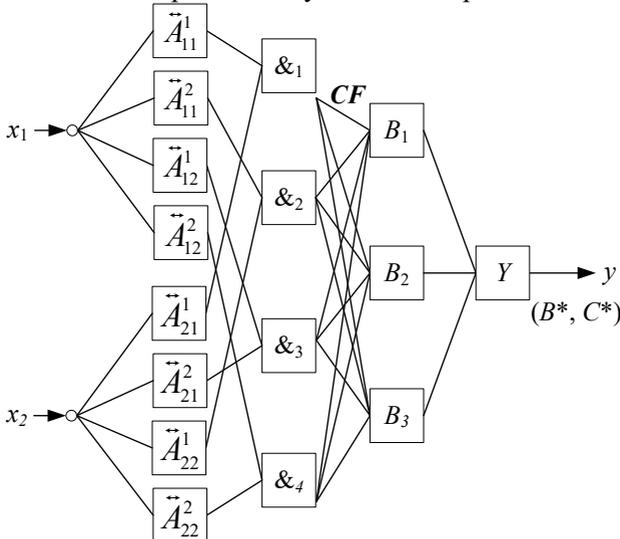


Рис. 3. Пример предложенной структуры нечеткой нейронной сети  
 В новой структуре ННС входные данные связаны с функциями принадлежности через независимые веса, что

позволяет при обучении сети настраивать значения параметров функций принадлежности независимо для каждого входного нейрона, тем самым повышая гибкость и адаптивность модели.

Предложенная нейронечеткая модель реализована в программном комплексе, на основе которого сформированы нечеткие базы знаний с использованием ННС исходной и обновленной архитектуры. Для формирования баз знаний использована общедоступная выборка данных «Ирисы Фишера» [8] с различным числом входных градаций, как показано на рисунке 4.

Выберите поля с градациями

X1     X2     X3     X4

Выберите число градаций для каждого поля

X1: 3    X2: 5    X3: 4    X4: 6

	X1	X2	X3	X4	Y
1	51	35	14	2	iris-setosa
2	49	30	14	2	iris-setosa
3	47	32	13	2	iris-setosa
4	46	31	15	2	iris-setosa
5	50	36	14	2	iris-setosa
6	54	39	17	4	iris-setosa
7	46	34	14	3	iris-setosa
8	50	34	15	2	iris-setosa
9	44	29	14	2	iris-setosa
10	49	31	15	1	iris-setosa
11	54	37	15	2	iris-setosa
12	48	34	16	2	iris-setosa
13	48	30	14	1	iris-setosa

Рис. 4. Загрузка данных для анализа и выбор числа входных градаций

После обучения ННС сформированы две базы знаний с 73 нечеткими правилами каждая (см. рис. 5).

В таблице 1 показаны значения метрик [9] для баз знаний, сформированных на исходной и модифицированной ННС.

Табл. 1. Метрики классификации для сформированных баз знаний

ННС	Значения метрик качества классификации			
	<i>Accuracy</i> (ОБ/ТВ)	<i>Precision</i> (ОБ/ТВ)	<i>Recall</i> (ОБ/ТВ)	<i>F1-Score</i> (ОБ/ТВ)
Исходная	0.9467/ 0.9286	0.9267/ 0.9091	0.92/ 0.9	0.9195/ 0.8885
Модифицированная	0.9644/ 1	0.9509/ 1	0.9467/ 1	0.9469/ 1

В таблице использованы следующие обозначения: ОБ – обучающая выборка данных, ТВ – тестовая выборка.

Обновленная структура ННС, лишенная ограничения, связанного с ее структурой, не позволяющей адаптивно настраивать значения параметров функций принадлежности для разных нечетких правил, показала увеличение значений метрик классификации, что особенно проявилось на тестовой выборке данных.

Таким образом, полученные в исследовании результаты свидетельствуют о том, что предложенная ННС с новой архитектурой является эффективным инструментом для формирования нечетких баз знаний интеллектуальных систем.

#### Список литературы

1. Евсеева А.О., Катасёв А.С., Катасёва Д.В. Идентификация ботов в социальных сетях на основе нейросетевой модели // Информационная и безопасность. – 2016. – Т. 19, № 4. – С. 535-538.

2. Дагаева М.В., Катасёва Д.В., Катасёв А.С., Кирпичников А.П. Нечёткая экспертная система диагностики маслонаполненных силовых трансформаторов // Вестник Технологического университета. – 2018. – Т. 21, № 2. – С. 148-154.

3. Катасёв А.С. Нейронечеткая модель и программный комплекс автоматизации формирования нечетких правил для оценки состояния объектов // Автоматизация процессов управления. – 2019. – № 1 (55). – С. 21-29.

4. Новиков В.Н. Синтез базы правил нечеткой логической модели на основе задачи обучения с учителем // Вестник Московского энергетического института. – 2020. – № 5. – С. 112-120.

5. Глова В.И., Катасёв А.С., Корнилов Г.С. Преднастройка и оптимизация параметров нечеткой нейронной сети при формировании баз знаний экспертных систем // Информационные технологии. – 2010. – № 5. – С. 15-19.

6. Катасёва Д.В. Нечетко-продукционная модель оценки состояния объектов в системах поддержки принятия решений // Вестник Технологического университета. – 2021. – Т. 24, № 12. – С. 105-108.

7. Дагаева М.В., Катасёв А.С., Хасбиуллин М.Ф. Программный комплекс редукции нечетких правил в моделях

оценки дискретного состояния объектов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 7. – С. 34-37.

8. Заяц А.М., Хабаров С.П. Построение нейронной сети классификации ирисов Фишера на базе JavaScript // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2019. – № 226. – С. 233-247.

9. Фадеева М.А. Применение метрик качества моделей бинарной классификации // Инженерные кадры - будущее инновационной экономики России. – 2023. – № 1. – С. 1104-1107.

**УДК 004.925.84:664**

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ СОПЛА ДЛЯ ПИЩЕВОЙ 3D-ПЕЧАТИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИКИ ПОТОКА**

***Копытин Р. И., Мартыха А.Н., Торопцев В.В.***

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный  
университет – Московская сельскохозяйственная академия  
имени К.А. Тимирязева»,  
г. Москва, Россия*

Аннотация. В представленной работе изучаются взаимосвязи геометрии сопла и скорости истечения потока куриной эмульсии. Анализируются модели распределения скоростей потока и возможности изготовления деталей печатающей головки.

Среди различных способов пищевой трехмерной печати метод выдавливания сырья часто используемый способ при производстве пищевой трехмерной продукции ввиду наиболее простой реализации конструкции для проведения процесса. При такой технологии печати выдавливаемый материал наносится последовательно слоями друг на друга [1].

Для исследования и понимания процесса выдавливания пищевого сырья используются программные средства моделирования гидродинамики потока и метод конечных элементов. Моделирование позволяет сравнить и выбрать наиболее оптимальную геометрию сопла, при постоянных свойствах сырья [2,3].

С помощью моделирования потока была выявлена взаимосвязь между геометрией сопла и скоростью выдавливания сырья.

Для трехмерной печати методом выдавливания сырья в нашей экспериментальной установке используется шприц. Сопло заполняется измельченным куриным мясом и затем из него выдавливается поршнем, на который через редуктор передается движение от программируемого шагового двигателя.

Используемым сырьем для трехмерной печати является куриное мясо. Постулируем, что материал представляет собой несжимаемую однофазную жидкость с ламинарной поверхностью раздела. Физические и реологические свойства выбранного сырья: плотность и вязкость составляли  $1050 \text{ кг/м}^3$  и  $210 \text{ Па}$  соответственно. Условия, используемые в качестве граничных и начальных, были приняты равными следующим: скорость подачи  $0,003 \text{ мм/с}$ , выходное давление атмосферное ( $101325 \text{ Па}$ ). Кроме того, принимаем, что стенки сопла нескользящие.

Реологические свойства мясных материалов в основном подчиняются степенной модели. Объемный расход на входе был установлен на уровне  $10 \text{ мм}^3/\text{с}$ , диаметр сопла -  $1,6 \text{ мм}$ , а скорость потока была рассчитана с использованием программного обеспечения *SOLIDWORKS Flow Simulation*.

Были подготовлены четыре варианта геометрии сопла в сечении представленные на рис. 1, учитывающие как техническую реализацию изготовления деталей с заданной геометрией (а, б), так и наименьшее гидродинамическое сопротивление потоку (в, г).

Диаметр выходного отверстия составляет  $1,6 \text{ мм}$ , давление на входе  $151988 \text{ Па}$ . Из полученных графических данных видно, что изменение геометрии сопла с углов на касательные радиусы увеличивает скорость потока на  $18\%$  и обеспечивает плавное распределение скоростей в сечении, а поток обладает наименьшей

скоростью и неравномерным распределением, однако такая форма наиболее простая в изготовлении, как сопла, так и поршня. Наилучший результат показывает форма «брандспойта» (г). Однако такая форма требует особой формы и свойств материала поршня или выдавливания пневматическим способом.

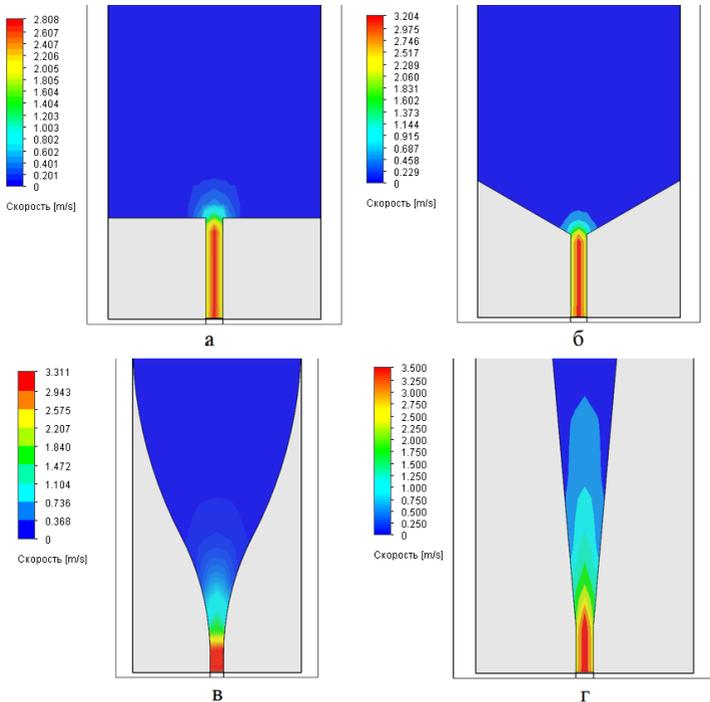


Рис. 1 – Графические результаты моделирования потока для разных форм сопла: а – цилиндр, б – конус, в – скругление углов касательными радиусами, г – сквозной конус «брандспойт».

Таким образом, для обеспечения баланса наибольшей скорости потока и сложности изготовления деталей (сопло и поршень) исходя из полученных моделей принимается за оптимальную форму сечение в, как подходящая под требования

форма, оптимальная как с точки зрения гидродинамики, так и конструкции.

#### Список литературы

1. Мартеха, А.Н. Кинетическая оценка и оптимизация процесса сушки 3D-печатных макаронных изделий / А.Н. Мартеха, Ю.Е. Каверина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2022. – № 2. – С. 161-172.

2. Каверина, Ю. Е. Моделирование гидродинамики потока пищевого материала в процессе экструзионной 3D-печати / Ю. Е. Каверина, В. В. Торопцев, А. Н. Мартеха // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2024. – № 2-3(396). – С. 60-66.

3. Влияние влажности на кинетику осаждения макаронного теста для 3D-печати / Ю. Е. Каверина, А. Н. Мартеха, С. А. Бредихин, В. В. Торопцев // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2023. – № 6(83). – С. 3-7.

**УДК. 629.11.012.553**

### **РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ РЕСУРСАМИ**

*Хуснутдинов Б.С., Сандаков В.Д.*

*ФГБОУ ВО*

*«Казанский государственный энергетический университет»,  
г. Казань, Россия*

Аннотация: В данной статье исследуются современные проблемы и решения в области эффективного использования энергии в сельском хозяйстве. Анализируются традиционные системы орошения и их недостатки. Рассматриваются существующие энергосберегающие технологии.

Сельское хозяйство играет ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности и экономической стабильности многих стран. Однако с ростом населения и изменением климата возникает необходимость в более эффективном использовании водных и энергетических ресурсов. В этом контексте разработка энергосберегающих технологий для орошения и управления сельскохозяйственными ресурсами становится критически важной. В данной статье рассмотрим проблемы текущих систем орошения, существующие технологии, их плюсы и минусы, а также перспективы для дальнейших инноваций.

Традиционные системы орошения часто страдают от низкой эффективности использования воды и энергии. Основные проблемы включают высокое энергопотребление насосов и другого оборудования для подачи воды, неэффективное использование воды, что приводит к потерям и снижению качества почвы, а также экологические последствия, такие как истощение водных ресурсов и увеличение выбросов парниковых газов. Эти проблемы делают необходимым поиск новых решений для повышения энергоэффективности и устойчивости сельского хозяйства.[1]

Одной из наиболее эффективных методов орошения является капельное орошение. Вода подается непосредственно к корням растений через систему трубок и капельниц, что минимизирует потери воды и повышает эффективность использования энергии. Преимущества капельного орошения включают высокую эффективность использования воды, снижение энергопотребления за счет точного контроля подачи воды и уменьшение эрозии почвы и сорняков. Однако, несмотря на эти преимущества, капельное орошение имеет и свои недостатки, такие как высокие начальные затраты на установку и необходимость регулярного обслуживания и замены капельниц.

Использование солнечной энергии для привода насосов является перспективным направлением. Солнечные панели могут обеспечивать энергией насосы, что снижает зависимость от традиционных источников энергии и уменьшает выбросы углекислого газа. Преимущества солнечных насосов включают использование возобновляемого источника энергии, снижение

затрат на электроэнергию и экологическую устойчивость. Однако, солнечные насосы также имеют свои недостатки, такие как зависимость от погодных условий и высокие начальные затраты на установку солнечных панелей.

Внедрение интеллектуальных систем управления орошением позволяет оптимизировать процесс подачи воды на основе данных о погоде, состоянии почвы и потребностях растений. Эти системы могут включать датчики влажности почвы, метеостанции и программное обеспечение для анализа данных. Преимущества интеллектуальных систем управления орошением включают точное управление подачей воды, снижение потерь воды и энергии, а также повышение урожайности и качества продукции. Однако, эти системы также имеют свои недостатки, такие как высокие затраты на установку и обслуживание, а также необходимость квалифицированного персонала для управления системой.

Внедрение технологий, направленных на снижение потерь воды, таких как мульчирование, использование водосберегающих культур и систем сбора дождевой воды, также играет важную роль в повышении энергоэффективности. Преимущества этих технологий включают снижение потерь воды, улучшение структуры почвы и повышение устойчивости к засухе.

В будущем можно ожидать дальнейшего развития и распространения энергосберегающих технологий для орошения и управления сельскохозяйственными ресурсами. Одним из перспективных направлений является интеграция искусственного интеллекта и машинного обучения для анализа данных о погоде, состоянии почвы и потребностях растений. Алгоритмы могут предсказывать оптимальные режимы орошения и автоматически корректировать подачу воды, что позволит значительно повысить эффективность систем орошения.

Разработка гибридных систем, использующих солнечную, ветровую и другие возобновляемые источники энергии, может обеспечить более стабильное и эффективное энергоснабжение для оросительных систем. Внедрение нанотехнологий для создания новых материалов и покрытий, которые могут улучшить

водоудерживающую способность почвы и снизить потери воды, также является перспективным направлением.

Для оценки эффективности энергосберегающих технологий можно провести сравнительный анализ традиционных и инновационных систем орошения. Рассмотрим пример, который включает подсчеты различий в потреблении воды и энергии для различных технологий.

Для оценки эффективности энергосберегающих технологий можно провести сравнительный анализ традиционных и инновационных систем орошения.[3]

Традиционная система орошения:

– Потребление воды: 1000 литров на гектар.

– Потребление энергии: 50 кВт·ч на гектар.

Капельное орошение:

– Потребление воды: 600 литров на гектар.

– Потребление энергии: 30 кВт·ч на гектар.

Солнечные насосы:

– Потребление воды: 600 литров на гектар.

– Потребление энергии: 0 кВт·ч на гектар (использование солнечной энергии).

Интеллектуальные системы управления орошением:

– Потребление воды: 500 литров на гектар.

– Потребление энергии: 25 кВт·ч на гектар.

Различия в потреблении воды между традиционной системой и капельным орошением составляют 400 литров на гектар, что эквивалентно экономии воды на 40%. Различия в потреблении энергии составляют 20 кВт·ч на гектар, что эквивалентно экономии энергии на 40%. Различия в потреблении воды между традиционной системой и солнечными насосами также составляют 400 литров на гектар, что эквивалентно экономии воды на 40%. Однако, экономия энергии составляет 100%, так как солнечные насосы не потребляют энергии. Различия в потреблении воды между традиционной системой и интеллектуальными системами управления орошением составляют 500 литров на гектар, что эквивалентно экономии воды

на 50%. Различия в потреблении энергии составляют 25 кВт·ч на гектар, что эквивалентно экономии энергии на 50%. [2]

Проведенный анализ показывает, что внедрение энергосберегающих технологий для орошения и управления сельскохозяйственными ресурсами может значительно снизить потребление воды и энергии, а также привести к существенной экономии затрат. Солнечные насосы и интеллектуальные системы управления орошением демонстрируют наибольшую эффективность, обеспечивая значительную экономию воды и энергии. В будущем ожидается дальнейшее развитие и распространение таких технологий, что позволит сельскому хозяйству стать более устойчивым и эффективным.

#### Список источников

1. Волков А. А. Эффективность использования энергии в системах водопользования - интеллектуальное управление // Вестник МГСУ. 2011. №1-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-ispolzovaniya-energii-v-sistemah-vodopolzovaniya-intellektualnoe-upravlenie-1> (дата обращения: 18.12.2024).

2. Пошанов М. Н., Отаров А., Дуйсеков С. Н., Еланцева Н. В., Сманов Ж. М., Сулейменова А. И. Определение расходов воды при орошении риса различными способами полива (капельном и обычном способе орошения) // Почвоведение и агрохимия. 2018. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-rashodov-vody-pri-oroshenii-risa-razlichnymi-sposobami-poliva-kapelnom-i-obychnom-sposobe-orosheniya> (дата обращения: 18.12.2024).

3. Маметтаганов Гелдимырат Аширмедович ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ОРОШЕНИЯ // Проблемы науки. 2021. №5 (64). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnyy-metod-orosheniya> (дата обращения: 18.12.2024).

## ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ГИБРИДНЫХ СЕТЯХ

*Глушаков В. Е.*

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»*

г. Воронеж, Россия

*Аннотация.* В данной статье рассматривается принципиально новый подход к исследованию загруженности сети Wi-Fi. Для этого строится математическая модель, позволяющая оценивать время доставки одного фрагмента одной станцией, и предлагается методика оценивания загруженности сети на её основе.

### **Введение**

В эпоху развития информационных технологий очень важно время доставки информации, в том числе и в сети Wi-Fi, которое зависит, в том числе, и от загруженности сети. В целях решения задач мониторинга и оценки времени доставки информации были предложены методика моделирования и методика оценки загруженности сети, описанные в [1]-[2], построена математическая модель, позволяющая использовать данные методики и анализировать загруженность сети Wi-Fi.

### **1. Методы и принципы исследования**

На основе анализа стандартов передачи данных и технологий ускоренной передачи информации (рис. 1) были выделены следующие типы режимов передачи данных в беспроводных сегментах информационных систем:

- 1) ускоренная передача фрагмента в режиме Bursting (рис. 1а),
- 2) удавшаяся передача одного фрагмента (рис. 1б),

- 3) неудачная передача одного фрагмента (рис. 1в),
- 4) успешная передача фрагмента после нескольких неудавшихся попыток (рис. 1г).

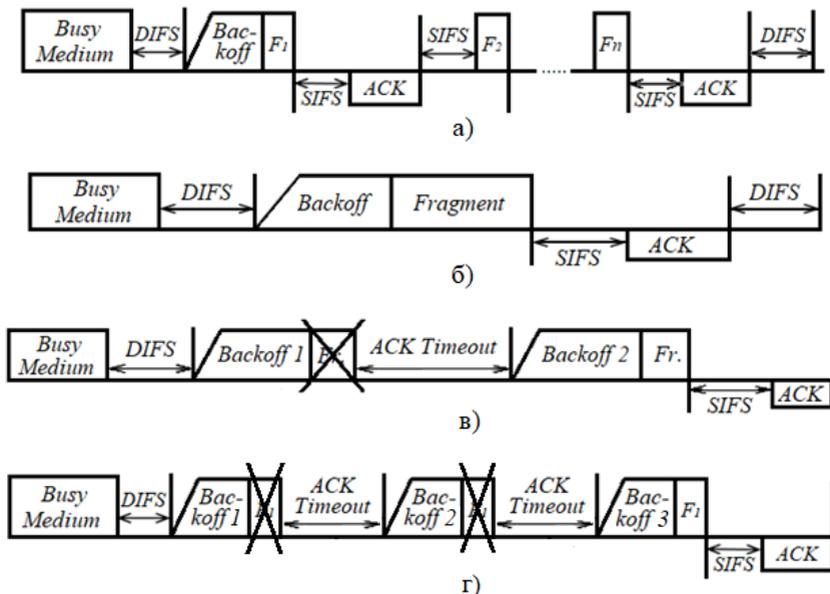


Рис. 1. Основные режимы передачи информации в сети Wi-Fi

## 2. Математическое моделирование

При построении математической модели с использованием системы массового обслуживания были исследованы события, связанные с функционированием СМО по беспроводному участку цепи, и были определены следующие состояния:

- $p_0$  — в рассматриваемом устройстве отсутствуют заявки на обслуживание СМО;
- $p_1$  — в выделенном устройстве сформирована заявка на обслуживание (сгенерирован пакет для отправки);

- $p_2, p_5$  — устройство находится в режиме ожидания (регламентная пауза *DIFS+Backoff Time*);
- $p_3, p_6, p_{12}, p_{15}$  — реализация заявки на обслуживание СМО соответственно с первой, второй, третьей и четвёртой попыток соответственно;
- $p_4, p_{10}, p_{13}$  — получен отказ на обработку заявки на обслуживание соответственно с первой, второй и третьей попыток соответственно;
- $p_7$  — устройство находится в режиме ожидания (регламентная пауза *SIFS*);
- $p_8$  — заявка на обслуживание СМО выполнена с использованием технологии *Bursting* (с паузой *SIFS* между пакетами);
- $p_9$  — заявка на обслуживание СМО выполнена, и выделенное устройство получило подтверждение о доставке (фрейм *ACK*);
- $p_{11}, p_{14}$  — СМО находится в режиме ожидания получения пакета подтверждения о доставке; регламентная пауза определяется параметрами стандарта *ACK Timeout* и *Backoff Time*.

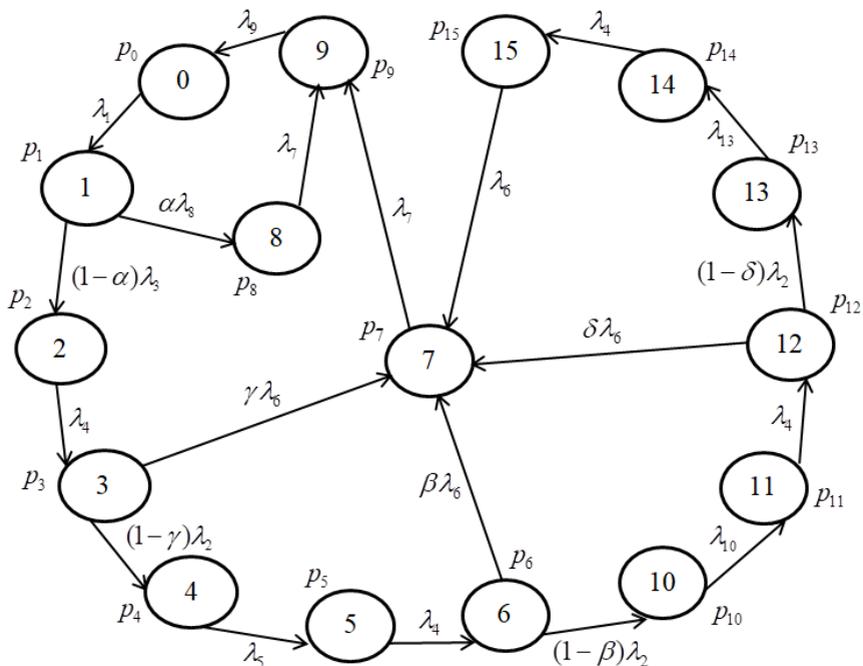


Рис. 2. Граф состояний при передаче пакетов в беспроводном сегменте сети

Здесь  $\lambda_i$  ( $i=1, \dots, 13$ ) определяются как интенсивности передачи информации, зависящие от различных параметров.

Соответствующая графу на рис. 2 система уравнений Колмогорова с соответствующими начальными условиями, с учётом поглощающего состояния 9, примет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l}
\frac{dp_0}{dt} = -\lambda_1 p_0 \\
\frac{dp_1}{dt} = \lambda_1 p_0 - \alpha \lambda_8 p_1 - (1 - \alpha) \lambda_3 p_1 \\
\frac{dp_2}{dt} = (1 - \alpha) \lambda_3 p_1 - \lambda_4 p_2 \\
\frac{dp_3}{dt} = \lambda_4 p_2 - \gamma \lambda_6 p_3 - (1 - \gamma) \lambda_2 p_3 \\
\frac{dp_4}{dt} = (1 - \gamma) \lambda_2 p_3 - \lambda_5 p_4 \\
\frac{dp_5}{dt} = \lambda_5 p_4 - \lambda_4 p_5 \\
\frac{dp_6}{dt} = \lambda_4 p_5 - \beta \lambda_6 p_6 - (1 - \beta) \lambda_2 p_6 \\
\frac{dp_7}{dt} = \beta \lambda_6 p_6 + \gamma \lambda_6 p_3 + \delta \lambda_6 p_{12} - \lambda_7 p_7 \\
\frac{dp_8}{dt} = \alpha \lambda_8 p_1 - \lambda_7 p_8 \\
\frac{dp_9}{dt} = \lambda_7 p_7 + \lambda_7 p_8 \\
\frac{dp_{10}}{dt} = (1 - \beta) \lambda_2 p_6 - \lambda_5 p_{10} \\
\frac{dp_{11}}{dt} = \lambda_5 p_{10} - \lambda_4 p_{11} \\
\frac{dp_{12}}{dt} = \lambda_4 p_{11} - \delta \lambda_6 p_{12} - (1 - \delta) \lambda_2 p_{12} \\
\frac{dp_{13}}{dt} = (1 - \delta) \lambda_2 p_{12} - \lambda_{13} p_{13} \\
\frac{dp_{14}}{dt} = \lambda_{13} p_{13} - \lambda_4 p_{14} \\
\frac{dp_{15}}{dt} = \lambda_4 p_{14} - \lambda_6 p_{15}
\end{array} \right. \quad (1)$$

$$\begin{cases} p_0(0) = 1 \\ p_i(0) = 0 \quad (i=1, \dots, 15). \end{cases} \quad (2)$$

С учётом модели, представленной на рис. 2, рассматриваются следующие режимы:

- I. ускоренная передача пакетов ( $\alpha=1$ ),
- II. доставка пакета с первой попытки ( $\alpha=0, \gamma=1$ ),
- III. доставка пакета со второй попытки ( $\alpha=0, \gamma=0, \beta=1$ ),
- IV. доставка пакета с третьей попытки ( $\alpha=0, \gamma=0, \beta=0, \delta=1$ ),
- V. доставка пакета с четвёртой попытки ( $\alpha=0, \gamma=0, \beta=0, \delta=0$ ).

При решении модифицированных систем были получены пять графиков кривых плотности распределения времени доставки (рис. 3) и пять временных интервалов, границы которых определяются точками пересечения этих графиков.

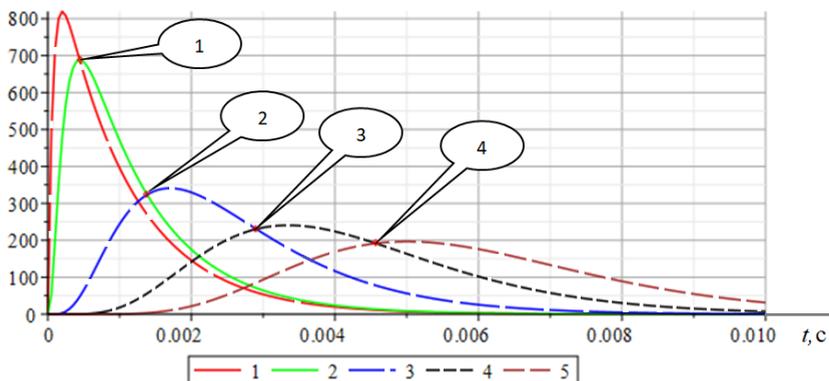


Рис. 3. Плотности вероятностей времени доставки фрагментов для выделенных режимов функционирования информационной системы

### 3. Экспериментальное исследование

Для проведения натурального эксперимента было взято 6 пар компьютер-ноутбук с сопоставимыми техническими характеристиками (рис. 4).

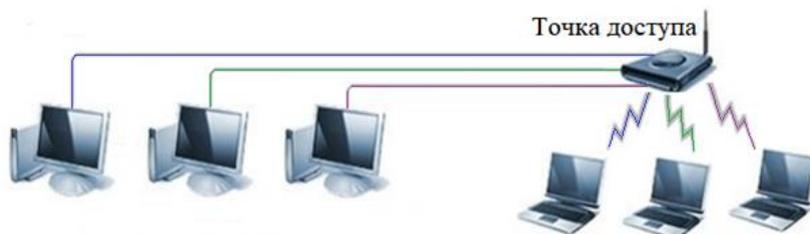


Рис. 4. Схема натурального эксперимента

Экспериментальные данные позволили получить информацию о производительности и загруженности сети, а также выявить возможные узкие места в её функционировании.

При анализе полученных модельных и экспериментальных данных для определения параметров модели  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\beta$ ,  $\delta$  использовались экспериментальные данные.

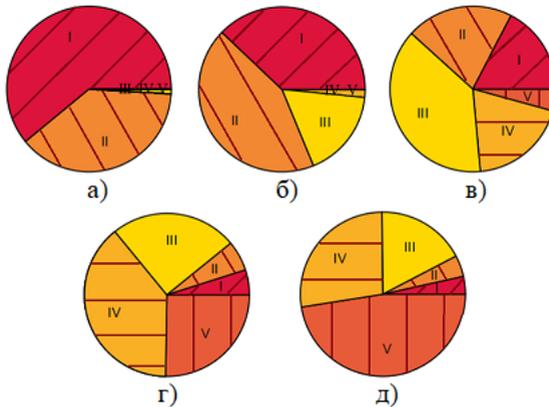
### 4. Анализ результатов

Предложенная методика предлагает оценивать загрузку сети по доли пакетов, время доставки которых попадает в один из пяти диапазонов. Как и в [1]-[2], предпочтительным оказался 4-й диапазон, для которого коэффициент корреляции  $r = 0,93$  и коэффициент достоверности аппроксимации  $R^2 = 0,86$ .

Алгоритм определения загрузки описывается следующим образом:

- проводится расчет границ временных диапазонов по предложенной модели,
- осуществляется натуральный эксперимент с построением гистограммы распределения времени доставки,
- определяются доли пакетов в четвёртом временном диапазоне.

Предложенная математическая модель позволяет для выделенных режимов передачи данных (I, II, III, IV, V) провести качественный анализ вклада предельных вероятностей времени доставки пакетов в каждом из диапазонов (рис. 5).



*Рис. 5. Структура режимов передачи данных для каждого из пяти диапазонов времени передачи пакетов соответственно*

### **Заключение**

Результаты математического моделирования, учитывающие как все режимы передачи данных в информационных сетях, так и каждый из режимов в отдельности, показывают достаточную адекватность экспериментальным данным.

Для оценки загрузки канала в исследуемом диапазоне лучшим показателем оказывается определение загрузки на основе доли пакетов, время доставки которых попадает в 4-й интервал, характеризующийся успешной передачей после двух неудачных попыток. Данная зависимость проявляется как близкая к линейной и не имеет экстремумов.

Проведённые исследования продемонстрировали, что предложенная математическая модель может эффективно использоваться для мониторинга процесса передачи данных в информационных сетях.

## Список источников

1. Абрамов, Г. В. Модель системы мониторинга передачи данных в гибридных сетях / Г. В. Абрамов, В. Е. Глушаков // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2024. – № 3. – С. 14-21.

2. Абрамов, Г. В. Разработка системы мониторинга загрузки гибридных сетей / Г. В. Абрамов, В. Е. Глушаков, Р. В. Данилов // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2024. – Т. 21, № 7 (241). – С. 29-35. DOI: 10.14489/vkit.2024.07.pp.029-035.

## УДК 620.9

### ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

*Бикчурин Т.А., Сандаков В.Д.*

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,*

г. Казань, Республика Татарстан

**Аннотация:** Рассматривается влияние цифровых технологий на нефтегазовый сектор. Акцент на предиктивной аналитике, IoT и мониторинге для повышения качества, эффективности и безопасности. Подчеркивается переход к профилактическому обслуживанию, снижающему простои и оптимизирующему управление.

**Ключевые слова:** цифровые технологии, нефтегазовый сектор, аналитика данных, предиктивная аналитика, автоматизация, Интернет вещей (IoT), качество продукции, техническое обслуживание, процессы принятия решений, операционная устойчивость.

Появление цифровых технологий значительно изменило нефтегазовый сектор, что привело к повышению эффективности, безопасности и качества продукции. Одним из ключевых достижений является совершенствование операционных процессов с помощью аналитики данных, которая помогает организациям выявлять неэффективность и потенциальные сбои до того, как они перерастут в серьезные проблемы. Такой упреждающий подход основан на предиктивной аналитике, позволяющей операторам принимать обоснованные решения на основе данных в реальном времени и исторических тенденций.

Внедрение IoT на перерабатывающих предприятиях привело к значительному улучшению качества продукции. Непрерывный мониторинг позволяет немедленно принимать корректирующие меры при возникновении отклонений от стандартов качества. Механизмы контроля качества стали более совершенными благодаря цифровым технологиям, обеспечивающим комплексное отслеживание всего производственного процесса, от сырья до готовой продукции. Внедрение надежных систем контроля качества необходимо для соблюдения отраслевых норм и повышения удовлетворенности клиентов.

По мере развития цифровых технологий их влияние на обеспечение качества становится все более значительным. Например, использование передовой аналитики позволяет компаниям получать постоянную информацию о показателях качества продукции, что крайне важно для поддержания высоких стандартов в отрасли, где даже небольшие ошибки могут привести к значительным финансовым потерям или нанести вред окружающей среде.

Предиктивная аналитика также играет важную роль в планировании технического обслуживания на перерабатывающих предприятиях. Анализируя тенденции изменения операционных данных во времени, организации могут предвидеть, когда оборудование может выйти из строя или потребовать обслуживания, предотвращая сбои в производственном графике. Такой переход от реактивного к профилактическому

обслуживанию сокращает время простоя и продлевает срок службы активов.

В заключение следует отметить, что цифровые технологии не только оптимизируют процесс обработки данных в нефтегазовом секторе, но и создают динамичную структуру, способствующую постоянному повышению качества продукции и операционной устойчивости.

### **Источники**

1. Топ-5 вариантов использования цифровых технологий в нефтегазовой отрасли [Электронный ресурс]. – Ноябрь 2024. – URL: <https://www.basetwo.ai/blogs/top-5-use-cases-for-digital-transformation-in-the-oil-and-gas-industry> (дата обращения: 13.12.2024).

2. Сингх С. Цифровая трансформация в нефтегазовой отрасли: анализ данных для повышения эффективности [Электронный ресурс]. – Август 2024. – URL: <https://appinventiv.com/blog/digital-transformation-in-oil-and-gas/> (дата обращения: 13.12.2024).

3. Бурклафф Н. Нефтегазовая промышленность: руководство по исследованию добычи и разведке [Электронный ресурс]. – URL: <https://guides.loc.gov/oil-and-gas-industry/upstream> (дата обращения: 13.12.2024).

4. Аль-Рбави С. Обзор современных подходов к цифровизации в нефтегазовой отрасли [Электронный ресурс]. – Январь 2023. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2666260423001130> (дата обращения: 13.12.2024).

5. Цифровая трансформация нефтегазовой отрасли и обзор рабочей силы 2020 [Электронный ресурс]. – Май 2020. – URL: [https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en\\_gl/topics/oil-and-gas/ey-oil-and-gas-digital-transformation-and-the-workforce-survey-2020.pdf](https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/oil-and-gas/ey-oil-and-gas-digital-transformation-and-the-workforce-survey-2020.pdf) (дата обращения: 13.12.2024).

## УМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЖКХ

*Заирова Д.И., Сандаков В.Д.*

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,  
г. Казань, Россия*

Умные технологии в сфере жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) представляют собой революционный подход к управлению и обслуживанию городской инфраструктуры, направленный на повышение эффективности, комфорта и устойчивости городской жизни.

Концепция умного города (smart city) основана на интеграции информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в различные аспекты городской жизни, включая ЖКХ [1].

Одним из ключевых направлений внедрения умных технологий в ЖКХ является автоматизация и мониторинг различных систем. Например, системы домашней автоматизации могут включать датчики движения, температуры, открытия дверей и окон, а также исполнительные устройства, такие как реле и контроллеры. Эти системы позволяют управлять освещением, отоплением, водоснабжением и другими коммунальными услугами удаленно, что значительно упрощает жизнь жителей и снижает расходы на обслуживание [2].

Удаленный мониторинг счетчиков воды и электричества является еще одним важным аспектом. Это позволяет арендодателям и управляющим компаниям получать точные показания без необходимости физического доступа к счетчикам, что сокращает административную нагрузку и снижает риск ошибок при снятии показаний.

Искусственный интеллект (ИИ) играет все более значимую роль в управлении ЖКХ. В городах, таких как Москва, уже начали использовать мобильные комплексы с нейронными сетями для контроля состояния дорог. Эти системы могут выявлять ямы,

стертую разметку, повреждения бортового камня и другие нарушения, что позволяет городским службам оперативнее устранять недочеты [3].

Аналогичным образом, ИИ может быть применен для прогнозирования и предотвращения аварий в системах водоснабжения и отопления, а также для оптимизации энергопотребления в жилых комплексах.

Умные технологии также меняют подход к обращению с отходами. Системы умного обращения с отходами могут включать интеллектуальные контейнеры, которые сигнализируют о необходимости вывоза мусора, когда они заполнены. Это позволяет оптимизировать маршруты мусоровозов и уменьшить количество выездов, что приводит к снижению расходов и уменьшению загрязнения окружающей среды.

Умные технологии упрощают процесс оплаты коммунальных услуг. В современных умных городах жители могут оплачивать коммунальные услуги, штрафы за нарушение ПДД и другие городские услуги через единую онлайн-платформу. Например, в Москве жители могут использовать мобильное приложение для оплаты коммунальных услуг, пополнения транспортной карты "Тройка" и других городских услуг всего за несколько минут [4].

Одним из ключевых аспектов умных технологий в ЖКХ является вовлечение жителей в процесс управления городской инфраструктурой. Мобильные приложения и онлайн-платформы позволяют жителям сообщать о проблемах в реальном времени, что помогает городским службам оперативно реагировать на возникающие вопросы. Это не только повышает удовлетворенность жителей, но и способствует более эффективному управлению городскими ресурсами.

Внедрение умных технологий в ЖКХ имеет ряд значительных выгод. Автоматизация и мониторинг систем позволяют оптимизировать расходы и ресурсы.

Удаленное управление коммунальными услугами и оплата через онлайн-платформы делают жизнь жителей более комфортной.

Оптимизация энергопотребления и обращения с отходами способствует уменьшению негативного воздействия на окружающую среду.

Однако, есть и некоторые недостатки, например, внедрение умных технологий требует тщательного подхода к защите личных данных жителей. Переход на умные технологии может потребовать значительных первоначальных инвестиций. Необходимо обеспечить квалифицированную техническую поддержку для обслуживания и ремонта умных систем [5].

Умные технологии в ЖКХ представляют собой мощный инструмент для трансформации городской инфраструктуры, направленный на повышение эффективности, комфорта и устойчивости городской жизни. От автоматизации и мониторинга систем до использования искусственного интеллекта и вовлечения жителей, эти технологии имеют потенциал решить многие из существующих проблем в сфере ЖКХ. Однако, для успешного внедрения этих технологий необходимо тщательно рассмотреть все связанные с этим сложности и обеспечить соответствующую поддержку и защиту данных. В будущем, мы можем ожидать еще более инновационных решений, которые будут улучшать качество жизни в наших городах.

#### Список литературы

1. Деменко О.Г., Тихомиров А.О. Цифровая трансформация жилищно-коммунального хозяйства // Вестник университета. - 2020. - № 5. - С. 59-63.
2. Нестеров И.В., Корнев М.В. Создание правовых условий цифровизации ЖКХ через механизмы ГЧП // Энергосовет: электронный журнал. - 2019. - № 3 (53).
3. Новиков И.В. Функциональные городские территории как инструмент государственной городской политики // Вестник Московского университета имени С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. - 2021. - № 3 (14). - С. 80-84.
4. Новиков И.В. Роль МСЭ в стандартизации умных устойчивых городов // Вестник Московского университета имени

С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. - 2022. - № 3 (18). - С. 74-79.

5. Суптело Н.П., Демитренко О.Н. Перспективы инновационных преобразований в сфере ЖКХ // Инновационное развитие общества: условия, противоречия, приоритеты: электронное издание. Ч. 2 / под ред. А.В. Семенова, Ю.С. Руденко. - М.: ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», 2024. - С. 320-325.

**УДК. 629.11**

## **ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В ТЭК И ЖКХ**

*Разжевалов С.А., Сандаков В. Д.*

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,*

*г. Казань, Республика Татарстан*

**Аннотация:** В статье предложен обзор использования цифровых двойников в сфере топливно-энергетического комплекса (ТЭК) и жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ). Цифровые двойники представляют собой виртуальные аналоги физических объектов и процессов, которые дают возможность моделировать, контролировать и оптимизировать различные аспекты работы оборудования и инфраструктуры в режиме реального времени. Рассмотрены возможности цифровых двойников для управления и прогнозирования работы систем, минимизации аварийных ситуаций и повышения энергоэффективности. Представлены примеры применения и анализ потенциальных преимуществ для повышения устойчивости и надежности отраслей ТЭК и ЖКХ.

Благодаря технологическому прогрессу удалось осуществлять мониторинг и контроль строительных операций и активов удаленно. Оверлейные цифровые двойники, в основе которых лежит компьютерное моделирование, создают Цифровую карту физических объектов. За последние несколько лет

исследования оверлейных цифровых двойников для проектов энергетических объектов получили широкое распространение. Эти применения несколько увеличились с годами. Однако обзор таких примеров был недостаточно развернут. Данная статья является первой из систематического обзора применения оверлейных цифровых двойников в строительстве, основанного на контент анализе. Оверлейные цифровые двойники показывают, что они способны сделать строительство более доступным и дружелюбным, снизить расходы на строительство и эксплуатацию, уменьшить число человеческих ошибок, автоматизировать потребление энергии, выводить управление активами на более высокий уровень, сохранять это управление и использовать его.

Цифровой двойник предполагает организацию потока данных от реального объекта к цифровому и наоборот (например, данные, поступающие от датчиков, установленных на оборудовании). и наоборот (например, данные, поступающие с датчиков, установленных на оборудовании). Таким образом, изменение состояния реального объекта определяет изменение состояния цифрового объекта. И, наоборот, изменение состояния цифрового объекта также приводит к изменению состояния реального объекта, состояние реального объекта.

Цифровые двойники в ТЭК и ЖКХ используются для улучшения управления, мониторинга и оптимизации работы энергосистем. Вот несколько ключевых причин их применения:

**Повышение надежности и безопасности.** Цифровые двойники позволяют в реальном времени отслеживать состояние оборудования подстанции, выявлять потенциальные проблемы и прогнозировать отказы. Это помогает предотвратить аварии и минимизировать риски для персонала и оборудования.

**Оптимизация обслуживания и планирования.** Используя данные от сенсоров и симуляции, цифровые двойники могут прогнозировать необходимость технического обслуживания, что позволяет проводить его по мере необходимости, а не по расписанию. Это снижает затраты на обслуживание и продлевает срок службы оборудования.

Моделирование и тестирование. Цифровые двойники позволяют тестировать различные сценарии работы подстанции и анализировать их последствия без вмешательства в реальную инфраструктуру. Это особенно важно при внедрении новых технологий или обновлении системы, где важно избежать простоев и аварий.

Таким образом, цифровые двойники – это не просто технологическое нововведение, а стратегический инструмент, обеспечивающий переход к интеллектуальной, устойчивой и эффективной энергетической системе будущего. Они позволяют не только повышать эффективность и надежность, но и создают основу для инновационных решений, отвечающих растущим потребностям современного общества.

#### Список источников

1. Чернякевич, Л. М. Развитие региональной и отраслевой экономики в условиях цифровизации : монография / Л. М. Чернякевич. — Йошкар-Ола : ПГТУ, 2022. — 216 с. — ISBN 978-5-8158-2291-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/271019> (дата обращения: 09.11.2024).

2. Капогузов, Е.А. Механизмы взаимодействия городских сообществ при формировании Smart-City (на примере города Омска) / Е. А. Капогузов, С. Н. Оводова, Р. И. Чупин // Вопросы управления. — 2019. — № 6. — С. 272-280. — ISSN 2304-3369. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/314968> (дата обращения: 09.11.2024).

3. Власенко, С. А. Информационнотехническое обеспечение цифровой подстанции : учебное пособие / С. А. Власенко, И. В. Игнатенко, Е. Ю. Тряпкин. — Хабаровск : ДВГУПС, 2022. — 107 с. (дата обращения: 31.10.2024)

4. Пенский, О. Г. Математические модели цифровых двойников : учебное пособие / О. Г. Пенский. — Пермь : ПГНИУ, 2019. — 157 с. — ISBN 978-5-7944-3267-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.»

(Пенский, О. Г. Математические модели цифровых двойников : учебное пособие / О. Г. Пенский. — Пермь : ПГНИУ, 2019. — ISBN 978-5-7944-3267-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. (дата обращения: 4.11.2024).

УДК 681.5

## ВОПРОСЫ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ПОДВИЖНЫХ ПЛАТФОРМ

*Хабиров Т. А., Богданова Н. В.*

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,  
г. Казань, Россия

***Аннотация:** статья посвящена анализу современных тенденций в области автоматизации транспортных систем. В работе рассматриваются автоматически управляемые транспортные средства AGV и AMR с точки зрения повышения эффективности логистических процессов, снижения затрат на перемещение компонентов производства и повышения безопасности перевозок. Рассмотрены основные компоненты AGV и AMR. Рассмотрены факторы, определяющие возможность внедрения автоматизированных платформ в производственные процессы.*

***Ключевые слова:** автоматизированная платформа, мобильный робот, AVG устройства, транспортная система.*

AGV (Automated Guided Vehicle) и AMR (Automated Mobile Robot) – это устройства для автоматизированного перемещения грузов в промышленной среде, которые обеспечивают транспортировку без непосредственного участия оператора.

AGV или автоматически управляемое транспортное средство – это промышленное транспортное средство, которое можно предварительно запрограммировать для перевозки грузов на производстве, складе и между ними. То есть AGV является

роботизированной тележкой, простым мобильным роботом. Для ориентирования в пространстве такие устройства имеют центральную и дополнительную бортовые информационно-управляющие системы. Первые устройства AGV перемещались только вдоль направляющих, например, по рельсам. Другим вариантом задания направления движения могли служить лазерные лучи. В настоящее время AGV широко применяются на складах, в терминалах, в морских портах и могут быть включены в общую логистику портовых процессов [1]. Но движение роботизированной тележки все так же осуществляется вдоль специальных направляющих – полос, магнитных, лазерных или цветowych.

AMR или автономный мобильный робот, является более сложным техническим устройством, практически беспилотником. Он прост в применении по сравнению с AGV. Для самостоятельного передвижения материалов без физических направляющих или маркеров применяются бортовые датчики, камеры и процессоры. Робот анализирует окружение, определяет своё местоположение и планирует маршрут от одной путевой точки к другой самостоятельно [2]. AMR может работать как один, так и в сети из нескольких устройств. Выполняя те же задачи, что и AGV, AMR делает это быстрее, обеспечивая большую надёжность работы. Перестроение маршрута движения AMR, например, с целью обхода препятствия происходит без перестроения направляющих элементов, как того потребовало бы применение AGV.



Рис.1. Вилочный погрузчик в складских помещениях

Основными видами устройств AGV и AMR являются вилочные погрузчики (рис.1), транспортные тележки (рис.2), буксирующие устройства (рис.3).



Рис.2. Транспортная тележка

Замена ручного и механического труда персонала предприятий на автоматизированный в пределах производственных, складских, погрузочно-разгрузочных площадок приводит к увеличению эффективности работы всего предприятия. Логистические схемы требуют применения устройств, не требующих сложных процессов для постановки задач и интеграции. AGV и AMR полностью удовлетворяют этим условиям. Персонал при этом освобождается от рутинной, тяжёлой работы для выполнения задач более сложных и

интересных. Кроме того, применение AGV и AMR возможно в производственных помещениях взрывоопасных или при наличии излучений, представляющих опасность для жизни и здоровья работников [3].



Рис.3. Автоматический буксировщик с захватным устройством

Исключение влияния человеческого фактора приводит к значительному снижению аварийности производства. Обслуживание систем AGV и AMR, которые обеспечивают круглосуточную работу, не требует больших финансовых вложений.

Основное отличие AGV от AMR заключается в сочетании взаимоисключающих характеристик: степени предсказуемости поведения устройства и возможности осуществления непрерывного рабочего процесса. Так как AGV обладает способностью передвигаться только по заранее заданным навигационным линиям, соответственно устройство не может неожиданно появиться в местах, не предусмотренных маршрутом, создавая опасность для персонала, и является предсказуемым. В то же самое время, встретившись с препятствием, AGV останавливается до его физического устранения препятствия, замедляя производственный процесс.

Устройства AMR самостоятельно прокладывают маршруты для объезда возникающих на их пути препятствий, производительность устройства таким образом не снижается, но предсказуемость действий падает из-за возможности его появления в местах, отстоящих от кратчайшего маршрута перемещения от одного объекта производственной площадки до другого.

Основные компоненты автоматических платформ AGV и AMR включают блок привода с независимыми электромоторами для движения и маневрирования, блок энергообеспечения с герметичными необслуживаемыми аккумуляторами, исполнительный механизм с электромотором для захвата грузов, блок управления с программируемым контроллером для управления движением, систему безопасности и оповещения с светозвуковой сигнализацией, систему беспроводной связи с Wi-Fi модулем или другими способами связи и беспроводными кнопками управления, а также систему навигации для следования заданной траектории.

Вопросы целесообразности внедрения на производствах устройств AGV и AMR связаны с оценкой потребностей и возможностей предприятия. Необходимо проанализировать процессы на производстве сточки зрения логистических схем [4, 5]. Зависимость AGV и AMR от наличия беспроводных сетей, программного обеспечения также обуславливает ограничения принятия решений о их внедрении.

*Список источников*

1) Некоторые аспекты повышения эффективности портовой деятельности на основе нейронной видео-аналитики / Н. В. Богданова, В. В. Плотников, Р. И. Бикбулатов, А. М. Пирогова // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 12(96). – С. 209-224. – EDN IQHML.

2) Юревич, Е.И. Основы робототехники / Е.И. Юревич. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2010. – 252 с.

3) Намита Сингх, П. В. Сарнгадхаран, Прабир К. Пэл. Планирование AGV для автоматизированного распределения материалов: пример исследования / Журнал интеллектуального производства — 2011, том 22, выпуск 2. – 219–228 с.

4) Бекишев Ю. А., Аркадьев В. А. FMEA-анализ рисков при внедрении роботизированной техники AGV/AMR в производственную систему снабжения предприятия. – 2021.

5) Яковлева Е. А., Моторкин А. С., Капустин Д. Р. Выбор системы роботизированной автоматизации процессов на производстве //Системный анализ в проектировании и управлении. – 2023. – Т. 26. – №. 3. – С. 357-362.

**НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РОСТА ЛЕСОВ  
РОССИИ НА ПРИМЕРЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И  
ЛИСТВЕННИЦЫ ЮЖНОЯКУТСКИХ  
БРУСНИЧНИКОВЫХ ЛЕСОВ**

*Арапов Д.В.<sup>1,2,3</sup>, Скрипников А.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж, Россия

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)», г. Москва, Россия

Исследованию и моделированию динамики естественного изреживания и роста лесных древостоев в различных условиях и климатических зонах России посвящено большое количество работ, например, [1-12]. В них приведены результаты математической обработки обширных наблюдений за естественным ростом и отпадом лесных насаждений сосны и лиственницы с различной густотой посадки в разновозрастных лесных монокультурных и поликультурных массивах. Установлено, что независимо от густоты посадок отпад (гибель) деревьев носит колебательный характер, и это является следствием инерционности механизма саморегуляции биологическим систем, который действует на основе принципа обратных связей между слагающими биосистему компонентами. Установлено, что математическая модель (ММ) динамики гибели элементов биосистемы должна представлять собой аддитивную смесь функций временного тренда, волновой и случайной компонент. Для этого авторы используют регрессионные экспоненциальные функции типа Ципфа-Парето-Мандельброта, Пюттера-Берталанфи, Г.Ф. Хильми, иногда аддитивно дополненные функцией  $\cos(at)$ , где  $t$ -возраст древостоев. Для

моделирования средней толщины дерева используют экспоненциально-логарифмическую зависимость от возраста, а среднюю высоту и древесный запас рассчитывают с использованием экспоненциальных функций [3, 5, 6, 8]. В [7] установлена оптимальная густота посадки ели в лесокультурных и промышленных насаждениях, а в [12] исследована приживаемость саженцев сосны в условиях Карелии. Недостатком известных подходов к моделированию таксационных параметров древостоев является сравнительно низкая точность используемых регрессионных зависимостей. Например, относительная погрешность моделирования зависимости числа оставшихся живых деревьев от их возраста и густоты посадки [1, 2, 9, 11] составляет от 14% до 35%. К недостаткам регрессионных моделей также относится их невысокая прогностическая способность. Этим недостаткам лишены ММ основанные на искусственных нейронных сетях, способные объединить в единое целое многочисленные опытные исследования и обеспечивающие достаточно высокую точность моделирования и обладающие надежной прогностической способностью. Высокая результативность применения искусственного интеллекта на предприятиях аграрно-промышленного комплекса и в медицине описана, например, в [13, 14]. Целью данного исследования является разработка на основе нейронных сетей ММ таксационных показателей лесных древостоев сосны и лиственницы.

Для нейросетевой обработки использовали экспериментальные данные, приведенные в [4, 5]. Из [4] использовали таблицу среднегодового отпада (экз./га) стволов сосны в лесных культурах разной густоты посадки, созданной профессором М.К. Турским, возраст сосен 1 – 80 лет. Здесь определяли число оставшихся живых деревьев (шт./га). Из [5] взяли обобщенные данные хода роста полных сосновых древостоев III класса бонитета, возраст сосен 10 – 200 лет и данные хода роста модальных древостоев лиственницы южной Якутии, тип леса – брусничниковый, класс бонитета IV, возраст лиственниц 40 – 220 лет. Здесь обработали данные по числу живых деревьев (шт./га), их средней высоте (м) и среднему диаметру (см).

Нейросетевое моделирование реализовали посредством стандартного модуля TensorFlow и языка Python, версия 3.11.7. Использованные библиотеки – Numpy и Matplot. В программе реализовали: считывание и разделение данных на входные и выходные, нормировку данных. Структура многослойного персептрона, число нейронов в каждом слое, вид функции активации, количество эпох (т.е. число прогонов алгоритма оптимизации), коэффициент валидации и другие параметры задаются и реализуются в модуле Net.py. Ответ нейронной сети осуществляется после минимизации целевой функции. При построении результирующих графиков по оси абсцисс выводятся номера опытов, по оси ординат – опытные и расчетные значения искомым параметров.

1. Моделирование хода роста насаждений сосны, созданных М.К. Турским. Нейронная сеть для моделирования является многослойным персептроном, включающим входной слой, два скрытых слоя по 35 нейрона и выходной слой, состоящий из одного нейрона. На два входа персептрона поступают нормированные значения возраста сосен (годы) и густоты их посадки (тыс. шт./га). С выхода выходного слоя снимается количество оставшихся после отпадов живых деревьев (рис.1).

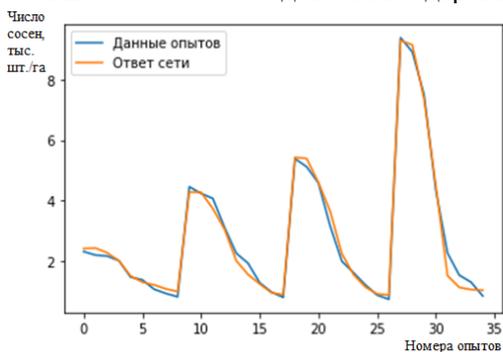


Рисунок 1. Моделирование хода роста насаждений сосны, созданных М.К. Турским (возраст 1-80 лет)

Средняя относительная погрешность моделирования составила 8,5 %. Количество эпох равно 25000.

2. Моделирование обобщенных данных хода роста сосновых древостоев. Для всех трех искомым параметров (число живых деревьев, средняя высота и средний диаметр) выбрали многослойный перцептрон, состоящий из входного слоя, двух скрытых слоев по 20 нейронов и однопейронного выходного слоя, с выхода которого снимается значение параметра. На вход перцептрона поступает нормированное значение возраста сосен от 10 до 200 лет. Зависимость числа оставшихся живых сосен от их возраста (от 20 до 200 лет) показана на рис. 2.

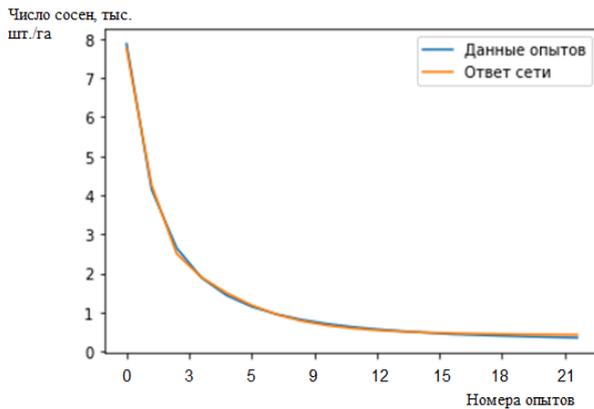


Рисунок 2. Зависимость количества живых сосен от их возраста в пределах 20 – 200 лет

Количество эпох было выбрано равным 25000. Средние относительные погрешности нейромоделирования соответственно равны: для числа живых сосен – 6,3% (рис. 2), для средних высот – 2,45%, для средних диаметров – 3,5%. В последних двух случаях временной диапазон составляет 10 – 200 лет.

3. Моделирование хода роста древостоев лиственницы южной Якутии. Структура выбранного перцептрона аналогична предыдущему, но количество нейронов в двух скрытых слоях равно по 19. На вход перцептрона поступает нормированное значение возраста лиственниц от 40 до 220 лет. С выхода выходного слоя снимается значение искомого параметра – количество оставшихся лиственниц, их средняя высота и средний диаметр (рис. 3).

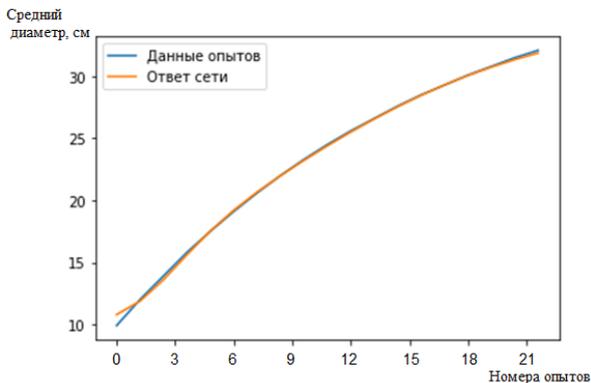


Рисунок 3. Возрастное изменение среднего диаметра лиственниц в пределах от 40 до 220 лет

Количество эпох приняли равным 20000. Средние относительные погрешности нейромоделирования соответственно равны: для числа живых лиственниц – 3,51%, для средних высот – 0,83%, для средних диаметров – 0,91% (рис.3). Временной предел 40 – 220 лет.

Проведенное нейромоделирование показало перспективность его использования для исследования закономерностей роста лесных древостоев, как в культурных, так и в естественных насаждениях.

#### Список источников

1. Демаков, Ю.Л. Диагностика устойчивости лесных экосистем. – Йошкар-Ола, 2000. – 416 с.
2. Богачев, А.В. Лесотаксационные исследования. –М., 2007. – 344 с.
3. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород Северной Евразии: нормативные справочные материалы: 2-е изд. перераб. и дополн./ А.З Швиденко, Д.Г. Щепашенко, С. Нильссон, Ю.И. Булуй. – М., 2008. – 886 с.

4. Мерзленко, М.Д. Обоснование теории волнообразного роста хвойных лесных культур //Лесной вестник. – 2021. – Т. 25., №2. – С. 3 – 9.

5. Швиденко, А.З. Система моделей роста и динамики продуктивности лесов России (таблицы хода роста) / А.З Швиденко, Д.Г. Щепашенко, С. Нильссон, Ю.И. Булуй // Лесное хозяйство. – 2003. - №6. – С. 34 – 38.

6. Швиденко, А.З. Система моделей роста и динамики продуктивности лесов России (таблицы и модели биопродуктивности) / А.З Швиденко, Д.Г. Щепашенко, С. Нильссон, Ю.И. Булуй // Лесное хозяйство. – 2004. - №2. – С. 40 – 44.

7. Мельник, П.Г. Лесокультурно-лесоводственное значение параметров размещения ели при посадке в национальном парке «Лосиный остров»/ П.Г. Мельник, Ф.Н. Воронин, М.Д. Мерзленко// Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. - №1 (111). – С. 52 – 58.

8. Лебедев, А.В. Таксационные показатели сосновых древостоев по данным долговременных наблюдений/ А.В. Лебедев, В.В. Кузьмичев// Сибирский лесной журнал. – 2023. - №2. – С. 3 – 16.

9. Дубенок, Н.Н. Динамическая модель изреживания культур сосны/ Н.Н. Дубенок, А.В. Лебедев, В.В. Кузьмичев// Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2022. – Вып. №239. – С. 6 – 21.

10. Мерзленко, М.Д. Динамика роста сосны в старовозрастных древостоях сложного бора/ М.Д. Мерзленко [и др.]// Известия вузов. Лесной журнал. – 2018. - №4. – С. 31 – 39.

11. Шутов, И.В. Рост сосны в рядовых культурах при заданных вариантах густоты и разных ширине междурядий и шаге посадки/ И.В. Шутов [и др.]// Труды Санкт-Петербургского НИИ лесного хозяйства. – 2014. - №1. – С. 19 – 29.

12. Соколов, А.И. Сохранность и рост культур сосны, созданных посадочным материалом с закрытой корневой системой в условиях Карелии/ А.И. Соколов [и др.]// Известия вузов. Лесной журнал. – 2015. - №6. – С. 46 – 56.

13. Грачев, А.В. Применение нейросетевых технологий для прогнозирования состояния работы объектов предприятий АПК// Техника и технология пищевых производств. – 2023. – Т.53, №4. – С. 816 – 823.

14. Киреева, К.А. Разработка искусственной нейронной сети для классификации ЭКГ/ К.А. Киреева, Л.А. Коробова, Д.В. Арапов// Моделирование систем и процессов. – 2023. – Т.16, №3. – С42 - 54.

**УДК: 378.14**

## **НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

***Арапов Д.В.<sup>1,2,3</sup>, Шевырева Е.В.<sup>1</sup>***

*<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова»», г. Воронеж, Россия*

*<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж, Россия*

*<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)», г. Москва, Россия*

Основной показатель оценки знаний обучающихся это уровень успеваемости, который зависит от множества объективных и субъективных факторов [1, 2]. Неуспеваемость при обучении является наиболее существенной проблемой современного образования. В этой связи, важнейшей задачей в образовании является мотивировка обучающихся к получению знаний и лучшей подготовки в качестве специалистов. Этому служит контроль и анализ состояния процесса обучения посредством исследования уровня успеваемости [2-5]. При этом активно используют математическое планирование эксперимента [3,6,7]. Основой математического моделирования успеваемости обучающихся служат одно и многофакторные регрессионные

модели [7], что является недостатком этих исследований. В настоящее время бурными темпами развиваются методы моделирования в социологии, медицине, в технологических процессах, основанные на искусственном интеллекте [8,9]. Целью данной работы является применение искусственных нейронных сетей (ИНС) для исследования успеваемости обучающихся.

#### 1. Кластерный анализ успеваемости

Класс ИНС, называемый картами Кохонена [8], используют для обучения без учителя с использованием информации о расположении нейронов ИНС. Чаще всего карты Кохонена используются для решения задач кластеризации или классификации без учителя. Обучение таких ИНС реализуется с помощью алгоритмов Хебба, Кохонена, также используется евклидово расстояние на множестве синоптических весов. Для кластеризации были взяты данные деканата одного из вузов г. Воронежа по результатам экзаменационной сессии 4-х групп студентов из 82 человек по 9-ти предметам. Зачет оценивали в 3 балла, неявка на экзамен (зачет) оценивалась в 1 балл, неудовлетворительные знания – 2 балла, удовлетворительные – 3 балла, хорошие – 4 балла, отличные знания – 5 баллов. Данные деканата и результаты кластеризации успеваемости по итогам сессии приведены на рис.1.

В результате анализа получили 4 центроида с координатами: [1.46, 0.25], [ 1.47, 1.37], [ 0.94, 1.38], [-1.21, -0.82], quantization error: 0.466.

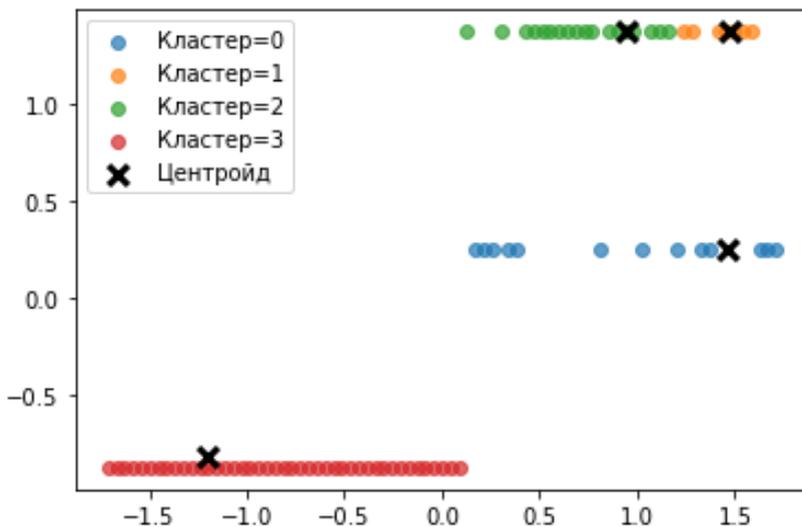


Рисунок 1. Результаты кластерного анализа успеваемости

2. Нейросетевое прогнозирование экзаменационной оценки студента по результатам сдачи предыдущих трех экзаменов

Нейросетевая связь прогнозируемой экзаменационной оценки с тремя предыдущими экзаменационными оценками исследовалась по данным деканата на группе студентов из 27 человек. ИНС представляла собой многослойный персептрон [8,9], на входы которого поступают три оценки сдачи трех предыдущих экзаменов. ИНС имеет входной слой, два скрытых слоя по 27 нейронов и выходной слой, содержащий 1 нейрон, с выхода которого снимается значение прогнозируемой оценки. В качестве функции активации в ИНС приняли сигмоид. Программа реализации разработана на языке Python, версия 3.11.7 с использованием стандартной подпрограммы TensorFlow. Устанавливали библиотеки Numpy и Matplot. Разработанные модули: Data.py, main.py и Net.py. Число эпох равно 1000. На рис. 2 показаны результаты работы программы. Средняя относительная погрешность прогноза составляет 9,0 %.

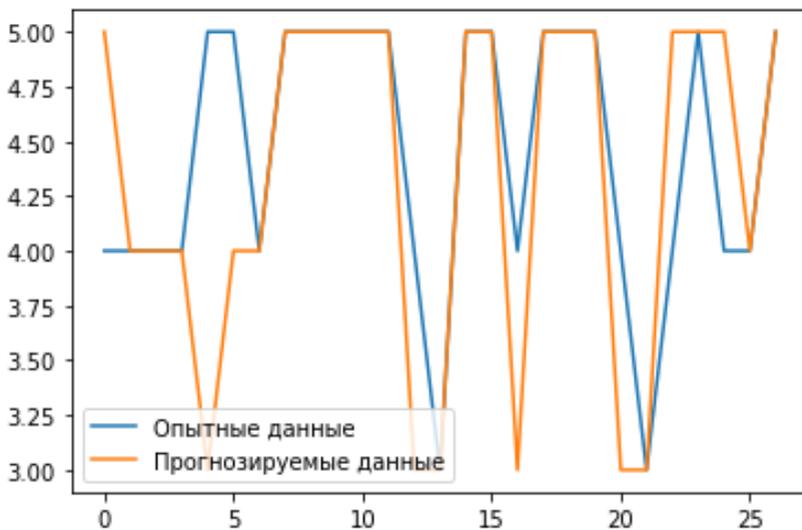


Рисунок 2. Результаты прогнозирования успеваемости

На основе данных деканата реализовано нейросетевое моделирование успеваемости студентов одного из вузов г. Воронежа. С использованием карт Кохонена выполнен кластерный анализ успеваемости 82 обучающихся. С применением многослойного персептрона на основе показателей сдачи 3-х экзаменов реализован прогноз оценки сдачи 4-ого экзамена для 27 студентов.

#### Список источников

1. Безусова, Т.А. Использование методов математической статистики в педагогическом исследовании. / Т.А. Безусова // Гуманизация образования. – 2018. - № 6. – С. 143 – 149.
2. Венгерова, Н.Н. Балльно-рейтинговая система оценки успеваемости студентов высшей школы / Н.Н. Венгерова, Л.Т. Кудашова // Здоровье - основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2017. - Т.12, №1. – С. 359 – 363.
3. Грачев, Ю.П. Математические методы планирования эксперимента/ Ю.П. Грачев, Ю.М. Плаксин. – М.: ДеЛи принт, 2005. – 296 с.

4. Дроздов, И.Н. Пути повышения эффективности подготовки к профессиональной деятельности студентов с различным уровнем успеваемости / И.Н. Дроздов// Новая наука: Проблемы и перспективы. – 2015. - №1,(1). – С. 21 – 24.

5. Портнова, А.Г. Использование математических методов для мониторинга качества успеваемости студентов / А.Г. Портнова, С.Л. Лесникова, Н.А. Русакова // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Гуманитарные и общественные науки. – 2020. – Т 4. - № 3,(15). – С. 218 – 226.

6. Хартман, К. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов/ К. Хартман [и др.]. – М.: Мир, 1977. – 552 с.

7. Чевычалов, Ю.А. Математическая модель прогнозирования уровня успеваемости/ Ю.А. Чевычалов [и др.]// Актуальные исследования. – 2024. - №27 (209). URL: <https://apni.ru/article/9759-matematicheskaya-model-prognozirovaniya-urovnya-uspevaemosti>

8. Бураков, М.В. Нейронные сети и нейроконтроллеры: учебное пособие. – С-Петербург: ГУАП, 2013. – 284 с.

9. Киреева, К.А. Разработка искусственной нейронной сети для классификации ЭКГ/ К.А. Киреева, Л.А. Коробова, Д.В. Арапов// Моделирование систем и процессов. – 2023. – Т.16, №3. – С. 42 – 54.

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УЩЕРБА ПРЕДПРИЯТИЮ ПРИ КИБЕРСТРАХОВАНИИ**

*Бурзунов Д.Д.<sup>3</sup>, Арапов Д.В.<sup>1,2,3</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж, Россия

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)», г. Москва, Россия

Риск состоит из двух компонент: вероятности реализации негативного события и количественной оценки наносимого негативным событием ущерба. Для определения первой компоненты используются: риск-аппетит, доверительный интервал, квантили по уровню, априорная и апостериорная вероятности, моменты распределений, описывающих те или иные процессы и т.д. Незначительное внимание, уделяется количественной оценке риска, которую можно оценить также с определённой вероятностью. Как правило, для этой цели используют константы, равномерное распределение на отрезке и т.п., тем самым значительно искажая реальную действительность учета последовательности и значимости рисков событий. Общим недостатком известных методов моделирования [1-6] является то, что в них обычно учитывается только скорость распространения угрозы или (и) вероятность начала атаки. В рамках данной работы удалось, основываясь на предположении вероятностного характера процесса оценить ущерб через многомерные функции распределения. Используемые до настоящего времени для количественной оценки риска методы одномерного моделирования не учитывают взаимосвязь между факторами ущерба, которому может быть подвергнуто предприятие.

Расчет действительного ущерба определяется по формуле:

$$Y_{mn} = \sum_{i=1}^N Y_i, \quad (1)$$

где  $Y_i$  – компонента ущерба,  $N$  – число компонент нанесенного ущерба. Под функцией ущерба от угрозы безопасности информации понимается зависимость от объёма вложенных средств оценки точности ущерба.

Введём функции  $P$ ,  $V$  и  $A$ . Функция  $P(v)$  определяет зависимость точности оценки от значимости (ценности) полученной информации  $v \in [0; 1]$ . Функция  $V(u) = v$  отражает зависимость между значимостью и объёмом информации, собранной о системе.

Под значимостью информации будем понимать коэффициент полезности новой информации – соотношение фактической нового блока информации относительно уровня максимально возможной пользы, которую можно получить от аналогичного объёма информации. Очевидно, что значение параметра будет находиться в промежутке  $[0;1]$ . Функция, по ходу роста аргумента, будет расти до максимума, равного 1, затем её значение уменьшается. Такая функция адекватно описывает потребление информации практически любым организационным сообществом.

Отличие ценности информации от её объёма является ключевым. Как правило, систему характеризует самая важная информация достаточная для ее оценки, что позволяет обходиться меньшим объемом информации при меньшем объеме ресурсов. Крайне важным является следящий контроль отношения пользы информации от ее объема и определение момента времени уменьшения этого отношения.

Функция  $A(z)$  связывает объём полученной информации об объекте защиты с вложенными для этого средствами и ресурсами. Точность оценки, таким образом, сводится к следующему:

$$f = P(V(A(z))) \quad (2)$$

Ограничения, накладываемые на (2): объём вложенных

средств определяется отрезком  $[0; +\infty]$ ; относительный объём информации определяется на отрезке  $[0; 1]$ ; получить полную информацию о системе практически невозможно. Приближение к этой величине значительно замедляет рост функции при растущем объёме требуемых затрат.

Быстрорастущий вариант распределения Фишера хорошо подходит для реализации вышеописанного. Корректировка распределения под задачу реализуется изменением двух его параметров. При задании параметров (100, 1) функция ведёт себя требуемым образом. Полученная формула распределения:

$$A(z) = \frac{\int_0^{100z} t^{49} \cdot (1-t)^{-0.5} dt}{\int_0^1 t^{49} \cdot (1-t)^{-0.5} dt} \quad (3)$$

На рис. 1 показан график функции распределения Фишера (3):

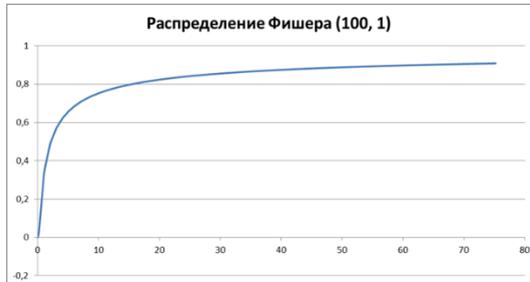


Рисунок 12. Связь объёма полученной информации об объекте защиты с размером затрат для проведения оценки

В связи с зависимостью объёма полученной информации от информационной политики объекта защиты параметр роста функции (первый параметр распределения Фишера) определяется экспертным путем. Он отражает простоту получения информации на самом объекте защиты.

Функция  $V$  в общем виде представлена на рис. 2. Формула функции очень напоминает общий вид бета-распределения, поэтому за основу функции взят именно её график.

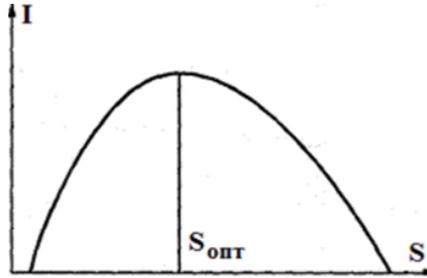


Рисунок 13. Типичный вид зависимости полноты информации от её ценности

График функции может изменяться в случае, если наиболее полезную информацию об объекте защиты можно получить, собрав меньшее или большее количество информации.

Наиболее достоверным фактором, по которому можно судить об изменении характера кривой, является сложность объекта защиты. Для объектов невысокой, средней и высокой сложности параметры распределения соответственно равны: 1)  $\alpha = 1,4$ ,  $\beta = 2,1$ ; 2)  $\alpha = 1,7$ ,  $\beta = 2,1$ ; 3)  $\alpha = 2,5$ ;  $\beta = 2,1$ , свободный член равен  $-0,1$ .

Показателем ценности служит отношение объема полученной о системе информации к ее предполагаемому объему при учете неоднородной ценности (значимости) информации:

$$G(u) = \frac{2}{3} \cdot \frac{u^{(a-1)} \cdot (1-u)^{(c-1)}}{\int_0^1 q^{(a-1)} \cdot (1-q)^{(c-1)} dq} \quad (4)$$

$$V(u) = \frac{\int_0^u G(u) du}{\int G(u) du} \quad (5)$$

Бета-функцией  $G(u)$  моделируется изменение значимости новой информации. Общий показатель значимости информации  $V(u)$  получается делением интеграла всей полученной значимости на всю возможную значимость информации о системе. Посредством коэффициента  $2/3$  реализуется нормировка бета-распределения.

Для функции  $P(u)$  набор (100, 100) является наиболее удачным, так как он ограничивает и рост функции, и рост аргумента справа:

$$P(u) = \int_0^{\frac{100u}{(u+1)}} t^{49} \cdot (1-t)^{49} dt \quad (6)$$

Здесь  $P(u)$  является комбинацией распределения Фишера и неполной бета-функции при степенях свободы равных 100.

Критерием оптимизации служит сумма  $z$ , затраченная на оценку. Она должна быть выражена через вышеприведенные функции:

$$A(z) = \frac{\int_0^{\frac{100z}{100z+0.5}} t^{49} \cdot (1-t)^{-0.5} dt}{\int_0^1 t^{49} \cdot (1-t)^{-0.5} dt} \quad (7)$$

$$G(u) = \frac{2}{3} \cdot \frac{u^{(a-1)} \cdot (1-u)^{(c-1)}}{\int_0^1 q^{(a-1)} \cdot (1-q)^{(c-1)} dq} \quad (8)$$

$$V(u) = \frac{\int_0^u G(u) du}{\int G(u) du} \quad (9)$$

$$P(u) = \int_0^{\frac{100u}{100 \cdot (u+1)}} t^{49} \cdot (1-t)^{49} dt \quad (10)$$

$$f = P(V(A(z))) \quad (11)$$

Задача оптимизации заключается в следующем: необходимо найти такой параметр  $z$ , чтобы:

$$\left\{ \begin{array}{l} z = X^{-1} \left( M^{-1} \left( F^{-1} (f) \right) \right) \\ z \rightarrow \min \\ f \geq y \end{array} \right. , \quad (12)$$

где  $y$  – точность оценки (по умолчанию равно 0,95).

#### Список источников

1. Воронцовский, А. В. Управление рисками : учебник и практикум для вузов / А. В. Воронцовский. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 485 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-12206-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/511534> (дата обращения: 15.04.2024).

2. Методика оценки угроз информационной безопасности: методический документ Федеральной службы по техническому и экспортному контролю [05.02.2021] – Доступ с официального сайта ФСТЭК РФ. – Текст: электронный.

3. ГОСТ Р 59516-2021. Информационные технологии. Менеджмент информационной безопасности. Правила страхования рисков информационной безопасности.

4. Скрыпников, А.В. Проектирование и защита компьютерных сетей / А.В. Скрыпников, Д.В. Арапов, И.А. Высоцкая, В.В. Денисенко, А.А. Берестовой. Практикум / Воронеж, 2023.

5. Скрыпников, А.В. Защита WEB-приложений / А.В. Скрыпников, Д.В. Арапов, В.В. Денисенко, Т.Д. Герасимова / Воронеж, 2020.

6. Арапов, Д.В. Разработка и защита баз данных / Д.В. Арапов, А.В. Скрыпников, В.В. Денисенко, И.А. Высоцкая. Учебное пособие по дисциплине "СУБД Oracle" / Воронеж, 2020.

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НЕЙРОСЕТЕВОГО  
ПОДХОДА В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ И  
ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ  
ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ В СИСТЕМЕ  
ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

*Мальцев М. В., Мальцев В. М. (УБ-32)*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»,  
г. Воронеж, Россия*

Использование данных о состоянии питьевого водоснабжения и заболеваемости населения, связанной с водным фактором, на примере территории Воронежской области, с учётом её региональных особенностей позволяет сформировать поток информации во входные нейроны по трем блокам показателей, а именно:

Блок 1: обеспеченность населения централизованным водоснабжением (входные показатели X1-X6):

- показатели обеспеченности населения централизованным и нецентрализованным водоснабжением, а также питьевой водой, которая не исследовалась (отсутствуют точки мониторинга) – численность населения и удельный вес показателя в долях единицы в разрезе 32 муниципальных образований и городского округа город Воронеж.

Блок 2: показатели качества воды, которые подразделяются на исходные и расчетные по контрольным точкам водопроводной сети и источникам, далее группируемые по 32 муниципальным образованиям и городскому округу город Воронеж (входные показатели X7-X17).

Исходные показатели:

- санитарно-химические показатели (8 показателей): концентрации железа, мг/дм<sup>3</sup>; марганца, мг/дм<sup>3</sup>; нитратов, мг/дм<sup>3</sup>;



- дизентерия Флекснера, сумма ОКИ, ОКИ установленной этиологии, ОКИ неустановленной этиологии, вирусные гепатиты А и Е (абс. и на 100 тыс. населения);

- уролитиаз (мочекаменная болезнь), болезни кожи и подкожной клетчатки (случаев на 1000 населения), метгемоглобинемия (абс. число случаев).

Маркировка исходных данных по отдельным показателям Х1-Х27. Входная информация сгруппирована по трём блокам «Показатели обеспеченности», «Показатели качества питьевой воды», «Заболеваемость населения, вероятно обусловленная водным фактором».

Для решения поставленной задачи принимается топология нейронной сети, состоящая из четырехслойного персептрона, включающего 3 блока входных нейронов (слой 0вх) в соответствии с этапом сбора данных, два внутренних слоя (1вн, 2вн) по 9 и 3 скрытым нейронам соответственно, и выходной слой (3вых), состоящий из выходного нейрона, обеспечивающего выход информации, характеризующей уровень обеспечения гигиенической безопасности питьевого водопользования и суммарный риск по совокупности показателей на каждой административной территории для последующего обоснования решений по обеспечению безопасности питьевого водопользования населения (рисунок 2).

Входные нейроны (0 слой) соединены синапсами с каждым из внутренних нейронов слоя 1вн.

Рассмотрим функции внутреннего нейронного слоя 1вн.

Информация об обеспеченности населения питьевой водой (Блок 1, Х1-Х6) формализуется в долях единицы для каждого вида (централизованное, нецентрализованное, вода не исследовалась).

Информация, характеризующая качество питьевой воды (Блок 2, Х7-Х17) обрабатывается в первом внутреннем (скрытом) слое 1вн, т.е. для последующего анализа будут отфильтрованы данные, согласно условиям, предлагаемым для обучения нейронной сети: 1) по факту превышения гигиенического норматива; 2) по факту превышения показателей безопасного не канцерогенного риска ( $HQ > 1$  и (или)  $HI > 1$ ).

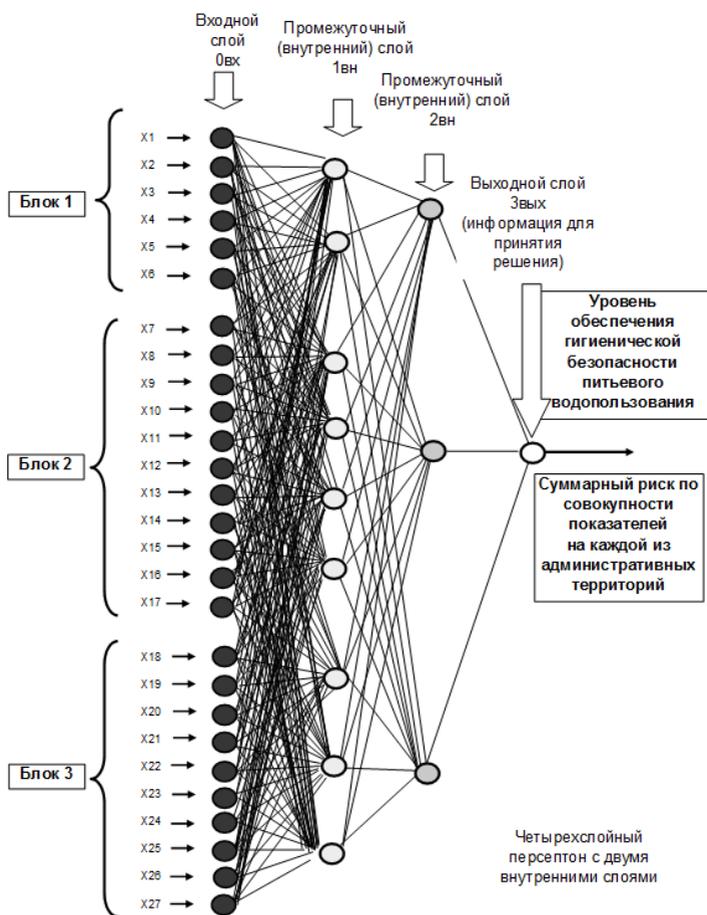


Рисунок 2. Топология нейронной сети для решения задачи оценки качества питьевой воды и эффективности реализации профилактических мероприятий в системе хозяйственно-питьевого водоснабжения

Формализация происходит по принципу: 0 – отсутствуют факты превышения гигиенического норматива и риск на уровне безопасной величины; 1 – имеется факт превышения гигиенического норматива и величины безопасного риска.

Информация о заболеваемости населения (Блок 3, X18-X27) формализуется в безразмерных величинах относительно среднего многолетнего уровня заболеваемости (СМУ) по всей территории (0 – ниже данного уровня, нет опасений, 1 – выше данного уровня, т.е. есть опасения), за исключением случаев метгемоглобинемии из-за их единичности.

Для случаев метгемоглобинемии в безразмерных величинах формализуется факт случая на территории (0 – отсутствовал, 1 – регистрировался).

Нейроны слоя 1вн обеспечивают следующие функции: обработка и определение весовых коэффициентов показателей обеспеченности населения водой; обработка и определение весовых коэффициентов санитарно-химических показателей качества воды; обработка и определение весовых коэффициентов микробиологических показателей качества воды; обработка и определение весовых коэффициентов уровня заболеваемости населения, вероятно связанной с водным фактором. Блоки исходной информации (нейроны входной информации) связаны с каждым нейроном слоя 1вн синапсами.

Рассмотрим функции второго внутреннего слоя нейронов 2вн.

Нейроны слоя 2вн обеспечивают функции анализа и кластеризации уровня риска (неблагополучия) на конкретной территории с учетом принципов и правил выделения приоритетов, которые определены для этапа тренировки модели нейросети.

#### Список источников

1. Механтьев И.И. Нейросетевой подход в оценке эффективности реализации мероприятий по обеспечению гигиенической безопасности в системе хозяйственно-питьевого водоснабжения // Сборник научных статей по итогам VII межвузовской научно-практической конференции «Гигиенические, эпидемиологические и экологические аспекты профилактики заболеваемости на региональном уровне», посвященной 100-летию со дня основания санитарно-эпидемиологической службы Российской Федерации – Воронеж: ООО «Цифровая полиграфия», 2022. – С.71-79.

**АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ОБ УРОВНЕ  
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

*Мальцев М. В., Меерсон М. В.*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»,  
г. Воронеж, Россия*

Поскольку мониторинг представляет собой систему повторных наблюдений показателей состояния окружающей среды в пространстве и во времени, то в нем нашли широкое применение статистические характеристики, которые используются в алгоритме обработки и анализа данных.

По каждой из баз данных по отдельному показателю рассчитывается:

а) среднее арифметическое значение концентрации примеси за период по точке контроля или в целом по территории (1)

$$C_{cp} = \sum_{i=1}^n (C_i) / n, \quad (1)$$

где

$i$  - порядковый номер замера (результата анализа);

$n$  - число замеров;

$C_i$  - концентрация вещества в  $i$ -ом замере, для атмосферного воздуха - мг/м<sup>3</sup>, для воды - мг/дм<sup>3</sup>; для почвы - мг/кг;

б) среднее квадратическое отклонение результатов измерений от среднего арифметического (2)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - C_{cp})^2}{n - 1}}, \quad (2)$$

где  $i$  - порядковый номер замера (результата анализа);

$n$  - число замеров;

$C_i$  - концентрация вещества в  $i$ -ом замере, для атмосферного воздуха - мг/м<sup>3</sup>, для воды - мг/дм<sup>3</sup>; для почвы - мг/кг;

$K_{cp}$  – среднее арифметическое значение концентрации;

в) средняя кратность превышения ПДК (3)

$$K_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n \cdot ПДК_i}, \quad (3)$$

где  $K_{cp}$  - средняя кратность превышения ПДК;

$C_i$  - концентрация, для атмосферного воздуха - мг/м<sup>3</sup>, для воды - мг/дм<sup>3</sup>; для почвы - мг/кг;

$n$  - число анализов;

$ПДК_i$  - предельно допустимая концентрация, для атмосферного воздуха - мг/м<sup>3</sup>, для воды - мг/дм<sup>3</sup>; для почвы - мг/кг;  
- максимальное значение концентрации примеси;

г) максимальная кратность превышения ПДК (4)

$$K_{max} = \frac{C_{i\max}}{ПДК_i}, \quad (4)$$

где  $C_{i\max}$  - максимальная концентрация  $i$ -го вещества за период по точке контроля или в целом по территории, для атмосферного воздуха - мг/м<sup>3</sup>, для воды - мг/дм<sup>3</sup>; для почвы - мг/кг;

$n$  - число анализов;

$ПДК_i$  - предельно допустимая концентрация, для атмосферного воздуха - мг/м<sup>3</sup>, для воды - мг/дм<sup>3</sup>; для почвы - мг/кг;

д) удельный вес результатов анализа с превышением ПДК, рассчитываемый по формуле (5)

$$УВ = (n/N) \cdot 100\%, \quad (5)$$

где  $n$  - число результатов анализа, в которых имело место превышение ПДК;

$N$  – общее число анализов.

При анализе данных используются также комплексные характеристики. Для оценки суммарного загрязнения атмосферы применяют следующие комплексные характеристики:

а) комплексный индекс загрязнения атмосферы несколькими веществами (ИЗА), рассчитываемый по формуле (6)

$$ИЗА = \sum_{j=1}^m I_j, \quad (6)$$

где  $j$  - порядковый номер вещества;

$m$  - число веществ;

$I_j$  - индекс загрязнения атмосферы отдельной примесью (парциальный ИЗА).

Индекс загрязнения атмосферы отдельной примесью (парциальный ИЗА), безразмерный (7)

$$I_j = \left[ \frac{C_{cp(j)}}{ПДК_j} \right]^{k_j}, \quad (7)$$

где  $C_{cp(j)}$  - средняя концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества;

$ПДК_j$  - среднесуточная ПДК  $i$ -го загрязняющего вещества;

$k_j$  - константа, принимающая значения 1,5; 1,3; 1,0; 0,85 для соответственно 1, 2, 3 и 4-го классов опасности веществ, позволяющая привести степень вредности  $i$ -го вещества к степени вредности вещества 3 класса опасности;

Полученный таким образом ИЗА показывает, во сколько раз суммарный уровень загрязнения воздуха несколькими веществами превышает ПДК вещества 3 класса опасности.

Комплексный показатель загрязнения атмосферы ( $K_{атм}$ ), рассчитываемый по формуле К.А. Буштуевой (8)

$$K_{атм} = \left( \frac{C_1}{N_1 \cdot ПДК_{C_1}} + \frac{C_2}{N_2 \cdot ПДК_{C_2}} + \dots + \frac{C_n}{N_n \cdot ПДК_{C_n}} \right) \cdot t, \quad (8)$$

где  $C_1, C_2, \dots, C_n$  - среднесуточные концентрации отдельных компонентов загрязнения, присутствующих в атмосферном воздухе;

$ПДК_{C_1}, ПДК_{C_2}, \dots, ПДК_{C_n}$  - среднесуточная предельно допустимая концентрация (ПДК) компонентов загрязнения атмосферы;

$N$  - коэффициент, величина которого зависит от класса опасности вещества и равна для 1-го класса - 1; для 2-го класса 1,5; для 3-го класса - 2; для 4-го класса - 4;

$t$  - доля времени воздействия суммы загрязнений  $C_1, C_2, \dots, C_N$  с учетом повторяемости направлений ветров за год;  $t$  рассчитывается по формуле (9)

$$t = P / P_0, \quad (9)$$

где  $P$  – среднегодовая повторяемость направления ветров по румбу (%) со стороны источника загрязнения на жилую зону,  $P_0$  равен 12,5 (процент повторяемости направления ветров одного румба при круговой розе ветров).

Чтобы оценить состояние загрязнения воздуха, т.е. определить, является ли уровень загрязнения данным веществом высоким или низким, необходимо перечисленные характеристики или каждый из результатов наблюдений сравнить с некоторым критерием. Критериями могут быть аналогичные уровни загрязнения в других городах, средние для каких-либо групп городов или непосредственно санитарно-гигиенические показатели качества воздуха.

Из комплексных показателей, характеризующих качество воды, применяют индекс загрязнения воды (ИЗВ) (10)

$$ИЗВ = \sum_{i=1}^n K_i, \quad (10)$$

где  $n$  - число веществ;

$K_i$  - кратность превышения ПДК 1-го вещества.

Причем, при его расчете следует учитывать, что химические вещества в воде нормируются по органолептическому и санитарно-токсикологическому признаку.

Для характеристики степени загрязненности почвы используют суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ ):

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_i - (n - 1), \quad (11)$$

где  $n$  - число суммируемых веществ.

$K_i$  - коэффициент концентрации химического вещества, который является отношением его реального содержания в почве ( $C_i, \text{мг/кг}$ ) к ПДК ( $\text{ПДК}_i$ ) (12)

$$K_c = \frac{C}{C_{ПДК}}. \quad (12)$$

При оценке суммарного загрязнения почвенного покрова при числе веществ менее 8 используется безразмерный показатель (СПЗ) (13)

$$СПЗ = \sum_{i=1}^n C_i / ПДК_i, \quad (13)$$

где  $C_i$  - концентрация  $i$ -го ингредиента в почве, мг/кг почвы;

$ПДК_i$  - предельно допустимая концентрация  $i$ -го ингредиента в почве, мг/кг почвы;

$n$  - число учитываемых ингредиентов.

Помимо статистических и комплексных характеристик в анализе информации используют формулы оценки не канцерогенного и канцерогенного риска для здоровья населения, которые приведены в Р 2.1.10.3968-23 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [1].

Для решения задач оценки уровня загрязнения окружающей среды и заболеваемости населения, связанной с воздействием техногенных факторов перспективным, является также применение нейросетевого алгоритма, реализованного в программном продукте Fuzzy ARTMAP.

#### Список источников

1. Р 2.1.10.3968-23 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (Утв. Роспотребнадзором 05.09.23) [<https://base.garant.ru/408644981/>].

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ЗДАНИЙ

*Копысова Е.В., Шлеймович М.П.*

*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»,  
г. Казань, Россия*

*Аннотация: В статье рассматривается проблема низкой точности оценки качества информационных моделей зданий, основанной на экспертном анализе результатов автоматических тестов в специализированном программном обеспечении. Представлен метод оценки качества информационных моделей зданий с использованием алгоритма градиентного бустинга. Результаты эксперимента демонстрируют потенциал использования машинного обучения для повышения объективности и оценки качества информационных моделей.*

*Статья будет полезна специалистам в области BIM-технологий.*

### Введение

Современные строительные проекты становятся все более сложными, что требует применения технологий автоматизации для управления данными и контроля качества. Одной из таких технологий является Building Information Modeling (BIM) — цифровая модель, которая позволяет проектировать, строить и управлять объектами на протяжении их жизненного цикла [1-2]. В связи с ростом объема и сложности различных типов данных возникает необходимость привлечения новых методов оценки качества информационных моделей и автоматизации данного процесса. В этом контексте машинное обучение (ML) и искусственный интеллект (AI) играют ключевую роль, так как они

обеспечивают возможность обработки и анализа больших объемов информации с высокой точностью [3-4].

В настоящее время оценка соответствия информационных моделей зданий техническому заданию осуществляется на основе экспертного анализа результатов автоматических тестов по определенному набору критериев. Однако из-за участия эксперта в процессе оценки она может затрачивать относительно большой временной ресурс и носить субъективный характер.

Применение алгоритма «CatBoost» для автоматизированного подсчета процента готовности BIM-модели

CatBoost (Categorical Boosting) — это алгоритм градиентного бустинга, разработанный компанией Яндекс для работы с категорическими данными, который может быть эффективно применен для задачи автоматизированного подсчета процента готовности (качества) BIM-модели [5].

Преимущества CatBoost для задач автоматизированной оценки BIM-моделей:

Эффективная работа с категориальными признаками: BIM-модели содержат большое количество категориальных данных, типов объектов (колонны, стены, двери и т.д.), типов ошибок и замечаний. CatBoost эффективно обрабатывает данные без необходимости предварительной ручной кодировки.

CatBoost решает проблему переобучения, которая часто возникает при работе с градиентным бустингом, за счет использования специальных алгоритмов построения деревьев и метода предсказаний, которые уменьшают смещения на этапах построения модели [6].

CatBoost демонстрирует высокую точность предсказаний, особенно на больших и сложных наборах данных, что критично для оценки процента готовности модели [7]. С его помощью можно предсказать, насколько точно замечания, собранные в Solibri Model Checker, влияют на общую оценку модели, с учетом их классификации и критичности.

CatBoost может легко интегрироваться с данными о различных типах замечаний, их характеристиках (критичность, локализация), а также временных параметрах, что позволяет

учитывать множество факторов для комплексной оценки качества BIM-модели [8].

Возможности использования CatBoost для оценки готовности BIM-моделей:

CatBoost может использоваться для классификации и ранжирования замечаний, полученных из Solibri или других ПО, по их важности. Это позволит автоматически определять, какие замечания имеют наибольшее влияние на ожидаемый процент готовности проекта. Итоговые экспертные оценки на основании всех обнаруженных ошибок будут служить целевыми переменными в задаче регрессии. Таким образом, система на основе алгоритма сможет предсказывать процент готовности на основе типов замечаний, их количества, критичности и других характеристик проекта [9].

Несмотря на значительные успехи в применении машинного обучения для автоматизации оценки качества информационных моделей зданий (BIM), существует ряд пробелов в исследованиях, которые требуют дальнейшего изучения и усовершенствования.

Одной из ключевых проблем является неоднородность данных, используемых для обучения моделей машинного обучения. BIM данные часто состоят из разрозненных и неструктурированных источников, таких как геометрические данные, параметры материалов, и нормативные документы. Решение этой проблемы требует разработки методов предварительной обработки данных, которые могли бы автоматизировать структурирование данных BIM и их унификацию. Пока большинство исследований направлено на улучшение алгоритмов обучения, вопрос подготовки и очистки данных остается относительно неисследованным.

### Постановка задачи регрессии

Регрессия в машинном обучении — это задача предсказания непрерывной целевой переменной  $y$  на основе множества входных признаков  $X$  [10].

Дана обучающая выборка, состоящая из  $n$  объектов:

$$D = \{(x_i, y_i)\}_{i=1}^n, \quad (1)$$

где  $x_i = [x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{i1m}]$  – вектор признаков для  $i$ -го объекта,  $m$  – количество признаков;

$y_i \in R$  – целевая переменная для  $i$ -го объекта (в данном случае, процент готовности модели здания);

$n$  – количество объектов в выборке.

Цель – на основе обучающей выборки  $D$  (1) построить функцию  $f(x)$ , которая будет предсказывать целевую переменную  $\hat{y}$ :

$$\hat{y} = f(x), \quad (2)$$

где  $\hat{y}$  – предсказанное значение целевой переменной;

$x$  – вектор признаков для объекта.

Задача обучения сводится к нахождению такой функции  $f(x)$ , чтобы минимизировать заданную функцию потерь:

$$L(y_i, f(x_i)). \quad (3)$$

В данном случае, задача минимизации функции потерь (3) выглядит следующим образом:

$$\min \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2. \quad (4)$$

Для нахождения функции  $f(x)$  (2) будем использовать алгоритм машинного обучения CatBoost, который строит модель в виде ансамбля деревьев решений [10].

#### Постановка эксперимента

Для подготовки набора данных для обучения экспериментальной модели необходимо определить источники данных. Датасет должен содержать замечания, собранные из отчетов программного обеспечения для проверки BIM-моделей. Датасет для обучения модели в данной работе будет содержать замечания из отчетов, созданных при помощи Solibri Model Checker [11].

Каждый рассматриваемый проект необходимо связать с общей экспертной оценкой специалиста, которая станет целевой переменной в обучении модели для решения задачи регрессии.

Ошибки необходимо классифицировать, чтобы система понимала вес каждой категории для итогового процента качества. В данной статье будем рассматривать следующие категории

ошибок: «Пересечение AP vs KP», «Пересечение KP vs ИОС» и т.д. Пересечения такого вида могут оказать серьезное влияние на финальную оценку качества рассматриваемого проекта и иметь наиболее высокую степень критичности ошибки [12].

Рассмотрим все признаки, определим, какие из них являются категориальными:

id: уникальный идентификатор строки;

error\_category (object): категориальный признак, содержит категории ошибок (AP, KP);

error\_name (object): описание (название) конкретной ошибки, отнесем к категориальным признакам, так как имеет небольшое количество уникальных значений;

project\_name (object): категориальный признак (имя проекта);

criticality (int64): числовой, но дискретный признак, будем рассматривать его как категориальный, так как признак имеет уникальные значения (1, 2, 3);

remark\_percentage (float64): числовой признак (целевой переменной здесь нет), используется в качестве одного из входных параметров модели;

num\_elements (int64): числовой признак (количество элементов);

project\_score (float64): числовой признак, используется как целевая переменная задачи предсказания;

CatBoost поддерживает обработку категориальных признаков "на лету" [13], будет достаточно указать их через параметр cat\_features, пример программного кода представим на рисунке 1.

```
# Определение категориальных данных
categorical_features = ["error_category", "error_name", "project_name", "criticality"]

cat_features=categorical_features,
```

Рисунок 1 – Определение категориальных данных

Таким образом, набор данных для задачи создания и обучения модели МО был собран, обработан и приведен в подходящий для работы формат.

Создадим объект модели с предустановленными параметрами, который готов к обучению, используя CatBoostRegressor. Зададим параметры модели, такие как вывод подробной информации о процессе обучения, категориальные данные и установим фиксированный случайный seed для воспроизводимости результатов [14].

Обучим модель на обучающих данных посредством метода fit и выполним предсказания. Результаты предсказания оценки качества информационной модели строительного объекта и сравнение с фактической величиной представлены на рисунке 2.

	project_name	actual_score	predicted_score
0	PK1_H1.1_BS1	54.06	54.060495

*Рисунок 2 – Результаты предсказаний*

Оценим качество модели с помощью метрик (MAE, MSE).

Mean Absolute Error (MAE): 0.0061.

Mean Squared Error (MSE): 9.8e-05.

Уровень ошибки очень низок, что говорит о том, что модель предсказывает значения практически идеально.

В качестве дополнительной меры выполним анализ переобучения модели, исследуем метрики точности предсказаний на тестовом и обучающем наборе данных, чтобы исключить «прямое заучивание» данных моделью.

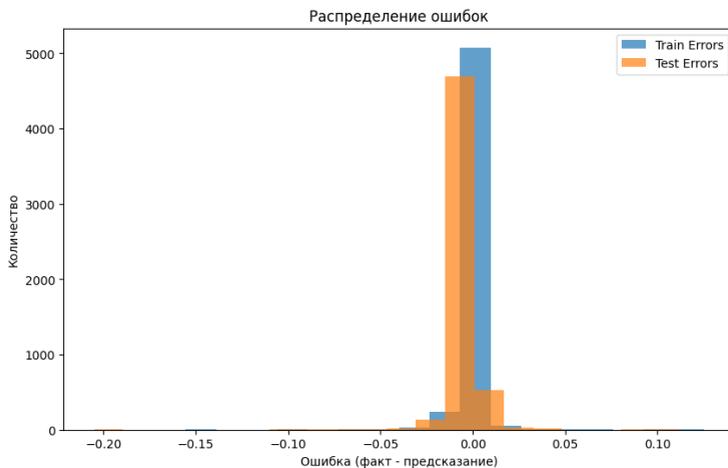
```
=== Обучающий набор ===
MAE (Train): 0.002091251336453836
MSE (Train): 7.70838935039927e-05
R2 (Train): 0.9999957317002752

=== Тестовый набор ===
MAE (Test): 0.002584011715450199
MSE (Test): 0.00011365691517598413
R2 (Test): 0.9999941857889542
```

*Рисунок 3 – Результаты анализа переобучения*

На рисунке 3 видим, что метрика MAE выше на тестовом наборе данных, значит переобучение не выявлено, модель хорошо обобщает данные.

Гистограмма ошибок на обучающем и тестовом наборах (рисунок 4) помогает увидеть, где модель ошибается больше. Плотное распределение ошибок вокруг 0 свидетельствует о хорошей работе модели (рисунок 4).



*Рисунок 4 – Гистограмма ошибок*

По результатам анализа метрик качества можно говорить о том, что модель обучена правильно и предсказывает с высокой точностью.

#### Заключение

В данной статье представлено исследование применения алгоритма машинного обучения «CatBoost» для оценки качества информационных моделей зданий на основе анализа данных автоматических тестов. Выполненный эксперимент показал, что предложенный подход позволяет повысить оперативность оценки, а также минимизировать влияние субъективного экспертного мнения.

#### Список источников

1. Borrmann A. Building information modeling: Why? what? how? – Springer International Publishing, 2018. – С. 1-24.
2. Noardo F. et al. An inspection of IFC models from practice //Applied Sciences. – 2021. – Т. 11. – №. 5. – С. 2232. – DOI: <https://doi.org/10.3390/app11052232>
3. Heidari A., Peyvastehgar Y., Amanzadegan M. A systematic review of the BIM in construction: From smart building management to interoperability of BIM & AI //Architectural Science Review. – 2024. – Т. 67. – №. 3. – С. 237-254. – DOI: <https://doi.org/10.1080/00038628.2023.2243247>

4. Valinejadshoubi M. The development of an automated system for a quality evaluation of engineering BIM models: A case study //Applied Sciences. – 2024. – Т. 14. – №. 8. – С. 3244. – DOI: <https://doi.org/10.3390/app14083244>

5. Hancock J. T., Khoshgoftaar T. M. CatBoost for big data: an interdisciplinary review //Journal of big data. – 2020. – Т. 7. – №. 1. – С. 94. – DOI: <https://doi.org/10.1186/s40537-020-00369-8>

6. Zhou F. Fire prediction based on catboost algorithm //Mathematical Problems in Engineering. – 2021. – Т. 2021. – №. 1. – С. 1929137. – DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/1929137>

7. Prokhorenkova L., Gusev G., Vorobev A. CatBoost: unbiased boosting with categorical features //Advances in neural information processing systems. – 2018. – Т. 31.

8. CatBoost Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://catboost.ai/en/docs/> (дата обращения: 09.10.2024).

9. Solihin W., Eastman C. Classification of rules for automated BIM rule checking development //Automation in construction. – 2015. – Т. 53. – С. 69-82. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.03.003>

10. Шитиков В.К., Мастицкий С.Э. Классификация, регрессия и другие алгоритмы Data Mining с использованием R. – 2017. – 351 с.

11. Solibri: The core product for model checking and collaboration. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.solibri.com/solibri-office> (дата обращения: 09.10.2024).

12. Мишин М. Машинное обучение для BIM: оптимизация процессов и повышение эффективности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vc.ru/u/240856-maksim-mishin/652801-mashinnoe-obuchenie-dlya-bim-optimizaciya-processov-i-povyshenie-effektivnosti> (дата обращения: 15.10.2024).

13. Huang G., Evaluation of CatBoost method for prediction of reference evapotranspiration in humid regions //Journal of Hydrology. – 2019. – Т. 574. – С. 1029-1041. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.04.085>

14. А.В. Кугаевских, Д.И. Муромцев, О.В. Кирсанова. Классические методы машинного обучения. – СПб: Университет ИТМО, 2022. – 53 с.

## СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

*Тимерханова Л. И., Сандаков В.Д.*

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический  
университет»,  
г. Казань, Россия*

Современные способы получения электрической энергии представляют собой разнообразный спектр технологий, каждая из которых имеет свои особенности, преимущества и недостатки. В эпоху растущей потребности в энергии и усиливающейся обеспокоенности по поводу экологического воздействия, индустрия электроэнергетики активно развивает и оптимизирует различные методы генерации электроэнергии.

Тепловые электростанции (ТЭС) остаются одним из основных способов производства электроэнергии. В 2021 году они обеспечили около 62% мировой электроэнергии, работая на органическом топливе таком как природный газ, уголь, мазут, торф [1]. Принцип работы ТЭС основан на преобразовании тепловой энергии в механическую, а затем в электрическую. Нагретая в котле вода превращается в пар, который подается в паровую турбину, вращающую электрогенератор. Хотя ТЭС имеют относительно небольшие затраты на строительство и обслуживание, они сильно загрязняют окружающую среду, выбрасывая большие объемы углекислого газа и других вредных веществ. Гидроэлектростанции (ГЭС) используют кинетическую энергию водного потока для производства электроэнергии. ГЭС являются одними из крупнейших источников возобновляемой энергии, обеспечивая около одной шестой всей мировой электроэнергии. Большая часть мировой гидроэнергии производится в странах с значительным гидропотенциалом, таких как Бразилия, США, Китай, Канада и Россия [2]. Атомные электростанции (АЭС) используют ядерную реакцию для

производства тепловой энергии, которая затем преобразуется в электрическую. Принцип работы АЭС аналогичен ТЭС, но вместо сжигания органического топлива, тепловая энергия выделяется в результате ядерной реакции в ядерном реакторе. АЭС сосредоточены в основном в Европе, Северной Америке и Азиатско-Тихоокеанском регионе, и они обеспечивают значительную часть электроэнергии в этих регионах [3]. АЭС характеризуются высокой эффективностью и относительной экологичностью, но они также сопряжены с рисками утилизации радиоактивных отходов и потенциальными катастрофическими последствиями при авариях. Солнечная энергетика является одним из самых перспективных направлений в области возобновляемой энергии. Солнечные батареи преобразуют солнечный свет непосредственно в электричество через фотоэлектрический эффект. Хотя солнечная энергия бесплатна и имеется в изобилии, крупномасштабное производство электроэнергии на солнечных электростанциях пока обходится дороже, чем традиционные методы, из-за высокой стоимости солнечных батарей. Однако, стоимость солнечных батарей постоянно снижается, и современные коммерческие батареи достигают КПД преобразования почти 30% [4]. Кроме традиционных солнечных батарей, существуют и более инновационные методы, такие как концентрирующие солнечные электростанции (СЭС), которые используют зеркала для концентрирования солнечных лучей на приемнике, нагревающего рабочую жидкость и производящего пар для вращения турбины. Ветроэнергетика является одним из наиболее освоенных способов получения электроэнергии из возобновляемых источников. Ветряные турбины используют кинетическую энергию ветра для вращения ротора, который приводит в движение электрогенератор. Современные ветряные мельницы могут самостоятельно подстраиваться под условия для достижения максимальной эффективности. Хотя ветроэнергетика имеет свои ограничения, связанные с переменчивостью ветра, она стала значительным вкладчиком в мировой энергетический баланс.

Энергия приливов и отливов представляет собой еще один перспективный источник возобновляемой энергии. Эта

технология использует энергию морских приливов и отливов для вращения турбин, которые производят электричество. Хотя этот метод пока не широко распространен из-за высоких затрат и сложностей внедрения, он имеет потенциал стать более значимым в будущем. Океаническая тепловая энергетика (ОТЭС) использует разницу температур между поверхностными и глубинными слоями океана для производства электроэнергии. В системах открытого цикла, прогревая солнцем океаническая вода превращается в пар в камере с низким давлением, который затем запускает турбину. В системах закрытого цикла, теплая вода испаряет рабочую жидкость, циркулирующую по замкнутой системе трубок. ОТЭС особенно перспективны для тропических регионов, но также планируется их использование в Арктике, где они будут работать за счет разницы температур подледного слоя воды и воздуха.

Помимо традиционных и альтернативных методов, существуют и более инновационные и необычные способы получения электроэнергии. Например, солнечные паруса, которые используют солнечную энергию для нагрева воздуха, который затем выдувается через турбину, производя электричество. Другой пример — минигенераторы из древесины, которые преобразуют химическую энергию древесины в электрическую через процесс горения и последующее преобразование тепла в электричество [5].

Современная электроэнергетика характеризуется стремлением к увеличению эффективности и снижению воздействия на окружающую среду. Устойчивое развитие и переход к возобновляемым источникам энергии становятся все более важными направлениями. В России, например, продолжается эксплуатация и развитие атомных электростанций, а также оптимизация существующих производств, хотя частные предприятия и лица уже начали использовать альтернативные методы, такие как солнечные батареи. В заключение, современные способы получения электрической энергии представляют собой сложный и разнообразный ландшафт, включающий как традиционные, так и альтернативные методы. Понимание преимуществ и недостатков каждого метода позволяет нам

двигаться вперед в направлении более устойчивого и эффективного энергетического будущего.

#### Список литературы

1. Отчет о функционировании ЕЭС в 2020 году. URL: [https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2021/ups\\_reppdf](https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2021/ups_reppdf) (дата обращения: 08.11.2024).
2. Статистический ежегодник мировой энергетики 2020. URL: <https://yearbook.enerdata.ru/renewables/renewable-in-electricity-production-share.html> (дата обращения: 08.11.2024).
3. Панкратьева, С.Г., Резак, Е.В. Проблемы развития возобновляемых источников энергии в энергетической системе регионов России (на материалах Хабаровского края) // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. - 2021 - № 3.
4. Новая энергетическая политика России / под общ. ред. Ю.К. Шафраника. - М.: Энергоатомиздат, 2022. -С. 112.
5. Возобновляемая энергетика и рабочие места. Ежегодный обзор за 2020/ Отчет IRENA. URL: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Sep/Key\\_Findings\\_Jobs\\_Review\\_2020\\_RU.pdf?la=en&hash=DB49345C378E61214D197BA5FED1729AD36633F7](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Sep/Key_Findings_Jobs_Review_2020_RU.pdf?la=en&hash=DB49345C378E61214D197BA5FED1729AD36633F7) (дата обращения: 08.11.2024).

## **ОБРАБОТКА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ И ПОЛУЧЕНИЕ ДАННЫХ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ СОНЛИВОСТИ ЧЕЛОВЕКА**

*Курбанов Б., Катасёв А.С.*

*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»,  
г. Казань, Россия*

Сонливость человека является распространенной причиной многих проблем в таких областях, как транспорт, здравоохранение и производство. Состояние сонливости может существенно повлиять на производительность труда, безопасность и общее состояние здоровья. Поэтому актуально своевременное определение сонливости человека в этих предметных областях.

Существуют различные методы определения сонливости [1]. Один из таких методов – электроэнцефалография, применяемая для измерения электрической активности головного мозга. При сонливости наблюдается увеличение активности тета-волн, что указывает на сонливость человека. Также применяют тесты на внимание, где замедление реакции и снижение концентрации в процессе выполнения задания свидетельствуют о состоянии сонливости. Существует еще один метод – анализ частоты сердечных сокращений и вариабельность сердечного ритма.

Однако указанные методы имеют свои ограничения. В частности, они часто требуют или прямого вмешательства другого человека (оператора, медицинского работника), или использования специальных дорогостоящих и недоступных для широкого применения приборов, что влияет на качество и возможность оперативного определения состояния сонливости.

Современные достижения в области искусственного интеллекта, в частности, нейронных сетей [2, 3] и компьютерного зрения [4], позволяют разрабатывать эффективные и доступные

методы определения состояния сонливости человека. Одним из таких методов является визуальный нейросетевой анализ его лица на видеоизображениях и таких характеристик лица, как частота моргания, частота зевания и др. Тем не менее, без качественных, правильно подготовленных и размеченных данных невозможно построить эффективную нейросетевую модель. Таким образом, имея набор видеопоследовательностей, характеризующих состояния сонливости и бодрости человека, необходимо выполнить их предварительную обработку и получить готовые данные, пригодные для обучения нейронной сети. Рассмотрим предлагаемый подход, используемый для решения этой актуальной задачи.

В работе для исследования выбран набор данных «SUST Driver Drowsiness Dataset» из открытого источника Kaggle [5]. Набор содержит 2200 видеоизображений водителей в состоянии сонливости и бодрствования. Каждый видеофайл состоит из 250 кадров и снят в условиях, максимально приближенных к реальной ситуации управления транспортным средством. Также набор данных включает водителей из разных этнических групп с различными аксессуарами на лице. Таким образом, набор «SUST Driver Drowsiness Dataset» представляет собой исходные данные для анализа и дальнейших исследований и разработок в области автоматического определения сонливости человека с применением моделей нейронных сетей и методов компьютерного зрения.

Для анализа и построения нейросетевой модели необходимы числовые значения, описывающие признаки сонливости человека. Согласно некоторым исследованиям [6], такими признаками являются частота морганий, частота зеваний, а также степень закрытия глаз и открытия рта.

Частота морганий является одним из заметных признаков сонливости. Значение этого признака может уменьшаться, когда человек находится в состоянии сонливости. Это связано с уменьшением активности нервной системы, так как организм начинает «затормаживать» некоторые физиологические функции. Зевота также является характерным признаком сонливости. Она часто появляется как следствие нехватки кислорода или

напряжения в организме, связанного с желанием перейти в состояние покоя или сна. Значение этого признака увеличивается, когда человек начинает входить в состояние сонливости. Степень закрытия глаз и открытия рта также динамично изменяются при различных состояниях человека. Когда он находится в состоянии сонливости, его веки опускаются. При этом появляется частая зевота.

В работе для извлечения числовых значений описанных признаков использована библиотека обработки видеоизображений MediaPipe. Она позволяет обнаруживать на видеоизображениях лица 468 его ключевых точек. В рамках выполненного исследования использованы точки, описывающие контуры глаз и рта. С помощью этих можно вычислялась степень закрытия глаз. Для этого использовалась формула EAR (Eye Aspect Ratio):

$$EAR = \frac{d1 + d2}{2 * d3},$$

где  $d1$  – расстояние между верхними и нижними границами глаза,  $d2$  – расстояние между левыми и правыми границами глаза,  $d3$  – расстояние между верхней и нижней частью глаза.

А также, для вычисления степени открытия рта использовалась формула MAR (Mouth Aspect Ratio):

$$MAR = \frac{d4}{d5},$$

где  $d4$  – вертикальное расстояние между верхними и нижними точками рта,  $d5$  – горизонтальное расстояние между углами рта.

На основе полученных значений EAR и MAR рассчитывалась частота моргания и зевания.

С применением описанных формул и библиотеки MediaPipe реализована программа для извлечения числовых признаков сонливости человека. Программа работает следующим образом:

- 1) для каждого видеофайла извлекаются координаты лицевых точек с помощью библиотеки MediaPipe;
- 2) рассчитываются значения параметров EAR и MAR с последующим их усреднением;
- 3) определяется наличие моргания и зевания для отслеживания их частоты;

4) все извлеченные признаки сохраняются в CSV-файл для последующего нейросетевого моделирования и определения состояния сонливости человека.

На рисунке 1 представлен фрагмент полученного набора данных для нейросетевого моделирования.

Сред. EAR	Сред. MAR	Моргания	Зевки	Состояние (0 - бодрствование, 1 - сонливость)
-0,59	-9,38	11	0	1
-0,59	-9,38	11	0	0
-1,92	-8,38	13	0	1
-1,92	-8,38	13	0	0
-0,27	-6,12	10	0	1
-0,27	-6,12	10	0	0
-3,63	-5,58	1	0	1
-3,63	-5,58	1	0	0
-1,98	-5,47	19	0	1
-1,98	-5,47	19	0	0
1,16	-5,41	9	0	1
1,16	-5,41	9	0	0
-4,40	-5,38	2	0	1
-4,40	-5,38	2	0	0
-0,41	-5,20	19	4	1
-0,41	-5,20	19	0	0
-0,16	-5,20	28	0	1
-0,16	-5,20	28	0	0
-1,19	-5,17	13	0	1
-1,19	-5,17	13	0	0
-4,45	-5,05	19	0	1

Рис. 1. Набор данных из CSV файла

Далее для оценки возможности определения состояния сонливости человека на основе полученных данных построена нейросетевая модель в виде однослойного персептрона с 10 нейронами в скрытом слое. Для обучения модели использовано 70% данных, а для тестирования – 30%. Моделирование производилось на базе аналитической платформы Deductor [7]. Построенная модель достигла 87% точности на обучающих

данных и 85% – на тестовых, что является приемлемым результатом.

Таким образом, в ходе проведенного исследования разработана программа для извлечения из видеоизображений признаков сонливости человека, получены данные для моделирования, построена нейросетевая модель, показавшая приемлемые результаты классификации. В дальнейшем на основе полученных данных планируется построение и сравнение других моделей классификации, в частности нечеткой нейронной сети. Это должно позволить не только улучшить точность определения сонливости, но и выбрать более гибкую, точную и доступную для программной реализации модель и ее дальнейшей интеграции в различные системы контроля состоянием сонливости человека.

#### Список литературы

1. Нигрей А.А., Жумажанова С.С., Сулавко А.Е. Методы автоматической оценки психофизиологического состояния человека по параметрам электроэнцефалограмм (обзор) // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2020. – Т. 23, № 1. – С. 21-34.
2. Воробьева Ю.Н., Катасёва Д.В., Катасёв А.С., Кирпичников А.П. Нейросетевая модель выявления DDOS-атак // Вестник Технологического университета. – 2018. – Т. 21, № 2. – С. 94-98.
3. Киселев Н.С., Ушаков Е.Д. Использование сверточных нейронных сетей в системе распознавания сонливости водителя // Оригинальные исследования. – 2022. – Т. 12, № 4. – С. 271-277.
4. Набиев Т.Р. Применение методов компьютерного зрения для обнаружения и отслеживания дронов на видео // Процессы управления и устойчивость. – 2024. – Т. 11, № 1. – С. 226-230.
5. Kavalci Yilmaz E., Akcayol M.A. SUST-DDD: A real-drive dataset for driver drowsiness detection // Conference of Open Innovations Association, FRUCT. – 2022. – No. 31. – P. 416-421.
6. Lu X., Song Yu., Chen B., Liu X. A novel deep learning based multi-feature fusion method for drowsy driving detection // Промышленность и сельское хозяйство. – 2022. – № 9 (50). – С. 34-49.

7. Сибгатуллин А.А., Катасёв А.С. Интеллектуальные модели оценки функционального состояния водителей в системах транспортной безопасности // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25, № 12. – С. 139-143.

**УДК. 004.021:519.6**

**ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ  
РЕШЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА  
ТРОПИЧЕСКОГО ЦИКЛОНА, СОЗДАННОГО С УЧЁТОМ  
СФЕРИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ ЗЕМЛИ**

*<sup>2</sup>Шкерин А.Л., <sup>1,2</sup>Калач А.В., <sup>3</sup>Тростянский С.Н.,  
<sup>2</sup>Кузнецова К.А.*

*<sup>1</sup>МИРЭА — Российский технологический университет,  
г. Москва, Россия*

*<sup>2</sup>Воронежский институт ФСИИ России, г. Воронеж, Россия,*

*<sup>3</sup>Воронежский государственный технический университет, г.  
Воронеж, Россия,*

**Аннотация**

В работе рассматривается численное моделирование тропических циклонов на основе методов «цифрового двойника» с акцентом на использовании сферической координатной сетки, а также на адаптивной неравномерной сетке. Предлагаемый подход позволяет учесть кривизну Земли при моделировании движения и эволюции циклона, что повышает точность прогноза и способствует принятию более взвешенных управленческих решений в чрезвычайных ситуациях.

**Введение**

Проблема поддержки принятия решений при прогнозировании действия по предотвращению многих тропических явлений является острой проблемой ввиду большого

числа факторов и переменных требуемых предсказания для анализа и дальнейшего принятия решений.

Одним из таких объектов являются тропические циклоны, которые представляют собой угрозу как для промышленности государств, так и для обычных граждан прибрежных и островных поселений.

Своевременное реагирование способно предотвратить потенциальные катастрофические разрушения, однако задача прогнозирования параметров таких явлений, в случае тропического циклона: траектория его движения, скорость ветра внутри тропического циклона, давление и многие другие параметры. На сегодняшний день в метеорологии используются сложные трёхмерные глобальные модели атмосферы (например, ECMWF или GFS), однако для оперативных и локальных задач имеет смысл прибегать к менее детализированным моделям в целях повышения скорости реагирования, в данной работе рассматривается цифровой дневник тропического циклона.

Разрабатываемая модель цифрового двойника тропического циклона — это модель, которая стремится в реальном времени прогнозировать параметры исследуемого циклона по его известным данным с целью приблизиться к текущему состоянию циклона, в том числе используя данные наблюдений локальных ведомств.

Подобные подходы служат инструментом поддержки принятия решений: к примеру, своевременно смоделировать и спрогнозировать несколько потенциальных версий развития изучаемого шторма и выбрать оптимальные меры защиты в зависимости от вероятности происшествия конкретного варианта.

Одной из ключевых проблем, мешающей более точному прогнозу, является аппроксимация поверхности Земли равномерной двумерной плоской дискретной сеткой. При больших территориальных охватах необходимо учитывать сферическую геометрию дабы избежать искажения в вычислении расстояний, градиентов давления, а также кориолисовых сил. Целью данной работы является исследования влияния типа сетки моделирования на пространственно-временную эволюцию тропического.

## Постановка задачи и используемые методы

В основе исследуемой модели служат уравнения переноса давления, влажности и температуры внутри тропического циклона. В модель так же включены другие эмпирические параметры и коэффициенты, такие как:

- Процессы конденсации и испарения, учёт скрытой теплоты испарения воды;
- кориолисова сила, зависящая от широты;
- зависимость изменения температуры от давления;
- стохастический шум, любые измерения будут иметь некоторый порядок шумов.

Версия цифрового двойника, использующая примитивную двумерную равномерную дискретную сетку, уже представлена нами в предыдущих работах [1], она будет приведена и в данной работе. Данная модель была реализована с помощью простой вычислительной схемы Эйлера и показала неудовлетворительные результаты.

При построении модели на основе сферической геометрии используемая вычислительная сетка, имеющая широту  $\phi$  и долготу  $\lambda$  задаёт каждую точку сетки как  $\phi_i$  и  $\lambda_j$ . Расстояние между точками вычисляется согласно следующей формуле [2]:

$$d = 2R_{earth} \arcsin \left( \sqrt{\sin^2 \left( \frac{\Delta\phi}{2} \right) + \cos(\phi_1) \cos(\phi_2) \sin^2 \left( \frac{\Delta\lambda}{2} \right)} \right),$$

Где  $\phi_1, \phi_2$ , - широты некоторых двух точек  $\Delta\phi$  – разность двух широт,  $\Delta\lambda$  – разность долгот,  $R_{earth}$  – радиус Земли.

Так как модель предусматривает своевременное реагирование в процессе работы используется многопараметрическая оптимизация приведённых эмпирических параметров позволяющая достичь необходимой точности при моделировании конкретного тропического циклона. Такой подход позволяет повысить надёжность системы поддержки принятия решений.

Геострофический ветер задаёт связь градиента давления и скорости ветра согласно следующему соотношению [3]:

$$v_g \approx \frac{1}{f_p} k \times \nabla P,$$

Где  $v_g$  – скорость ветра,  $k$  – коэффициент,  $f_p$  – кориолисова сила,  $P$  – давление. В данной работе в целях демонстративности и ускорения мы упрощаем модель до модуля значения, направление будет перпендикулярным давлению.

### Результаты численного моделирования

В результате численного моделирования были получены следующие графики для давления в центре циклона, представленные на рисунках 1 и 2.

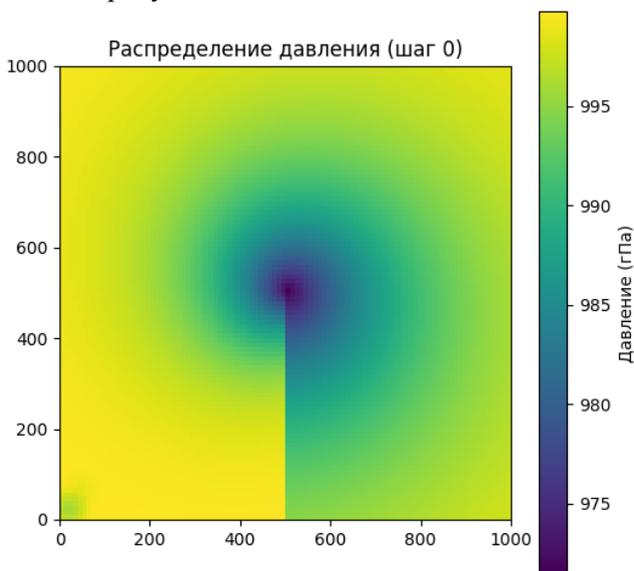


Рисунок 14 – результаты моделирования давления в центре тропического циклона при использовании дискретной двумерной равномерной сетки

В результате численного моделирования можно увидеть распределение давления справедливое для данных известных о тропических циклона – пониженное давление в центре и повышенное по краям, что говорит о в целом успешном моделировании.

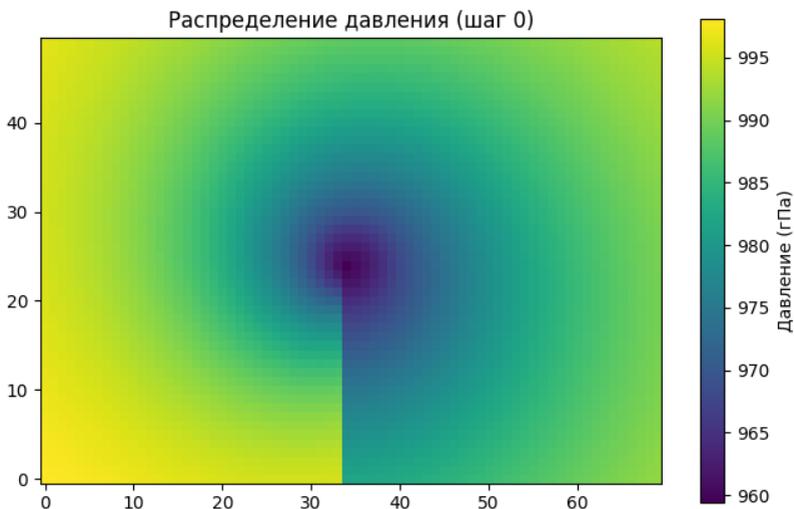


Рисунок 15 – результаты моделирования давления в центре тропического циклона при использовании сетки на основе сферической геометрии

Модель, использующая сферическую геометрию, предъявила результаты, практически совпадающие с двумерной дискретной сеткой, что говорит либо о незначительности влияния моделируемой поверхности, либо о незначительности влияния модели в статике.

Одним из предложений для дальнейшего изучения является рассмотрения влияния вычислительной сетки относительно перемещения центра циклона.

### **Заключение**

В представленной работе изучено влияние вида вычислительной сетки на результаты моделирования параметров тропического циклона на основе модели цифрового двойника. Исследуемый подход позволяет учесть кривизну Земли и потенциально уменьшить ошибки прогнозирования при численном моделировании пространственно-временной эволюции тропических циклонов,

Многопараметрическая оптимизации в сочетании с предложенной моделью позволяет моделировать поведения

циклонов с нужной точностью и скоростью, что особенно необходимо в задачах поддержки принятия решений.\

Важным направлением для дальнейшей работы является изучения поведения различных вычислительных сеток в динамике перемещения циклона, а также распространение достигнутых результатов цифрового двойника на трёхмерное пространство.

### Список источников

1. «Программа для моделирования трёхмерных изображений тропических циклонов». Государственная регистрация программы для ЭВМ № 2024691143. Авторы: Калач Е. В., Федотов А. И., Шкерин А. Л., Калач А. В., Кузнецова К. А.
2. Holton, J. R. An Introduction to Dynamic Meteorology. 4th ed. — San Diego: Academic Press, 2004. — 535 p.
3. Emanuel, K. Tropical Cyclones // Annual Review of Earth and Planetary Sciences. — 2018. — Vol. 46. — P. 115–144.
4. Hodur, R. The Naval Research Laboratory's Coupled Ocean–Atmosphere Mesoscale Prediction System (COAMPS) // Monthly Weather Review. — 1997. — Vol. 125, No. 7. — P. 1414–1430.
5. Wicker, L. J., Skamarock, W. C. Time-splitting methods for elastic models using forward time schemes // Monthly Weather Review. — 2002. — Vol. 130, No. 8. — P. 2088–2097.

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРОДАЖ ФИРМЫ**

*Дима В.П., Чикунов С.В.*

*ФГБОУ ВО "Воронежский государственный  
университет инженерных технологий",  
г. Воронеж, Россия*

В современном мире на рынке представлено множество готовых информационных технологий для организации электронных продаж. Удобная информационная система обеспечивает защиту конфиденциальных данных, повышает эффективность продаж и учёта, защищает организацию от рисков. Кроме того, появляется возможность предоставлять работникам отдела бухгалтерии данные, необходимые для принятия более правильных экономических решений. Но в некоторых случаях бывает необходимым разработка собственных программных приложений. Это связано со многими факторами. Например, существующие решения либо не могут справиться с поставленными задачами, либо не подходят по каким-либо параметрам, например стоимости, требуемым ресурсам и т.д.

Автоматизация объекта подразумевает введение в него функций, выполняемых ЭВМ, а не человеком, что позволяет многократно ускорить процесс работы с данными и повысить эффективность работы фирмы. Информационная система для организации электронных продаж приведет к автоматизации этого процесса и сокращению времени работы с данными о продажах и внутренних бизнес-процессах.

Анализ существующих решений для реализации бизнес-процессов предприятия позволил выявить существующие недостатки и разработать требования, которые должна выполнять разрабатываемая информационная система.

Перед началом разработки необходимо выявить, какой итоговый результат хочет получить заказчик. Для этого опишем все требования к системе.

Функциональные требования:

- в приложении должны быть предусмотрены возможности ввода, хранения и изменения информации о ПО, сотрудниках и фирмах (в случае 1С части приложения);

- должна выполняться сортировка по определенным критериям;

- должно осуществляться получение необходимой отчетности.

Нефункциональные требования связаны с интеграционными свойствами системы:

- Легкость и удобство использования. Пользовательский интерфейс приложения должен быть сформирован в соответствии с навыками и профилем его пользователей.

- Целостность. Она связана с предотвращением потери информации, антивирусной защитой ПО и защитой конфиденциальности и безопасности данных, введенных в систему.

- Эффективность и устойчивость к сбоям. В программном приложении ИС должны быть все необходимые функции, которые позволят работать с электронными продажами. Приложение должно обнаруживать и указывать на ошибки.

При создании информационной системы была разработана функциональная модель IDEF0. На рисунке 1 изображена контекстная диаграмма IDEF0 процесса разработки программного приложения ИС для организации электронных продаж фирмы.



Рисунок 1 – Контекстная диаграмма IDEF0

Представленная диаграмма для начального анализа бизнес-процессов. Вследствие чего была разработана диаграмма декомпозиции, представленная на рисунке 2.

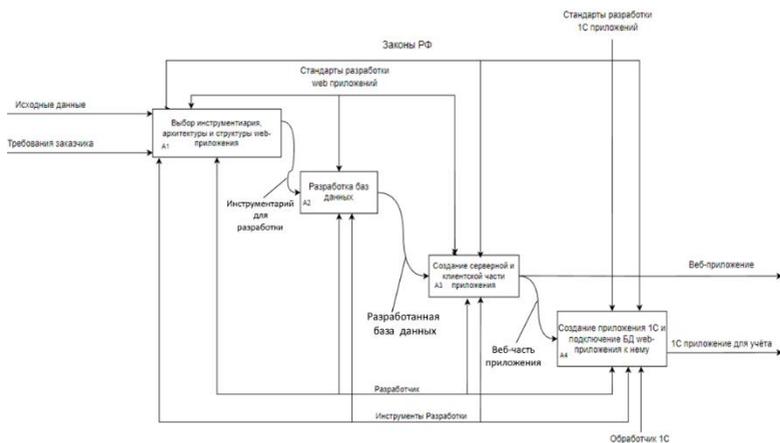


Рисунок 2 – Диаграмма декомпозиции IDEF0 1-го уровня

Приложение ИС состоит из двух частей – веб-часть и 1С. Веб-часть включает в себя серверную и клиентскую части.

Проанализировав популярный инструментарий, для реализации веб-части приложения, были выбраны функциональный язык программирования JavaScript (фреймворки NodeJS и React) и его интерпретатор WebStorm, разработанный в компании JetBrains.

В качестве базы данных веб-части приложения, из-за официальной поддержки совместных с 1С операций, была выбрана объектно-реляционная система управления базами данных – PostgreSQL. Достоинство PostgreSQL – свободная лицензия, большая скорость, устойчивость и легкость в использовании, а также бесплатная модель распространения, наличие удобного интерфейса для отладки базы данных, реализация возможности создания БД и её таблиц с помощью JavaScript команд из под серверной части веб-приложения и прямого редактирования имеющихся таблиц.

Для реализации серверной части веб-приложения была использована JavaScript-библиотека NodeJS.

Для реализации клиентской части была использована JavaScript-библиотека React и фреймворк Express.

React – это JavaScript-библиотека для создания пользовательских интерфейсов в веб-приложениях. Его главные достоинства – хорошая оптимизация и простота работы. Так же, React поддерживает загрузку шаблонов оформления из интернета [1].

Express – фреймворк веб-приложений для Node.js, реализованный как свободное и открытое программное обеспечение. Он спроектирован для создания веб-приложений и API. Express также имеет функционал для верстки сайтов и веб-приложений.

Для сборки приложения, его запуска и подключения к нему необходимых зависимостей используется встроенный сборщик NodeJS.

В соответствии с требованиями к системе были созданы необходимые таблицы и разработана структура БД (рисунок 3) [2].

1С часть приложения создаётся с помощью конфигулятора. Например, Справочники создаются изначально. Далее, создаётся документ «Поступление товаров и Услуг» (рисунок 4) реквизиты: Поставщик (поле со ссылкой на справочник «Контрагенты»), Склад (поле со ссылкой на справочник «Склад»), СуммаДокумента (число); табличные части Товары: Товар (поле со ссылкой на справочник «Номенклатура»), Цена (число), Количество (число), Сумма (числовое поле, Количество\*цена).

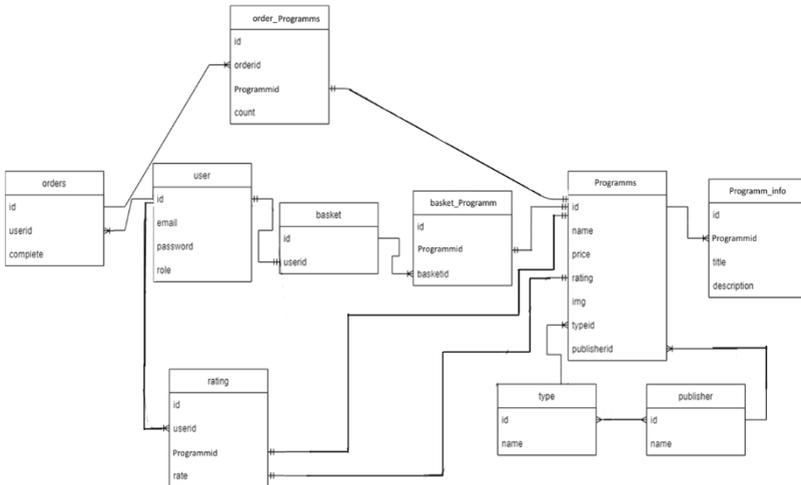


Рисунок 3 – Схема связей в БД

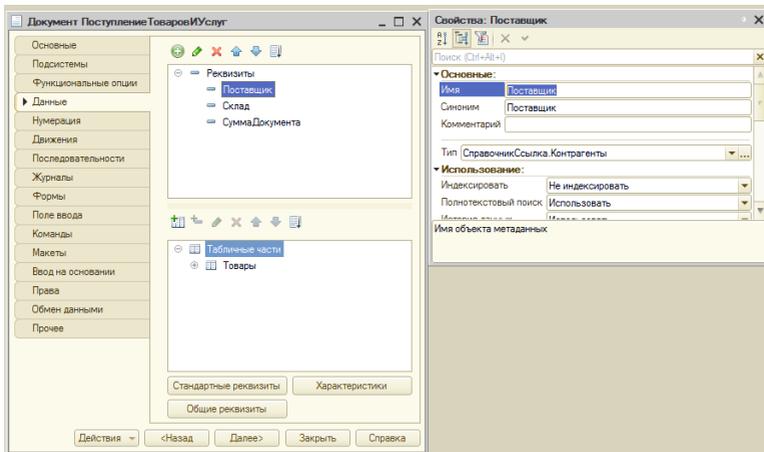


Рисунок 4 – Документ «Поступление товаров и Услуг»

Для передачи данных из PostgreSQL в 1C был написан код для подключения к PostgreSQL по ODBC и выбора оттуда нужных данных в переменные (pivot\_table – сводная таблица заказов). Затем данные из переменных записываются в нужный документ при

каждом запуске системы 1С (при помощи процедуры ПриСтартеСистемы()), поле createdAt вместе с id служат в качестве уникального ID). Схема представлена на рисунке 5.

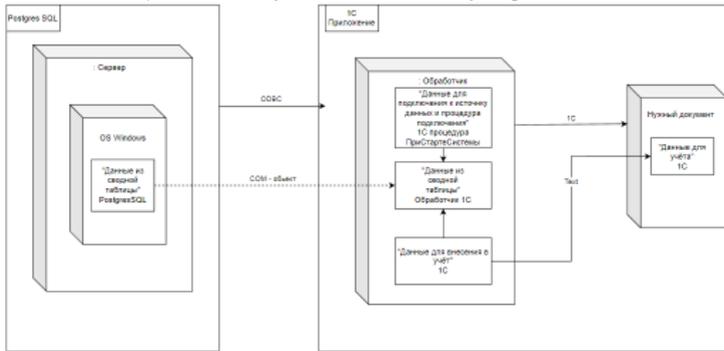


Рисунок 5 – Схема соединения Postgres SQL с 1С через ODBC

В данном веб-приложении существуют три страницы с необходимыми данными: авторизация/регистрация; страница с ПО; страница с данными о ПО; страница Корзины.

Для работы с данными существует так называемая «Админ-панель» (рисунок 6).

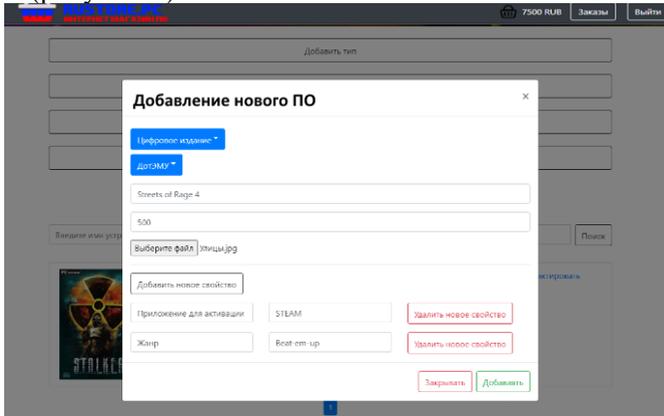


Рисунок 6 – Окно добавления/редактирования записей

К веб-приложению была подключена тестовая система оплаты Юкасса.

В 1С Части приложения имеются вкладки для более удобной навигации по подразделам программы (рисунок 7).

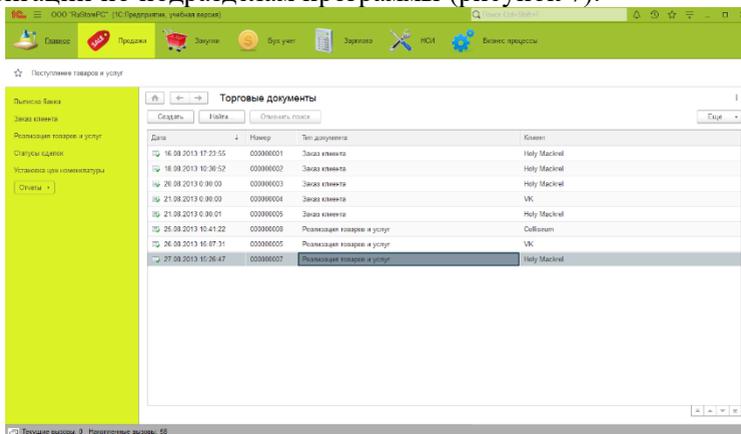


Рисунок 7 – Интерфейс приложения 1С

Справочники – наиболее удобная форма представления данных для последующего использования их внутри системы. В справочниках хранилась информация о контрагентах, складах, сотрудниках, списке товаров и статусах сделок.

Документ – средство для создания и хранения сборной информации как взятой из справочников, так и введённой с клавиатуры. В документах содержится: информация о поступлении и реализации товаров и услуг, информация о банковских операциях и заказах клиента.

Регистр накопления служит для сохранения изменений, введённых в справочники или документы. В регистре накопления сохраняется информация об изменениях, совершённых в документе – о взаиморасчётах, продажах и движениях товаров.

Регистр бухучёта служат для учёта изменений, связанных с дебиторскими и кредиторскими счетами и задолженностями. Регистры расчётов служат для учёта денежных операций внутри компаний, к примеру – для учёта операций изменения и/или начисления зарплаты.

Воронка продаж – это аналитический инструмент, который позволяет понять, как ваш потенциальный клиент приходит к

решению о покупке товаров или услуг, какими мотивами он руководствуется, совершая эту покупку. Понимая все эти шаги к покупке, возможно контролировать поведение клиента, ненавязчиво стимулируя его интерес и побуждая его к покупке.

Разработанная информационная система позволит улучшить качество работы сотрудников, многократно ускорить процесс работы с данными и повысить эффективность работы фирмы.

#### Список литературы

1. Бэнкс А. React: Современные шаблоны для разработки приложений / Бэнкс А., Порселло Е. – СПб: Прогресс книга, 2022. – 320 с.

2. Bugaev Yu. V., Nikitin B. E., Chikunov S. V., Ivliev M. N. Selection models synthesis based on expert estimates extrapolation // Proceedings of the Russian Conference on Digital Economy and Knowledge Management (RuDEcK 2020). Серия: Advances in economics, business and management research. Voronezh, 2020. С. 108-113.

**УДК. 004.852**

### **СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ИНЦИДЕНТОВ В ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ИТ-КОМПАНИЙ**

*Авакян А.А., Литвинов Д.А.*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»,  
г. Воронеж, Россия*

Статья посвящена систематизации инцидентов, возникающих в программных продуктах, и анализу путей их решения. Рассмотрены типы инцидентов, проанализированы основные причины их возникновения и предложены эффективные способы предотвращения и устранения подобных инцидентов в

будущем. В статье рассмотрены методологии для анализа инцидентов, средства автоматизации для диагностики и устранения ошибок, а также приведены примеры из практики крупной IT-компании.

Цель работы — предложить методы и подходы, способствующие улучшению качества программного обеспечения и снижению вероятности возникновения инцидентов. В исследовании будет сделан акцент на современных методах и инструментах, таких как автоматизация тестирования, использование искусственного интеллекта в диагностике ошибок и интеграция инструментов мониторинга и быстрого реагирования на инциденты.

Программное обеспечение (ПО) стало неотъемлемой частью жизни человека и важнейшей составляющей множества сфер, включая здравоохранение, образование, финансы и государственное управление. С каждым годом объем и сложность программных продуктов увеличиваются, что ведет к возрастанию числа ошибок, так называемых инцидентов, которые могут значительно повлиять на функционирование ПО.

Инциденты в ПО можно определить как любое событие, которое нарушает нормальное функционирование системы или влияет на ее производительность [1, 2]. В зависимости от природы инцидента, его последствия могут варьироваться от незначительных замедлений в работе до серьезных потерь данных или отказов систем. Ошибки могут быть как предсказуемыми (например, баги, выявленные в процессе тестирования), так и неожиданными (непроизводственные сбои, вызванные, например, внешними факторами).

Поэтому систематизация инцидентов, возникающих в процессе разработки, тестирования и эксплуатации программного обеспечения является первым этапом в подборе методов анализа инцидентов [2, 3]. Далее будут предложены пути снижению вероятности возникновения инцидентов и улучшения качества используемого программного обеспечения на всех этапах жизненного цикла. Таким образом, задача предотвращения и устранения инцидентов в работе любого программного обеспечения является актуальной.

Решение задачи систематизации инцидентов включает в себя следующий набор подзадач.

1. Анализ типов инцидентов и причин их возникновения.
2. Изучение современных методов диагностики и тестирования для своевременного выявления и устранения ошибок.
3. Разработка подходов и рекомендаций для предотвращения инцидентов в будущем.
4. Оценка эффективности использования автоматизации процессов для улучшения качества ПО и снижения количества инцидентов.

*Методология.* В данном разделе описываются методы, используемые для анализа инцидентов в программных системах, а также подходы к систематизации и решению проблем.

Для исследования инцидентов в программном обеспечении были использованы следующие методы: - анализ инцидентов через классификацию типов ошибок; - метод экспертных оценок; - метод кейс-стадий (casestudy); - статистический метод.

*Анализ инцидентов через классификацию типов ошибок.* Одним из наиболее эффективных подходов является классификация инцидентов по типам ошибок, которые могут возникать в процессе разработки ПО [4]. Существует несколько ключевых типов ошибок.

1. Ошибки логики — ошибки, возникающие из-за неправильной реализации алгоритмов.
2. Ошибки синтаксиса — ошибки, связанные с некорректным использованием языков программирования.
3. Ошибки взаимодействия — проблемы, связанные с интеграцией различных компонентов системы.
4. Ошибки безопасности — уязвимости, которые могут быть использованы для взлома системы.
5. Проблемы с производительностью — случаи, когда приложение или система работают слишком медленно из-за неоптимизированного кода.

Каждый из этих типов инцидентов требует индивидуального подхода к решению, и эффективная диагностика и устранение

проблем возможны только при точной классификации типа ошибки [5].

*Метод экспертных оценок.* Для систематизации инцидентов и выявления причин их возникновения была использована методика экспертных оценок [6, 7]. Экспертные интервью проводились с профессионалами из крупных ИТ-компаний, которые делились опытом выявления и устранения инцидентов в их проектах.

*Метод кейс-стадий (case study).* Для более глубокого анализа инцидентов была проведена серия кейс-стадий, основанных на реальных примерах из практики крупных компаний, таких как Google, Microsoft и Amazon. Эти компании используют различные подходы к тестированию, мониторингу и устранению инцидентов, которые служат хорошими примерами для разработки рекомендаций по управлению инцидентами [6].

*Использование статистических методов.* Для оценки частоты возникновения тех или иных типов инцидентов и выявления закономерностей их возникновения были использованы методы статистического анализа. Мы применили методы анализа больших данных для выявления тенденций в типах инцидентов, что помогло в определении приоритетности их решения.

В рамках исследования было выделено несколько ключевых факторов, влияющих на возникновение инцидентов в ПО [6].

#### 1. Типы инцидентов в программном обеспечении.

Анализ показал, что основными типами инцидентов в ПО являются:

а) Ошибки логики и алгоритмов: более 30% всех инцидентов в крупном программном продукте происходят из-за неправильной реализации бизнес-логики или неучтенных случаев в алгоритмах.

б) Ошибки взаимодействия: порядка 25% инцидентов вызваны неправильной интеграцией различных компонентов системы, что приводит к сбоям при их взаимодействии.

в) Ошибки безопасности: несмотря на усилия в области защиты данных, ошибки безопасности остаются одной из главных причин инцидентов. Это связано с недостаточной

внимательностью к уязвимостям в коде и зависимостями от устаревших библиотек.

## 2. Автоматизация процессов тестирования и мониторинга.

Одним из наиболее эффективных методов предотвращения инцидентов является автоматизация процессов тестирования и мониторинга. Применение инструментов, таких как Jenkins, Selenium и Docker, позволяет быстро выявлять ошибки на ранних этапах разработки и тестирования.

## 3. Методы решения инцидентов

Основными методами устранения инцидентов, которые были выявлены в ходе исследования, являются:

1. Метод “горячей линии” (Hotfix): быстрые исправления ошибок в случае критических сбоев в производственной среде.

2. Применение принципов DevOps: интеграция разработки и эксплуатации позволяет сократить время на диагностику и устранение инцидентов.

3. Использование систем мониторинга в реальном времени: такие системы, как Prometheus и Grafana, позволяют быстро реагировать на возникшие проблемы в ПО.

Таким образом, систематизация инцидентов играет ключевую роль в быстром выявлении и устранении ошибок, а также в предотвращении повторных инцидентов. Автоматизация процессов тестирования и мониторинга значительно повышает качество программного обеспечения и уменьшает вероятность возникновения инцидентов. Методологии DevOps и интеграция разработки и эксплуатации позволяют эффективно решать проблемы и повышать скорость реагирования на инциденты. Применение инструментов анализа больших данных и статистики позволяет выявлять закономерности и прогнозировать потенциальные проблемы в программных системах. Все, выше перечисленное, позволяет значительно повысить стабильность и безопасность программного обеспечения.

## **Список литературы:**

1. Sommerville, I. (2011). Software Engineering (9th ed.). Addison-Wesley.

2. Pressman, R. S. (2014). *Software Engineering: A Practitioner's Approach* (8th ed.). McGraw-Hill.

3. Fitzgerald, B., & Stol, K. J. (2017). "Continuous Software Engineering: A".

4. Boehm, B. W. (1988). "A Spiral Model of Software Development and Enhancement." *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, 11(4), 14-24.

5. Пименова, Л. В. Оптимизация рабочего времени персонала на примере SAP MASTER DATA GOVERNANCE / Л. В. Пименова, Ю. В. Бугаев, Л. А. Коробова // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение : Сборник научных статей и докладов VI Международной научно-практической конференции, Воронеж, Воронеж: РИТМ, 2019. – С. 616-620. – EDN YRUJOK.

6. Пименова, Л. В. Оптимизация работы ИТ-менеджера в структуре SAP / Л. В. Пименова, Ю. В. Бугаев, Л. А. Коробова // Моделирование энергоинформационных процессов: Сборник статей VIII национальной научно-практической конференции с международным участием, Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2020. – С. 153-158. – EDN GREIRH.

## ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НАИВНОГО ПОХОДА ПРИ ПОИСКЕ РАВНОВЕСИЯ НЭША

*Филатов П.И., Никитин Б.Е.*

*ФГБОУ ВО "Воронежский государственный  
университет инженерных технологий",  
г. Воронеж, Россия*

Одним из центральных понятий в теории игр является равновесие Нэша. Это состояние, при котором ни один из участников игры не может улучшить свой результат, изменив свою стратегию в одностороннем порядке.

На практике поиск равновесия Нэша зачастую выходит за пределы ручного анализа. В этом случае для решения возникающих задач используют современные компьютерные методы и алгоритмы.

Рассмотрим следующий пример. Двое играют в игру. Каждый одновременно и независимо от другого загадывает число от 0 до 100 включительно с обоих концов интервала. После этого находится среднее арифметическое этих двух чисел, а затем - четверть от среднего арифметического. Тот игрок, число которого будет ближе к четверти от среднего арифметического, выигрывает. Если оба игрока окажутся одинаково близкими к четверти от среднего арифметического двух чисел, то они поделят выигрыш пополам.

Для поиска равновесия Нэша в этой игре введём в рассмотрение две переменные  $x$  (число, которое загадал первый игрок) и  $y$  (число, которое загадал второй игрок). Тогда цель каждого игрока - выбрать число так, чтобы оно оказалось ближе к значению  $\frac{x+y}{8}$ .

Для решения этой задачи можно воспользоваться алгоритмом полного перебора. На рисунке 1 представлен обобщённый алгоритм поиска равновесия Нэша в этой игре.

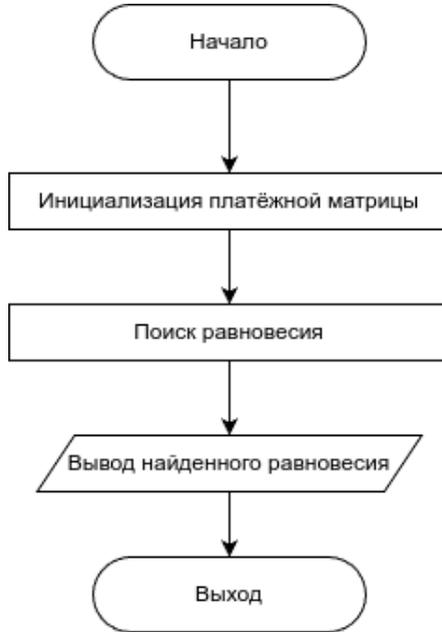


Рисунок 1 – Обобщённый алгоритм поиска равновесия Нэша

Программная реализация алгоритма была выполнена на языке C++ (<https://github.com/Filin15488/Nash>).

Инициализация платёжной матрицы для каждого игрока представляет собой функцию, которая проходит по всем элементам и заполняет её. Например, для игрока А в каждую ячейку платёжной матрицы назначаются числа  $a_{ij}$ :

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } \rho_A < \rho_B \\ -1, & \text{если } \rho_A > \rho_B \\ 0.5, & \text{если } \rho_A = \rho_B \end{cases},$$

где  $\rho_A = \left| x - \frac{x+y}{8} \right|$  и  $\rho_B = \left| y - \frac{x+y}{8} \right|$  – дистанции игроков А и В соответственно. Платёжная матрица игрока В формируется аналогично.

На рисунке 2 представлена блок-схема алгоритма работы процедуры поиска равновесия Нэша. Поясним используемые в ней переменные и логические проверки.

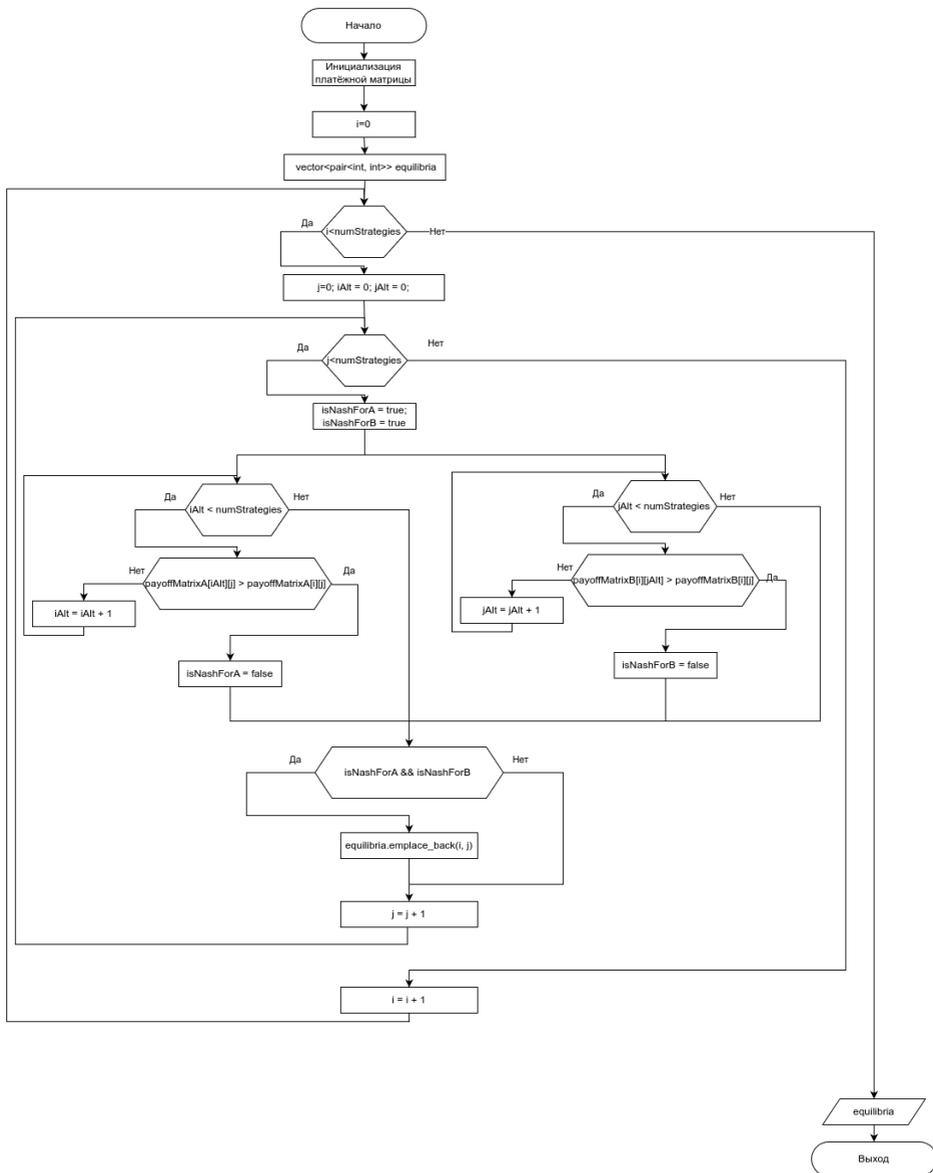


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма работы процедуры поиска равновесия Нэша

Логические переменные `isNashForA` и `isNashForB` изначально принимают значение `true`. Используются при проверке стратегий на равновесие Нэша. Для игрока А проверяется условие `payoffMatrixA[iAlt][j] > payoffMatrixA[i][j]`. В этом случае `isNashForA = true`, в противном случае `isNashForA = false`. Проверяемое условие для игрока В выглядит следующим образом `payoffMatrixB[i][jAlt] > payoffMatrixB[i][j]`. Если ни один из игроков не меняет стратегию, то пара (i, j) текущих стратегий добавляется в вектор `equilibria`, предназначенный для формирования вектора равновесий Нэша.

На рисунке 3 представлена платёжная матрица, полученная в результате применения разработанной программы для поиска решения в рассматриваемой игре.

	0	1	2	...	n-1	n
0	0,5   0,5	1   -1	1   -1	...	1   -1	1   -1
1	-1   1	0,5   0,5	1   -1	...	1   -1	1   -1
2	-1   1	-1   1	0,5   0,5	...	1   -1	1   -1
...	...	...	...	...	...	...
n-1	-1   1	-1   1	-1   1	...	0,5   0,5	1   -1
n	-1   1	-1   1	-1   1	...	-1   1	0,5   0,5

Рисунок 3 – Платёжная матрица игры

В качестве итогового решения было получено равновесие Нэша на паре стратегий (0, 0) игроков.

Таким образом, полученный результат показывает возможность применение наивного подхода для поиска равновесия Нэша с использованием языка C++ в задачах с платёжными матрицами большой размерности.

#### Список литературы

1. Равновесие Нэша / Т. А. Сугако // Конференция «Компьютерные системы и сети»: материалы конференции. — Минск: Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь, 2023. — С. 388–390.

2. Равновесие Нэша [Электронный ресурс] / Habr. — Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/713120/> (дата обращения: 04.12.2024).

**ОБРАБОТКА И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ СИГНАЛОВ  
СЕНСОРОВ БИОСКАНЕРА ПРИ  
ДИАГНОСТИКЕ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ОРГАНИЗМА**

*Мураховский И.А., Кучменко Т.А., Коробова Л.А.  
Менжулина Д.А.*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»,  
г. Воронеж, Россия*

В последние годы в России активно растет популярность умных устройств для персональной диагностики здоровья. Наибольшее применение они получили в таких секторах, как телемедицина, дистанционный мониторинг здоровья и популяризация здорового образа жизни. В работах [1, 2, 3] рассмотрены вопросы разработки и функционирования медицинских диагностических систем. Персональная медицина с каждым годом находит все большее применение у людей при диагностике состояния здоровья. Нехватка медицинского персонала заставляет разрабатывать различные устройства для первичной диагностики состояния здоровья. Такие устройства позволяют в значительной степени снизить нагрузку на медицинские учреждения и упростить способ мониторинга за своим состоянием [2, 3].

На МИП ООО «Сенсорика – Новые технологии» разработан анализатор запахов «ScanBio» (далее биосканер) для неинвазивной диагностики здоровья [4, 5]. Для создания совмещаемого с прибором программного обеспечения ставилась задача разработки алгоритмы для приема, обработки, визуализации, описания и сохранения сигналов сенсоров биосканера и отображения результатов измерения в понятном пользователю виде.

Первичной аналитической информацией прибора (рис. 1) является выходная кривая единичного сенсора биосканера, которая представляется в виде круговой диаграммы, называется

такой график полный визуальный след молекул, по сути, визуализированный отклик сенсора на присутствие смеси летучих соединений. Кроме этой полной информации, диагностическое значение имеют сокращенные «визуальные следы» сигналов сенсора, которые строятся по определенному набору точек времени измерения, чтобы дифференцировать эффект взаимодействия летучих соединений разной природы и покрытия сенсора [4]. При этом предварительное обучение сенсора по парам индивидуальных соединений позволяет установить особенности их сорбции и десорбции на активном покрытии сенсора. Временные шаблоны подбираются так, чтобы было возможно оценить присутствие в смеси летучих химических маркеров состояния здоровья и отличить норму от не нормы. К не норме относятся физиологически нормальные состояния, не считающиеся патологией (усталость, слабость, голод, жажда), состояния, требующие контроля (повышения в выдохе кожи спиртов, кислот, аминов, этандиала, пропандиала, ацетона, связанных с легким недомоганием, сильным стрессом, голодом и, наконец, состояния сбоя в работе отдельных органов, систем и всего организма (высокий уровень стресса, спазм сосудов, гладкой мускулатуры внутренних органов, воспаление и подавление в работе, разрушение клеток и функций; развитие воспаления, повышение давления). Круговая диаграмма по определенным маскам (массив данных, когда сенсоры наиболее чувствительные к определенным веществам), визуализируется в виде круговых диаграмм и для каждой из них рассчитывается площадь – интегральный показатель, который прямо пропорционален концентрации летучих соединений, обратимо взаимодействующих с покрытием на сенсоре. Возможно сравнение двух аналитических сигналов сенсора для разных точек и расчет относительного различия площадей в них [5].

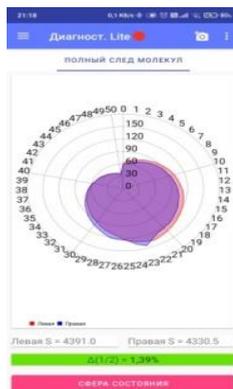


Рисунок 1 -  
Визуальный  
отпечаток

Такой алгоритм хорошо понятен экспертам, но для обычного пользователя сложно определить или оценить свое состояние здоровья и возможные причины, к нему приводящие.

Поэтому следующим шагом к персонализации результатов измерений является диаграмма состояния (рис. 2). Экспериментальным путем получен набор самых надежных кинетических параметров сорбции смесей газов (1), по сути, набор скоростей сорбции летучих молекул на разных участках выходной кривой

$$a_{i,j} = \frac{\Delta F_i}{\Delta F_j} \quad (1)$$

где  $\Delta F_i$  – значение сенсора в момент времени  $i$ ,  $\Delta F_j$  – значение сенсора в момент времени  $j$  при нагрузке сенсора парами и на этапе самопроизвольной очистки сенсора.

Для каждого параметра рассчитаны реферальные границы для нормы и различных отклонений состояния здоровья по результатам обучения системы по смесям индивидуальных химических маркеров, так и по результатам

измерения большой выборки людей в разных состояниях с достоверно установленным уровнем соответствия группам «норма»/«не норма» [5]. Для каждой границы подбираются цвета, соответствующие состоянию: зеленый – норма; желтый – незначительно отклонение от нормы; красный – возможны нарушения состояния организма; темно-красный – серьезное отклонение от нормы, в случае частого повторения обратиться к врачу; голубой – повышение влаги при проведении измерения; фиолетовый – особое состояния организма; белый – ошибка проведения измерения; серый – выводится информация об индивидуальных веществах, которые с большой вероятностью могут присутствовать в вы-делении кожи.



Рисунок 2 –  
Диаграмма  
состояний

Также каждому параметру и разным границам его значений соответствуют словесные описания состояния организма. Эти описания выводятся списком под диаграммой. Диаграмма более понятна для обычных пользователей визуально (зеленый – все хорошо, желтый, красный – следует обратиться к специалистам или взять под контроль), однако в ходе тестирования стало понятно, что вывод словесного описания по каждому параметру избыточно и может вводить в заблуждение необученного пользователя, но полезен специалистам.

Для упрощения словесного описания все показатели из диаграммы состояния были сгруппированы по диагностируемым состояниям и причинам, их вызывающих.



Рисунок 3 – Интегральный показатель

Если в такой группе показывается отклонение от нормы по всем таким показателям, то выводится обобщенное словесное описание для группы. Такой интегральный показатель отображает более достоверную информацию по состоянию здоровья и выводит причину отклонения от нормы (рис. 3). Важным является то, что такой подход группировки уменьшает вероятность появления ложных описаний состояний.

Еще более наглядным обобщением является суммарный показатель (интегральный показатель здоровья). Выражается в численной оценке (%). Также для наглядности состояние выводится вместе с цветом от красного до зеленого и сопровождается описанием наиболее вероятной причины уменьшения его от уровня нормы, который составляет 90-100 %.

Для расчета выбираются кинетические параметры с наибольшим уровнем надежности по воспроизведению. Расчет производится по формулам (2 - 4):

$$S_p = \sum k_1 \cdot f(A_i), \quad (2)$$

$$S_{pn} = \frac{(S_p - x_{\min})}{(x_{\max} - x_{\min})}, \quad (3)$$

$$Y = \frac{(1 - S_{pn})}{100}, \quad (4)$$

где  $S_p$  – алгебраическая сумма скоростей сорбции на разных этапах взаимодействия;  $k_1$  – коэффициент значимости кинетического параметра;  $f(A_i)$  – выбор коэффициента в зависимости от цвета параметра;  $x_{\max}$ ,  $x_{\min}$  – максимальное и минимальное значение алгебраической суммы кинетических параметров с учетом их цвета и суммы.

Вместе с описанием выводится картинка (рис. 4), которая соответствует состоянию здоровья. Алгоритм является самым простым для восприятия пользователями. Они получают наглядно понятный вывод информации, без лишней информации и ненужных комментариев.

Таким образом, умные устройства для персональной диагностики здоровья человека позволяют сделать первичную диагностику удобной и понятной. При этом для экспертов упрощается работа по поиску новых закономерностей или уточнению существующий. Это позволяет делать диагностику более точной и быстрее расширять список причин возможных отклонений состояния организма от нормы.

#### Список источников

1. Коробова, Л. А. Системный подход при решении прикладных медицинских диагностических задач / Л. А. Коробова, Т. А. О. Эйнуллаев, Р. В. Тэн // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 52-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-50-59. – EDN PSBDLB.

2. Коробова, Л. А. Решение прикладных медицинских диагностических задач. Иридодиагностика / Л. А. Коробова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 7. – С. 276-281. – DOI 10.24412/2071-6168-2024-7-276-277. – EDN RPOGXP.

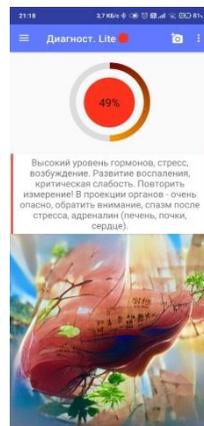


Рисунок 4 – Суммарный показатель

3. Матыцина, И. А. Информационная система диагностики легочных заболеваний при обследовании пациентов: монография / И. А. Матыцина, Л. А. Коробова, Г. В. Абрамов. – Воронеж: ООО рекламно-издательская фирма «Кварта», 2024. – 162 с. – ISBN 978-5-89609-786-0. – EDN IZVMNS.

4. Мураховский, И. А. Персонализация результатов измерения биосканером здоровья (состояния) в программном обеспечении прибора / И. А. Мураховский, Т. А. Кучменко, Л. А. Коробова // Материалы LXI отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2022 год: В 3 ч., Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2023. – С. 43-44. – EDN EHPTPZ.

5. Программно-алгоритмическое обеспечение оценки состояния здоровья человека по сигналам газового пьезосенсора / Т. А. Кучменко, Л. А. Коробова, И. А. Матыцина [и др.] // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2023. – № 85. – С. 158-169. – DOI 10.21667/1995-4565-2023-85-158-169. – EDN PKPIDS.

## МНОГОПОТОЧНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ГЕНЕРАЦИИ НАЧАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧАСТИЦ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ПЛАЗМЫ

*Калач А.В., Толстова И.С.*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»,  
г. Воронеж, Россия*

Рассмотрен последовательный алгоритм генерации начального распределения частиц многокомпонентной плазмы в условиях горячего старта на основе распределения Максвелла. Разработана математическая модель, которая обеспечивает формирование начальных данных для основного процесса моделирования плазмы. После этого разработан параллельный алгоритм, использование которого позволяло уменьшить время расчета в несколько раз.

**Ключевые слова:** плазменная возгонка графита, распределение скоростей частиц, распределение Максвелла, многопоточность, параллельный алгоритм.

### **Введение**

Тема теоретического и практического исследования в области синтеза углеродных наноструктур в настоящее время является актуальной из-за большого научного интереса [1, 2]. Изученные особенности получаемого материала при плазменной возгонке графита в присутствии катализатора с последующей конденсацией продукта на охлаждаемой поверхности могут быть положены в основу эффективного использования наноструктур в различных областях науки и техники [3]. Проведение натурального эксперимента по получению различных форм углеродных наноструктур является дорогостоящим, поэтому необходима разработка цифровых двойников промышленных процессов синтеза углеродных наноструктур.

В настоящее время актуальным является разработка новых и модификация существующих технологий производства новых материалов, к которым относятся углеродные наноструктуры, а также совершенствования методов инженерных расчетов параметров процессов при термосублимации графитового сырья, которые позволят эффективнее управлять сложными технологическими процессами получения наноструктур [2]. Для расчета оптимальных технологических параметров процессов, происходящих в плазме необходимо найти условия формирования максимально возможного количества образований кластерных групп, из которых формируются различные наноструктуры, поэтому необходимо решать задачу моделирования процессов образования и роста углеродных групп.

Кинетические модели позволяют наиболее полно описать плазму, однако расчеты на основе таких моделей требуют большие вычислительные мощности [4].

### **Материалы и методы**

В основу математической модели кинетики движения и взаимодействия частиц положена система кинетических уравнений Больцмана для каждой компоненты плазмы, дополненная системой уравнений Максвелла [5, 6].

Численное моделирование кинетики заряженных частиц в межэлектродном пространстве с использованием уравнения Больцмана-Максвелла стало популярным инструментом для анализа процессов при плазменной возгонке графитового сырья. Для решения рассматриваемой модели синтеза УНС использовался численный метод крупных частиц, первым этапом которого является получение распределения начального положения и начальных скоростей моделирующих частиц, которые зависят от функций распределения каждой компоненты плазмы [7].

Кинетическое моделирование плазмы позволяет изучать траектории движения отдельных частиц по мере их эволюции из начального состояния, заданного Максвелловской функцией распределения. На основе полученного начального распределения

рассчитывается распределение скоростей для всех типов частиц, участвующих в процессе, а именно углерода, гелия, электрона и частиц катализатора. Т.к. от полученных результатов распределения зависят параметры основной системы моделирования, то требуются надежные результаты, иначе данные всего вычислительного эксперимента могут попасть под сомнение.

## Результаты и их обсуждение

Предполагали, что распределение скоростей частиц на торцах электродов и в межэлектродном пространстве в процессе получения наноструктур подчиняется распределению Максвелла, которое позволяет определять коллективные явления в плазме:

$$f_{\alpha}^{mask}(v_x, v_y, v_z) = \sqrt{\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^3} \exp\left[\frac{-m(v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)}{2kT}\right], \quad (1)$$

где  $\alpha$  – тип частиц: электроны, гелий, углерод, частицы катализатора; масса частицы –  $m$ ; температура процесса –  $T$ ; постоянная Больцмана –  $k$ ;  $v_x$  – проекция скорости частиц по оси X;  $v_y$  – проекция скорости частиц по оси Y;  $v_z$  – проекция скорости частиц по оси Z.

Максвелловское распределение описывает разброс скоростей газа, находящегося в состоянии теплового равновесия. Известно, что такую систему возможно описать простым гауссовским разбросом скоростей, полуширина которого связана с температурой газа. Нулевым моментом такого распределения является плотность числа частиц [8].

Рассматривается равновесное состояние плазмы, при движении частиц в межэлектродном пространстве происходит взаимодействие моделирующих частиц, соответственно положение и скорости частиц меняются, но плотность остается одинаковой в любом месте моделируемой области.

Для получения адекватных результатов моделирования необходимо использовать большое число моделирующих частиц каждой компоненты плазмы  $n_i$  ( $i=e, h, c, s$ ). Для каждой частицы необходима генерация абсолютных величин скорости частиц,

тогда получается, что необходимо сгенерировать  $(n_i)^3$  абсолютных значений скорости частиц многокомпонентной плазмы. Необходимо отметить, что даже если взять по 100 частиц для каждой компоненты плазмы, то необходимо сгенерировать более четырех миллионов значений скорости для всех частиц.

Для генерации такого количества значений необходимо затратить достаточно большое количество процессорного времени. В реальности в процессе участвует порядка  $10^8$ - $10^{10}$  частиц, поэтому в вычислительных экспериментах необходимо использовать методы, позволяющие ускорить процесс генерации значений.

Мощность современных цифровых компьютеров и улучшение численного метода позволяет моделировать процесс с меньшими энергетическим и временными затратами.

На рисунке 1 представлена схема разработанного обобщенного алгоритма генерации проекций скорости частиц многокомпонентной плазмы по составляющим осям, а на рисунке 2 схема алгоритма формирования генератора равномерно-распределенной величины.

Проведен вычислительный эксперимент с применением четырехъядерного процессора для генерации распределения скоростей 4000 модельных частиц многокомпонентной плазмы.

По результатам проведённого вычислительного эксперимента установлено, что выполнение алгоритма в последовательном режиме достаточно долгий процесс, процент загрузки процессора равнялся 20-25%, время расчетов 3-3,2 мин. Полученные результаты позволили предположить, что в расчетах было задействовано только одно ядро.

Для повышения эффективности функционирования алгоритма применили параллелизацию, которая позволит использовать все ресурсы процессора и избежать проблем с равномерностью процессорной загрузки.

Разработан алгоритм, основанный на декомпозиции задачи на уровне генерации абсолютных скоростей частиц, который предполагает выполнение в многопоточном режиме.

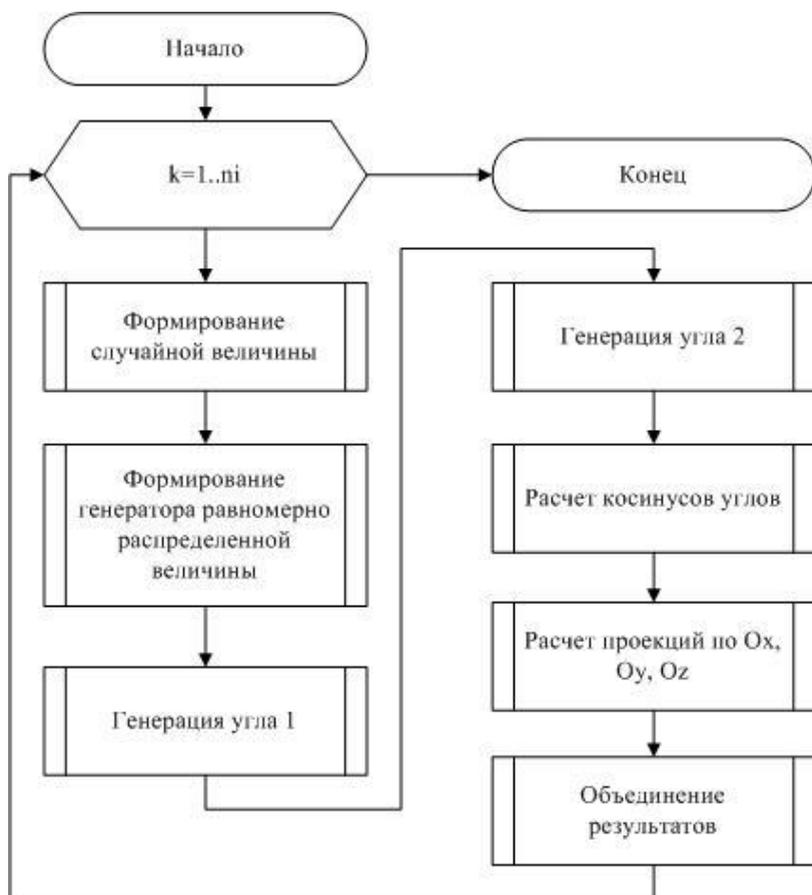


Рис. 1. Схема обобщенного алгоритма генерации проекции скорости

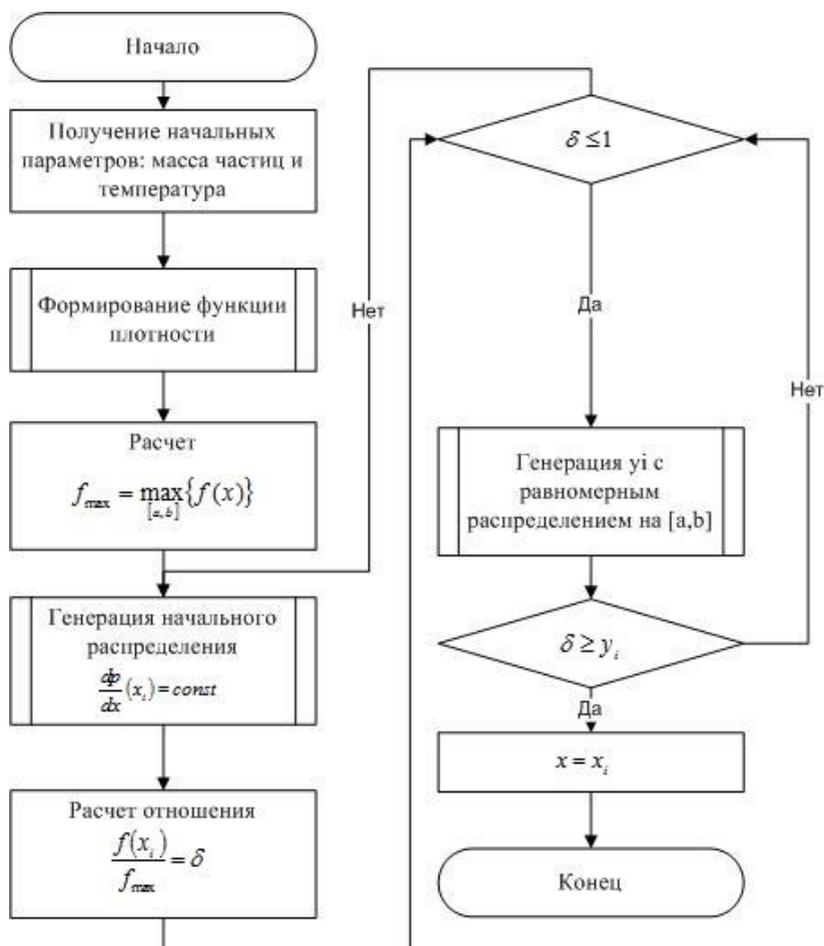


Рис. 2. Схема алгоритма генерации абсолютного распределения скорости

Выделяется число потоков равное числу ядер, общее число частиц каждого типа распределяется равномерно между потоками, таким образом один поток генерирует значения скоростей для  $n_i/p$  частиц, где  $p$  – число потоков. В рамках данного алгоритма каждой нити необходим доступ к общим данным. Для того чтобы все потоки поочередно имели доступ к генератору, который участвует

при формировании распределения необходимо организовать синхронизацию, однако такой подход уменьшает количество параллельного кода. Для решения данной проблемы создается локальная копия генератора для каждого потока.

Такой подход позволяет избавиться от блоков синхронизации, т.к каждая потоки работают независимо друг от друга, расчеты выполняются в наборе задач, а результаты объединяются в конце генерации. Схема алгоритма представлена на рисунке 3.

Проведено тестирование разработанного параллельного алгоритма четырехъядерного процессора для генерации распределения скоростей 4000 модельных частиц, загрузка системы 95-99%, время генерации начальных скоростей для всех частиц составило 1,1 мин. На рисунке 4 представлено сравнение производительности для двух типов процессоров во время генерации начального распределения для 400 модельных частиц многокомпонентной плазмы с использованием последовательного и параллельного асинхронного алгоритмов.

### **Заключение**

Таким образом возможно утверждать, что асинхронная генерация начального распределения скоростей для каждого типа частиц многокомпонентной плазмы наиболее эффективно загружает вычислительные узлы и обеспечивает ускорение в 3 раза по сравнению с последовательным алгоритмом генерации.

Разработанный алгоритм является масштабируемым и может изменяться в зависимости от числа доступных ядер в системе. Из полученных результатов следует, что решение задачи генерации начальных скоростей частиц многокомпонентной плазмы быстрее выполняется на архитектуре процессора x86.

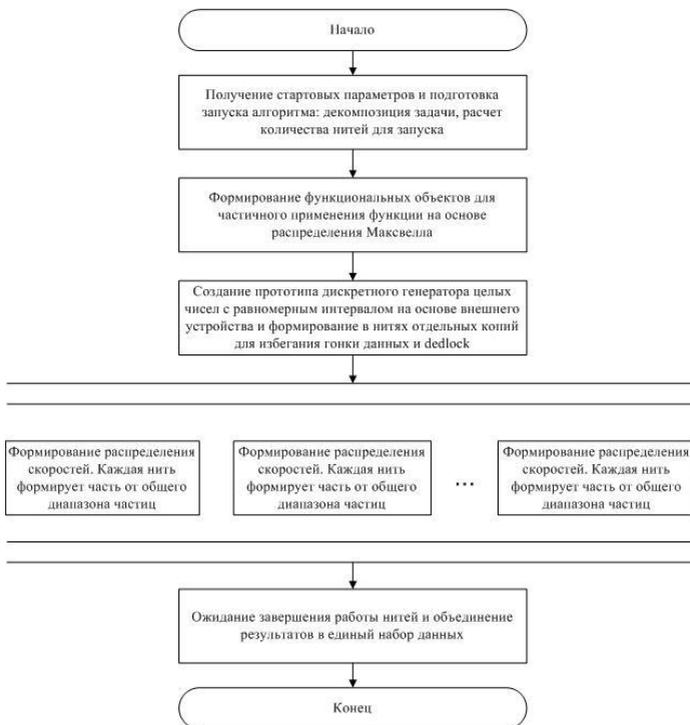


Рис. 3. Схема генерации начального состояния частиц в параллельном асинхронном режиме

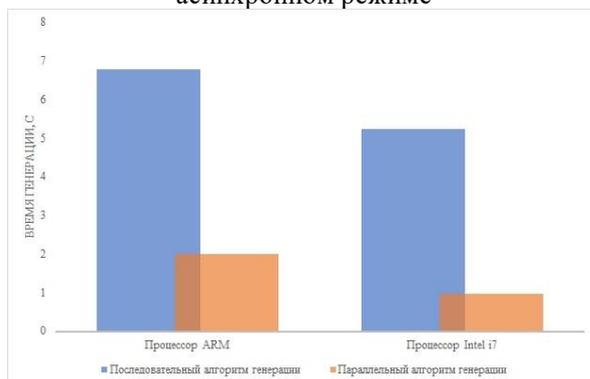


Рис. 4. Сравнительный анализ производительности для двух типов процессоров во время генерации начального распределения

## ЛИТЕРАТУРА

1) Перспективные методы синтеза углеродных нанотрубок / А. А. Бидилдаева, Ж. К. Мышырова, А. Т. Тасимханова, С. В. Агасиева // Нанотехнологии: разработка, применение - XXI век. – 2021. – Т. 13, № 1. – С. 36-47.

2) Буракова, Е. А. Управление процессом формирования катализатора для синтеза углеродных наноструктурных материалов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2022. – Т. 28, № 1. – С. 127-138.

3) Калеева, А. А. Перспективы плазменно-дугового метода синтеза наноматериалов // XXV Туполевские чтения (школа молодых ученых): Международная молодежная научная конференция, посвященная 60-летию со дня осуществления Первого полета человека в космическое пространство и 90-летию Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева-КАИ, Казань, 10–11 ноября 2021 года. Том III. – Казань: Изд-во ИП Сагиева А.Р., 2021. – С. 17-20.

4) Гаврилов А.Н. Моделирование формирования УНС в плазме с использованием параллельных вычислений // Вестник ВГУ. Серия Системный анализ и информационные технологии. - 2018. - № 2. - С. 14-21.

5) Гаврилов А. Н., Суханова Н. В., Рылев С. С. Кинетический подход построения модели плазменных процессов синтеза углеродных наноструктур // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2019. – Т. 19, № 5. – С. 862-868.

6) Гаврилов А. Н., Реджепов М. Б., Толстова И. С. Проектирование систем управления процессами плазменного синтеза углеродных наноматериалов на основе моделирования вероятностного взаимодействия элементов // Фабрика будущего: переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам для отраслей пищевой промышленности: сборник научных докладов конференции – Москва, 2021. – С. 225-240.

7) Калач А. В., Толстова И. С. Компьютерное моделирование процесса синтеза углеродных наноструктур с

применением технологий параллельного программирования // Интеллектуальные системы в производстве. – 2024. – Т. 22, № 1. – С. 62-68.

8) Цветков И. В. Применение численных методов для моделирования процессов в плазме: учебное пособие. – М.: МИФИ, 2007.

## **УДК 004.9**

### **РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ОБ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЩЕНИЯХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ПОРТАЛА ОГКУ «МФЦ»**

*Даценко Н.В.<sup>1</sup>, Безменов В.А.<sup>1</sup>, Горбатенко В.В.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий», г. Воронеж, Россия*

*<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический  
университет», г. Воронеж, Россия*

Областное государственное казенное учреждение «Многофункциональный центр предоставления государственных и муниципальных услуг» (ОГКУ «МФЦ») - категория бюджетных учреждений в Российской Федерации, предоставляющих соответствующие услуги по принципу «одного окна» после однократного обращения заявителя с запросом. При этом взаимодействие с органами, предоставляющими государственные услуги, или органами, предоставляющими муниципальные услуги, осуществляется ОГКУ «МФЦ» без участия заявителя.

В настоящее время на официальном портале ОГКУ «МФЦ» г. Кострома (<https://mfc44.ru>) представлены несколько форм для заполнения пользователями сайта, собирающие информацию об оценке качества обслуживания, о различных заявках (на размещение видеорекламы, на проведение опроса в ОГКУ

«МФЦ»), а также об обращениях граждан. Получение данных от пользователей сайта происходит следующим образом:

- 1) пользователь (заявитель или сотрудник организации) находит необходимую форму на сайте с помощью бокового меню;
- 2) проходит авторизацию через портал «Госуслуги»;
- 3) заполняет форму данными, которые отправляются после нажатия соответствующей кнопки;
- 4) администраторы сайта получают уведомление на электронную почту с соответствующими данными.

Такой подход имеет ряд существенных недостатков:

- 1) информация не хранится централизованно;
- 2) электронное письмо может быть случайно утеряно/удалено;
- 3) отсутствует возможность структурирования информации.

Для решения указанных проблем предлагается разработать подсистему сбора и обработки данных об электронных обращениях пользователей портала, которая позволит:

- 1) осуществлять хранение всей информации в едином контуре (база данных сайта, представленная в формате инфоблоков Битрикс);
- 2) организовать функцию быстрого просмотра обращений с группировкой их по типу;
- 3) провести универсализацию процесса дальнейших доработок и включения новых форм в систему (новые типы обращений не потребуют дополнительной доработки системы, их группировка и отображение будет производиться "на лету");
- 4) осуществлять моментальное уведомление администраторов сайта о факте заполнения формы;
- 5) получать необходимую статистическую информацию о количестве и классификации полученных обращений за период времени, в том числе в графическом виде.

При разработке подсистемы сбора и обработки данных были проведены следующие доработки существующей системы:

- 1) создана структура хранения информации в базе данных сайта Битрикс, реализованная в виде инфоблока и его свойств;

2) произведена доработка кода форм, размещенных на сайте, позволяющая сохранять информацию, заполненную пользователями сайта, в базу данных сайта;

3) создан административный раздел сайта, позволяющий ответственным сотрудникам ОГКУ «МФЦ» получать информацию, заполненную пользователями в формах;

4) разработан модуль просмотра данных из базы данных, содержащей информацию о заполнении форм пользователями сайта; при этом обеспечена динамическая загрузка контента по категории обращения, выбранной ответственным лицом для просмотра;

5) при разработке учитывалась универсализация процессов на будущее, позволяющая подключать новые разрабатываемые на сайте формы без дополнительных доработок подсистемы;

6) реализована возможность интеграции на сайт бота Telegram, позволяющего ответственным сотрудникам ОГКУ «МФЦ» мгновенно получать уведомления о факте заполнения пользователями различных форм;

7) реализован статистический модуль, позволяющий просматривать статистическую информацию по количеству обращений в разрезе их типов; информация предоставлена как в табличном варианте (с разбивкой по последним неделям, так и с разбивкой по последним месяцам, что учитывает внутренние процессы организации по сбору статистики), так и в графическом варианте (в виде графиков, формируемых с помощью API Google Charts, в которые динамически передаются все возможные типы обращений и их количество за необходимые промежутки времени);

8) проведена проверка информационной безопасности форм, размещенных на сайте, обеспечено требование к авторизации пользователями сайта на сайте «Госуслуги», чтобы исключить заполнение форм и подсистемы «информационным шумом», а также для защиты форм от потенциальных атак, в том числе при помощи ботов. Также обеспечена обработка вносимой пользователями информации экранированием перед внесением в базу данных и т.п.

Разработанная подсистема сбора и обработки данных об электронных обращениях пользователей портала ОГКУ «МФЦ» позволяет решить существующие проблемы, связанные с отсутствием возможности хранения информации в единой базе данных, группировки обращений по типу и времени, а также получения статистической информации.

## **УДК 004.9**

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА АСУТП В КОМПАНИИ «IN TOUCH»**

*Даценко Н.В.<sup>1</sup>, Булатова В.А.<sup>1</sup>, Горбатенко В.В.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий», г. Воронеж, Россия*

*<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический  
университет», г. Воронеж, Россия*

Компания «In Touch» является динамично развивающейся проектной организацией, которая предлагает своим заказчикам широкий спектр услуг по проектированию автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и ведет комплексное проектирование объектов линейных сооружений теплоснабжения, водоснабжения и канализации, газоснабжения и электроснабжения, прокатного, конвертерного и доменного производства.

Разработка проектов АСУТП выполняется инженерами-разработчиками компании в соответствии с предоставленным заказчиком техническим заданием (ТЗ) и исходными данными на проектирование, в которых указываются технические условия (ТУ), требования к составным частям АСУТП и ее смежным компонентам, а также условия, в которых должна функционировать разработанная система. На основании ТЗ

разработчик предлагает свои основные проектные решения (ОПР) и сметные расчеты, предоставляемые заказчику на согласование. Если заказчика устраивают все условия и стоимость работы, то разработчик приступает к основной работе над проектом, в противном случае путем переговоров, деловой переписки или иными способами корректируются условия, состав ТЗ и другие требования до момента наступления соглашения между обоими сторонами. По результатам работы разработчик выдает заказчику комплект проектной документации на АСУТП. Контекстная диаграмма процесса разработки проектной документации на АСУТП и диаграмма декомпозиции в нотации IDEF0 представлены на рисунках 1 и 2 соответственно.



Рисунок 1 – Контекстная диаграмма процесса разработки проектной документации на АСУТП

Схема бизнес-процессов разработки проектной документации представлена на рисунке 3 в нотации диаграммы потоков данных, которая иллюстрирует основные действия, осуществляемые разработчиком и заказчиком в процессе заключения соглашения на разработку АСУТП, а также показывает основные информационные связи между ними.

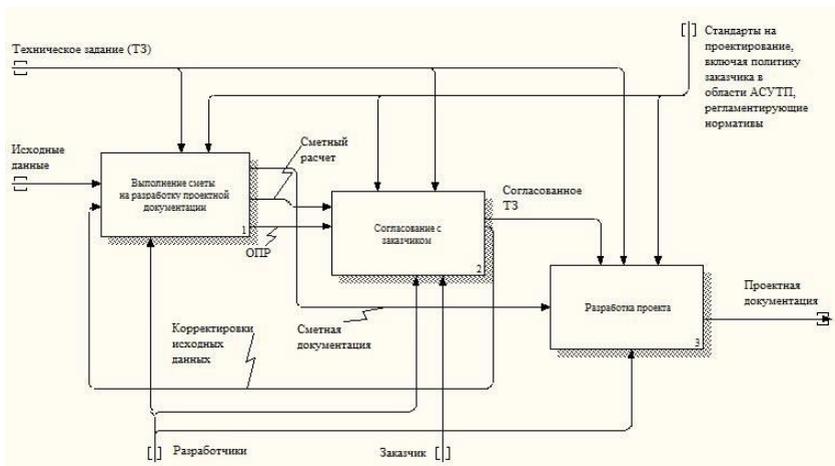


Рисунок 2 – Диаграмма декомпозиции процесса разработки проектной документации на АСУТП

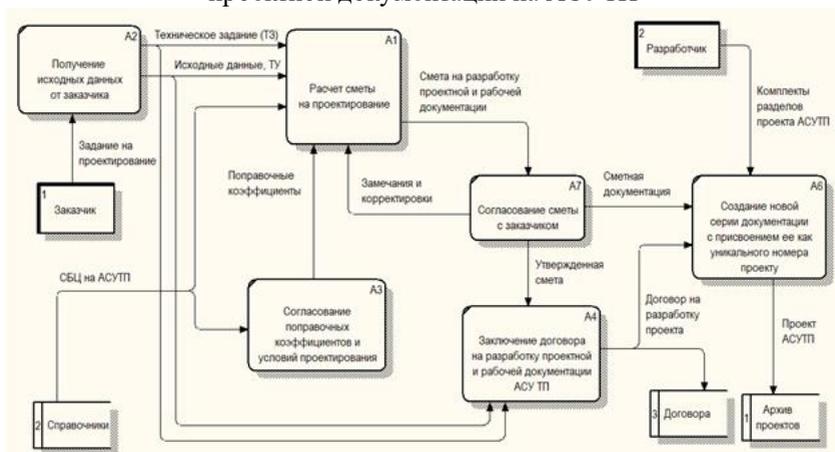


Рисунок 3 – Диаграмма DFD взаимодействия заказчика и разработчика

В результате моделирования бизнес-процесса разработки проектной документации на АСУТП в компании «In Touch» были выявлены недостатки текущего способа выполнения работ

(большая трудоемкость, связанная, в частности, с необходимостью многократного обращения к справочной документации, а также возможность совершения ошибок из-за человеческого фактора), которые могут быть устранены путем разработки и внедрения автоматизированной системы, позволяющей эффективно выстроить соответствующий бизнес-процесс.

## **УДК 004.9**

### **ВЫБОР МЕТОДА МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМ СЕРВИСА «КОД БУДУЩЕГО» ПО ИЗУЧЕНИЮ КУРСОВ**

*Даценко Н.В., Гнедых М.О.*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий», г. Воронеж, Россия*

Целью сервиса «Код будущего» (<https://www.gosuslugi.ru/futurecode>) является предоставление возможности школьникам и студентам колледжей и техникумов получения бесплатного дополнительного образования по программированию. В текущей реализации сервиса курсы по обучению языкам программирования классифицированы по уровням подготовки обучающихся (которые они выбирают самостоятельно) и образовательным организациям – разработчикам методических материалов. Предлагается добавить возможность прохождения тестирования, по результатам которого пользователю будут предложены один или несколько курсов в зависимости от его уровня подготовки и склонности к той или иной деятельности. Для формирования рекомендаций предлагается использовать технологию машинного обучения, с помощью которой можно будет создать довольно гибкую и точную модель.

Опросник будет содержать  $n$  вопросов, в каждом из которых обучающийся должен выбрать один из нескольких пронумерованных ответов. Таким образом, результат прохождения одного цикла тестирования будет представлять собой массив длиной  $n$ , где каждый элемент будет равен номеру ответа для соответствующего вопроса. В конечном счете в качестве входных данных модели будет сформирован двумерный массив, количество строк которого равно количеству вариантов прохождения тестирования. Для каждой строки также заранее необходимо указать ожидаемый ответ и поместить в соответствующий список [1]. При этом необходимо учитывать, что модель будет ориентирована на то, что количество вопросов и курсов останется неизменным, в противном случае ее придется обучать заново. В таком случае можно использовать технологию эмбединга, которая позволяет группировать различные сущности по смыслу (в нашем случае по описанию курсов).

На первом этапе необходимо осуществить выбор метода машинного обучения, наиболее подходящего для решения поставленной задачи с учетом формата входных данных. Метод «обучение с учителем» (supervised learning) подразумевает, что на входе модель получит массив данных, для которых уже будут известны результаты и необходимо подобрать такие аргументы, которые позволят в дальнейшем автоматически формировать рекомендации по выбору курсов. Метод «обучение без учителя» (unsupervised learning) предполагает поиск взаимосвязей в несвязанных данных, для которых заранее не заданы ожидаемые ответы [2].

В связи с вышесказанным, для решения поставленной задачи наиболее целесообразно использовать метод обучения с учителем, так как набор входных данных в виде пар «ответы пользователя-названия курсов по программированию» заранее известен, и фактически речь идет о решении задачи классификации.

#### Список литературы

1. An Introduction to Machine Learning Methods for Survey Researchers // URL: <https://www.surveypractice.org/article/2718-an->

introduction-to-machine-learning-methods-for-survey-researchers  
(дата обращения: 03.12.2024).

2. Мюллер, А. Введение в машинное обучение с помощью Python. Руководство для специалистов по работе с данными / А. Мюллер, С. Гвидо. – Вильямс. – 217. – 480 с.

## **УДК 004.9**

### **АНАЛИЗ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА ОКАЗАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ УСЛУГ В БУЗ ВО «ВГП №10»**

*Даценко Н.В., Емельянов А.В.*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»,  
г. Воронеж, Россия*

Бюджетное учреждение здравоохранения Воронежской области «Воронежская городская поликлиника №10» (БУЗ ВО «ВГП №10») является многопрофильным специализированным лечебно-профилактическим учреждением, оказывающим амбулаторную медицинскую помощь больным на приёме и на дому. Бизнес-процесс оказания медицинских услуг можно представить, как набор логически взаимосвязанных действий, выполняемых для достижения главной цели – получения пациентом соответствующих услуг. Контекстная диаграмма указанного процесса и диаграмма декомпозиции в нотации IDEF0 представлены на рисунках 1 и 2 соответственно.

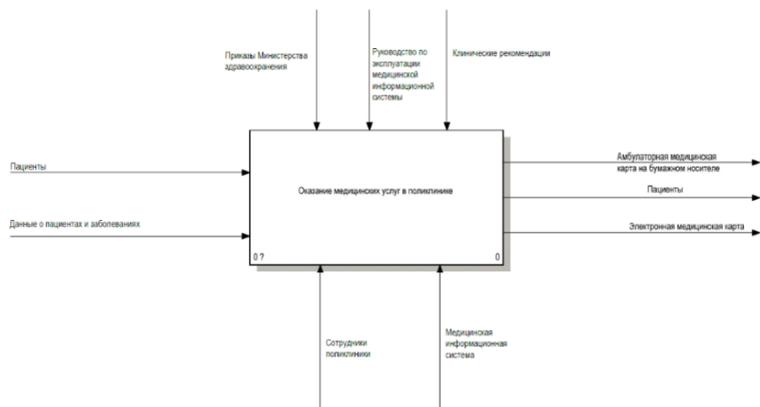


Рисунок 1 - Контекстная диаграмма процесса оказания медицинских услуг в поликлинике

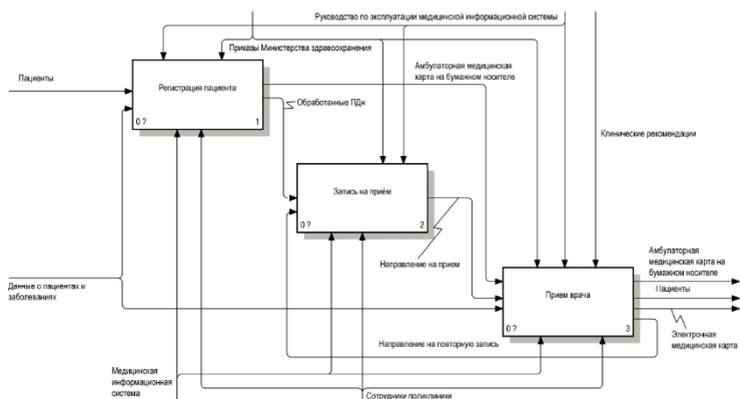


Рисунок 2 – Диаграмма декомпозиции процесса оказания медицинских услуг в БУЗ ВО «ВГП №10»

В результате анализа бизнес-процесса оказания медицинских услуг в БУЗ ВО «ВГП №10» были выявлены следующие недостатки:

1. Высокая вероятность ошибок при вводе данных (ручной ввод данных чреват человеческими ошибками, что может негативно сказаться на качестве медицинского обслуживания).

2. Трудности в управлении медицинской документацией (хранение бумажных медицинских карт требует значительных ресурсов и не позволяет быстро находить и обрабатывать необходимую информацию).

3. Отсутствие интеграции с другими системами (отсутствие единой информационной платформы затрудняет обмен данными между различными отделами и системами, что снижает общую координацию и эффективность работы учреждения).

4. Возможность совершения ошибок при постановке диагноза, связанная с человеческим фактором.

Выявленные недостатки могут быть устранены путем разработки и внедрения в деятельность медицинской организации интеллектуальной информационной системы с модулем поддержки принятия врачебных решений.

**УДК 004.9**

## **ИНТЕГРАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ С ПОРТАЛОМ ГОСУДАРСТВЕННЫХ УСЛУГ ДЛЯ АВТОРИЗАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ**

*Даценко Н.В., Шакаришвили А.А.*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий», г. Воронеж, Россия*

Интеграция с информационных систем (ИС) различного назначения с порталом государственных услуг Российской Федерации позволит упростить процесс авторизации пользователей путем использования зарегистрированного аккаунта на «Госуслугах» для входа в личный кабинет и работы с системой. К модулю интеграции предъявляются следующие функциональные требования:

– авторизация пользователя через портал «Госуслуги»;

- реализация возможности входа в информационную систему использованием учётной записи «Госуслуг» (ЕСИА);
- обеспечение перенаправления пользователя на портал «Госуслуги» для ввода учётных данных;
- получение и обработка данных.

После успешной авторизации на портале необходимо получить из «Госуслуг» персональные данные пользователя – фамилию, имя, отчество, дату рождения, пол, контактную информацию (телефон, e-mail), СНИЛС, после чего сохранить полученные данные в ИС с учётом согласия пользователя. Для обеспечения безопасности следует:

- использовать протокол OAuth 2.0 для авторизации и передачи данных;
- реализовать защиту всех запросов с использованием SSL/TLS и хранение токенов доступа в зашифрованном виде.

С учетом вышесказанного алгоритм взаимодействия информационной системы и портала «Госуслуг» состоит из следующих этапов:

1. Инициация авторизации: на странице входа в ИС пользователь выбирает опцию «Войти через Госуслуги», система перенаправляет пользователя на авторизационную страницу «Госуслуг» (URL, предоставленный ЕСИА).

2. Проверка и подтверждение: пользователь вводит учётные данные (логин/пароль) на портале «Госуслуг», после успешной авторизации «Госуслуги» перенаправляют пользователя обратно в ИС с использованием редирект-URL и временного кода авторизации.

3. Получение токена и данных: ИС отправляет запрос на сервер «Госуслуг» с временным кодом, клиентским ID и секретным ключом, в ответ получает токен доступа (Access Token) и, при необходимости, обновляющий токен (Refresh Token), используя токен доступа, система запрашивает пользовательские данные через API «Госуслуг».

4. Сохранение и использование данных: полученные данные сохраняются в ИС, если пользователь дал соответствующее

согласие, пользователь перенаправляется в личный кабинет с авторизацией.

На рисунках 1-4 представлены описание, запросы и ответы соответствующих методов в формате OpenAPI.

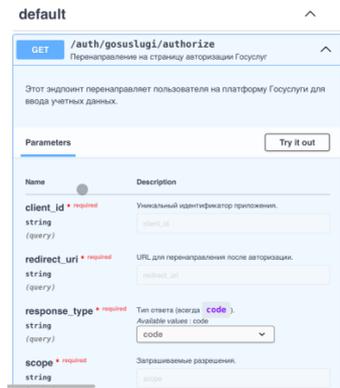


Рисунок 1 – Описание метода перенаправления

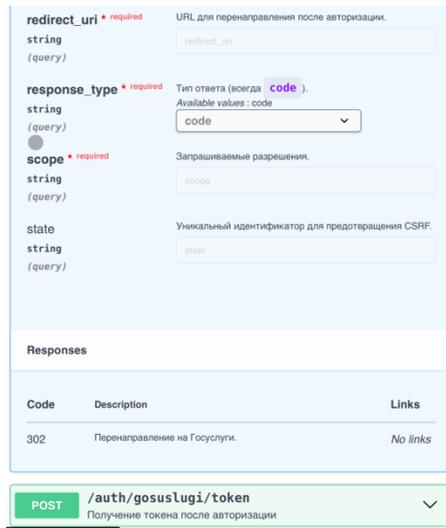


Рисунок 2 – Ответ метода перенаправления

**POST** /auth/gosuslugi/token  
Получение токена после авторизации

Этот эндпоинт получает токен доступа и обновления, используя предоставленный код авторизации.

**Parameters** Try it out

No parameters

**Request body** *required* application/x-www-form-urlencoded

client\_id    Уникальный идентификатор приложения.  
string

client\_secret    Секретный ключ приложения.  
string

code    Код авторизации, полученный на этапе авторизации.  
string

grant\_type    Тип запроса (всегда `authorization_code` ).  
string

redirect\_uri    URL, используемый на этапе авторизации.  
string

Рисунок 3 – Запрос метода получения токена авторизации

code    Код авторизации, полученный на этапе авторизации.  
string

grant\_type    Тип запроса (всегда `authorization_code` ).  
string

redirect\_uri    URL, используемый на этапе авторизации.  
string

**Responses**

Code	Description	Links
200	Успешный ответ с токенами.	No links

Media type  
application/json

Controls Accept header.

Example Value | Schema

```
{}
```

Рисунок 4 – Ответ метода получения токена авторизации

Интеграция информационных систем с порталом «Госуслуги» позволяет создать удобный, безопасный и современный механизм регистрации и авторизации пользователей.

**УДК 678.026:539.12:519.87**

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАДИЦИОННОЙ ВУЛКАНИЗАЦИИ КАУЧУКОВ НА ОСНОВЕ КИНЕТИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ**

***Тихомиров С.Г., Маслов А.А., Сбоев М.А.,  
Карманова О.В., Павина Е.В., Иванов А.В.***

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»,  
г. Воронеж, Россия*

Процесс вулканизации - образование сшивок в эластомерных материалах - имеет решающее значение для улучшения их механических свойств и эксплуатационных характеристик. Традиционная вулканизация основана на использовании химических реагентов, часто требующих высоких температур и длительного времени обработки [1]. В отличие от термомеханического способа, радиационная вулканизация предлагает чистую и эффективную альтернативу, используя ионизирующее излучение (например, пучки электронов или гамма-лучи) для непосредственного образования сшивки. Этот метод позволяет проводить обработку при более низких температурах, ускоряет время вулканизации и может способствовать улучшению качества продукции [2].

Хотя этот метод обладает большим потенциалом, сложность химических реакций, вызванных радиацией, и их зависимость от множества переменных требуют системного подхода к управлению процессом. В данной статье предложена математическая модель для прогнозирования радиационной

вулканизации резиновых смесей, которая отражает ключевые механизмы сшивания.

Кинетика процесса радиационной вулканизации может быть описана с помощью системы дифференциальных уравнений, учитывающих образование свободных радикалов, рекомбинацию радикалов и сшивание полимерных цепей [3]. Рассматриваются следующие реакции:

1. Под действием ионизирующего излучения молекула полимера и/или добавленных соединений (вулканизирующих агентов) подвергаются ионизации или диссоциации, т.е. происходит образование активных центров:



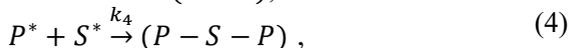
где P – полимерная молекула; P\* - радикал на полимерной цепи; R\* - низкомолекулярный радикал; k<sub>1</sub> – константа скорости образования активных центров, I – доза облучения, кГр.

2. Образование радикалов на боковых группах или добавках. Добавки (серосодержащие соединения) также подвергаются активации:



где S<sub>n</sub> – молекулы серы или серосодержащего соединения; S\* - радикал серы; S<sub>m</sub>\* – радикал серы другой разновидности; k<sub>2</sub> – константа скорости образования радикалов на боковых группах, I – доза облучения, кГр.

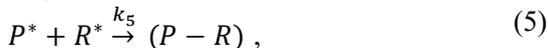
3. Образование поперечных связей. Формируются два типа сшивки, которые могут происходить между полимерными цепями [4]. Первый тип — это прямая связь цепей, а второй тип сшивка через атом серы. Радикалы на полимерных цепях рекомбинируют, формируя поперечные связи между цепями:



где P\* - радикал на полимерной цепи; S\* - радикал серы; (P-P) - сшивка между полимерными цепями; (P-S-P) - сшивка между двумя полимерными цепями со связью через атом серы; k<sub>3</sub> – константа скорости сшивки между полимерными цепями; k<sub>4</sub> -

константа скорости сшивки между полимерными цепями через атом серы.

4. Рекомбинация или обрыв радикалов. Если радикалы не успевают взаимодействовать с другими молекулами, то возможны процессы рекомбинации:



где  $P^*$ - радикал на полимерной цепи;  $R^*$ - низкомолекулярный радикал;  $(P-R)$  – ковалентная связь между радикалами полимерной цепи и низкомолекулярными;  $k_5$  – константа скорости процесса рекомбинации. Так же радикалы могут дезактивироваться, тогда имеет место следующая реакция:



где  $P^*$ - радикал на полимерной цепи;  $P$  – полимерная молекула;  $k_6$  – константа скорости процесса дезактивации.

Запишем кинетические реакции в виде дифференциальных уравнений концентраций:

$$(7) \left\{ \begin{array}{l} \frac{dP^*}{dt} = k_1 * P - 2 * k_3 * P^* - k_4 * P^* * S^* - k_5 * P^* * R^* - k_6 * P^* \\ \frac{dR^*}{dt} = k_1 * P - k_5 * P^* * R^* \\ \frac{dS^*}{dt} = k_2 * S_n - k_4 * P^* * S^* \\ \frac{dS_m^*}{dt} = k_2 * S_n \\ \frac{dP}{dt} = -k_1 * P + k_6 * P^* \\ \frac{dS_n}{dt} = -k_2 * S_n \\ \frac{d(P - P)}{dt} = 2 * k_3 * P^* \\ \frac{d(P - S - P)}{dt} = k_4 * P^* * S^* \\ \frac{d(P - R)}{dt} = k_5 * P^* * R^* \end{array} \right.$$

где  $P^*$  - концентрация радикалов на полимерной цепи; где  $R^*$  - концентрация низкомолекулярного радикала;  $S^*$  - концентрация радикала серы; где  $S_m^*$  - концентрация радикалов серы другой

разновидности; где  $P$  - концентрация полимерной молекулы; где  $S_n$  - концентрация молекулы серы или серосодержащего соединения; где  $(P-P)$  - концентрация сшивок между полимерными цепями; где  $(P-S-P)$  - концентрация сшивок между двумя полимерными цепями со связью через атом серы; где  $(P-R)$  - концентрация ковалентных связей между радикалами полимерной цепи и низкомолекулярными;  $k_1, \dots, k_6$  – константы скоростей реакции.

В контексте прогнозирования процесса радиационной вулканизации с помощью математической модели уравнение Аррениуса играет решающую роль в понимании температурной зависимости констант скорости различных химических реакций, таких как генерация радикалов, рекомбинация и сшивание. Уравнение Аррениуса, выраженное в виде:

$$k = A * e^{-\frac{E_a}{R*T}}, \quad (8)$$

где  $k$  – константа скорости реакции;  $A$  – предэкспоненциальный множитель, показывающий общее число столкновений  $e$  – основание натурального логарифма;  $T$  – температура, К;  $R$  – молярная газовая постоянная, Дж/моль\*К;  $E_a$  – энергия активации, Дж/моль.

Для более полного описания радиационной вулканизации можно дополнить уравнение Аррениуса зависимостью от дозы излучения:

$$k = A * e^{-\frac{E_a}{R*T}} * f(I) \quad (9)$$

где  $f(I)$  – функция, зависящая от дозы излучения  $I$ , кГр.

Таким образом, благодаря предложенным кинетическим схемам, эмпирическим данным и уравнению Аррениуса разработана математическая модель, которая дает представление о сложных взаимосвязях между дозой облучения, температурой и характеристиками материала. Полученная модель может быть доработана и расширена для включения более широкого спектра переменных, включая влияние различных добавок и условий окружающей среды.

В дальнейшем планируется провести оценку точности модели с помощью сравнения с экспериментальными данными (расчет среднеквадратической ошибки, средней абсолютной

ошибки) на базе натуральных экспериментов; сравнение с альтернативными моделями, которые описывают те же данные с меньшими ошибками или при меньшем числе параметров, а также проведение визуализации для проверки качественного соответствия модели данным.

Будущие исследования будут направлены на разработку вычислительных инструментов, использующих эту модель для прогнозирования и оптимизации в реальном времени в промышленных приложениях. В конечном итоге возможность точного прогнозирования результатов радиационной вулканизации позволит не только оптимизировать производственные процессы, но и внести вклад в разработку передовых материалов с индивидуальными свойствами, открывая путь к инновационным применениям в различных областях.

#### **Список источников**

1. Сбоев, М. А. Сравнительный анализ термической и радиационной вулканизации резин / М. А. Сбоев, А. А. Маслов // Материалы студенческой научной конференции за 2023 год, Воронеж, 18–28 апреля 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2023. – С. 91.

2. Касперович, А. В. Применение радиационного модифицирования в технологии производства резин / А. В. Касперович, В. В. Боброва, В. Н. Фарафонов // Технология органических веществ : Материалы 88-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 29 января – 16 февраля 2024 года. – Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2024. – С. 100-103.

3. Avezov, Toshtemir and Ismailov, Mirxalil Agzamovich (2023) "DEVELOPMENT OF AN IMITATION MODEL OF THE VULCANIZATION PROCESS IN THE PRODUCTION OF ELASTOMERIC COMPOSITES," Chemical Technology, Control and Management: Vol. 2023: Iss. 5, Article 9.

4. Makuuchi K., Cheng S. Radiation processing of polymer materials and its industrial applications. – John Wiley & Sons, 2012.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В ИНДУСТРИИ  
ТУРИЗМА**

*Ковалева Е.Н., Зацепилина Н.П.*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»,  
г. Воронеж, Россия*

Современное развитие туризма и сферы обслуживания требует внедрения энергоэффективных решений для обеспечения устойчивого роста и минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Энергоресурсосберегающие технологии стали ключевым элементом в стратегическом развитии отрасли, способствуя снижению эксплуатационных затрат, повышению экологической устойчивости и улучшению качества предоставляемых услуг.

Энергетические ресурсы являются важным компонентом в структуре затрат предприятий туристической отрасли. Гостиничные комплексы, рестораны, транспортные компании и другие организации зависят от электроэнергии, воды и топлива. При этом их избыточное потребление негативно влияет на прибыльность бизнеса и приводит к экологическим проблемам. Поэтому внедрение энергоресурсосберегающих технологий становится необходимым шагом для обеспечения конкурентоспособности и устойчивого развития.

В туризме энергоэффективность связана с использованием инновационных технологий и управленческих решений, таких как системы мониторинга энергопотребления, интеллектуальное управление ресурсами и переход на возобновляемые источники энергии. Применение подобных технологий позволяет предприятиям значительно сократить затраты, одновременно улучшая экологическую ситуацию, что особенно важно для

привлечения современного потребителя, заинтересованного в устойчивом развитии.

Энергоресурсосберегающие технологии включают разнообразные решения, направленные на сокращение энергопотребления и повышение эффективности процессов. Внедрение новых стандартов строительства способствует снижению энергозатрат на отопление, кондиционирование и освещение. Использование инновационных строительных материалов, теплоизоляции и энергоэффективных окон позволяет сократить потребление энергии в гостиницах и других объектах.

Современные предприятия все чаще используют воду повторно, например, для технических нужд, что помогает снизить объем водопотребления. Внедрение систем переработки отходов также снижает нагрузку на экосистему.

Внедрение электрических и гибридных транспортных средств в туристической отрасли позволяет значительно сократить выбросы вредных веществ в атмосферу и уменьшить расходы на топливо.

Цифровизация процессов является важным фактором, способствующим энергоэффективности. Анализ данных, собранных с помощью Интернета вещей (IoT), позволяет предприятиям точно определять области перерасхода энергии и принимать обоснованные решения для их устранения. Имитационное моделирование на основе больших данных помогает прогнозировать энергопотребление и оптимизировать ресурсы на долгосрочную перспективу.

Кроме того, туристические компании активно используют цифровые платформы для управления потоками туристов и планирования маршрутов. Это позволяет минимизировать транспортные издержки и сократить перегрузку инфраструктуры, что способствует энергоэффективности на уровне региона [1, 2].

Многие предприятия туристической индустрии уже внедрили энергоэффективные решения. Например, отели, оснащенные системами интеллектуального управления энергией, сократили расходы на электроэнергию до 30%. Туристические комплексы, использующие солнечные панели для освещения и

подогрева воды, демонстрируют снижение эксплуатационных затрат и повышение лояльности клиентов.

Важную роль играют и государственные программы поддержки, направленные на субсидирование внедрения энергоресурсосберегающих технологий. Такие инициативы способствуют популяризации энергоэффективности в отрасли и ускоряют переход к устойчивым моделям развития.

Развитие энергоресурсосберегающих технологий в туризме связано с рядом перспектив, включая снижение затрат, улучшение экологической репутации и привлечение новых клиентов. Однако существуют и другие проблемы, такие как высокая стоимость внедрения инновационных технологий и необходимость обучения персонала [3-5]. Для успешного преодоления этих барьеров необходимы интеграция междисциплинарных знаний, государственная поддержка и обмен лучшими практиками на международном уровне.

Энергоресурсосберегающие технологии играют весомую роль в трансформации туристической отрасли, делая её более устойчивой и конкурентоспособной. Их внедрение позволяет не только сократить затраты и снизить нагрузку на окружающую среду, но и создать условия для привлечения экологически ориентированных туристов.

Использование математических моделей позволяет снижать энергозатраты на перевозку туристов за счет планирования маршрутов с минимальным пробегом, учета транспортной емкости и внедрения электротранспорта [6]. Такие подходы особенно актуальны в крупных туристических городах с интенсивным движением.

Математические модели помогают определить энергоэффективные стратегии эксплуатации объектов: от регулирования систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха до внедрения интеллектуальных систем управления освещением. Например, использование данных о загрузке номеров позволяет автоматически регулировать потребление энергии в зависимости от реальной потребности.

Туристические зоны вблизи национальных парков и заповедников часто сталкиваются с ограничениями по

использованию традиционных энергоресурсов. Моделирование помогает оценить потенциальную эффективность установки солнечных батарей, ветряных генераторов или других экологичных источников энергии.

Использование математических моделей позволяет снижать энергозатраты на перевозку туристов за счет планирования маршрутов с минимальным пробегом, учета транспортной емкости и внедрения электротранспорта. Такие подходы особенно актуальны в крупных туристических городах с интенсивным движением.

Энергопотребление в туризме подвержено значительным колебаниям в зависимости от сезона, погодных условий и количества посетителей. Стохастические модели позволяют учитывать неопределенность этих факторов, разрабатывать гибкие стратегии управления и минимизировать риски избыточного или недостаточного энергоснабжения.

Математическое моделирование способствует формированию долгосрочных стратегий энергоресурсосбережения в туризме. Применение цифровых технологий и систем автоматизации, разработанных на базе моделей, позволяет повышать энергоэффективность, снижать издержки и минимизировать воздействие на окружающую среду.

Математическое моделирование становится неотъемлемой частью управления энергоресурсами в туризме, что способствует повышению конкурентоспособности отрасли и её устойчивому развитию.

LED-технологии активно внедряются в российских гостиницах для освещения номеров, холлов и внешних территорий. Светодиоды потребляют на 80% меньше энергии, чем традиционные лампы, и имеют значительно больший срок службы. Например, такие решения используются в гостинице «Метрополь» в Москве.

Для оптимизации затрат на отопление и кондиционирование воздуха гостиницы, такие как «Кортъярд Марриотт Казань Кремль», внедряют системы рекуперации, которые позволяют возвращать тепло отработанного воздуха для подогрева поступающего воздуха.

В некоторых российских гостиницах, особенно в экологически ориентированных объектах на Байкале или в Карелии, устанавливают солнечные панели или тепловые насосы. Эти технологии позволяют снизить зависимость от традиционных источников энергии.

Современные гостиницы в России оснащаются окнами с низкоэмиссионным покрытием и высокой степенью теплоизоляции. Такие окна сохраняют тепло зимой и снижают нагрев помещений летом, уменьшая энергозатраты на климатические системы.

Водосберегающие технологии, такие как смесители и душевые с аэраторами, помогают не только экономить воду, но и снижать энергозатраты на её подогрев. Эти решения применяются, например, в сети отелей AZIMUT.

В ряде гостиниц, таких как «Космос» в Москве, реализуются программы «зеленого отеля». Гостям предлагается отказаться от ежедневной смены полотенец и постельного белья, что снижает потребление воды, электроэнергии и моющих средств.

В регионах с холодным климатом, например, в гостиницах Алтая, активно используются тепловые насосы для отопления и горячего водоснабжения. Это помогает снизить эксплуатационные расходы и сократить выбросы углекислого газа.

Некоторые гостиницы используют программные платформы для анализа энергопотребления в режиме реального времени. Эти системы выявляют зоны повышенного расхода и позволяют оперативно принимать меры для оптимизации.

Современные гостиницы, такие как «Интурист» в Сочи, устанавливают зарядные станции для электромобилей, что привлекает клиентов, ориентированных на экологичный транспорт, и способствует снижению углеродного следа.

Таким образом, развитие энергоэффективности становится одним из основных факторов, определяющих будущее сферы обслуживания и туризма.

#### ***Список использованных источников***

1. Глаголева Л.Э., Зацепилина Н.П., Калядина И.С., Ковалева Е.Н., Сехниев М.Е. Маркетинговый анализ сегмента

рынка при проведении мероприятий сервисной деятельности гостиницы «Графская» // Лизинг, 2022. № 5. – С. 18-24.

2. Глаголева Л.Э., Зацепилина Н.П., Ковалева Е.Н., Жемчужникова Н.В. Интернет-технологии в индустрии гостеприимства // Моделирование энергоинформационных процессов. Сборник статей X национальной научно-практической конференции с международным участием. Воронеж, 2022. – С. 352-356.

3. Зацепилина Н.П., Ковалева Е.Н., Сехниев М.Е., Вискова Е.В., Евсюкова А.С. Математические модели повышения качества сервисных услуг в сфере гостеприимства // Лизинг, 2024. № 2. – С. 26-32.

4. Зацепилина Н.П., Ковалева Е.Н., Сехниев М.Е., Евсюкова А.С. Гостиница в лизинг как инновационный подход к развитию и эффективному управлению активами лизинга недвижимости // Лизинг, 2023. № 6. – С. 53-58.

5. Зацепилина Н.П., Ковалева Е.Н., Ляпина А.А., Зацепилина Л.С., Сандберг А.Б. Система управления качеством в гостиницах и отелях // Лизинг, 2023. № 6. – С. 47-52.

6. Тихомиров С.Г., Авцинов И.А., Туровский Я.А., Суровцев А.С., Адаменко А.А., Ковалева Е.Н. Программно-аппаратный комплекс для управления биотехнологическими системами с использованием интеллектуальных информационных технологий // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии, 2019. – № 3. – С. 158-165.

## **СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В МОДЕЛИРОВАНИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В ГОСТИНИЧНОМ ДЕЛЕ**

*Зацепилина Н.П., Ковалева Е.Н.,  
Попова Н.Н., Аносов М.А.*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»,  
г. Воронеж, Россия*

Сфера гостеприимства – это сложная и многогранная система, которая включает в себя множество взаимосвязанных элементов: персонал, инфраструктуру, технологии и, конечно же, клиентов. Для достижения высокого уровня сервиса и удовлетворённости гостей необходим комплексный и системный подход к управлению всеми аспектами этой деятельности.

Системный подход предполагает, что каждая составляющая сервисной деятельности рассматривается как часть единой системы, где все элементы взаимосвязаны и взаимодействуют друг с другом [1-4]. Применение этого подхода в гостиничном деле основывается на следующих принципах:

– Целостность. Управление сервисной деятельностью должно учитывать все аспекты: от качества обслуживания гостей до оптимизации внутренних процессов.

– Взаимосвязанность. Все элементы системы – персонал, технологии, стандарты обслуживания и обратная связь от клиентов – должны быть согласованы и работать на общий результат.

– Адаптивность. Система должна быть гибкой и способной адаптироваться к изменениям внешней среды, таким как новые запросы клиентов, изменения в законодательстве или внедрение инноваций.

– Цикличность. Постоянное улучшение качества обслуживания через цикл анализа, планирования, внедрения изменений и оценки результатов.

Применение системного подхода в организации сервисной деятельности включает несколько ключевых элементов: управление персоналом. Персонал – это основа сервиса в сфере гостеприимства. Системный подход предполагает не только подбор и обучение сотрудников, но и создание корпоративной культуры, которая мотивирует персонал на высококачественное обслуживание. Важна чёткая координация работы всех отделов и персонала для обеспечения слаженности процессов.

Разработка и внедрение стандартов обслуживания позволяет унифицировать качество сервиса и обеспечить его предсказуемость для гостей. Это может включать в себя стандарты общения с клиентами, чек-листы для уборки помещений, стандарты подачи блюд в ресторанах и многое другое.

Современные технологии играют ключевую роль в управлении сервисной деятельностью. Это могут быть системы управления гостиницами, автоматизация процессов бронирования, электронные ключи, а также использование искусственного интеллекта для анализа данных о клиентах и персонализации услуг [5-8].

Сбор и анализ обратной связи от гостей позволяет выявлять сильные и слабые стороны сервиса. На основе этих данных разрабатываются меры по улучшению качества обслуживания.

Системный подход требует эффективного управления всеми ресурсами: материальными, финансовыми, человеческими и временными. Это позволяет минимизировать затраты и повышать рентабельность бизнеса.

Применение системного подхода в гостиничном деле даёт целый ряд преимуществ: повышение удовлетворённости клиентов за счёт обеспечения стабильного и высокого уровня сервиса; оптимизация внутренних процессов и сокращение издержек; увеличение лояльности гостей и повторных посещений; более эффективное использование ресурсов, включая персонал и технологии.

Системный подход в организации сервисной деятельности в сфере гостеприимства – это необходимое условие для достижения конкурентоспособности и устойчивого развития. Он позволяет эффективно управлять сложными процессами, обеспечивать

высокий уровень сервиса и удовлетворять ожидания клиентов. Компании, которые активно внедряют системный подход, получают значительное преимущество на рынке, увеличивая свою привлекательность для гостей и партнёров [9-11].

Развитие технологий, таких как искусственный интеллект и интернет вещей, оказывает значительное влияние на сферу гостеприимства и управления предприятиями этой области. Искусственный интеллект, например, способен обрабатывать большие объемы данных, что позволяет не только оптимизировать процессы бронирования, но и прогнозировать поведение клиентов. В то же время интернет вещей открывает новые возможности для мониторинга состояния арендуемого оборудования в реальном времени, что способствует повышению эффективности использования ресурсов.

Использование системного подхода и математического моделирования является важным инструментом управления в гостиничном бизнесе. Эти методы не только увеличивают прибыльность и эффективность работы, но и помогают адаптироваться к потребностям современного рынка и требованиям роста прибыли предприятия. Внедрение новых технологий и цифровых решений значительно расширяет потенциал их применения, что делает их неотъемлемой частью будущего гостиничного менеджмента.

К примеру, крупные гостиницы в России активно используют системный анализ для комплексного контроля всех аспектов их деятельности. CRM-системы, основанные на платформах для управления взаимоотношениями с клиентами, позволяют анализировать предпочтения гостей и персонализировать предложения. Это способствует улучшению качества обслуживания и повышению удовлетворенности клиентов. Кроме того, системный подход помогает эффективно управлять персоналом: автоматизированные системы учета рабочего времени и производительности обеспечивают точный контроль за работой сотрудников и позволяют гибко адаптировать графики в зависимости от потребностей бизнеса.

Таким образом, интеграция искусственного интеллекта и системного анализа в гостиничном бизнесе значительно усиливает

его управленческую и операционную эффективность. Эти технологии позволяют не только оптимизировать процессы и улучшить клиентский опыт, но и обеспечивают гибкость в управлении ресурсами, персоналом и оборудованием. В долгосрочной перспективе использование инновационных инструментов и цифровых решений открывает новые горизонты для развития гостиничного бизнеса, соответствуя современным требованиям рынка и стремясь к устойчивому и прибыльному росту.

### *Список использованных источников*

1. Khaustov I.A., Rylev S.S., Kovaleva E.N. Development and application of modern geographic information systems for monitoring the environmental status of objects // Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies, 2019. –Т. 81. № 4 (82). – С. 263-267.

2. Nikitin B.E., Ivliev M.N., Bugaev Yu.V., Kovaleva E.N., Chikunov S.V., Negoda V.A. Aggregated rating construction as a collective choice problem // В сборнике: Advances in Economics, Business and Management Research. Proceedings of the Russian Conference on Digital Economy and Knowledge Management (RuDEcK 2020), 2020. – С. 495-499.

3. Korobova L.A., Savvina E.A., Kovaleva E.N., Gladkikh T.V., Lukina O.O., Tolstova I.S. Application of cluster analysis for business processes in the implementation of integrated economic and management systems // Advances in Economics, Business and Management Research. Proceedings of the Russian Conference on Digital Economy and Knowledge Management (RuDEcK 2020), 2020. – С. 316-323.

4. Глаголева Л.Э., Зацепилина Н.П., Ковалева Е.Н., Зацепилина Л.С., Сандберг А.Б., Сехниев М.Е. Система информации в сфере туризма // Лизинг, 2022. № 4. – С. 51-55.

5. Глаголева Л.Э., Зацепилина Н.П., Ковалева Е.Н., Зацепилина Л.С., Сандберг А.Б., Сехниев М.Е. SMM-Реклама в интернет-проектах при продвижении гостиничного бизнеса // Лизинг, 2022. № 4. – С. 38-43.

6. Глаголева Л.Э., Зацепилина Н.П., Ковалева Е.Н., Зацепилина Л.С., Сандберг А.Б., Сехниев М.Е. Экономические перспективы PR-коммуникаций в сфере туризма // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий, 2022. – Т. 84. № 2 (92). – С. 298-304.

7. Глаголева Л.Э., Зацепилина Н.П., Калядина И.С., Ковалева Е.Н., Сехниев М.Е. Маркетинговый анализ сегмента рынка при проведении мероприятий сервисной деятельности гостиницы «Графская» // Лизинг, 2022. № 5. – С. 18-24.

8. Глаголева Л.Э., Зацепилина Н.П., Ковалева Е.Н., Жемчужникова Н.В. Интернет-технологии в индустрии гостеприимства // Моделирование энергоинформационных процессов. Сборник статей X национальной научно-практической конференции с международным участием. Воронеж, 2022. – С. 352-356.

9. Зацепилина Н.П., Ковалева Е.Н., Сехниев М.Е., Вискова Е.В., Евсюкова А.С. Математические модели повышения качества сервисных услуг в сфере гостеприимства // Лизинг, 2024. № 2. – С. 26-32.

10. Зацепилина Н.П., Ковалева Е.Н., Сехниев М.Е., Евсюкова А.С. Гостиница в лизинг как инновационный подход к развитию и эффективному управлению активами лизинга недвижимости // Лизинг, 2023. № 6. – С. 53-58.

11. Зацепилина Н.П., Ковалева Е.Н., Ляпина А.А., Зацепилина Л.С., Сандберг А.Б. Система управления качеством в гостиницах и отелях // Лизинг, 2023. № 6. – С. 47-52.

## РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДСИСТЕМЫ РАСЧЕТА ОТОПЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ

*Мачтаков С.Г., Лемешкин А.В., Кряковский Р.В.*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»,  
г. Воронеж, Россия*

Информационная подсистема расчета отопления объектов позволяет оптимально спроектировать расположение отопительных приборов, их параметры и технические характеристики. Подсистема обеспечивает интерактивную разработку проекта, его сохранение в базе данных, дальнейшее сопровождение и доработку, в случае необходимости.

Чтобы спроектировать качественную систему отопления следует рассчитать ее основные параметры и различные нюансы, которые будут воздействовать на нее. При расчете основных параметров отопления (количества тепла необходимое, площадь и объем комнаты, мощность каждой секции или цельной батареи в зависимости от ее вида, максимальное количество секций, расчёт необходимой мощности котла и т.д.) используют алгебраические геометрические формулы.

Расчёт необходимой мощности котла является одинаковым процессом для всех систем отопления. Единицей измерения мощности считаются ваты или киловатты. Для расчёта необходимой мощности прибора тепло генерации - по площади дома. Формула нахождения мощности прибора тепло генерации выглядит следующим образом:

$$MK = \frac{S*W*K}{10}, \quad (1)$$

где S - это общая отапливаемая площадь дома с учетом всех жилых и бытовых помещений, W - это удельная мощность необходимая для отопления 10 кв. м., скорректированная для

каждого климатического пояса по формуле, К - это коэффициент климатических условий. (I температурная зона -1, II температурная зона -1,075, III температурная зона - 1,15, IV температурная зона - 1,225)

Таблица 1 Коэффициенты климатических зон

Территория субъекта Российской Федерации	Коэффициент
I температурная зона	
Республика Адыгея	1
Республика Дагестан	1
Республика Ингушетия	1
Чеченская Республика	1
Краснодарский край	1
II температурная зона	
Республика Калмыкия	1,075
Астраханская область	1,075
Псковская область	1,075
Ростовская область	1,075
III температурная зона	
Республика Карелия	1,15
Белгородская область	1,15
Вологодская область	1,15
Воронежская область	1,15
Калужская область	1,15
Курская область	1,15

Территория субъекта Российской Федерации	Коэффициент
IV температурная зона	
Республика Алтай	1,225
Республика Мордовия	1,225
Республика Татарстан	1,225
Курганская область	1,225
Нижегородская область	1,225
Республика Бурятия	1,3
Новосибирская область	1,3
Тюменская область	1,3
Омская область	1,3

Исходя из полученной мощности теплогенерации, следует подбирать котел, учитывая теплопотери. Исходными данными для расчета служат: внешняя и внутренняя температура воздуха, конструкция стен, пола, перекрытий, назначение каждого помещения, географическая зона строительства. Все тепловые потери напрямую зависят от термического сопротивления ограждающих конструкций, чем оно больше, тем меньше

Формула нахождения основных теплопотерь выглядит следующим образом:

$$Q = K * F * (T_{int} - T_{ext}) * n \quad (2)$$

где Q(BT) основные теплопотери, K - коэффициент теплопередачи ограждающей конструкцией, F - площадь ограждающих конструкций, (tint- text) - разность внутренней и наружной температур, n - коэффициент, учитывающий положение ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий». Для перекрытия над холодными подвалами и чердачными перекрытиями согласно п. 2 n = 0,9.

Ниже представлены основные формулы расчета системы отопления.

Формула нахождения площади комнаты выглядит следующим образом:

$$S = A * B \quad (3)$$

где  $A$  - длина комнаты,  $B$  - ширина комнаты.

Для нахождения объема комнаты используется формула:

$$V = S * h \quad (4)$$

где  $S$  - площадь,  $h$  - высота потолков.

Общие принципы и формулы расчёта системы отопления.

Формула расчёта секций батареи выглядит следующим образом:

$$Cб = (S * 100) * A \quad (5)$$

За основу расчётов в стандартном жилом помещении достаточно 100 Вт на квадратный метр площади.  $A$  - это коэффициент, учитывающий количество внешних стен в конкретной комнате. Очевидно, что чем больше в помещении внешних стен, тем больше площадь, через которую происходит тепловые потери.

#### Список источников

1. *Мачтаков С.Г., Рукин И.Г., Сафонова Ю.А.* Создание программного модуля, обеспечивающего бесперебойную работу клиент-серверных приложений// В сборнике: Современные научные исследования: Актуальные вопросы, достижения и инновации. сборник статей XXV Международной научно-практической конференции. В 2 ч.. Пенза, 2022. С. 88-90.

2. *Мачтаков С.Г., Даценко Н.В.* Информационная система МВД России // Материалы LXI отчетной науч. конф. преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2022 г од. [Текст] В 3 ч. Ч. 2. / под ред. О.С. Корнеевой; Воронеж. Воронеж. Гос. ун-т инж. технол. – Воронеж: ВГУИТ, 2023. – 127 с. С. 70-71

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДСИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ УЧАСТНИКОВ ЭЛЕКТРОННЫХ ТОРГОВ**

*Мачтаков С.Г., Трибунских О.А., Голенцов В.С.*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий», г. Воронеж, Россия  
ВУНЦ ВВС "Военно-воздушная академия имени  
профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина"  
г. Воронеж, Россия*

Современный мир постоянно совершенствуется, одним из основных признаков этого является развитие компьютерных информационных технологий. В связи с этим возрастает потребность в автоматизации множества процессов. В последнее время одной из наиболее актуальных задач становится продажа товаров и услуг в электронном формате, через Интернет. Существует множество форматов для приобретения и продажи товаров посредством сети Интернет. Одним из распространенных является электронный аукцион. Главной особенностью электронных аукционов, является то, что участник вправе многократно менять стоимость контракта, предлагая заказчику более выгодные предложения. При проведении аукционов важно учитывать все юридические нормы.

Государственные закупки - понятие, которое тесно связано с электронными аукционами. Госзакупки являются главным способ государственных компаний и бюджетных учреждений найти товары или услуги по максимально выгодной цене. Компании размещают заказы с характеристиками товаров на электронные площадки, где желающие участвовать в торгах, оставляют свои заявки. Поставщика товара определяют в ходе проведения аукциона. Победителем становится тот, кто предложит самые лучшие условия для исполнения контракта. Зачастую, участвуя до подачи заявки на участие в аукционе,

возникает необходимость оценить рынок предлагаемых товаров, их поставщиков, конкурентоспособность.

Разрабатываемая информационная подсистема обеспечит информационную поддержку участников электронных торгов в сфере государственных закупок по 44-ФЗ. Работа подсистемы направлена на анализ рынка для выявления общего количества закупок, конкурентности, количества закупок отдельно по месяцам, для представления специфики государственных закупок по профилю товаров и услуг. Подсистема обеспечит импорт данных, полученных по результатам выгрузки из реестра контрактов заключенных заказчиками (сайт ЕИС Закупки), в реляционную базу данных для формирования аналитики и формирования и хранения аналитических отчетов, отчеты об объемах заключенных контрактов в разрезе поставщиков, заказчиков, разбивки по месяцам.

Существует несколько видов аукционов. Одним из известных видов является открытый аукцион, в котором цена повышается. История этого формата начинается в Англии. Именно по этой причине такие аукционы называют английскими. В данном виде преобладают простота и прозрачность. В таких аукционах продают различные предметы. Стратегия данных торгов заключается в том, чтобы торговаться до тех пор, пока оценка объекта превышает сложившуюся цену. Обычно выбирается небольшая цена, с которой и начинается аукцион. Однако выбранная цена не должна сильно отличаться от реальной стоимости предмета, чтобы продавец не пошел в убыток. С ходом аукциона цена на лот повышается. Это происходит до тех пор, пока поступают новые ценовые предложения. Как только никто из участников не захочет поднимать цену выше, товар можно считать проданным. Победителем считается тот человек, который предложил последним максимальную цену на лот.

Другим видом аукциона является открытый аукцион, в котором цена понижается. Данный вид носит название голландского аукциона, так как по его примеру производится продажа тюльпанов в Голландии. В таком аукционе изначально ставится высокая цена. Если же никто из участников не готов платить такую цену, ее понижают. Уменьшение стоимости лота

уменьшается до тех пор, пока не найдется покупатель. Основное преимущества данного аукциона - это его быстрота. Данный вид преобладает среди электронных торгов, поэтому существует множество ботов, которые значительно облегчают задачу покупателя. Боты осуществляют всю работу за участников, то есть они обучены самостоятельно понижать цену.

Существует совершенно другой формат аукциона - закрытый. Участники данного формата подают заявку один раз, далее выбирается наибольшая и объявляется победителем. В данных торгах есть два типа: аукцион первой цены и аукцион второй цены. В аукционе первой цены выбранный победитель должен заплатить сумму, которую он указал в заявке. Данный тип подобен голландскому аукциону и используется чаще всего при продаже государственного имущества или ценных бумаг. Рассмотрим аукцион второй цены. Аналогично аукциону первой цены, участники подают заявки и среди всех выбирают ту, в которой указана наибольшая цена. Однако победитель платит вторую по величине сумму, а не ту, которая была указана в его заявке. То есть он платит цену, которая была указана в заявке его конкурента. Это объясняется тем, что при изменении дизайна аукциона, изменяются стимулы участников.

Торги представляют собой процесс выбора поставщика на основе конкурса. Проведение торгов можно разделить на следующие этапы:

- Размещение извещений о торгах;
- Рассмотрение заявок участников;
- Утверждение правил;
- Проведение торгов;
- Выбор победителя;
- Заключение контракта.

Сначала в электронной форме заказчик должен разместить извещение об аукционе, в котором указывается следующая информация:

- Адрес торговой площадки.
- Проект контракта.
- Начальная и максимальная цена контракта.
- Сроки окончания приема заявок.

- Дата проведения аукциона.

Так как торги проводят в электронном формате, как правило, для участия в них, требуется электронная подпись. Электронная цифровая подпись позволяет подтвердить авторство электронного документа. Данная подпись не может быть подделана с помощью копирования. Она создается с помощью криптографических методов с использованием закрытого ключа подписи.

Для анализа рынка государственных закупок крайне важной представляется информация о заключенных контрактах в разрезе товаров и услуг, а также информация об объемах контрактов относительно поставщиков, заказчиков, заключенных документов за месяц в течении какого-либо периода времени. Для аналитики данных необходимо программное средство, которое позволит создать у потенциального участника аукциона целостную картину того, как устроен рынок конкурсных госзакупок в интересующей его отрасли.

#### Список источников

1. *Мачтаков С.Г., Рукин И.Г., Сафонова Ю.А.* Создание программного модуля, обеспечивающего бесперебойную работу клиент-серверных приложений// В сборнике: Современные научные исследования: Актуальные вопросы, достижения и инновации. сборник статей XXV Международной научно-практической конференции. В 2 ч.. Пенза, 2022. С. 88-90.

2. *Мачтаков С.Г., Даценко Н.В.* Информационная система МВД России // Материалы LXI отчетной науч. конф. преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2022 г од. [Текст] В 3 ч. Ч. 2. / под ред. О.С. Корнеевой; Воронеж. Воронеж. Гос. ун-т инж. технол. – Воронеж: ВГУИТ, 2023. – 127 с. С. 70-71

## УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ИНЦИДЕНТАМИ

*Мачтаков С.Г., Трибунских О.А., Севастьянова А.С.*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий», г. Воронеж, Россия  
ВУНЦ ВВС "Военно-воздушная академия имени  
профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина"  
г. Воронеж, Россия*

Любые ИТ-системы требуют обслуживания. Для обеспечения их жизненного цикла нужны время и средства, из которых большая часть может уходить на эксплуатацию. Сокращение расходов на техническую поддержку одновременно с повышением ее качества становится жизненно важной задачей в связи с постоянно растущими потребностями бизнеса в ИТ-системах.

Полный ИТ-аутсорсинг - комплекс услуг по решению задач, связанных с разработкой, внедрением, развитием и сопровождением информационной инфраструктуры предприятия. В нем возникает необходимость если у компании-заказчика нет своих ИТ-специалистов, и все ИТ-функции передаются компании-подрядчику. При этом идет указания объектов обслуживания и классификация уровней сервиса. К нему можно отнести обслуживание оборудования, обслуживание программного обеспечения, офисная телефония.

Разрабатываемый универсальный программный модуль управления инцидентами предполагается в качестве одной из подсистем информационных систем ИТ-аутсорсинга. Подобные информационные системы могут функционировать на предприятиях самой разной направленности. Управление инцидентами (Incident Management) предназначено для максимально быстрого восстановления функционирования сервиса самым быстрым и эффективным способом, или снижения

до минимума риска неблагоприятного воздействия на бизнес от служб, работоспособность которых оказалось нарушена.

Для обеспечения временных рамок, предназначенных для выполнения каких-либо действий, применяется функциональная и/или иерархическая эскалация. Эскалация - механизм, который помогает контролировать время, отведенное на устранение инцидента; он применяется для реализации всех мероприятий, проводимых в процессе устранения инцидента. Суть механизма состоит в необходимой или обязательной передаче информации об инциденте более квалифицированному персоналу, либо информирование руководства о невозможности устранить в отведенные сроки инцидент. Поэтому эскалацию можно разделить на два типа:

Функциональная представляет собой передачу инцидента на следующий уровень поддержки. Например, от Service Desk на вторую линию, если невозможно устранить инцидент на первой линии.

Иерархический тип необходим в том случае, если устранить инцидент за отведенное время невозможно, либо отсутствует необходимое качество. Оба типа планируются в соответствии с SLA.

Неиспользование процесса управления инцидентами может привести: к путанице в процессе устранения сбоев, что повлияет на качество обслуживания, поскольку отсутствуют специалисты, ответственные за устранение инцидентов и эскалацию. Это отражается на эффективности труда службы поддержки. Пользователи отвлекаются от выполнения своих основных обязанностей, поскольку вынуждены общаться друг с другом для поиска решения инцидента. Без процесса управления инцидентами пользователям или службе поддержке приходится каждый раз анализировать причину возникновения инцидента (даже тех, которые возникают регулярно).

Данный процесс нацелен только на устранение каких-либо сбоев в сервисе, а за анализ и поиск причин возникновения сбоев отвечает процесс управления проблемами. Проблема представляет собой неизвестную причину возникновения одного или нескольких инцидентов.

Одна проблема может быть причиной нескольких инцидентов (успешно решенная и диагностированная проблема, носит название «известная ошибка»). Поэтому основной целью процесса управления проблемами (Problem Management) является предотвращение повторно возникающих инцидентов, а также минимизация риска неблагоприятного влияния инцидентов и проблем на основную деятельность компании, возникающих в результате ошибок или сбоев в ИТ-инфраструктуре. Процесс может носить как реактивный, так и проактивный характер. Реактивный говорит о том, что решаются проблемы, которые произошли в результате возникновения инцидентов. Проактивный направлен на выявление и устранение проблем, которые могут привести к возникновению инцидента.

Управление проблемами позволяет сократить число инцидентов, отрицательно влияющих на бизнес компании, позволяет поддерживать непрерывное повышение качества ИТ-служб, сократить число возникновения уже известных проблем и ошибок, увеличить число решаемых инцидентов при первом обращении пользователя. Без этого процесса служба поддержки не сможет использовать и учитывать свой прошлый опыт для решения многократно повторяющихся проблем.

Service Desk, как одна из важных составляющих ITSM, представляет собой техническую поддержку для решения различных проблем пользователей, связанных с аппаратным или программным обеспечением.

Главной функцией этой службы является поддержка непрерывного функционирования сложной ИТ-инфраструктуры компании на должном уровне, с целью обеспечения выполнения организацией своих основных функций. Основным компонентом службы является система управления инцидентами. Когда запрос поступает от клиента (через email, web-сайт, звонок), в системе создается инцидент. Этот инцидент, в зависимости от различных характеристик, ставится в очередь сотруднику службы, который в дальнейшем устраняет проблему пользователя. Статус инцидента контролирует руководитель Service Desk.

Service Desk обеспечивает единую точку обращения за счет удобного и понятного механизма направления запросов пользователем в службу поддержки, минуя наименее эффективные способы разрешения проблем пользователей (решение проблемы самостоятельно, обращение к коллегам и к не занимающейся поддержкой ИТ-службе). За счет ведения отчетности по запросам служба позволяет выявлять в ИТ-инфраструктуре компании узкие места и предлагать возможные варианты их устранения.

Грамотно и правильно организованные процессы поддержки позволяют: снизить количество инцидентов, оказывающих влияние на работу пользователей и бизнеса; оптимизировать ИТ-инфраструктуру; организовать сроки устранения инцидентов в соответствии с SLA; эффективно внедрять любые изменения при минимальном риске возникновения инцидентов; повысить качество предоставляемого сервиса.

#### Список источников

1. *Мачтаков С.Г., Рукин И.Г., Сафонова Ю.А.* Создание программного модуля, обеспечивающего бесперебойную работу клиент-серверных приложений// В сборнике: Современные научные исследования: Актуальные вопросы, достижения и инновации. сборник статей XXV Международной научно-практической конференции. В 2 ч.. Пенза, 2022. С. 88-90.

2. *Мачтаков С.Г., Даценко Н.В.* Информационная система МВД России // Материалы LXI отчетной науч. конф. преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2022 г од. [Текст] В 3 ч. Ч. 2. / под ред. О.С. Корнеевой; Воронеж. Воронеж. Гос. ун-т инж. технол. – Воронеж: ВГУИТ, 2023. – 127 с. С. 70-71

## ПРОГРАММНЫЙ ПОМОЩНИК В DISCORD: ЧАТ-БОТ

*Жданов С.В., Коробова Л.А.*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»*

г. Воронеж, Россия

Когда задумываемся о таком понятии как «бот», которое уже прочно вошло в современный обиход IT-специалиста, то рассматриваются его как полезные качества, помогающие и упрощающие ряд действий пользователя, так и отрицательные.

Бот — это автоматизированные программы, которые выполняют заранее заданные задачи. Они могут использоваться для различных целей, таких как автоматизация общения с клиентами, рассылка информации, поиск данных и выполнение рутинных операций [1].

Виды ботов.

Чат-боты (чат-боты в мессенджерах, таких как Telegram и WhatsApp). Они имитируют человеческий разговор с помощью технологий искусственного интеллекта, а также используются для поддержки клиентов, ответов на вопросы и обработки запросов [2, 3].

Поисковые боты предназначены для сканирования и индексирования веб-страницы для поисковых систем. Еще они помогают улучшить качество поиска, извлекая данные о структуре и релевантности контента.

Вредоносные боты создаются с целью нарушения работы систем, рассылки спама или кражи данных. Примеры: боты для DDoS-атак, спам-боты, боты для мошенничества с кликами.

Торговые боты сравнивают цены на товары на различных сайтах и помогают пользователям находить лучшие предложения, также могут отправлять персонализированные рекомендации.

Мониторинговые боты сканируют системы на наличие ошибок и вредоносных программ, предупреждают о необычной активности и помогают поддерживать безопасность.

Боты для социальных сетей генерируют ложную активность, такую как фальшивые аккаунты и лайки. Зачастую используются для продвижения контента и создания видимости популярности.

Боты для автоматизации бизнеса помогают в управлении задачами, такими как прием заявок, опросы и взаимодействие с клиентами. Они снижают нагрузку на сотрудников и повышают эффективность работы.

Таким образом, боты могут значительно упростить выполнение рутинных задач и улучшить взаимодействие с клиентами, однако важно учитывать их потенциальные риски и злоупотребления.

Чат-бот Rave. Рассмотрим чат-бот Rave, разработанный на платформе Discord. Он предназначен для решения задач, связанных с административными и аналитическими задачами. Он включает в себя три основных модуля.

Модуль сбора данных: сбор информации о пользователях, голосовых и письменных чатах, реакциях, присоединениях и выходах пользователей с сервера и каналов; вывод данных из внутренней базы данных для дальнейшего анализа.

Модуль управления доступом: предоставление администраторам команд для управления правами доступа пользователей; валидация прав доступа и ограничение действий пользователей в соответствии с их ролями.

Модуль взаимодействия: разработка команд для поиска информации о сервере, правилах, FAQ и контактах.

Схема взаимодействия между модулями представлена на рисунке 1.

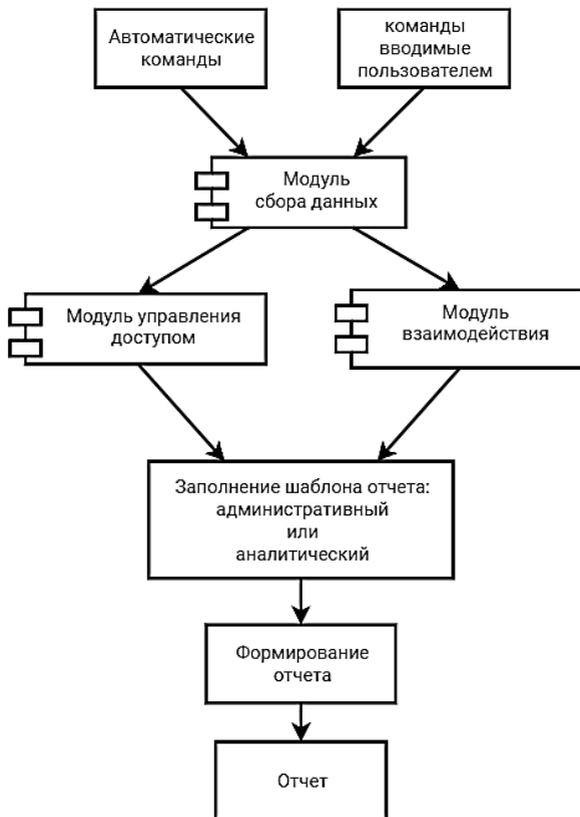


Рисунок 1 – Схема взаимодействия модулей чат-бота Rave

Функциональные возможности Discord-бота предоставлены на рисунке 2.

Доступом к данному боту, обладают следующие лица: создатель сервера (администратор) и люди, помогающие ему в модерировании и администрировании с ролью, администратор или модератор соответственно.

Основные функции бот Rave выполняет после обращения администрации сервера к нему при вводе и отправлении определенной команды в командную строку чата. Работа бота

начинается с ввода команды списка функций с пояснениями и обращениями к нему.

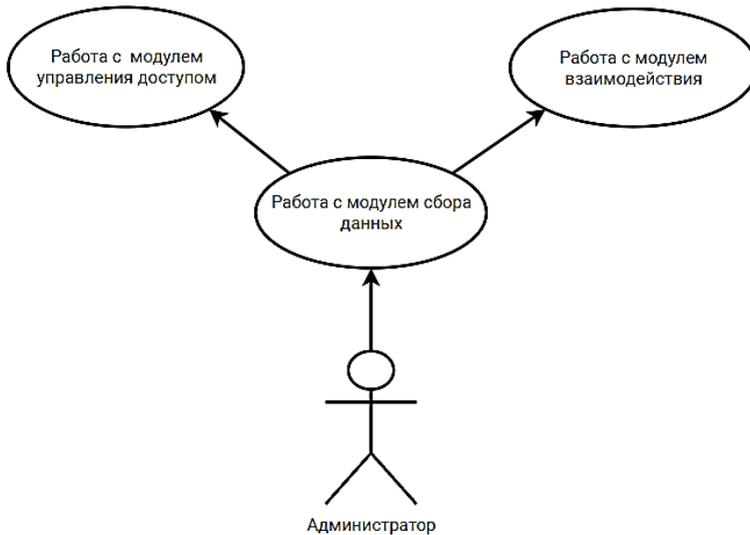


Рисунок 2 – Функциональные возможности чат-бота Rave

Команды, выполняемые ботом, разделены на два основных класса: команды, задаваемые боту администратором сервера, и команды, выполняемые ботом автоматически.

Команды, задаваемые боту администратором сервера:

- вывод информации о сервере;
- вывод информацию о ролях;
- вывод запрашиваемых данных о конкретной роли;
- визуализация информации о конкретном пользователе;
- визуализация аватара участника сервера с возможностью просмотреть его в форматах «PNG» или «JPG»;
- вывод листа участников с правами администрирования;
- блокирование пользователя;
- глушение пользователя на время, заданное администратором;

- визуализация список забаненных и замученных пользователей;
- разблокирует пользователя и выводит его из «черного списка»;
- снимает с пользователя временное отсоединение (глушение).

Команды, выполняемые ботом автоматически:

- сообщение-приветствие нового пользователя на сервере;
- автоматическое присвоение роли «новичок» новому пользователю, если такой роли на сервере на тот момент не существует, то бот создает эту роль и присваивает пользователю эту роль;
- сообщение-прощание с покинувшим сервер пользователем;

– размещение удаленных сообщений в отдельный чат с названием «удаленные сообщения», к которому есть доступ только у администрации сервера. Если такого чата не существует, то бот создает его и делает его приватным с доступом только для создателя сервера или людей с ролью «администратор».

Таким образом, представлен Discord-бот, предназначенный для сбора аналитических данных и ведения административного учета. Бот полезен для небольших коллективов, которые используют один сервер и отслеживают изменения данных об активности пользователей и нахождения их на сервере в течение определенного времени. Данная разработка будет полезна компьютерным компаниям, где сотрудники работают удаленно и где требуется учет их действий и присутствия на сервере компании. Так как сервис Discord заблокирован на территории Российской Федерации, то будет полезным разработка сервиса с аналогичным функционалом и интуитивно понятным интерфейсом. Поэтому тематика данной статьи актуальна для развития подобных информационных площадок общения и создания на их платформах функциональных чат-ботов.

#### Список источников

1. Сахинский, М. В. Чат - боты: прошлое, настоящее и будущее / М. В. Сахинский, Л. А. Коробова // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2024. – № 3-4(33-34). – С. 182-187. – EDN QXQEYG.

2. Коробова, Л. А. Чат-бот как виртуальный помощник формирования заявок на обслуживание / Л. А. Коробова, Ю. И. Новикова // Инженерные технологии. – 2024. – № 2(6). – С. 45-53. – EDN RPRNSE.

3. Коробова, Л. А. Разработка виртуального консультанта для медицинского центра с использованием искусственного интеллекта / Л. А. Коробова, А. И. Головин // Инженерные технологии. – 2024. – № 3(7). – С. 23-34. – EDN IHZNNM.

4. Discord API Documentation [Электронный ресурс] – URL: <https://discord.com/developers/docs/> (дата обращения 08.12.2024)

**УДК 004.42**

### **АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ СОЗДАНИЕ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ НА ОСНОВЕ УЧЕБНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

*Руднев Ю.А., Шорина К.В., Эйнуллаев Т.А., Толстова И.С.*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»,  
г. Воронеж, Россия*

**Аннотация:** В данной работе представлена разработка системы автоматизированной генерации тестовых заданий на основе учебных материалов с применением технологий искусственного интеллекта в образовательной сфере. Предложенное решение ориентировано на упрощение создания уникальных тестовых заданий для повышения эффективности

образовательного процесса. Представлена архитектура системы, использующая клиент-серверную модель.

**Ключевые слова:** Автоматизация, образовательный процесс, тестовые задания, искусственный интеллект.

### **Введение**

Современные образовательные методики активно используют тестирование для оценки знаний учащихся. Оно позволяет быстро и эффективно определить уровень освоения материала, выявить пробелы в знаниях и скорректировать образовательный процесс. Однако, в связи с развитием интернет-технологий, на большинство тестовых заданий легко найти готовые ответы в интернете. Также, многие тесты не учитывают специфику учебного материала и цели конкретного курса.

В связи с этим преподаватель должен самостоятельно разрабатывать тестовые материалы. Но составление качественных тестовых заданий – это сложный и длительный процесс. Учитывая высокую загруженность педагогов, особенно в условиях массового обучения, возникает необходимость в автоматизации данного процесса.

Необходимо разработать систему автоматической генерации тестовых заданий на основе учебных материалов с применением искусственного интеллекта. Разработка системы представляет собой актуальную задачу, способную существенно повысить эффективность образовательного процесса.

Данная научная работа ставит перед собой цель разработку системы автоматизированной генерации тестовых заданий на основе учебных материалов с применением технологий искусственного интеллекта в образовательной сфере.

В рамках этой цели необходимо выбрать тип системы, спроектировать архитектуру и разработать прототип.

### **Тип системы**

Было решено разработать систему автоматизированной генерации тестов на основе учебных материалов с применением искусственного интеллекта в образовательном процессе в рамках веб-приложения.

Преподаватели и студенты смогут пользоваться системой удаленно, не загружая различные пакеты программ.

Пользователям не нужно будет беспокоиться об обновлениях системы, так как сервис будет загружаться через интернет-браузера.

Такой подход значительно упрощает взаимодействие с сервисом, так как он становится доступным с любого устройства: стационарный компьютер, ноутбук, планшет или смартфон.

### Проектирование архитектуры системы

Структура системы автоматизированной генерации тестовых заданий на основе учебных материалов с применением технологий искусственного интеллекта в образовательной сфере представляет собой клиент-серверную архитектуру [1]. Ее принцип заключается в разделении функций между двумя основными компонентами: клиентской частью и серверной.

Клиентская часть отвечает за взаимодействие с пользователем и выполняет запросы к серверу. Серверная часть осуществляет обработку этих запросов и предоставляет клиенту необходимые данные, а также отвечает за бизнес-логику приложения.

На рис. 1 изображена архитектура разрабатываемой системы.



Рисунок 1 – Архитектура системы

Серверная часть разработана языке программирования Java с использованием фреймворка Spring Boot [2]. Java позволяет запустить серверную часть на различных операционных системах и серверах приложений без изменения кода.

Spring Boot предоставляет встроенные шаблоны и автоматическую настройку проекта, что позволяет запустить веб-приложение быстро, без необходимости конфигурировать множество параметров вручную. Фреймворк поддерживает архитектуру REST API [3], применяемую для настройки взаимодействия между серверной и клиентской частями.

Spring Boot интегрирован с такими модулями экосистемы Spring, как Spring Security, обеспечивающий безопасность веб-приложения, и Spring AI [4].

Spring AI – это библиотека, упрощающая настройку работы с различными системами искусственного интеллекта.

Spring Boot позволяет легко и удобно взаимодействовать с базами данных, в рамках этой системы, используется объектно-реляционная система управления базами данных PostgreSQL.

Клиентская часть разработана на фреймворке Vue.js [5]. Данный фреймворк позволяет создать интуитивно понятные и динамичные интерфейсы для веб-приложений. Vue.js [6, 7] оптимизирован для работы с элементами веб-страницы, обеспечивая высокую скорость обновления пользовательских интерфейсов. Еще одно достоинство, фреймворк легко интегрируется с REST API, что упрощает взаимодействие с серверной частью.

### **Диаграмма последовательности**

На рис. 2 представлена диаграмма последовательности взаимодействия пользователя с сервисом генерации тестовых заданий.

Процесс взаимодействия состоит из нескольких этапов. Сначала пользователь загружает файл с учебными материалами через веб-интерфейс. После этого клиент отправляет запрос на сервер для обработки загруженного документа. Сервер принимает запрос и обрабатывает файл, извлекает данные из него и передаёт их в модуль искусственного интеллекта.

ИИ генерирует тестовые задание на основе загруженных материалов, совершая следующие действия. Сначала он предварительно обрабатывает текст: удаляет лишние символы, нормализует и разделяет тексты на слова и предложения. Затем ИИ выделяет ключевые понятия, используя специализированные алгоритмы, например, TF-IDF, чтобы определить наиболее важные термины в темах и текстах. На основе выделенных ключевых понятий искусственный интеллект формирует структуру вопросов.

После завершения процесса генерации теста ИИ возвращает результат серверу, где он конвертируется в PDF-файл. Формируется ссылка для скачивания и выводится клиентом. Пользователь загружает PDF-файл.

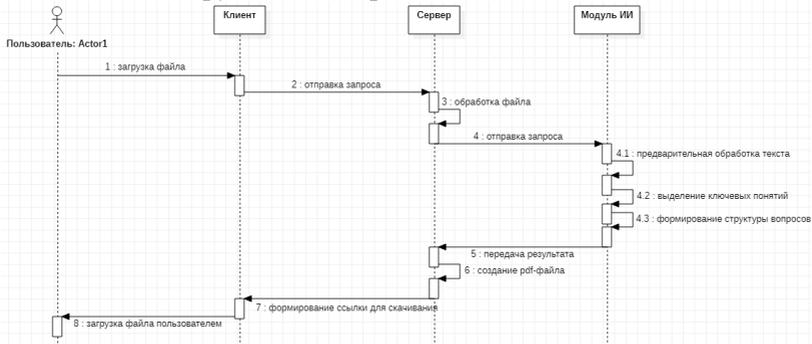


Рисунок 2 – Диаграмма последовательности

### Разработка прототипа системы

Прототип веб-страницы системы автоматизированной генерации тестовых заданий включает в себя несколько ключевых элементов интерфейса: загрузка учебных материалов (рис. 3) и скачивание результатов генерации (рис. 4).

#### Загрузите учебный материал



Рисунок 3 – Окно загрузки учебных материалов

## Рисунок 4 – Конечный результат

### Заключение

Таким образом, были достигнуты задачи, поставленные в данной работе, а это:

1. Выбран тип системы.
2. Спроектирована архитектура системы.
3. Разработан прототип системы.

Следовательно, цель - разработка системы автоматизированной генерации тестовых заданий на основе учебных материалов с применением технологий искусственного интеллекта в образовательной сфере достигнута.

### Список источников

1. Основные принципы клиент-серверной архитектуры. [Электронный ресурс] – URL: <https://sky.pro/wiki/java/osnovnye-principyu-klient-svernoj-arhitektury/> - Дата обращения: 13.10.2024.
2. Уоллс Крейг Spring в действии [Текст] / Уоллс Крейг — Шестое издание. — Москва: ДМК Пресс, 2022 — 544 с.
3. REST, что же ты такое? Понятное введение в технологию для ИТ-аналитиков. [Электронный ресурс] – URL: <https://habr.com/ru/articles/590679/> - Дата обращения: 14.10.2024.
4. Introduction to Spring AI. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.baeldung.com/spring-ai> - Дата обращения: 14.10.2024.
5. Все, что нужно для начала работы с Vue.js. – [Электронный ресурс] – URL: <https://habr.com/ru/companies/ruvds/articles/458324/> - Дата посещения: 22.10.2024.
6. Эрик Хэнчетт, Бенджамин Листуон Vue.js в действии [Текст] / Эрик Хэнчетт, Бенджамин Листуон — Санкт-Петербург: Питер, 2021 — 306 с.
7. Толстова, И. С. Современные технологии разработки обучающих интернет-ресурсов / И. С. Толстова, М. С. Комов // Проблемы преподавания математики, физики, химии и

информатики в ВУЗе и средней школе, Воронеж, 06 апреля 2024 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2024. – С. 148-151. – EDN YCAJOV.

УДК. 004.9.021.023

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИЗНЕС-СИМУЛЯТОРОВ КАК ИНСТРУМЕНТА МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ**

*Прокопьев Д. Е., Молчевская А. И.,  
Эйнуллаев Таги Алидадаш оглы*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»,  
г. Воронеж, Россия*

### Аннотация

В статье рассмотрены принципы разработки и моделирования бизнес-симуляторов как инструментов для анализа и прогнозирования бизнес-процессов. Описаны цели, проблемы, целевая аудитория и перспективы коммерциализации симуляторов.

### Введение

Современные бизнес-стратегии стремятся объединять эффективные менеджерские подходы с цифровыми технологиями, это делает моделирование бизнес-процессов неотъемлемой частью в достижении поставленных целей. Сейчас бизнес-симуляторы создают среду, где пользователи могут изучать рыночные ситуации, принимать стратегические решения и проверять свои предположения в безопасной симуляционной среде. Их востребованность усиливается на фоне повышенной рыночной неопределенности и необходимости приспособления к динамике конкурентной борьбы. Интерфейсный демо-прототип (Рисунок 1), который представлен ниже, успешно демонстрирует

компоненты симулятора: Главный экран, Компания, Рынок, Ресурсы и Обратная связь.

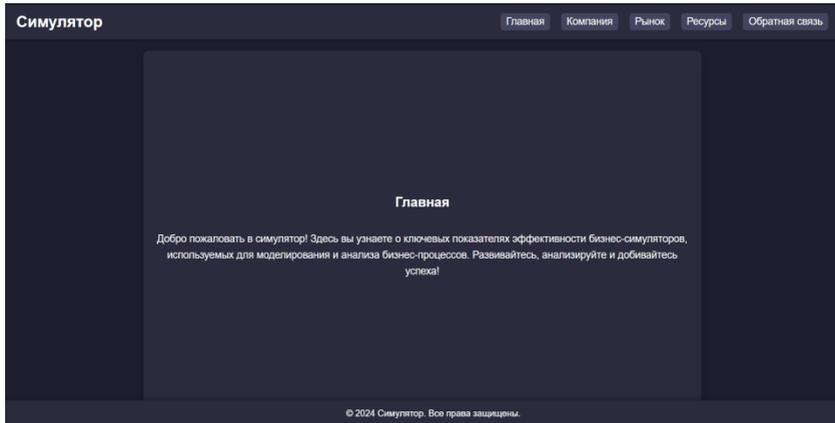


Рисунок 1 – Прототип интерфейса симулятора

Целью данной разработки является создание цифрового продукта, позволяющего моделировать, оптимизировать и управлять бизнес-процессами, а также обучать клиентов правильному принятию стратегических решений на основе анализа данных.

Целевой аудиторией являются обучающиеся и образовательные организации (использование бизнес-симулятора в рамках образовательного процесса), новые предприниматели (использование для понимания устройства бизнеса и теста бизнес-стратегий), корпорации и существующие организации (использование для возможности адаптации к конкретным потребностям).

Проблемами, которые решает данный симулятор могут выступать: отсутствие практического опыта у студентов и новичков (появляется возможность вживую поработать с реальными сценариями и приобрести качественный опыт в решении управленческих проблем), риски в условиях рыночной неопределенности (виртуальная среда помогает протестировать определенных бизнес-стратегий без реальных потерь), сложности

анализа(симулятор позволяет пользователю моделировать случай борьбы с конкурентами, анализировать рыночные ритмы и прогнозировать вектор адаптации стратегий в реальном масштабе времени).

Бизнес-симуляторы обладают высоким коммерческим потенциалом благодаря широкому кругу пользователей, гибкости и адаптивности, платной модели доступа, партнерству с образовательными учреждениями и бизнес-корпорациями.

Основные этапы работы бизнес симулятора делятся на несколько категорий. Рассмотрим основные из них: создание компании – пользователь формирует профиль компании, определяет отрасль, целевой рынок и стратегию; моделирование рынка – виртуальная среда включает конкурентов и динамичные изменения рыночных условий; управление ресурсами – пользователь принимает решения о распределении финансов, управлении персоналом и производственными мощностями; анализ и обратная связь – результаты действия анализируются через аналитический отчет, который включает данные о ключевых показателях эффективности и рекомендациях по улучшению стратегии.

#### Заключение

Бизнес-симуляторы в применении представляют собой универсальный инструмент математического моделирования, анализа и проверки стратегий управления в безопасной среде виртуальной реальности. Они способны развивать управленческие навыки, стратегическое мышление и мышление сквозь объект в условиях неопределенности. Создание бизнес-симуляторов открывает перед ними твердые перспективы для практического применения в образовательной сфере и бизнесе, что позволяет им становиться все более актуальными на цифровом рынке.

#### Список литературы

1. Дебелак Д. Бизнес-модели. Принципы создания процветающей организации //М: «Гребенников». – 2009.
2. Лукина О. В., Панарин А. А. Управление ресурсами бизнеса. – 2019.

3. Рис Э. Бизнес с нуля: Метод Lean Startup для быстрого тестирования идей и выбора бизнес-модели. – Альпина Паблишер, 2014.

4. Зайченко И. М. и др. Цифровая трансформация бизнеса: подходы и определение //Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». – 2020. – № 2. – С. 205-212.

5. Калянов Г. Н. Консалтинг: от бизнес-стратегии к корпоративной информационно-управляющей системе. – 2004.

**УДК 004.891.3, 336.717, 336.773**

**РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ПРОДУКТА ДЛЯ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ БИЗНЕС-  
ПРОЦЕССОВ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА И ОПТИМИЗАЦИИ  
ФИНАНСОВЫХ ПРОЦЕССОВ**

*Корчагина С.С, Коробков А. Н., Майка А.Н.*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»  
г. Воронеж, Россия*

**Аннотация:** Данная работа рассматривает разработку концепции продукта для интеллектуальной обработки данных, направленного на анализ и оптимизацию бизнес-процессов с использованием ИИ, с акцентом на финансовую сферу. Цель исследования заключается в создании архитектуры эффективного инструмента, который использует передовые технологии, такие как искусственный интеллект, для выявления закономерностей и оптимизации финансовых операций. В ходе работы будут проанализированы, методология интеллектуального анализа процессов, существующие продукты, реализующие эту методологию, основные процессы и вызовы в финансовом секторе.

## **Введение**

В условиях современного бизнеса, характеризующегося высокой динамичностью и конкурентоспособностью, эффективное управление финансовыми процессами становится ключевым фактором успеха организаций. Сложность и объем данных, с которыми сталкиваются компании для повышения эффективности и оптимизации бизнес-процессов, требуют применения инновационных подходов и технологий, таких как: искусственный интеллект и интеллектуальный анализ процессов

Целью данной работы является разработка концепции продукта, который позволит автоматизировать обработку и анализ данных финансовых бизнес-процессов. Использование передовых технологий, таких как искусственный интеллект, позволит значительно ускорить процесс анализа и оптимизации. Важными аспектами являются предоставление удобного и интуитивного интерфейса для взаимодействия с инструментами анализа и возможность визуализации результатов, что способствует более обоснованному управлению финансовыми ресурсами.

В ходе исследования будет проведен анализ существующих решений в области интеллектуального анализа процессов, а также выявлены их преимущества и недостатки. На основе полученных данных будет разработана концепция программного обеспечения, предоставляющего эффективные инструменты для анализа и оптимизации процессов.

Данная научно-исследовательская работа направлена на создание инструмента, который не только должен оптимизировать и улучшить процессы анализа данных, но и стать шагом к внедрению технологий ИИ в финансовую сферу.

## **Основная часть**

### **Понятие и сущность интеллектуального анализа данных**

Интеллектуальный анализ процессов (*или Process Mining*) является подходом изучения и оптимизации бизнес-процессов. Основная цель заключается в выявлении закономерностей, аномалий и возможностей для улучшения в процессе. Интеллектуальный анализ процессов использует данные для анализа бизнес-процессов, пренебрегая анализом самих данных.

Интеллектуальный анализ процессов (ИАП) предлагает ряд значительных преимуществ для финансовых учреждений. В-первых, он способствует более быстрому принятию решений, собирая и анализируя данные из различных источников в реальном времени. Кроме того, ИАП помогает снизить расходы, автоматизируя рутинные задачи и оптимизируя операции.

Также стоит отметить, что ИАП значительно повышает производительность. С его помощью компании могут анализировать, как расходуется время, и находить более эффективные способы его использования.

Наконец, ИАП обеспечивает повышение прозрачности операций. Он предоставляет управленцам реальный обзор текущих процессов и областей, требующих улучшения, таких как устаревшие или ручные задачи, подлежащие автоматизации.

### **Применение искусственного интеллекта в ИАП**

Нейронные сети представляют собой статистические вычислительные модели, которые находят применение в различных практических задачах, включая интеллектуальный анализ процессов. Сочетание ИАП с инструментами искусственного интеллекта позволяет углубить исследование, обеспечивая более точные и детализированные прогнозы, а также ускоряя и улучшая оптимизацию финансовых операций в реальном времени. Внедрение ИИ в систему способствует автоматизации аналитической деятельности и упрощает процессы моделирования и прогнозирования.

### **Процессы и вызовы в финансовой сфере**

Интеллектуальный анализ процессов в финансовой сфере охватывает широкий спектр задач, связанных с анализом данных и оптимизацией финансовых операций. Одним из ключевых направлений является алгоритмический трейдинг, где применяются алгоритмы для анализа рыночных данных и автоматизации торговых операций на финансовых рынках.

Управление кредиторскими задолженностями с помощью процессной аналитики помогает структурировать выполнение финансовых обязательств между поставщиками и следить за своевременностью оплаты счетов. Аналогично, управление дебиторскими задолженностями позволяет выявлять узкие места и

устранять их, что минимизирует просрочки при продаже товаров и способствует увеличению оборотного капитала.

Несмотря на преимущества ИАП финансовые учреждения часто сталкиваются с рядом потенциальных проблем при его применении. Прежде всего, большую роль в эффективности процессной аналитики играет качество исходных данных. Результаты зависят от точности и достоверности данных, используемых для создания моделей бизнес-процессов.

Также существует проблема недостаточного понимания трудозатрат. Интеллектуальный анализ процессов может эффективно измерять последовательность событий, однако он не всегда предоставляет полное представление о том, какие поставщики или клиенты требуют наибольших временных затрат. Это может затруднить оптимизацию процессов и выявление узких мест.

Еще одной сложностью является способность ИАП выявлять проблемы, но не всегда находить их основные причины. Хотя данный подход хорошо справляется с детализированным определением аномалий и вариаций, он может не предоставить достаточно информации для глубокого анализа и устранения коренных причин ошибок в процессе.

Организации также сталкиваются с рядом вызовов, которые затрудняют использование этой технологии.

Для финансовой сферы важным является безопасность и конфиденциальность данных. Однако обработка больших объемов информации может увеличить риски утечки информации, что требует особого внимания к вопросам защиты данных.

Кроме того, изменчивость бизнес-процессов представляет собой еще один вызов. Процессы могут изменяться со временем, что требует постоянного обновления моделей и анализа для поддержания актуальности и эффективности.

### **Анализ существующих решений в области интеллектуального анализа процессов**

**Celonis Process Intelligence Platform** является одной из ведущих платформ для анализа, визуализации и оптимизации бизнес-процессов. Она позволяет пользователям извлекать данные из различных систем и проводить их анализ, чтобы выявить

неэффективные методы и возможности для их улучшения. Одним из основных преимуществ является мощный инструментарий для визуализации, который помогает лучше понять процессы и их динамику. Однако стоит отметить, что лицензирование и внедрение могут потребовать значительных инвестиций, а использование всех возможностей платформы может быть сложным для пользователей.

**IBM Process Mining** представляет собой решение от IBM, которое также акцентирует внимание на анализе и оптимизации бизнес-процессов. Эта платформа использует алгоритмы машинного обучения и аналитики для выявления паттернов и аномалий в процессах, а также для прогнозирования будущих результатов. Она способна обрабатывать большие объемы данных и справляться со сложными процессами. Тем не менее, внедрение этой платформы может быть сложным и требует определенных технических навыков.

**Scout Platform** — это менее известное, но перспективное решение для интеллектуального анализа процессов. Она ориентирована на предоставление пользователям инструментов для анализа и оптимизации процессов с акцентом на простоту использования и доступность. Удобный интерфейс делает её привлекательной для пользователей, которые ищут легкость в освоении. Однако стоит отметить, что функционал **Scout Platform** может быть ограниченным по сравнению с более крупными решениями.

### **Разработка концепции продукта**

В результате анализа существующих на рынке продуктов для интеллектуального анализа были выявлены следующие закономерности: большинство из них характеризуются сложностью освоения и не интуитивным интерфейсом. Все продукты, как правило, не имеют четкой специализации и предназначены для общего анализа. Искусственный интеллект активно интегрируется в данные решения, однако зачастую используются внутренние модели, что ограничивает возможности клиентов и значительно увеличивает стоимость конечного продукта, делая его недоступным для представителей среднего и малого бизнеса. Наибольшей популярностью пользуются

продукты, обладающие эффективными инструментами визуализации.

На основе вышеизложенных факторов были сформулированы основные принципы разработки нового продукта:

- Специализация в определенной области (в частности, в финансовой);
- Значительная интеграция искусственного интеллекта в продукт, используя подключение нескольких сторонних моделей ИИ;
- Интуитивно понятный и простой в освоении интерфейс;
- Эффективные инструменты для визуализации.

Концепцией продукта является программное обеспечение, предназначенное для **интеллектуального анализа бизнес-процессов в финансовой сфере**, включая банковские операции, инвестиции, страхование и управление активами. Ключевыми задачами, которые должен решать продукт являются: анализ текущих процессов, прогнозирование, оптимизация и визуализация данных.

Основные модули системы будут включать: модуль анализа бизнес-процессов, который использует технологии интеллектуального анализа процессов для анализа временных последовательностей, журналов событий, оценки выполнения, выявления аномалий и мошенничества; модуль постобработки для оптимизации, анализа трендов, прогнозов, и поиска решений, минимизирующих затраты или повышающих доходность; модуль API, поддерживающий интеграцию с внешними системами; модуль графического интерфейса, предлагающий интуитивный интерфейс для работы с графиками и визуализацией процессов, с возможностями кастомизации и настройки виджетов под пользователя.

Схема взаимосвязи модулей представлена на рис. 1.

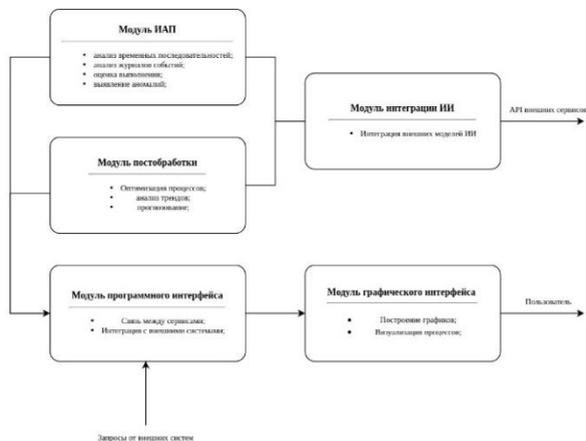


Рисунок 116 — Схема взаимосвязи модулей

Предполагаемая архитектура проекта может быть построена на микросервисах для обеспечения масштабируемости. Технологический стек может включать в себя следующие компоненты: фреймворк «Flutter» для разработки интерфейса, что сделает приложение доступным одновременно на всех платформах. Интеграция инструментов «Metabase» для визуализации данных. На серверной части может применяться Python с фреймворком «FastAPI» для создания программного интерфейса, а также индивидуально разработанные библиотеки для обработки данных и интеграции ИИ. В качестве хранилища данных может использоваться PostgreSQL для реляционных данных, MongoDB для журналов событий и Redis для кеширования и повышения скорости работы.

Предполагаемая архитектура проекта представлена на рис. 2.

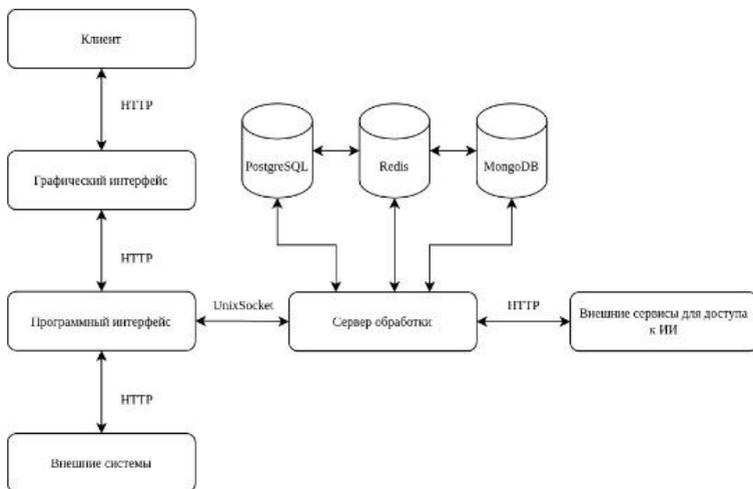


Рисунок 2 — Предполагаемая архитектура проекта

Пример сценария использования проекта представлен на рис.

3.

Удобство и интуитивность взаимодействия пользователя с системой играют ключевую роль в успешной реализации автоматизации финансовых бизнес-процессов. Мы стремились создать интерфейс, который не только обеспечивает доступ к мощным инструментам анализа, но и делает процесс работы с данными максимально простым и понятным.

Прототип графического интерфейса представлен на рис. 4, 5,

6.

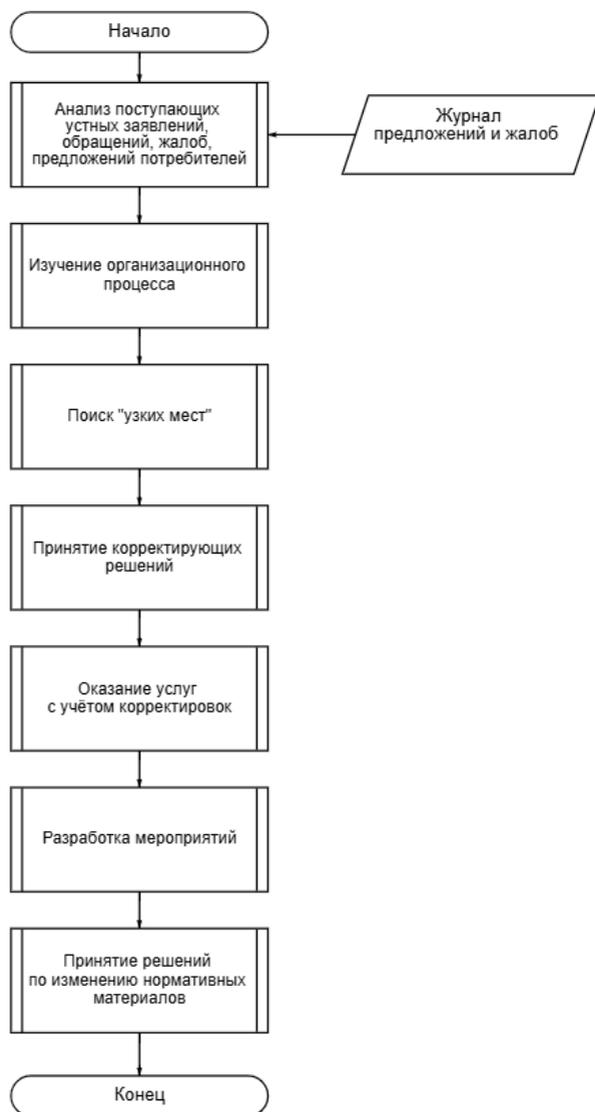


Рисунок 3 — Пример сценария использования проекта



Рисунок 4 — Прототип интерфейса окна импортирования данных

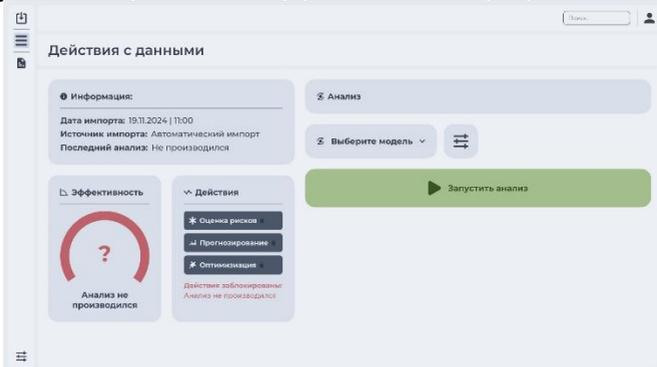


Рисунок 5 — Прототип интерфейса окна действий с данными

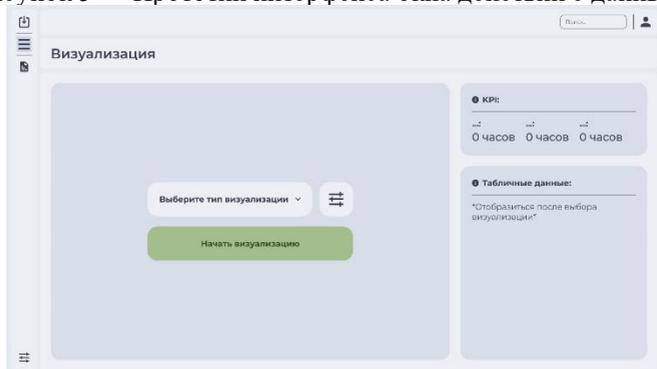


Рисунок 6 — Прототип интерфейса окна визуализации данных

## Заключение

Таким образом, была разработана концепция продукта для автоматизации анализа данных с использованием искусственного интеллекта. Анализ существующих решений выявил их сильные и слабые стороны, что стало основой для создания концепта нового продукта, предлагающего эффективные инструменты для оптимизации и внедрения технологий ИИ в финансовую сферу.

### Список используемых источников

1. «Process Mining: знакомство» [Электронный ресурс] — URL: <https://habr.com/ru/articles/244879/>
2. «Process Mining: революция в работе компаний» [Электронный ресурс] — URL: <https://processmi.com/blog/process-mining-revolyucziya-v-rabote-kompanij/>
3. «Process Mining в финансах» [Электронный ресурс] — URL: <https://processmi.com/blog/process-mining-v-finansah/>
4. «Process Mining Platforms Reviews and Ratings» [Электронный ресурс] — URL: <https://www.gartner.com/reviews/market/process-mining-platforms>
5. Коробова, Л. А. Анализ ключевого бизнес-процесса торговой компании / Л. А. Коробова, Т. В. Гладких, К. о. А. Айвазов // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. - 2022. - № 4(30). - С. 32-36. EDN: WBSYMO — Дата обращения: 17.11.2024.
6. Коробова, Л. А. Автоматизация бизнес-процессов как комплекс мероприятий бережливого производства / Л. А. Коробова, Т. В. Гладких, Е. С. Прачева // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. - 2022. - № 3(29). - С. 93-98. EDN: LYGWXO — Дата обращения: 17.11.2024.
7. Экономико-математическая модель решения логистических задач бизнес-процессов в технологических системах / Л. А. Коробова, Е. Н. Ковалева, Е. А. Саввина [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. - 2021. - Т. 83, № 3(89). - С.226-232 . DOI: 10.20914/2310-1202- 2021-3-226-232 EDN: WYBQFF — Дата обращения: 17.11.2024.

**ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ  
РИСКАМИ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ  
КРЕДИТОСПОСОБНОСТИ ОРГАНИЗАЦИЙ**

*Лобанов В.К., Мелешко О.К, Майка А.Н.*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»  
г. Воронеж, Россия*

**Аннотация:** Разработанный прототип интеллектуального приложения для оценки кредитоспособности компаний объединяет технологии искусственного интеллекта и машинного обучения. Система автоматизирует анализ данных, прогнозирует риски с точностью до 92% и формирует рекомендации. Решение ускоряет обработку заявок на 30%, снижает ошибки и адаптируется к изменениям рынка, что делает его востребованным в банках, страховых компаниях и финтехе.

**Введение**

Финансовая отрасль переживает сложный этап: объем данных растет, а процессы оценки кредитоспособности усложняются. Банки должны не только точнее прогнозировать риски, но и принимать решения быстрее. Классические методы анализа уже не справляются с текущими вызовами. На их место приходят технологии искусственного интеллекта (ИИ), способные обрабатывать большие объемы данных и учитывать множество факторов в реальном времени.

Потребность в автоматизации очевидна. Банковские процессы включают рутинные операции, где ошибки и задержки могут дорого стоить. ИИ и машинное обучение ускоряют, уточняют и объективизируют анализ, прогнозируя финансовое состояние заемщиков с высокой точностью и минимизируя человеческий фактор.

Однако для эффективности этих технологий нужно больше, чем просто внедрение алгоритмов. Научная новизна проекта —

разработка приложения, которое сочетает машинное обучение, работу с большими данными и предсказательные модели. Его ключевое преимущество — гибкость. Оно адаптируется к изменениям рынка, работает с разными типами данных и находит оптимальные решения в нестабильной экономической среде.

Цель проекта — создать интеллектуальное приложение для автоматизации оценки кредитоспособности. Для этого необходимо:

1. Исследовать существующие подходы и выбрать оптимальные технологии для автоматизации.

2. Определить ключевые параметры анализа и разработать соответствующие алгоритмы.

3. Спроектировать приложение с тремя основными модулями: обработка данных, предсказательное моделирование и рекомендации.

4. Реализовать алгоритмы машинного обучения для оценки рисков.

5. Провести тестирование с реальными и смоделированными задачами.

6. Подготовить рекомендации по интеграции в банковские процессы.

Такое приложение ускорит принятие решений, повысит точность анализа и обеспечит гибкость в адаптации к вызовам рынка.

### **Основная часть**

За последние годы подходы к оценке кредитоспособности компаний претерпели значительные изменения. Традиционные методы, такие как экспертные системы и статистические модели (например, логистическая регрессия), остаются в обиходе, но начинают уступать в эффективности из-за роста сложности задач и объёма данных.

Экспертные системы основываются на заранее заданных правилах и решениях, которые принимаются с учётом опыта и интуиции специалистов. Однако такие подходы ограничены: они плохо масштабируются, требуют ручной актуализации правил и зачастую зависят от субъективных факторов.

Статистические модели, например логистическая регрессия, оперируют предопределённым набором факторов для прогнозирования вероятности дефолта. Эти методы демонстрируют устойчивые результаты при работе с небольшими структурированными данными, но оказываются малоэффективными при необходимости обработки больших массивов информации с комплексными взаимосвязями.

В условиях возрастающей сложности задач и экспоненциального роста данных традиционные подходы сталкиваются с ограничениями в скорости анализа, адаптивности и точности. Им на смену приходят современные технологии машинного обучения: градиентный бустинг, нейронные сети и ансамблевые методы, такие как случайные леса. Эти инструменты позволяют глубже анализировать данные, выявлять скрытые взаимосвязи и быстро адаптироваться к изменениям рыночной среды.

### **Ключевые факторы анализа кредитоспособности**

Для разработки качественной модели оценки кредитоспособности необходимо учитывать несколько важных факторов:

- Финансовые показатели: доходы, расходы, уровень задолженности.
- История платежей: соблюдение сроков выполнения обязательств.
- Репутация: кредитные рейтинги, отзывы клиентов и партнёров.
- Макроэкономическая ситуация: инфляция, экономические тренды и состояние отрасли.

Эти данные формируют основу для построения моделей, учитывающих текущие и прогнозируемые риски.

### **Архитектура системы анализа**

Созданная система автоматизации оценки кредитоспособности состоит из трёх модулей:

#### **1. Подготовка данных**

На этом этапе происходит сбор, очистка и структурирование информации. Используются технологии, такие как Apache Spark, которые эффективно обрабатывают большие массивы данных.

Дополнительно устраняются пропуски и аномалии, что повышает качество анализа.

## 2. Построение прогнозных моделей

Основная аналитика выполняется на этом этапе с использованием: Градиентного бустинга для работы со структурированными данными. Нейронных сетей для выявления сложных взаимосвязей. Инструментов интерпретации (например, SHAP) для объяснения решений модели.

## 3. Формирование рекомендаций

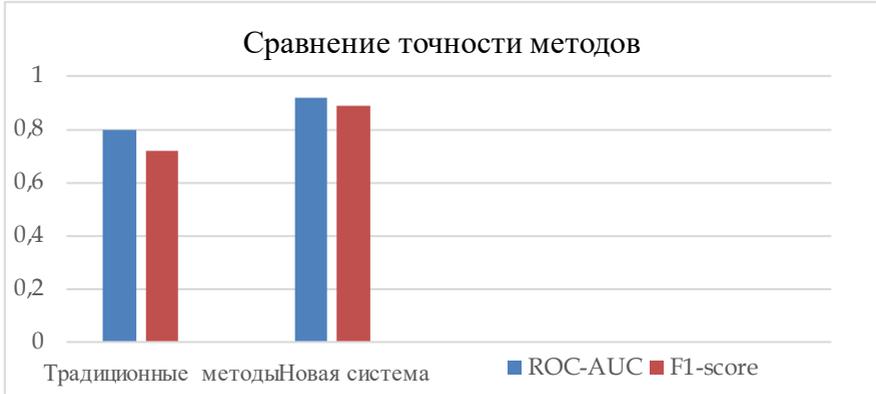
Этот модуль обрабатывает полученные результаты, предоставляет итоговую оценку кредитоспособности и предлагает меры по снижению рисков. Также он автоматически формирует отчеты с понятными визуализациями для конечных пользователей.

Таблица 1 - Сравнительный анализ эффективности традиционных методов и новой системы оценки кредитоспособности

Показатель	Традиционные методы	Новая система	Улучшение
Среднее время обработки заявки	15 минут	10 минут	Ускорение на 30%
ROC-AUC	0.80	0.92	+15%
F1-score	0.75	0.89	+18.7%
Ошибки первого рода (%)	15%	12%	-3%
Ошибки второго рода (%)	10%	8%	-2%

## Оценка качества системы

Система тестировалась на реальных данных о кредитных операциях и синтетических наборах. Для оценки эффективности системы использовались ключевые показатели: среднее время обработки заявки сократилось с 15 до 10 минут (ускорение на 30%), ROC-AUC вырос с 0.80 до 0.92 (+15%), а F1-score — с 0.75 до 0.89 (+18.7%), демонстрируя улучшение точности классификации. Ошибки первого рода снизились с 15% до 12% (-3%), минимизируя одобрение ненадежных заемщиков, а второго рода — с 10% до 8% (-2%), что уменьшает необоснованные отказы платежеспособным клиентам.



## Интерфейс системы анализа кредитоспособности

### Основные данные о заёмщике:

Ваше фамилия, имя, отчество: <input style="width: 90%; border: 1px solid #ccc; padding: 5px;" type="text" value="Введите ваше фамилия, имя, отчество"/>	Ваша дата рождения: <input style="width: 90%; border: 1px solid #ccc; padding: 5px;" type="text" value="Введите вашу дату рождения"/>
Тип заёмщика: <input style="width: 90%; border: 1px solid #ccc; padding: 5px;" type="text" value="Введите тип заёмщика"/>	Ваш номер телефона: <input style="width: 90%; border: 1px solid #ccc; padding: 5px;" type="text" value="Введите ваш номер телефона"/>

Рисунок 1 – форма ввода данных заемщика



Рисунок 2 – Отчет о заемщике

Интерфейс разработанной системы обеспечивает удобство и эффективность работы пользователей благодаря следующим особенностям:

**Интуитивное использование:** Простота интерфейса позволяет быстро осваивать систему без длительного обучения.

**Структурированные формы ввода:** Четкие формы для данных заемщиков минимизируют ошибки и упрощают сбор информации.

**Удобная навигация:** Легкий переход между этапами анализа с помощью кнопок обеспечивает гибкость работы.

**Этапы внедрения**

Для успешной интеграции системы необходимо:

- Обучить сотрудников использованию платформы.
- Интегрировать решение с существующими ИТ-системами банка.
- Регулярно обновлять модели на основе новых данных.

Новая система анализа кредитоспособности не только ускоряет и уточняет процесс принятия решений, но и становится важным стратегическим инструментом для банков в условиях цифровой трансформации.

### **Заключение**

Современная финансовая индустрия сталкивается с вызовами, требующими внедрения передовых технологий. В ответ на это был разработан прототип приложения для автоматизации оценки кредитоспособности с использованием искусственного интеллекта (ИИ).

Существующие методы оценки кредитоспособности часто не успевают за быстрыми изменениями рынка. Новый прототип включает модульную структуру с тремя компонентами: анализ данных, прогнозирование с помощью машинного обучения и блок рекомендаций для минимизации рисков. Это позволяет системе быть гибкой и адаптивной.

Использование алгоритмов машинного обучения обеспечило точность до 92%, что значительно превосходит традиционные методы. Тестирование показало высокую надежность системы, генерирующей точные рекомендации на реальных данных.

Прототип демонстрирует улучшение точности прогнозов на 20%, сокращение времени обработки заявок на 30%. Он может быть использован в банковской сфере, страховых и лизинговых компаниях, а также в финтехе для автоматизации процессов и оптимизации рисков.

Планируется расширение данных, интеграция с банковскими экосистемами и добавление новых функций для решения более сложных задач.

### **Список используемых источников**

1. Кредитный рейтинг как элемент системы кредитного риск-менеджмента [Электронный ресурс] — URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=9898> — Дата обращения: 17.11.2024.
2. Прогнозирование кредитоспособности клиентов на основе методов машинного обучения [Электронный ресурс] — URL: [https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-](https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie)

[kreditosposobnosti-klientov-na-osnove-metodov-mashinnogo-obucheniya](#) — Дата обращения: 17.11.2024.

3. Современные методы анализа кредитоспособности бизнеса [Электронный ресурс] — URL: <https://romeinvest.ru/blog/sovremennye-metody-analiza-kreditosposobnosti-biznesa/> — Дата обращения: 17.11.2024.

4. Анализ кредитоспособности организаций АПК как инструмент получения дополнительного банковского финансирования [Электронный ресурс] — URL: <https://panor.ru/articles/analiz-kreditosposobnosti-organizatsiy-apk-kak-instrument-polucheniya-dopolnitelnogo-bankovskogo-finansirovaniya/50467.html> — Дата обращения: 17.11.2024.

5. Современные методы оценки кредитоспособности предприятия [Электронный ресурс] — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-metody-otsenki-kreditosposobnosti-predpriyatiya> — Дата обращения: 17.11.2024.

6. Оценка кредитоспособности заемщика при помощи методов машинного обучения [Электронный ресурс] — URL: [http://ru-conf.domnit.ru/media/filer\\_public/a6/5a/a65a00af-c8ee-430e-a578-c418dd95fc24/nto-2016-ocenka\\_kreditosposobnosti\\_zayomshchika\\_pri\\_pomoshchi\\_metodov\\_mashinnogo\\_obucheniya.pdf](http://ru-conf.domnit.ru/media/filer_public/a6/5a/a65a00af-c8ee-430e-a578-c418dd95fc24/nto-2016-ocenka_kreditosposobnosti_zayomshchika_pri_pomoshchi_metodov_mashinnogo_obucheniya.pdf) — Дата обращения: 17.11.2024.

7. Кредитный рейтинг компаний: август 2024 [Электронный ресурс] — URL: <https://raexpert.ru/releases/2024/aug20> — Дата обращения: 17.11.2024.

8. Новая эра в кредитном скоринге: как ИИ помогает оценивать заемщиков [Электронный ресурс] — URL: [https://habr.com/ru/companies/data\\_light/articles/858540/](https://habr.com/ru/companies/data_light/articles/858540/) — Дата обращения: 17.11.2024.

9. Коробова, Л. А. Анализ ключевого бизнес-процесса торговой компании / Л. А. Коробова, Т. В. Гладких, К. о. А. Айвазов // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. - 2022. - № 4(30). - С. 32-36. EDN: WBSYMO — Дата обращения: 17.11.2024.

10. Коробова, Л. А. Автоматизация бизнес-процессов как комплекс мероприятий бережливого производства / Л. А. Коробова, Т. В. Гладких, Е. С. Прачева // Информационные

технологии в строительных, социальных и экономических системах. - 2022. - № 3(29). - С. 93-98. EDN: LYGWХО — Дата обращения: 17.11.2024.

11. Экономико-математическая модель решения логистических задач бизнес-процессов в технологических системах / Л. А. Коробова, Е. Н. Ковалева, Е. А. Саввина [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. - 2021. - Т. 83, № 3(89). - С.226-232 .DOI: 10.20914/2310-1202- 2021-3-226-232 EDN: WYBQFF — Дата обращения: 17.11.2024.

**УДК. 004.852**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ FASTML КАК НОВОГО ПОДХОДА К ОБУЧЕНИЮ ПОИСКА ПОЛЕЙ В ДОКУМЕНТАХ НА СТОРОНЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ**

***Бакланов О. В.***

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»,  
г. Воронеж, Россия*

Технология *FastML* представляет собой инновационный механизм обучения, ориентированный на автоматизацию поиска полей в документах. В отличие от традиционных подходов, она заменяет процесс настройки гибких описаний, обладает повышенной скоростью работы, лучшей адаптацией к разнообразным структурам документов и другими значительными преимуществами. Основной особенностью *FastML* является интеграция визуальных и текстовых методов, что обеспечивает высокую точность распознавания текстовой информации в документах различных типов [1, 2].

Технология *FastML* представляет собой принципиально новый подход к обучению, выполняемому на стороне клиента.

Алгоритм работы предполагает тесную интеграцию с механизмами классификации документов. Классификатор делит новые документы на группы по принципу схожести, а *FastML* обучается на этих группах, что позволяет достигать высокой точности извлечения данных, необходимых пользователю.

Процесс функционирования *FastML* можно условно разделить на два этапа:

1. Этап обучения модели: подготовка и разметка данных для формирования обучающего набора [2].

2. Этап применения модели: использование обученной модели для обработки новых документов [3].

На этапе обучения выполняется разметка полей в документах. Пользователь выбирает 3–5 документов каждого типа, на основе которых модель формирует устойчивые комбинации взаимного расположения полей и ключевых слов. Расположение полей определяется с учетом абсолютных или относительных координат, а также зон допустимого распределения [4, 5]. Поля классифицируются на три основные группы:

1. Устойчивые поля: для них выявлены устойчивые комбинации, повторяющиеся в разных документах.

2. Ошибочные или единичные поля: не демонстрируют устойчивых закономерностей.

3. Поля одного типа с различными структурами: позволяют выявить разнородность документов в выборке.

После завершения обучения модель применяется для поиска полей в новых документах [5, 6].

*Процесс применения обученной модели* [2] включает три последовательных шага:

1. Анализ структуры документа: модель идентифицирует опорные элементы и создает вероятностную карту расположения каждого поля. Основные зоны поиска определяются на основе этой карты.

2. Формирование гипотез: модель извлекает слова из указанных зон и строит гипотезы на основе характеристик полей, таких как формат данных, последовательность слов, справочные

значения и т. д. Каждая гипотеза оценивается с помощью специального классификатора.

3. Выбор оптимального набора полей: переборщик гипотез формирует непротиворечивый набор полей с максимальной совокупной оценкой. Результат отображается пользователю.

При сравнении технологий гибких описаний и *FastML* выяснено, что несмотря на схожесть концепции, *FastML* и технология гибких описаний существенно различаются по подходу к обучению [7]. Сравнительные исследования показаны в таблице 1. *FastML* в сочетании с классификацией превосходит гибкие описания.

Таблица 1. Сравнение гибких описаний и *FastML*

Этапы обработки документов	Гибкие описания	<i>FastML</i>
Загрузка документов	Эффективно при небольшом объеме загружаемых документов	Работает стабильно вне зависимости от объема загруженных документов
Раскладка документов на группы	Выполняется вручную на основе базы данных	Осуществляется автоматически с использованием технологии классификации
Обучение модели на размеченных документах	Основано на геометрических отношениях элементов, заданных вручную	Использует вероятностное распределение для нахождения полей
Запуск модели для обработки новых документов	Использует ключевые слова и их геометрические отношения, что может вызывать ошибки при больших отличиях в документах	Создает вероятностное распределение полей, определяет регионы поиска, минимизируя ошибки

Технология *FastML* представляет собой значительный шаг вперед в области обработки больших массивов документов. В сочетании с механизмом классификации она демонстрирует высокую скорость и точность работы, позволяя пользователям самостоятельно обучать модели и эффективно распознавать нужные типы документов в режиме реального времени. Эти преимущества делают *FastML* перспективным решением для автоматизации документооборота и извлечения данных.

#### Список источников

1. Иванов И.И., Петров П.П. «Методы классификации документов в системах распознавания» // Журнал «Информационные технологии», 2023.
2. Киреева, К. А. Разработка искусственной нейронной сети для классификации ЭКГ / К. А. Киреева, Л. А. Коробова, Д. В. Арапов // Моделирование систем и процессов. – 2023. – Т. 16, № 3. – С. 42-54. – EDN PERZZQ.
3. Smith J., Johnson R. «Advanced Machine Learning Techniques for Document Analysis» // Springer, 2022.
4. Беляев А.В., Сидоров К.М. «Обучение моделей на основе вероятностных методов» // Материалы конференции «Современные технологии обработки данных», 2024.
5. Десятов, Д. Б. Математическая модель вероятностного конфликта при управлении рисками / Д. Б. Десятов, Л. А. Коробова, Т. В. Курченкова // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Математика. Физика. – 2016. – № 13(234). – С. 169-173. – EDN WINVPF.
6. OpenAI Research. «Neural Networks and Probabilistic Models in Data Processing» // White Paper, 2023.
7. Карпов Н.А. «Анализ эффективности алгоритмов классификации и обучения» // Журнал «Компьютерные науки», 2022.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ И ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗВИТИЮ CRM-СИСТЕМ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ**

*Крючков А.С., Коробова Л.А.*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»,  
г. Воронеж, Россия*

Развитие *CRM* систем в будущем медицины во многом определяется комплексной трансформацией всей сферы здравоохранения, которая была вызвана быстрой цифровизацией и большим увеличением объема всех поступающих данных о пациентах, в купе с повышением общих требований на качество оказываемых медицинских услуг. Вся сфера, оказывающая услуги здравоохранения сегодня, столкнулась с новыми вызовами, необходимостью персонализации оказываемого лечения, ускорением процесса обслуживания потенциального пациента, и улучшением общей координации между медицинскими организациями.

Системы управления взаимоотношениями с клиентами (*CRM*-системы) занимают основную позицию в нынешней трансформации. Они позволяют организациям проводить глубокую аналитику и автоматизируют процесс взаимодействия с пациентами [1].

Материал направлен на исследование перспектив таких *CRM*-систем, включая роль искусственного интеллекта, облачных технологий, блокчейна и некоторых других современных тенденций, которые могут в корне изменить процесс оказания медицинской помощи.

В современном мире *CRM*-системы выполняют ключевую роль в цифровизации здравоохранения, обеспечивая автоматизацию и цифровизацию рабочей информации, при этом сохраняя конфиденциальность данных пациентов. Ниже

приведены некоторые из ключевых тенденций, соответствующих нынешнему этапу развития данной области [2].

Искусственный интеллект (ИИ) и машинное обучение<sup>o</sup>(МО) позволяют прогнозировать заболевания, и предлагать персонализированные рекомендации по лечению, это в свою очередь во многом повышает качество диагностики заболеваний и их последующего лечения. Анализ больших данных в свою очередь, используют для сегментации пациентов, идентификации их по группам риска, и детальной проработке индивидуальных подходов к лечению различных типов заболеваний [3].

Интеграция с медицинскими информационными системами (МИС), еще одна положительная тенденция в развитии сферы медицины. Это открывает перед врачами возможность создания единого информационного пространства для рабочих материалов, и отдельного для людей, проходящих лечение, что во многом упрощает доступ к данным, позволяя не терять информацию и быстро отсеивать различные дубликаты, которые могут появиться в процессе лечения. Также немаловажным фактором является появление электронных медицинских карт, и их интеграция с МИС, как и движение в сторону добавления в общую базу данных связи с медицинскими лабораториями, системами управления пациентами, и прочими дополнительными сервисами. Это открывает возможность неограниченно повышать точность диагностирования и оптимизацию процесса лечения, что в свою очередь освобождает время как работников медицинских организаций, так и самих пациентов [4].

Немаловажным фактором развития современных CRM-систем является активное внедрение мобильных решений. Если раньше доступ к продуктам имели только пользователи персональных компьютеров или ноутбуков, то сейчас вся нужная информация всегда под рукой в мобильном устройстве. Пациенты могут просматривать свои медицинские карты, график работы врачей, назначать записи и управлять ими, а также просматривать результаты анализов и прошлые приемы. Уведомления о записях и другие телемедицинские функции укрепляют взаимодействие между клиникой и пациентом, способствуя большей ответственности и заботе о собственном здоровье [4].

Одно из основных преимуществ для пациентов в системах *CRM* – автоматизация записи на прием и планирование всех визитов в рамках лечебного процесса. Клиники – получают возможность оптимизировать рабочие процессы и максимально устранить бесполезную трату времени на типичные вопросы и составление документации о графике работы вручную. Также это снижает административную нагрузку на остальной персонал клиники, минимизирует возможные проблемы с безопасностью и риск ошибки при составлении каких-либо документов [5].

Современные *CRM*-системы интегрируются практически со всеми существующими на рынке телемедицинскими платформами, позволяя сотрудникам клиник использовать инструментарий для удаленного мониторинга состояния пациентов, и экстренных онлайн-консультаций в критических случаях. Это очень актуально для пациентов из регионов или удаленных точек страны, где ограничен доступ к качественным и современным медицинским услугам [6, 7].

Вышеизложенные тенденции подчеркивают, что медицинские *CRM*-системы имеют не только огромный плацдарм для развития в будущем, но и играют одну из ключевых ролей в модернизации и цифровизации сферы здравоохранения, способствуя созданию устойчивых моделей и решений для качественной медицинской помощи [8].

В связи с последними мировыми тенденциями, интеграция ИИ в системы *CRM* продолжает расширяться, позволяя мировому медицинскому сообществу точнее прогнозировать эпидемии, применять новые стратегии и паттерны в персонализированном лечении, и точно оптимизировать ресурсы здравоохранения. ИИ и *BigData*-анализ предоставляют совершенно новый инвентарь инструментов для анализа поведения приходящих пациентов, повышая точность решений врача и кратко ускоряя постановку диагноза.

Вышеописанные возможности открывают двери в глубокий анализ больших массивов данных о пациентах, которые в свою очередь используются клиниками для увеличения эффективности внутренних процессов.

Блокчейн выходит на первый план как элемент увеличения безопасности данных. Технология позволяет не только защищать данные пациентов, но и создавать прозрачную, понятную систему управления информацией, которая появляется и обрабатывается в учреждении. Соответственно, децентрализация и повышение доверия многократно увеличивает устойчивость системы к внешним раздражителям и условиям работы с киберугрозами.

Если рассматривать эволюцию интеграций, то *CRM*-системы в современном мире идут к экосистемности и связи с носимыми устройствами, включающие в себя телемедицинские платформы и *IoT*. Предоставляя данные о состоянии пациента в реальном времени, системы позволят врачебному персоналу принимать решения в рамках неопределенности оперативнее, чем без помощи компьютерных систем. А благодаря масштабируемости и экономической эффективности на первом месте сейчас – облачные технологии, простой понятный и быстрый продукт.

Но *CRM*-системы не только предлагают оптимизацию или автоматизацию процессов, они способствуют в целом развитию сферы здравоохранения, и, в частности, развитию небольших клиник даже в регионах. Использование *CRM* во многом снижает административную нагрузку, минимизирует человеческий фактор, например выгорание персонала, а также улучшает управление ресурсами организации, к которым, например, относится медицинское оборудование или медикаменты. Медицинские организации, использующие современные технологии в работе – эффективнее распределяют свои ресурсы, и повышают общее качество обслуживания пациентов [6, 7].

Таким образом, перспективы развития медицинских *CRM* систем сочетают в себе множество инновационных направлений. Эти системы улучшают, как внутренние процессы клиник, так и способствуют внедрению устойчивых и высокотехнологичных моделей здравоохранения, ориентированных на пациента.

Кроме тенденций к росту и развитию, современные медицинские *CRM*-системы часто сталкиваются с рядом значительных проблем, сдерживающих их развитие и общую эффективность. В первую очередь это соблюдение стандартов

безопасности данных и таких нормативов как *GDPR* и *HIPAA*. Это требует значительного количества ресурсов и строго контроля со стороны как команды разработки, так и персонала организаций. Осложняется ситуация высокой стоимостью внедрения подобных технологий и дополнительных сервисов, и необходимость адаптации существующей, иногда архаичной инфраструктуры к новым современным требованиям.

Вторым пунктом выделяется недостаточная техническая грамотность и вовлеченность персонала медицинских организаций, которая становится серьезным барьером при интеграции современных решений, и приводит к необходимости проведения обучающих мероприятий. Кроме того, интеграция высокотехнологичных систем с существующими информационными системами учреждений часто переплетается с трудностями совместимости, из-за устаревания последних, это очевидно приводит к замедлению, а иногда и полной остановке внедрения инноваций.

Описанные вызовы подчеркивают важность стратегического подхода на этапах разработки и внедрения современных систем. Только преодолев все проблемы и переборов вызовы можно обеспечить безопасное и эффективное использования технологий, которые приведут сферу здравоохранения к развитию и планомерному улучшению.

Медицинские системы *CRM* это новый элемент современного технологического развития здравоохранения. Их развитие охватывает внедрение систем с ИИ, прогнозирования, использования облачных технологий и блокчейн цепочек. Все эти аспекты обеспечивают новый уровень персонализации медицинских услуг и прозрачности работы клиник.

Обозначенные в разделах перспективы и тенденции сферы особым образом подчеркивают значимость *CRM*-систем как инструментария для быстрого развития и улучшения качества здравоохранения. Но для этого необходимо преодолеть множество вызовов и проблем, связанных с интеграцией в малоцифровизированные и вообще не цифровизированные организации.

Будущие исследования в сфере интеграции современных технологий, включающих *AI IoT*, *Blockchain* позволит создать более надежные и быстрые системы, отвечающие постоянно растущему рынку и запросу от медицинских организаций, что станет основой для здоровья и удобства каждого пациента.

Список источников

1. Трофимов С. CRM для практиков / С. Трофимов - М.: АвтоКод, 2016. - 304 с.

2. Протокол работы CRM в медицинском учреждении / Хабр [Электронный ресурс]. — URL: <https://habr.com/ru/articles/266515/> (25.05.2024)

3. Коробова, Л. А. Разработка виртуального консультанта для медицинского центра с использованием искусственного интеллекта / Л. А. Коробова, А. И. Головин // Инженерные технологии. – 2024. – № 3(7). – С. 23-34. – EDN IHZNNM.

4. Матыцина, И. А. Информационная система диагностики легочных заболеваний при обследовании пациентов: монография / И. А. Матыцина, Л. А. Коробова, Г. В. Абрамов. – Воронеж: ООО рекламно-издательская фирма «Кварта», 2024. – 162 с. – ISBN 978-5-89609-786-0. – EDN IZVMNS.

5. CRM - Руководитель [Электронный ресурс] — URL: <https://www.rukovoditel.net.ru/> (15.05.2024)

6. Korobova, L. A. The use of logical-linguistic apparatus to describe the functioning of medical systems / L. A. Korobova, I. A. Matytsina // JOP Conference Series: Metrological Support of Innovative Technologies / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 1515. – Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 52020. – EDN LJMCUE.

7. Программно-алгоритмическое обеспечение оценки состояния здоровья человека по сигналам газового пьезосенсора / Т. А. Кучменко, Л. А. Коробова, И. А. Матыцина [и др.] // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2023. – № 85. – С. 158-169. – DOI 10.21667/1995-4565-2023-85-158-169. – EDN PKPIDS.

8. CRM для клиник и медицинских центров: какие задачи решает, как внедрить систему и оценить эффективность

**УДК. 004.322**

## **РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГ НА ПРИМЕРЕ ДИСПЛЕЙНОГО МОДУЛЯ**

*Хныкин Д.Е., Коробова Л.А.*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»,  
г. Воронеж, Россия*

В данной работе демонстрируется успешное применение методов реверс-инжиниринга к дисплейному модулю из остатков устройства, которое не удалось идентифицировать. Особенность процесса в данном случае является то, что и дисплейный модуль существует, и устройства в недалеком прошлом также были рабочими [1, 2]. Процесс реверс-инжиниринга или «процесс разработки в обратную сторону» в данном случае включает в себя пять этапов.

*Этап 1. Внешний осмотр и идентификация модуля.* Этот этап проводится с целью идентификации маркировки компонентов и интерфейсных разъемов. Фотографирование и документирование ключевых элементов сыграли определяющую роль в последующем анализе. Используя мультиметр и камеру телефона с многократным зумом, проводится анализ печатной платы электронного модуля, т.е. происходит получение информации о дисплейном модуле, припаянном к плате. Далее, производится поиск маркировки на самой плате или дисплее. Затем в интернете необходимо найти документацию на конкретный модуль или, если такое существует, описанные случаи использования этого модуля другими людьми. Возможна ситуация, что поиск в интернете не принесет желаемого

результата, т.е., не удаётся найти ни документацию, ни описания опыта использования устройства с такой маркировкой.

*Этап 2 Картография печатной платы.* Целью этого этапа является: определение структуры печатной платы, трассировки дорожек, выявление ключевых элементов.

Результаты исследования печатной платы были следующие: - определены линии питания и земля; - у некоторых компонентов на плате, к которым шло питание, дорожки линий были шире, чем у других компонентов; - обнаружен «главный компонент» - управляющий микроконтроллер — это примитивное устройство, размером больше, чем остальные компоненты, от него идёт больше всего дорожек к вспомогательным компонентам на плате.

*Этап 3. Идентификация управляющего контролера.* На этом этапе необходимо определить основной микроконтроллер или микропроцессор, управляющего дисплеем [3, 4]. Если при использовании дополнительных вспомогательных устройств этот этап завершается успехом, то в интернет пробуем получить информацию об управляющем контроллере или процессоре.

*Этап 4. Восстановление схемы и интерфейса.* По результатам предыдущих этапов определяются основные элементы микросхемы. Например, сигнальные линии, линии питания, земля и управляющие сигналы. Далее восстанавливается схема подключения и отслеживается совмещение этого с просмотром документации на управляющий контроллер [5, 6]. Особое внимание уделяется определению типа используемого интерфейса.

*Этап 5. Тестирование и подтверждение.* Этап проверки правильности восстановленной схемы и параметров работы дисплея. Тестирование восстановленного дисплейного модуля проводят при использовании соединительного шлейфа из многожильных проводов. Достигнув положительного результата гибкий шлейф дисплея необходимо жестко зафиксировать при помощи пайки. Далее необходимо подобрать тесты и провести окончательную проверку правильности работы восстановленного модуля [7].

Предложенный подход к обратному инжинирингу показал свою эффективность. Эффективность «процесса разработки в

обратную сторону» заключается в достижении поставленных целей по восстановлению функциональности дисплейного модуля путем тщательного анализа печатной платы, на которую он был установлен и электрических характеристик, несмотря на отсутствие исходной документации. Предложенные мероприятия позволили избежать затрат на приобретение нового аналогичного компонента, способствуя более рациональному использованию имеющихся ресурсов и ускорению процесса разработки.

#### Список источников

1. Системы промышленной автоматизации: учебное пособие / А. И. Сергеев, А. М. Черноусова, А. С. Русяев, В. В. Тугов. — Оренбург: ОГУ, 2017. — 106 с.

2. Коробова, Л. А. Программно-техническое средство диагностики АСУТП: контроль данных и управление состоянием системы автоматизации / Л. А. Коробова, И. С. Толстова, И. М. Харитонов // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2022. – № 3(29). – С. 5-10. – EDN RPEOOG.

3. Водолазов, А. Микроконтроллеры для систем автоматики. Учебное пособие / А. Водолазов. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 168 с.

4. Сбродов, Н. Б. Программируемые контроллеры и микроконтроллеры в системах автоматизации: учебное пособие / Н. Б. Сбродов, Е. К. Карпов. — Курган: КГУ, 2019. — 110 с.

5. Петин, В. Новые возможности Arduino, ESP, Raspberry Pi в проектах IoT / В. Петин. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2022. – 319 с.

6. Петров, И. В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / И. В. Петров; под редакцией В. П. Дьяконова. — Москва: СОЛОН-Пресс, 2004. — 256 с.

7. Касперски К. Искусство дизассемблирования / К. Касперски. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2007. – 884 с.

## СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К САМОДИАГНОСТИКЕ ОРГАНИЗМА

*Головин А.И.*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»,  
г. Воронеж, Россия*

Наглядным отражением современного мира в развитии информационных технологий и специального программного обеспечения можно считать появление экспертных систем (ЭС). Функционирование ЭС основано на обработке профильных данных, анализе результатов и интерпретации их, как, если бы все это осуществлял специалист в определенной области.

Развитие медицинских ЭС обусловлено еще и тем, что современного человека все меньше времени остается на возможность обращения к врачу. Конечно же, если человек заболевает, то другого выхода, как обратиться к врачу в медицинское учреждение, у него нет. Но если ситуация «не острая», а тем более не критическая, то для обращения к врачу общей практики или к узкому специалисту человек и не помышляет. Это подтверждается и проводимыми опросами населения, примерно 75% скорее не пойдут в медицинское учреждение, если в этом нет необходимости [1]. Забота о собственном здоровье на сегодня является архиактуальной. Это показала и недавняя ситуация с коронавирусной инфекцией, и появившийся уже сегодня метапневмовирус. И здесь все большие востребованность и значение приобретают системы самодиагностики (ССД), которые позволят узнать состояние собственного здоровья, не выходя из дома. Системы самодиагностики являются разновидностью ЭС.

Разработка таких систем включает весь комплекс современных научных подходов, начиная от систематизации медицинских данных, создания алгоритмов для их обработки и

моделей функционирования систем самодиагностики [2]. Системы самодиагностики решают несколько задач. Прежде всего, ССД с высокой степенью достоверности должна выдавать правильный диагноз в домашних условиях. Следующая задача ССД - это побуждение человека в определенных ситуациях обратиться к профильному специалисту в медицинское учреждение. Также полезно будет, чтобы ССД рекомендовала лекарственные препараты при предполагаемом диагнозе. Решение каждой представленной подзадачи требует тщательной проработки. При подборе алгоритмов и методов решения следует обратить внимание, что просматривается определенный итератив при выборе механизма поиска [3]. Основой ССД является развернутая база знаний из восьми таблиц, связанных между собой.

*Подзадача 1 ССД: постановка диагноза в домашних условиях.* Создается база знаний болезней (ТБ) и симптомов (ТС). Определяется заболевание. Выявляются симптомы и сопоставляются определенному заболеванию. Болезни заносятся в ТБ, симптомы заносятся в ТС.

*Подзадача 2 ССД: обращение к профильному специалисту.* Создается база знаний врачей (ТВ). Поиск профильных специалистов в медицинских учреждениях. Занесение информации в ТВ. Поиск информации о медицинских учреждениях на интернет-ресурсах и занесение информации в ТВ с указанием ссылок на сайты медицинских учреждений (ТСМУ).

*Подзадача 3 ССД: рекомендация лекарственного препарата.* Создание базы знаний лекарственных препаратов (ТП) и базы знаний стоимости препаратов (ТСт). Поиск лекарственных средств по имеющимся в инструкции симптомам или болезням. Занесение информации в ТП. Поиск информации о стоимости препаратов в аптеках на интернет-ресурсах и занесение информации в ТСт с указанием ссылок на интернет-аптеки (ТСА).

Таким образом, создается и заполняется информацией таблицы общей базы знаний (ОБЗ) ССД. Математическое описание [4] разработки ОБЗ ССД можно представить в виде кортежа:

ОБЗ = <ТБ, ТС, ТВ, ТСМУ, ТП, ТСт, ТСА>

где ТБ - таблица болезней; ТС - таблица симптомов; ТВ - таблица врачей; ТСМУ – таблица ссылок на сайты медицинских учреждений; ТП – таблица лекарственных препаратов; ТСт – таблица стоимости препаратов; ТСА – таблица ссылок на интернет-аптеки.

Для программной реализации [5] введены счетчики обращения к каждой таблице данных:

*B* – параметр количества просмотренных заболеваний в таблице болезней;

*S* - параметр количества просмотренных симптомов в таблице симптомов;

*D* – параметр количества рекомендованных врачей в таблице врачей;

*LMI* - параметр количества просмотренных ссылок в таблице ссылок на сайты медицинских учреждений;

*MP* - параметр количества просмотренных препаратов в таблице лекарственных препаратов;

*CM* - параметр количества просмотренных препаратов по стоимости в таблице стоимости препаратов;

*LP* - параметр количества просмотренных ссылок в таблице ссылок на интернет-аптеки.

Для принятия итогового вывода применен алгоритм метрики Хаусдорфа [6]. Использование данной метрики наилучшим образом отражает работу с компактными подмножествами метрического пространства [7]. Таким образом, программная реализация на основе использования алгоритма метрики Хаусдорфа в данной задаче позволяет по имеющимся у опрашиваемого симптомам установить диагноз. По полученному диагнозу предоставляются две рекомендации: - для посещения врача с указанием возможных медицинских учреждений и ссылки на них; - по применению лекарственных препаратов с указанием ссылок на интернет-аптеки и стоимости указанных препаратов в них.

#### Список источников

1. Статистические доклады Всемирной организации здравоохранения // Социальные аспекты здоровья населения: электронный научный журнал. – 2017. - №1 (53) [Электронный

ресурс]. URL: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/813/30/lang.ru>  
(дата обращения: 15.03.2017).

2. Коробова, Л. А. Математическая модель, алгоритм и программная реализация экспертной системы первичной медицинской диагностики часто встречающихся заболеваний / Л. А. Коробова, Е. С. Малиенко, Ю. А. Сафонова // Информационные технологии моделирования и управления. – 2018. – Т. 112, № 4. – С. 301-307. – EDN XUYVIL.

3. Коробова, Л. А. Современные возможности многомасштабного моделирования в решении прикладных прогностических медицинских задач / Л. А. Коробова, А. В. Калач // Актуальные проблемы деятельности подразделений уголовно-исполнительной системы: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 19 октября 2023 года. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», ФКОУ ВО Воронежский институт ФСИН России., 2023. – С. 406-409. – EDN PEZTYD.

4. Information system for diagnosis of respiratory system diseases / G. V. Abramov, L. A. Korobova, A. L. Ivashin, I. A. Matytsina // Journal of Physics: Conference Series: International Conference Information Technologies in Business and Industry 2018 - Enterprise Information Systems, Vol. 1015, 4. – Tomsk: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 042036. – EDN RQANTJ.

5. Коробова, Л. А. Математическая модель, алгоритм и программная реализация экспертной системы первичной медицинской диагностики часто встречающихся заболеваний / Л. А. Коробова, Е. С. Малиенко, Ю. А. Сафонова // Информационные технологии моделирования и управления. – 2018. – Т. 112, № 4. – С. 301-307. – EDN XUYVIL.

6. Хаусдорф Ф. Теория множеств. – М.: ЛКИ, 2007. – 304с.

7. Кроновер Р. М. Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории. - М.: Постмаркет, 2000. – 352 с.

## КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ В ЦИФРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

*Шихалев А. И., Сандаков Д. В.*

*ФБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,  
г. Казань, Россия*

Статья посвящена вопросам обеспечения кибербезопасности в цифровой энергетике. Рассмотрены основные угрозы, возникающие в условиях активной цифровизации энергосистем, и предложены подходы к их минимизации. Приведены примеры кибератак на объекты энергетической инфраструктуры и рассмотрены технологии, повышающие устойчивость систем к внешним воздействиям. Также обозначены перспективы развития киберзащиты в энергетике.

Энергетика является одной из основ современной экономики. С переходом к цифровым технологиям возросла роль информационных систем в управлении энергетическими процессами. Цифровизация способствует повышению эффективности работы энергосистем, однако одновременно усиливает их уязвимость перед киберугрозами. По данным ENISA (2023), энергетический сектор лидирует среди отраслей, подвергшихся кибератакам. Эта проблема имеет глобальный характер: сбои в энергоснабжении могут нарушить функционирование транспорта, медицинских учреждений, промышленных объектов и других критически важных отраслей. В данной статье рассмотрены угрозы, с которыми сталкивается энергетика, технологии их предотвращения и долгосрочные перспективы развития кибербезопасности.[1]

Кибербезопасность — это не просто модное слово, а насущная необходимость в современном мире. В условиях цифровизации энергетики защита данных, систем и инфраструктуры становится критически важной. Давайте

разберемся, почему это так важно и как защитить энергетические компании от киберугроз.

Цифровая энергетика — это применение цифровых технологий в энергетическом секторе для управления, мониторинга и оптимизации процессов. Внедрение интернета вещей (IoT), облачных технологий и искусственного интеллекта позволило сделать отрасль более эффективной, но также увеличило риск кибератак.[2]

#### Основные аспекты цифровизации

Умные счетчики и сети. Умные счетчики — это настоящий прорыв в управлении энергопотреблением. Эти устройства заменяют традиционные электросчетчики, позволяя пользователям не только отслеживать потребление электроэнергии в реальном времени, но и управлять им. Вы когда-нибудь задумывались, сколько энергии тратит ваш дом, когда вы находитесь в отпуске? Умные счетчики дают точный ответ на этот вопрос. Сети, объединяющие такие счетчики, называются «умными» (smart grids). Они обеспечивают двухстороннюю связь между потребителями и поставщиками энергии. Например, если в определенном районе фиксируется избыточная нагрузка на сеть, система автоматически перераспределяет энергию или предлагает потребителям временно снизить потребление, чтобы избежать аварий. Кроме того, умные сети могут интегрироваться с возобновляемыми источниками энергии, такими как солнечные панели или ветрогенераторы, помогая эффективно использовать «зеленую» энергию.

#### Автоматизированные системы управления

Автоматизация — это ключ к повышению эффективности и надежности энергетической инфраструктуры. Современные системы управления позволяют операторам контролировать энергетические объекты на расстоянии, быстро реагировать на сбои и предотвращать аварии. Представьте себе диспетчерскую, где вместо десятков инженеров работают интеллектуальные алгоритмы, которые могут обнаружить неисправность в сети за считанные секунды. Автоматизированные системы управления используют такие технологии, как SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), чтобы собирать данные с тысяч датчиков,

анализировать их и выдавать рекомендации по устранению проблем. В результате снижаются эксплуатационные затраты, а энергосети становятся более устойчивыми к внешним угрозам, включая природные катаклизмы и кибератаки.

Аналитика данных для оптимизации энергопотребления

Данные — это новая нефть, особенно в цифровой энергетике. С помощью аналитических инструментов компании могут прогнозировать потребление энергии, выявлять неэффективности и оптимизировать процессы. Например, крупный промышленный завод может использовать аналитические системы для определения, в какие часы пик его потребление электроэнергии наиболее высоко. Зная это, предприятие может перенести часть операций на более выгодное время, снижая затраты на электроэнергию. Более того, аналитика помогает потребителям дома понять, какие устройства расходуют больше всего энергии. С помощью мобильных приложений можно буквально «увидеть» ваше энергопотребление и внести изменения — отключить ненужные приборы или перейти на энергоэффективные устройства.

Почему цифровая энергетика требует особого внимания к безопасности? Давайте представим, что случится, если крупная электростанция окажется вне строя из-за кибератаки. Города останутся без света, остановятся предприятия, обрушатся транспортные системы. А в худшем случае могут быть нарушены системы жизнеобеспечения, такие как больницы или системы водоснабжения. Цифровая энергетика тесно связана с высокими технологиями, что делает её уязвимой для атак злоумышленников. Простая ошибка в коде или плохо защищённый сервер могут стать причиной глобального сбоя. Именно поэтому кибербезопасность здесь играет ключевую роль. Энергетика — это не просто про свет в наших домах. Это критическая инфраструктура, от которой зависят миллионы людей. Любой сбой, вызванный кибератакой, может иметь катастрофические последствия для экономики, экологии и безопасности.

Какие риски существуют? Современная цифровая энергетика сталкивается с множеством угроз. Вот основные из них:

- Кража данных.

Данные — это золото XXI века. Хакеры могут похитить информацию о потребителях, конфиденциальные планы развития сетей или технологические ноу-хау компании. Это угрожает как частным лицам, так и безопасности страны.

- Отключение оборудования.

Кибератаки могут привести к массовым отключениям электроснабжения. Например, через атаки на системы управления можно отключить целые районы, что не только нарушит повседневную жизнь, но и создаст угрозу для работы важных объектов, таких как аэропорты или больницы.

- Угрозы для жизни и здоровья людей.

Если системы безопасности энергетических объектов будут взломаны, это может привести к авариям с жертвами. Например, взлом ядерной электростанции или гидроэлектростанции может иметь катастрофические последствия.

#### Основные киберугрозы

Вирусы и вредоносное ПО. Вредоносное программное обеспечение (вирусы, трояны, шпионские программы) — один из самых распространённых методов атаки. Злоумышленники внедряют такие программы в системы управления, чтобы получить контроль над ними или вывести их из строя. Пример? Атака вируса Stuxnet в 2010 году на иранские центрифуги. Этот вирус был создан специально для поражения промышленного оборудования и показал, как целенаправленная атака может уничтожить инфраструктуру.[3]

Фишинговые атаки. Фишинг — это попытка выманить данные у сотрудников компаний через поддельные электронные письма или сайты. Одно неверное нажатие на ссылку может открыть доступ хакерам к важным системам.

Атаки на цепочку поставок. Злоумышленники могут атаковать не саму энергетическую компанию, а её поставщиков. Например, через уязвимости в программном обеспечении или оборудовании, используемом на объектах.

DDoS-атаки. Один из самых простых, но эффективных методов — перегрузка системы. Хакеры направляют огромное количество запросов на сервера компании, вызывая их

отключение.

Социальная инженерия. Здесь хакеры не ломают систему, а манипулируют людьми. Например, могут представляться коллегами или начальством, чтобы получить доступ к важной информации.

Почему защита так сложна? Современные энергетические системы чрезвычайно сложны. Они объединяют старые аналоговые технологии с новыми цифровыми. Устаревшие элементы могут быть легко взломаны, а уязвимости новых технологий часто остаются незамеченными. Кроме того, атаки становятся всё более изощрёнными. Хакеры используют искусственный интеллект, чтобы маскировать свои действия, или внедряют вредоносное ПО, которое активируется только через годы. Защита цифровой энергетики требует постоянного внимания и инвестиций. Ведь каждый день появляются новые угрозы, которые могут поставить под удар одну из самых важных отраслей нашей жизни.

#### Типы кибератак в энергетике

Атаки на оборудование. Взлом оборудования — это одна из самых опасных форм кибератак. Почему? Потому что такие атаки могут буквально остановить работу критически важных объектов. Например, если злоумышленники получают доступ к системам управления турбинами, они могут нарушить их работу, что приведет к остановке электростанции. Представьте себе, что огромная турбина внезапно выходит из строя. Это не просто дорогостоящий ремонт — это часовые, а иногда и суточные простои. Более того, некорректная работа оборудования может вызвать аварии, включая взрывы или повреждение инфраструктуры. Пример: в 2015 году в Украине произошла атака на электростанции, в результате которой злоумышленники вывели из строя системы управления, что привело к отключению электричества для сотен тысяч людей.

Атаки на данные. Цифровая энергетика — это миллионы гигабайтов данных, от информации о потребителях до сложных расчетов энергопотребления. Эти данные становятся главной целью для хакеров. Кража данных — это не просто доступ к конфиденциальной информации. Это возможность

манипулировать системой. Например, хакеры могут изменить параметры работы оборудования, чтобы вызвать сбои, или подменить информацию, чтобы скрыть свою деятельность. А еще данные о пользователях могут быть проданы на черном рынке, что ставит под угрозу конфиденциальность миллионов людей. Представьте, что информация о вашем энергопотреблении попадает в чужие руки — это ведь пугает, правда?

Атаки на системы управления. Системы управления — это сердце любой энергетической инфраструктуры. Если злоумышленники получают к ним доступ, они могут вмешаться в автоматизированные процессы, что приведет к полному хаосу. Например, хакеры могут отключить защитные механизмы, которые предотвращают перегрузки в сети. Или же наоборот — перенастроить систему таким образом, чтобы оборудование работало на пределе возможностей, что приведет к его быстрому износу или поломке. Особую опасность представляют атаки, направленные на системы SCADA, которые управляют процессами в реальном времени. Если такие системы оказываются взломанными, последствия могут быть катастрофическими.

Последствия кибератак

Экономические последствия. Кибератаки наносят энергетическим компаниям колоссальный ущерб. Например, если из-за атаки оборудование выходит из строя, его ремонт и восстановление могут стоить миллионы долларов. Но это не все.

Простои приводят к снижению доходов компании, а дополнительные затраты на восстановление инфраструктуры ложатся тяжелым бременем на бюджет. В некоторых случаях компании также сталкиваются с исками от клиентов или правительств за ущерб, нанесенный из-за отключения энергоснабжения. Более того, атаки подрывают доверие инвесторов. Если компания оказывается не готова к киберугрозам, это снижает её репутацию и привлекательность на рынке.

Социальные последствия. Кибератаки могут повлиять на жизни миллионов людей. Представьте, что в зимнюю ночь отключается электричество в крупном городе. Без света и тепла люди остаются в уязвимом положении. Не работают больницы,

транспорт, банки. Это не только неудобства, но и прямая угроза жизни. Особенно страдают пожилые люди, больные, которые зависят от медицинских приборов, работающих на электричестве. А еще такие атаки вызывают панику. Люди начинают опасаться за свою безопасность, и это недоверие может затронуть не только энергетические компании, но и государственные структуры.

Экологические последствия. Многие энергетические объекты работают с опасными веществами. Например, атомные станции или нефтеперерабатывающие заводы. Если такие объекты становятся целью кибератак, экологическая катастрофа может быть неизбежной. В случае поломки оборудования может произойти утечка химических веществ, взрывы или другие аварии. Это не только наносит ущерб природе, но и ставит под угрозу здоровье тысяч людей. Пример: утечка газа на промышленном объекте из-за ошибки в системе управления может привести к загрязнению атмосферы или воды, что затронет целые регионы.

Кибератаки в энергетике — это угроза, которую нельзя недооценивать. Они поражают оборудование, данные и системы управления, что приводит к экономическим, социальным и экологическим последствиям. Современные компании должны уделять особое внимание кибербезопасности, чтобы защитить не только свои активы, но и общество в целом.

Ключевые технологии и методы защиты в кибербезопасности

Кибербезопасность — это комплекс мероприятий, направленных на защиту данных и информации от несанкционированного доступа и угроз. Важнейшими элементами этой защиты являются шифрование и мониторинг в реальном времени. Шифрование данных является основой киберзащиты, а мониторинг позволяет оперативно обнаружить и нейтрализовать потенциальные угрозы. В статье подробно рассмотрим, как эти технологии работают и почему они так важны для защиты информации.[6]

Шифрование данных играет ключевую роль в защите информации. Это процесс преобразования читаемой информации в формат, который невозможно расшифровать без специального ключа. Представьте себе, что ваши данные — это ценная

информация, скрытая в сейфе. А ключ, который защищает сейф, — это алгоритм шифрования. Даже если злоумышленник получит доступ к вашему файлу, без ключа он увидит лишь набор бессмысленных символов. Одним из самых распространенных алгоритмов шифрования является AES (Advanced Encryption Standard). Он используется для защиты больших объемов данных, таких как банковские транзакции или файлы, которые содержат личную информацию. AES работает по принципу симметричного шифрования, то есть ключ для шифрования и расшифровки один и тот же. Для более сложных случаев используется алгоритм RSA, который отличается асимметричным шифрованием: один ключ — открытый, для шифрования, а другой — закрытый, для расшифровки. Таким образом, даже если кто-то перехватит зашифрованные данные, без соответствующего ключа расшифровать их невозможно. Шифрование активно используется в самых разных сферах. Примером может служить защита данных при совершении банковских транзакций через Интернет. Когда вы переводите деньги или осуществляете покупки онлайн, информация шифруется, чтобы предотвратить ее перехват и использование злоумышленниками. Кроме того, мессенджеры, такие как WhatsApp и Telegram, также используют шифрование для защиты личных сообщений. Это позволяет вам быть уверенными в том, что ваш разговор остается конфиденциальным и не может быть прочитан посторонними.

Мониторинг в реальном времени представляет собой важный элемент системы защиты от киберугроз. Это постоянное отслеживание сетевой активности и поведения пользователей, что позволяет оперативно выявить подозрительные действия и устранить угрозы на ранних стадиях. Без мониторинга хакеры могут незаметно внедрить вредоносное ПО, украсть данные или даже вывести систему из строя. С помощью мониторинга можно мгновенно реагировать на любые аномалии и предотвращать их развитие. Одним из самых распространенных применений мониторинга является анализ необычной сетевой активности. Например, если в нерабочие часы наблюдается резкое увеличение трафика, это может быть признаком того, что кто-то пытается проникнуть в систему. В случае подозрительных попыток входа из

незнакомых регионов или с необычных устройств, система может автоматически заблокировать доступ и уведомить администратора о возможной атаке. Таким образом, мониторинг в реальном времени позволяет не только отслеживать угрозы, но и предотвращать их до того, как они смогут нанести ущерб. Еще одним важным аспектом мониторинга является своевременная реакция на несанкционированные попытки доступа. Если система зафиксировала попытку взлома, она может немедленно включить защитные меры, такие как временная блокировка учетной записи или ограничение доступа к чувствительным данным. Это дает возможность минимизировать ущерб и защитить информацию.

Современные системы защиты данных активно используют интеграцию шифрования и мониторинга. Вместе эти две технологии создают многослойную защиту, которая позволяет значительно повысить безопасность информации. Шифрование обеспечивает защиту данных на всех этапах — от передачи до хранения, а мониторинг помогает оперативно реагировать на любые угрозы и атакующие действия. Вместе они создают мощную защиту, которая охватывает все возможные аспекты безопасности. Как это работает на практике? Например, при передаче зашифрованной информации через Интернет система мониторинга отслеживает возможные аномалии, такие как попытки перехвата данных или атаки на серверы. В случае, если система обнаружит попытку вторжения, она немедленно блокирует доступ и уведомляет администратора. В таком подходе шифрование и мониторинг работают синхронно, обеспечивая максимально высокий уровень безопасности.

С развитием технологий, киберзащита продолжает совершенствоваться. Если раньше для защиты данных использовались лишь простые пароли и базовые методы, то сегодня ситуация кардинально изменилась. Современные системы защиты, включающие шифрование и мониторинг, становятся все более сложными и интегрированными. Это позволяет эффективно бороться с новыми угрозами и обеспечивать высокий уровень безопасности. Будущее киберзащиты будет связано с дальнейшим развитием таких технологий, как искусственный интеллект, машинное обучение и биометрические системы. В будущем мы

можем ожидать еще большего уровня персонализации защиты, а также создания еще более надежных и гибких систем для защиты данных. Технологии будут работать все более скоординированно, обеспечивая высокий уровень безопасности при минимальном вмешательстве со стороны человека.[4]

Когда система мониторинга фиксирует такие аномалии, она немедленно оповещает администратора или блокирует доступ. Это напоминает сигнализацию в доме: она не только защищает, но и предотвращает попытки взлома. Инструменты, такие как Splunk или IBM QRadar, способны анализировать огромные объемы данных и обеспечивать безопасность крупных организаций.

Регулярные обновления. Как часто вы видите уведомление на компьютере о необходимости обновления? Многие из нас откладывают этот процесс, но на самом деле он критически важен для защиты систем. Что делают обновления? Обновления исправляют уязвимости, обнаруженные в программном обеспечении, и улучшают защиту от новых угроз. Например, кибератака WannaCry в 2017 году поражала устаревшие версии Windows, которые не были обновлены. Почему это важно? Хакеры активно ищут слабые места в программных продуктах. Как только уязвимость становится известной, разработчики выпускают обновление, чтобы её закрыть. Если система не обновлена, она остаётся уязвимой.

#### Роль искусственного интеллекта

Выявление аномалий. Один из важнейших аспектов работы ИИ в кибербезопасности — это анализ аномалий. Системы на базе ИИ изучают типичное поведение пользователя и системы, создавая «цифровой портрет». Как это работает? Например, в обычный день сервер обрабатывает около 100 ГБ данных. Внезапно этот объём увеличивается до 1 ТБ за короткий промежуток времени. Человек может не заметить это вовремя, но ИИ сразу подаст сигнал тревоги. Аналогично, если система видит, что пользователь из Москвы внезапно пытается войти в аккаунт с IP-адреса из Индонезии, это будет воспринято как подозрительное поведение, и доступ автоматически блокируется.

ИИ — это своего рода детектив, который изучает поведение хакеров. Он анализирует паттерны предыдущих атак, создавая

модели потенциальных угроз. Почему это важно? Хакеры часто используют схожие методы: фишинг, атаки на пароли, внедрение вирусов. Искусственный интеллект может заранее «прогнозировать» их действия. Например, если система фиксирует рассылку большого количества писем с подозрительными вложениями, ИИ распознаёт это как возможную фишинговую атаку. Он блокирует письма, анализирует вложения и предупреждает администратора.[5]

Ещё одна сильная сторона ИИ — это способность проактивно предотвращать атаки. Как это выглядит на практике? Когда ИИ обнаруживает подозрительный файл или вредоносную активность, он изолирует проблему. Например:

- Вредоносный файл, пытающийся загрузиться на сервер, помещается в «песочницу» для анализа, а не запускается сразу.
- Системы блокируют подозрительные IP-адреса ещё до того, как они смогут подключиться.

Искусственный интеллект работает как невидимый телохранитель, который защищает вашу цифровую жизнь от любых угроз.

Примеры применения ИИ в кибербезопасности

### 1. Антивирусные программы с ИИ

Современные антивирусы, такие как Kaspersky или Norton, используют ИИ для анализа новых угроз и защиты от них.

### 2. Системы защиты в банках

Банковские системы активно применяют ИИ для предотвращения мошенничества. Например, если кто-то пытается снять крупную сумму с вашей карты в другой стране, система мгновенно блокирует операцию.

### 3. Корпоративные сети

ИИ помогает крупным компаниям защитить данные сотрудников, клиентов и свои внутренние системы. Например, автоматизированный мониторинг выявляет попытки взлома серверов.

Искусственный интеллект стал важным элементом кибербезопасности. Его способность анализировать большие объёмы данных, выявлять аномалии и проактивно предотвращать угрозы делает его незаменимым инструментом в современном

цифровом мире. В условиях, когда хакеры постоянно придумывают новые способы атак, ИИ даёт нам шанс быть на шаг впереди.

#### Облачные технологии и кибербезопасность

Роль облачных решений. Облачные технологии изменили правила игры в кибербезопасности. Они позволяют компаниям хранить огромные массивы данных, обеспечивать удаленный доступ к информации и легко масштабировать инфраструктуру. Например, энергетические компании могут в режиме реального времени анализировать данные с тысяч счетчиков, не заботясь о локальных серверах. Однако есть и обратная сторона. С увеличением использования облачных решений растут и риски. Уязвимости в облачных системах могут стать причиной масштабных утечек данных. Важно понимать, что защита в облаке требует совершенно иного подхода, чем для традиционных серверов.

В последние годы облачные технологии стали неотъемлемой частью бизнеса и повседневной жизни. Они позволяют быстро и удобно хранить и обрабатывать данные, предоставляя доступ к ним из любой точки мира. Однако, с ростом популярности облачных сервисов возрастает и количество угроз, связанных с безопасностью данных. Ключевой угрозой для облачных хранилищ является доступность информации для третьих лиц. Если злоумышленник получает доступ к облачным серверам, это может привести к краже или изменению важных данных. Например, в 2021 году несколько крупных компаний стали жертвами взломов их облачных сервисов, что нанесло серьезный ущерб их репутации и финансовым показателям. Для того чтобы минимизировать такие риски, важно принять комплекс мер по защите данных. Одним из первых шагов является ограничение доступа к облачным хранилищам. Это означает, что только авторизованные пользователи должны иметь возможность просматривать и изменять данные. Еще одним важным шагом является использование передовых методов шифрования, которые создают дополнительный уровень защиты. Шифрование превращает файлы в бессмысленные наборы символов, которые бесполезны для хакеров, даже если они получают к ним доступ.

Контроль активности также играет большую роль в обеспечении безопасности. Современные облачные системы могут автоматически отслеживать подозрительные действия, такие как несанкционированные попытки входа или операции с данными, и немедленно уведомлять об этом пользователей и администраторов.

Законодательство и стандарты безопасности в облаке

С развитием облачных технологий стало необходимым создание международных и национальных регламентов, которые регулируют безопасность данных. Одним из самых известных международных стандартов является ISO 27001. Этот стандарт охватывает различные аспекты безопасности в облачных системах, включая политику управления доступом, рекомендации по шифрованию данных и требования к мониторингу систем. Соблюдение ISO 27001 помогает компаниям не только обеспечивать высокий уровень безопасности, но и укреплять свою репутацию на рынке, показывая клиентам, что их данные находятся под надежной защитой. Национальные законы также играют ключевую роль в обеспечении безопасности данных. Например, в Европе действует Общий регламент по защите данных (GDPR), который регулирует обработку персональных данных. В России существует закон о защите персональной информации (ФЗ-152), который также предъявляет требования к безопасности данных, хранимых в облачных системах. Компании, работающие на международных рынках, должны учитывать законодательные нормы каждой страны, в которой они ведут бизнес. Это повышает доверие клиентов и помогает избежать серьезных штрафов за нарушение законодательства.

Меры профилактики: защита данных через обучение и проверку систем

Одним из важных аспектов защиты данных является профилактика. Один из самых распространенных способов минимизации рисков — это обучение сотрудников. Человеческий фактор, такой как неосмотрительность или недостаток знаний, часто становится причиной кибератак. Например, сотрудники могут случайно открыть фишинговое письмо, что приведет к утечке данных. Обучение сотрудников основам

кибербезопасности, таким как распознавание фишинговых сообщений, помогает значительно снизить вероятность таких инцидентов. Еще одним важным шагом является регулярная проверка систем на уязвимости. Даже самые современные и надежные системы нуждаются в периодическом аудите. Тестирование на уязвимости позволяет обнаружить потенциальные слабые места в защите, которые могут быть использованы злоумышленниками. Это можно сравнить с техосмотром автомобиля — без него даже самая мощная и дорогая машина может выйти из строя в самый неподходящий момент. Регулярный аудит помогает своевременно выявить и устранить проблемы, чтобы избежать более серьезных последствий в будущем.

Как грамотно защищать данные в облаке

Облачные технологии продолжают активно развиваться, и с ними появляются новые возможности для бизнеса и пользователей. Однако с этими возможностями приходят и новые риски, которые требуют внимательного подхода к обеспечению безопасности. Использование шифрования, контроль доступа, соблюдение международных стандартов и законодательных норм, а также обучение сотрудников и регулярные проверки систем — все эти меры создают комплексную защиту, которая помогает минимизировать угрозы и сохранить данные в безопасности. В будущем технологии безопасности будут развиваться вместе с облачными сервисами. Ожидается, что методы защиты будут становиться более сложными и интегрированными, что позволит эффективно справляться с новыми угрозами. Важно помнить, что безопасность данных в облаке — это не одноразовая мера, а постоянный процесс, требующий регулярного внимания и обновлений.

Ответственность сотрудника

Независимо от уровня должности, сотрудник должен понимать основные принципы безопасности. Простые действия, такие как использование сложных паролей, могут предотвратить многие атаки. Использование сложных паролей. Простой пароль, вроде “12345”, — это открытая дверь для хакеров. Удостоверьтесь, что ваши пароли сложные, уникальные и меняются регулярно.

Кибербезопасность в цифровой энергетике — это сложная, но необходимая задача. Использование современных технологий, обучение персонала и внедрение стандартов позволяет снизить риски и защитить критическую инфраструктуру от атак. Помните, безопасность — это ответственность каждого из нас. Цифровая энергетика открывает невероятные возможности, но требует повышенного внимания к киберугрозам. Компании, которые заранее внедряют меры безопасности, получают конкурентное преимущество и обеспечивают стабильность своих систем.

### **Список источников:**

1. Белоус А.И. Кибербезопасность объектов топливно-энергетического комплекса: концепции, методы и средства обеспечения. – М.: Лабиринт, 2024. – С. 23-88.

2. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: руководство для практических расчетов. – М.: Издательство Энергия, 2016. – С. 23-56.

3. Михайлов А.В., Сидоров П.К. Киберугрозы в энергетике: анализ и противодействие. – М.: Издательство МГТУ, 2023. – С. 150-180.

4. Баланов А.Н. Блокчейн: Учебное пособие для вузов. – М.: Лань, 2024. – С. 150-168.

5. Баланов А.Н. IoT решения: принципы, примеры, перспективы: Учебное пособие для вузов. – М.: Лань, 2024. – С. 120-138.

6. Баланов А.Н. Цифровая энергетика. Системы управления, интеграция, оптимизация, прогнозирование спроса: Учебное пособие для вузов. – М.: Лань, 2024. – С. 224-263.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ КРИСТАЛЛИЗАЦИОННОЙ СТАНЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ САХАРА

*Тимошин М.В.<sup>3</sup>, Аранов Д.В.<sup>1,2,3</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж, Россия

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)», г. Москва, Россия

В РФ производство сахара-песка центробежным способом составляет практически 100%. Одним из важных условий работы любого сахарного завода является обеспечение высокой эксплуатационной готовности для обеспечения максимальной производительности. Для повышения эксплуатационной готовности системы необходимо, чтобы все ее подсистемы были более надежными. В данной работе предпринята попытка проанализировать надежность работы кристаллизационной станции сахарного завода с использованием Марковского подхода и метода оценки нечеткой надежности. Целью данной работы является оценка производительности кристаллизационной станции сахарного завода [1-3] (рис.1) с использованием модели надежности. На рис. 2 показана схема связей компонентов оборудования кристаллизационной станции.

Математическая модель разработана с учетом экспоненциального распределения для ошибки и оценки ремонта. Дифференциальные уравнения получены на основе нечеткой надежности и марковского процесса гибели.

$$\begin{aligned} \frac{dP_0(t)}{dt} &= -\lambda_{01}P_0(t) + \lambda_{10}P_1(t), \\ \frac{dP_1(t)}{dt} &= -(\lambda_{10} + \lambda_{12})P_1(t) + \lambda_{01}P_0(t) + \lambda_{21}P_2(t); \end{aligned} \quad (1)$$

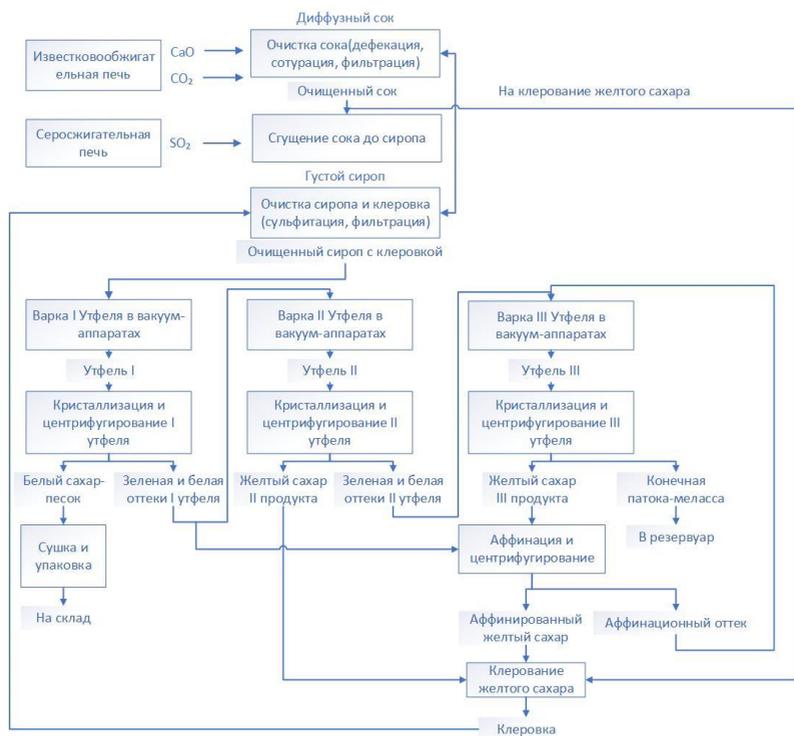


Рисунок 1. Технологическая линия кристаллизационной станции

$$\begin{aligned}
 \frac{dP_2(t)}{dt} &= -(\lambda_{21} + \lambda_{23})P_2(t) + \lambda_{12}P_1(t) + \lambda_{32}P_3(t), \\
 \frac{dP_3(t)}{dt} &= -(\lambda_{32} + \lambda_{34})P_3(t) + \lambda_{23}P_2(t) + \lambda_{43}P_4(t), \\
 \frac{dP_4(t)}{dt} &= -(\lambda_{43} + \lambda_{45})P_4(t) + \lambda_{34}P_3(t) + \lambda_{54}P_5(t), \\
 \frac{dP_5(t)}{dt} &= -(\lambda_{56} + \lambda_{54})P_5(t) + \lambda_{45}P_4(t) + \lambda_{65}P_6(t), \\
 \frac{dP_6(t)}{dt} &= -(\lambda_{67} + \lambda_{65})P_6(t) + \lambda_{56}P_5(t) + \lambda_{76}P_7(t), \\
 \frac{dP_7(t)}{dt} &= -(\lambda_{78} + \lambda_{76})P_7(t) + \lambda_{67}P_6(t) + \lambda_{87}P_8(t), \\
 \frac{dP_8(t)}{dt} &= -(\lambda_{87} + \lambda_{89})P_8(t) + \lambda_{78}P_7(t) + \lambda_{98}P_9(t);
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

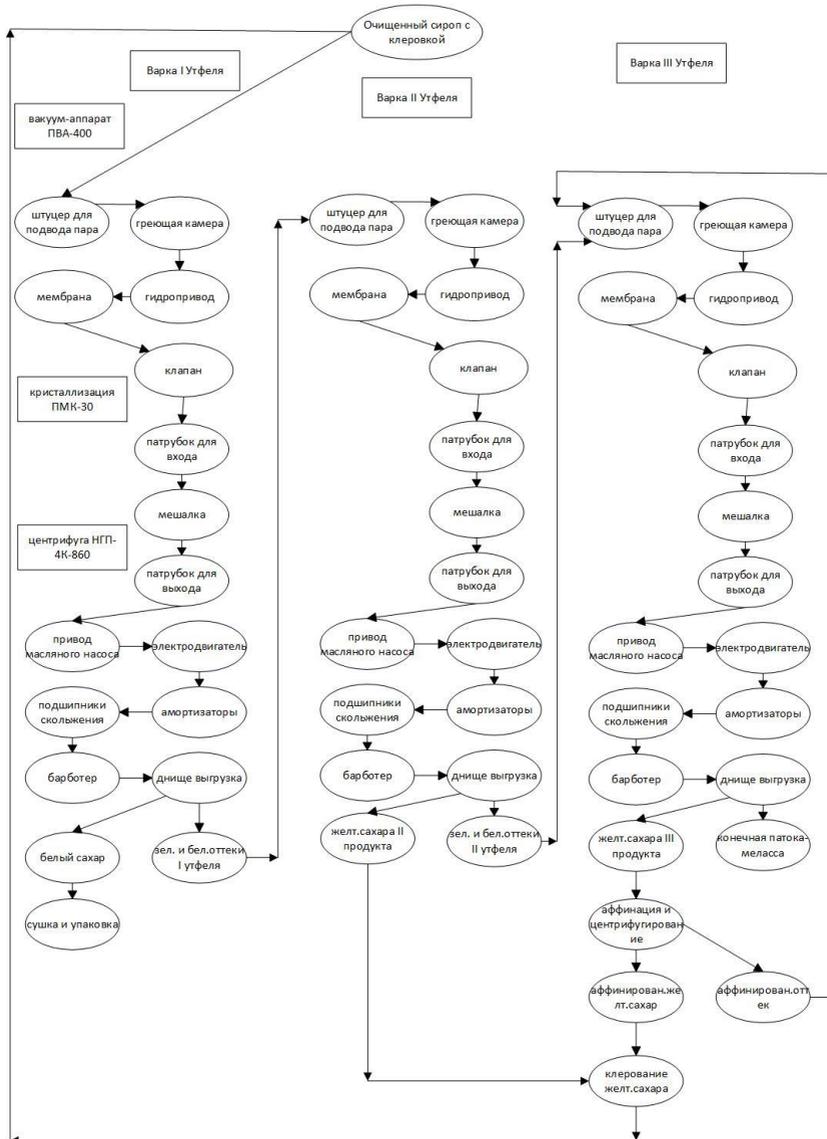


Рисунок 2. Схема связей компонентов оборудования кристаллизационной станции

$$\begin{aligned}
\frac{dP_9(t)}{dt} &= -(\lambda_{98} + \lambda_{9,10})P_9(t) + \lambda_{89}P_8(t) + \lambda_{10,9}P_{10}(t), \\
\frac{dP_{10}(t)}{dt} &= -(\lambda_{10,9} + \lambda_{10,11})P_{10}(t) + \lambda_{9,10}P_9(t) + \lambda_{11,10}P_{11}(t), \\
\frac{dP_{11}(t)}{dt} &= -(\lambda_{11,10} + \lambda_{11,12})P_{11}(t) + \lambda_{10,11}P_{10}(t) + \lambda_{12,11}P_{12}(t), \\
\frac{dP_{12}(t)}{dt} &= -(\lambda_{12,11} + \lambda_{12,13})P_{12}(t) + \lambda_{11,12}P_{11}(t) + \lambda_{13,12}P_{13}(t), \\
\frac{dP_{13}(t)}{dt} &= -(\lambda_{13,12} + \lambda_{13,14})P_{13}(t) + \lambda_{12,13}P_{12}(t) + \lambda_{14,13}P_{14}(t), \\
\frac{dP_{14}(t)}{dt} &= -(\lambda_{14,13} + \lambda_{14,15} + \lambda_{14,16})P_{14}(t) + \lambda_{13,14}P_{13}(t) + \lambda_{15,14}P_{15}(t) + \\
&\lambda_{16,14}P_{16}(t), \\
\frac{dP_{15}(t)}{dt} &= -(\lambda_{15,14} + \lambda_{15,16})P_{15}(t) + \lambda_{14,15}P_{14}(t) + \lambda_{16,15}P_{16}(t), \\
\frac{dP_{16}(t)}{dt} &= -(\lambda_{16,15})P_{16}(t) + \lambda_{15,16}P_{15}(t), \\
\frac{dP_{17}(t)}{dt} &= -(\lambda_{17,16} + \lambda_{17,18})P_{17}(t) + \lambda_{16,17}P_{16}(t) + \lambda_{18,17}P_{18}(t), \\
\frac{dP_{18}(t)}{dt} &= -(\lambda_{18,17} + \lambda_{18,19})P_{18}(t) + \lambda_{17,18}P_{17}(t) + \lambda_{19,18}P_{19}(t), \\
\frac{dP_{19}(t)}{dt} &= -(\lambda_{19,18} + \lambda_{19,20})P_{19}(t) + \lambda_{18,19}P_{18}(t) + \lambda_{20,19}P_{20}(t), \\
\frac{dP_{20}(t)}{dt} &= -(\lambda_{20,19} + \lambda_{20,21})P_{20}(t) + \lambda_{19,20}P_{19}(t) + \lambda_{21,20}P_{21}(t), \\
\frac{dP_{21}(t)}{dt} &= -(\lambda_{21,20} + \lambda_{21,22})P_{21}(t) + \lambda_{20,21}P_{20}(t) + \lambda_{22,21}P_{22}(t), \\
\frac{dP_{22}(t)}{dt} &= -(\lambda_{22,21} + \lambda_{22,23})P_{22}(t) + \lambda_{21,22}P_{21}(t) + \lambda_{23,22}P_{23}(t), \\
\frac{dP_{23}(t)}{dt} &= -(\lambda_{23,22} + \lambda_{23,24})P_{23}(t) + \lambda_{22,23}P_{22}(t) + \lambda_{24,23}P_{24}(t), \\
\frac{dP_{24}(t)}{dt} &= -(\lambda_{24,23} + \lambda_{24,25})P_{24}(t) + \lambda_{23,24}P_{23}(t) + \lambda_{25,24}P_{25}(t), \\
\frac{dP_{25}(t)}{dt} &= -(\lambda_{25,24} + \lambda_{25,26})P_{25}(t) + \lambda_{24,25}P_{24}(t) + \lambda_{26,25}P_{26}(t), \\
\frac{dP_{26}(t)}{dt} &= -(\lambda_{26,25} + \lambda_{26,27})P_{26}(t) + \lambda_{25,26}P_{25}(t) + \lambda_{27,26}P_{27}(t), \\
\frac{dP_{27}(t)}{dt} &= -(\lambda_{27,26} + \lambda_{27,28})P_{27}(t) + \lambda_{26,27}P_{26}(t) + \lambda_{28,27}P_{28}(t), \\
\frac{dP_{28}(t)}{dt} &= -(\lambda_{28,27} + \lambda_{28,29})P_{28}(t) + \lambda_{27,28}P_{27}(t) + \lambda_{29,28}P_{29}(t), \\
\frac{dP_{29}(t)}{dt} &= -(\lambda_{29,28} + \lambda_{29,30})P_{29}(t) + \lambda_{28,29}P_{28}(t) + \lambda_{30,29}P_{30}(t), \\
\frac{dP_{30}(t)}{dt} &= -(\lambda_{30,29} + \lambda_{30,31} + \lambda_{31,32})P_{30}(t) + \lambda_{29,30}P_{29}(t) + \lambda_{31,30}P_{31}(t) + \\
&\lambda_{32,30}P_{32}(t), \\
\frac{dP_{31}(t)}{dt} &= -(\lambda_{31,30} + \lambda_{31,52})P_{31}(t) + \lambda_{30,31}P_{30}(t); \\
\frac{dP_{32}(t)}{dt} &= -(\lambda_{32,30} + \lambda_{32,33})P_{32}(t) + \lambda_{30,32}P_{30}(t) + \lambda_{33,32}P_{33}(t),
\end{aligned} \tag{3}$$

$$\begin{aligned}
\frac{dP_{33}(t)}{dt} &= -(\lambda_{33,32} + \lambda_{33,34})P_{33}(t) + \lambda_{32,33}P_{32}(t) + \lambda_{34,33}P_{34}(t) + \\
&\lambda_{50,33}P_{50}(t) , \\
\frac{dP_{34}(t)}{dt} &= -(\lambda_{34,33} + \lambda_{34,35})P_{34}(t) + \lambda_{33,34}P_{33}(t) + \lambda_{35,34}P_{35}(t) , \\
\frac{dP_{35}(t)}{dt} &= -(\lambda_{35,34} + \lambda_{35,36})P_{35}(t) + \lambda_{34,35}P_{34}(t) + \lambda_{36,35}P_{36}(t) , \\
\frac{dP_{36}(t)}{dt} &= -(\lambda_{36,35} + \lambda_{36,37})P_{36}(t) + \lambda_{35,36}P_{35}(t) + \lambda_{37,36}P_{37}(t) , \\
\frac{dP_{37}(t)}{dt} &= -(\lambda_{37,36} + \lambda_{37,38})P_{37}(t) + \lambda_{36,37}P_{36}(t) + \lambda_{38,37}P_{38}(t) , \\
\frac{dP_{38}(t)}{dt} &= -(\lambda_{38,37} + \lambda_{38,39})P_{38}(t) + \lambda_{37,38}P_{37}(t) + \lambda_{39,38}P_{39}(t) , \\
\frac{dP_{39}(t)}{dt} &= -(\lambda_{39,38} + \lambda_{39,40})P_{39}(t) + \lambda_{38,39}P_{38}(t) + \lambda_{40,39}P_{40}(t) , \\
\frac{dP_{40}(t)}{dt} &= -(\lambda_{40,39} + \lambda_{40,41})P_{40}(t) + \lambda_{39,40}P_{39}(t) + \lambda_{41,40}P_{41}(t) , \\
\frac{dP_{41}(t)}{dt} &= -(\lambda_{41,40} + \lambda_{41,42})P_{41}(t) + \lambda_{40,41}P_{40}(t) + \lambda_{42,41}P_{42}(t) , \\
\frac{dP_{42}(t)}{dt} &= -(\lambda_{42,41} + \lambda_{42,43})P_{42}(t) + \lambda_{41,42}P_{41}(t) + \lambda_{43,42}P_{43}(t) , \\
\frac{dP_{43}(t)}{dt} &= -(\lambda_{43,42} + \lambda_{43,44})P_{43}(t) + \lambda_{42,43}P_{42}(t) + \lambda_{44,43}P_{44}(t) , \\
\frac{dP_{44}(t)}{dt} &= -(\lambda_{44,43} + \lambda_{44,45})P_{44}(t) + \lambda_{43,44}P_{43}(t) + \lambda_{45,44}P_{45}(t) , \\
\frac{dP_{45}(t)}{dt} &= -(\lambda_{45,44} + \lambda_{45,46})P_{45}(t) + \lambda_{44,45}P_{44}(t) + \lambda_{46,45}P_{46}(t) , \\
\frac{dP_{46}(t)}{dt} &= -(\lambda_{46,45} + \lambda_{46,47} + \lambda_{46,48})P_{46}(t) + \lambda_{45,46}P_{45}(t) + \lambda_{47,46}P_{47}(t) + \\
&\lambda_{48,47}P_{48}(t) , \\
\frac{dP_{47}(t)}{dt} &= -(\lambda_{47,46})P_{47}(t) + \lambda_{46,47}P_{46}(t) , \\
\frac{dP_{48}(t)}{dt} &= -(\lambda_{48,47} + \lambda_{48,49})P_{48}(t) + \lambda_{47,48}P_{47}(t) + \lambda_{49,48}P_{49}(t) , \\
\frac{dP_{49}(t)}{dt} &= -(\lambda_{49,48} + \lambda_{49,50} + \lambda_{49,51})P_{49}(t) + \lambda_{48,49}P_{48}(t) + \lambda_{50,49}P_{50}(t) + \\
&\lambda_{51,50}P_{51}(t) , \\
\frac{dP_{50}(t)}{dt} &= -(\lambda_{50,49} + \lambda_{50,33})P_{50}(t) + \lambda_{49,50}P_{49}(t) + \lambda_{33,50}P_{33}(t) , \\
\frac{dP_{51}(t)}{dt} &= -(\lambda_{51,50} + \lambda_{51,52})P_{51}(t) + \lambda_{50,51}P_{50}(t) + \lambda_{52,51}P_{52}(t) , \\
\frac{dP_{52}(t)}{dt} &= -(\lambda_{52,51} + \lambda_{52,0})P_{52}(t) + \lambda_{51,52}P_{51}(t) .
\end{aligned} \tag{4}$$

Начальные условия:

При  $t_0 = 0$ :  $P_0(t) = 1$ ;

$$\begin{aligned}
&P_1(t) = P_2(t) = P_3(t) = P_4(t) = P_5(t) = P_6(t) = P_7(t) = P_8(t) = \\
&P_9(t) = P_{10}(t) = P_{11}(t) = P_{12}(t) = P_{13}(t) = P_{14}(t) = P_{15}(t) = P_{16}(t) = \\
&P_{17}(t) = P_{18}(t) = P_{19}(t) = P_{20}(t) = P_{21}(t) = P_{22}(t) = P_{23}(t) = P_{24}(t) = \\
&P_{25}(t) = P_{26}(t) = P_{27}(t) = P_{28}(t) = P_{29}(t) = P_{30}(t) = P_{31}(t) = P_{32}(t) = \\
&P_{33}(t) = P_{34}(t) = P_{35}(t) = P_{36}(t) = P_{37}(t) = P_{38}(t) = P_{39}(t) = P_{40}(t) =
\end{aligned}$$

$$P_{41}(t) = P_{42}(t) = P_{43}(t) = P_{44}(t) = P_{45}(t) = P_{46}(t) = P_{47}(t) = P_{48}(t) = P_{49}(t) = P_{50}(t) = P_{51}(t) = P_{52}(t) = 0$$

На основе системы дифференциальных уравнений (1)-(4) получили разностные уравнения:

$$\begin{aligned} \Delta P_0 &= [-\lambda_{01} \cdot P_0^0 + \lambda_{10} \cdot P_1^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_1 &= [-(\lambda_{10} + \lambda_{12}) \cdot P_1^0 + \lambda_{01} \cdot P_0^0 + \lambda_{21} \cdot P_2^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_2 &= [-(\lambda_{21} + \lambda_{23}) \cdot P_2^0 + \lambda_{12} \cdot P_1^0 + \lambda_{32} \cdot P_3^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_3 &= [-(\lambda_{32} + \lambda_{34}) \cdot P_3^0 + \lambda_{23} \cdot P_2^0 + \lambda_{43} \cdot P_4^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_4 &= [-(\lambda_{43} + \lambda_{45}) \cdot P_4^0 + \lambda_{34} \cdot P_3^0 + \lambda_{54} \cdot P_5^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_5 &= [-(\lambda_{54} + \lambda_{56}) \cdot P_5^0 + \lambda_{45} \cdot P_4^0 + \lambda_{65} \cdot P_6^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_6 &= [-(\lambda_{65} + \lambda_{67}) \cdot P_6^0 + \lambda_{56} \cdot P_5^0 + \lambda_{76} \cdot P_7^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_7 &= [-(\lambda_{76} + \lambda_{78}) \cdot P_7^0 + \lambda_{67} \cdot P_6^0 + \lambda_{87} \cdot P_8^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_8 &= [-(\lambda_{87} + \lambda_{89}) \cdot P_8^0 + \lambda_{78} \cdot P_7^0 + \lambda_{89} \cdot P_9^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_9 &= [-(\lambda_{98} + \lambda_{9,10}) \cdot P_9^0 + \lambda_{89} \cdot P_8^0 + \lambda_{10,9} \cdot P_{10}^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_{10} &= [-(\lambda_{10,9} + \lambda_{10,11}) \cdot P_{10}^0 + \lambda_{9,10} \cdot P_9^0 + \lambda_{11,10} \cdot P_{11}^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_{11} &= [-(\lambda_{11,10} + \lambda_{11,12}) \cdot P_{11}^0 + \lambda_{10,11} \cdot P_{10}^0 + \lambda_{12,11} \cdot P_{12}^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_{12} &= [-(\lambda_{12,11} + \lambda_{12,13}) \cdot P_{12}^0 + \lambda_{11,12} \cdot P_{11}^0 + \lambda_{13,12} \cdot P_{13}^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_{13} &= [-(\lambda_{13,12} + \lambda_{13,14}) \cdot P_{13}^0 + \lambda_{12,13} \cdot P_{12}^0 + \lambda_{14,13} \cdot P_{14}^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_{14} &= [-(\lambda_{14,13} + \lambda_{14,15} + \lambda_{14,16}) \cdot P_{14}^0 + \lambda_{13,14} \cdot P_{13}^0 + \lambda_{15,14} \cdot P_{15}^0 + \lambda_{16,14} \cdot P_{16}^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_{15} &= [-(\lambda_{15,14} + \lambda_{15,16}) \cdot P_{15}^0 + \lambda_{14,15} \cdot P_{14}^0 + \lambda_{16,15} \cdot P_{16}^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_{16} &= [-(\lambda_{16,15}) \cdot P_{16}^0 + \lambda_{15,16} \cdot P_{15}^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_{17} &= [-(\lambda_{17,16} + \lambda_{17,18}) \cdot P_{17}^0 + \lambda_{16,17} \cdot P_{16}^0 + \lambda_{18,17} \cdot P_{18}^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_{18} &= [-(\lambda_{18,17} + \lambda_{18,19}) \cdot P_{18}^0 + \lambda_{17,18} \cdot P_{17}^0 + \lambda_{19,18} \cdot P_{19}^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_{19} &= [-(\lambda_{19,18} + \lambda_{19,20}) \cdot P_{19}^0 + \lambda_{18,19} \cdot P_{18}^0 + \lambda_{20,19} \cdot P_{20}^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_{20} &= [-(\lambda_{20,19} + \lambda_{20,21}) \cdot P_{20}^0 + \lambda_{19,20} \cdot P_{19}^0 + \lambda_{21,20} \cdot P_{21}^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_{21} &= [-(\lambda_{21,20} + \lambda_{21,22}) \cdot P_{21}^0 + \lambda_{20,21} \cdot P_{20}^0 + \lambda_{22,21} \cdot P_{22}^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_{22} &= [-(\lambda_{22,21} + \lambda_{22,23}) \cdot P_{22}^0 + \lambda_{21,22} \cdot P_{21}^0 + \lambda_{23,22} \cdot P_{23}^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_{23} &= [-(\lambda_{23,22} + \lambda_{23,24}) \cdot P_{23}^0 + \lambda_{22,23} \cdot P_{22}^0 + \lambda_{24,23} \cdot P_{24}^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_{24} &= [-(\lambda_{24,23} + \lambda_{24,25}) \cdot P_{24}^0 + \lambda_{23,24} \cdot P_{23}^0 + \lambda_{25,24} \cdot P_{25}^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_{25} &= [-(\lambda_{25,24} + \lambda_{25,26}) \cdot P_{25}^0 + \lambda_{24,25} \cdot P_{24}^0 + \lambda_{26,25} \cdot P_{26}^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_{26} &= [-(\lambda_{26,25} + \lambda_{26,27}) \cdot P_{26}^0 + \lambda_{25,26} \cdot P_{25}^0 + \lambda_{27,26} \cdot P_{27}^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_{27} &= [-(\lambda_{27,26} + \lambda_{27,28}) \cdot P_{27}^0 + \lambda_{26,27} \cdot P_{26}^0 + \lambda_{28,27} \cdot P_{28}^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_{28} &= [-(\lambda_{28,27} + \lambda_{28,29}) \cdot P_{28}^0 + \lambda_{27,28} \cdot P_{27}^0 + \lambda_{29,28} \cdot P_{29}^0] \cdot \Delta t \\ \Delta P_{29} &= [-(\lambda_{29,28} + \lambda_{29,30}) \cdot P_{29}^0 + \lambda_{28,29} \cdot P_{28}^0 + \lambda_{30,29} \cdot P_{30}^0] \cdot \Delta t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta P_{30} &= [-(\lambda_{30,29} + \lambda_{30,31} + \lambda_{30,32}) \cdot P_{30}^0 + \lambda_{29,20} \cdot P_{29}^0 + \lambda_{31,30} \cdot P_{31}^0 + \\
&\lambda_{32,30} \cdot P_{32}^0] \cdot \Delta t \\
\Delta P_{31} &= [-(\lambda_{31,10} + \lambda_{31,52}) \cdot P_{31}^0 + \lambda_{30,31} \cdot P_{30}^0 + \lambda_{52,31} \cdot P_{52}^0] \cdot \Delta t \\
\Delta P_{32} &= [-(\lambda_{32,31} + \lambda_{32,33}) \cdot P_{32}^0 + \lambda_{30,32} \cdot P_{30}^0 + \lambda_{33,32} \cdot P_{33}^0] \cdot \Delta t \\
\Delta P_{33} &= [-(\lambda_{33,32} + \lambda_{33,34} + \lambda_{33,50}) \cdot P_{33}^0 + \lambda_{32,33} \cdot P_{32}^0 + \lambda_{34,33} \cdot P_{34}^0 \\
&+ \lambda_{50,33} \cdot P_{50}^0] \cdot \Delta t \\
\Delta P_{34} &= [-(\lambda_{34,33} + \lambda_{34,35}) \cdot P_{34}^0 + \lambda_{33,34} \cdot P_{33}^0 + \lambda_{35,34} \cdot P_{35}^0] \cdot \Delta t \\
\Delta P_{35} &= [-(\lambda_{35,34} + \lambda_{35,36}) \cdot P_{35}^0 + \lambda_{34,35} \cdot P_{34}^0 + \lambda_{36,35} \cdot P_{36}^0] \cdot \Delta t \\
\Delta P_{36} &= [-(\lambda_{36,35} + \lambda_{36,37}) \cdot P_{36}^0 + \lambda_{35,36} \cdot P_{35}^0 + \lambda_{37,36} \cdot P_{37}^0] \cdot \Delta t \\
\Delta P_{37} &= [-(\lambda_{37,36} + \lambda_{37,38}) \cdot P_{37}^0 + \lambda_{36,37} \cdot P_{36}^0 + \lambda_{38,37} \cdot P_{38}^0] \cdot \Delta t \\
\Delta P_{38} &= [-(\lambda_{38,37} + \lambda_{38,39}) \cdot P_{38}^0 + \lambda_{37,38} \cdot P_{37}^0 + \lambda_{38,37} \cdot P_{39}^0] \cdot \Delta t \\
\Delta P_{39} &= [-(\lambda_{39,38} + \lambda_{39,40}) \cdot P_{39}^0 + \lambda_{38,39} \cdot P_{38}^0 + \lambda_{40,39} \cdot P_{40}^0] \cdot \Delta t \\
\Delta P_{40} &= [-(\lambda_{40,39} + \lambda_{40,41}) \cdot P_{40}^0 + \lambda_{39,40} \cdot P_{39}^0 + \lambda_{41,40} \cdot P_{41}^0] \cdot \Delta t \\
\Delta P_{41} &= [-(\lambda_{41,40} + \lambda_{41,42}) \cdot P_{41}^0 + \lambda_{40,41} \cdot P_{40}^0 + \lambda_{42,41} \cdot P_{42}^0] \cdot \Delta t \\
\Delta P_{42} &= [-(\lambda_{42,41} + \lambda_{42,43}) \cdot P_{42}^0 + \lambda_{41,42} \cdot P_{41}^0 + \lambda_{43,42} \cdot P_{43}^0] \cdot \Delta t \\
\Delta P_{43} &= [-(\lambda_{43,42} + \lambda_{43,44}) \cdot P_{43}^0 + \lambda_{42,43} \cdot P_{42}^0 + \lambda_{44,43} \cdot P_{44}^0] \cdot \Delta t \\
\Delta P_{44} &= [-(\lambda_{44,43} + \lambda_{44,45}) \cdot P_{44}^0 + \lambda_{43,44} \cdot P_{43}^0 + \lambda_{45,44} \cdot P_{45}^0] \cdot \Delta t \\
\Delta P_{45} &= [-(\lambda_{45,44} + \lambda_{45,46}) \cdot P_{45}^0 + \lambda_{44,45} \cdot P_{44}^0 + \lambda_{46,45} \cdot P_{46}^0] \cdot \Delta t \\
\Delta P_{46} &= [-(\lambda_{46,45} + \lambda_{46,47} + \lambda_{46,48}) \cdot P_{46}^0 + \lambda_{45,46} \cdot P_{45}^0 + \lambda_{47,46} \cdot P_{47}^0 + \\
&\lambda_{48,46} \cdot P_{48}^0] \cdot \Delta t \\
\Delta P_{47} &= [-(\lambda_{47,46}) \cdot P_{47}^0 + \lambda_{46,47} \cdot P_{46}^0] \cdot \Delta t \\
\Delta P_{48} &= [-(\lambda_{48,47} + \lambda_{48,49}) \cdot P_{48}^0 + \lambda_{46,48} \cdot P_{46}^0 + \lambda_{17,16} \cdot P_{17}^0] \cdot \Delta t \\
\Delta P_{49} &= [-(\lambda_{49,48} + \lambda_{49,50}) \cdot P_{49}^0 + \lambda_{48,49} \cdot P_{48}^0 + \lambda_{50,49} \cdot P_{50}^0] \cdot \Delta t \\
\Delta P_{50} &= [-(\lambda_{50,49} + \lambda_{50,51}) \cdot P_{50}^0 + \lambda_{49,50} \cdot P_{49}^0 + \lambda_{51,50} \cdot P_{51}^0] \cdot \Delta t \\
\Delta P_{51} &= [-(\lambda_{51,50} + \lambda_{51,52}) \cdot P_{51}^0 + \lambda_{50,51} \cdot P_{50}^0 + \lambda_{52,51} \cdot P_{52}^0] \cdot \Delta t \\
\Delta P_{52} &= [-(\lambda_{52,51} + \lambda_{52,0}) \cdot P_{52}^0 + \lambda_{0,52} \cdot P_0^0 + \lambda_{51,52} \cdot P_{51}^0] \cdot \Delta t
\end{aligned}$$

Условие нормировки:

$$t_1 = t_0 + \Delta t$$

$P_0$  в нулевой момент времени равно 0.

Систему уравнений (1)-(4) решали методом Рунге-Кутты 4 порядка точности в системе MathLab. Результаты решения системы дифференциальных уравнений приведены на рис. 3.

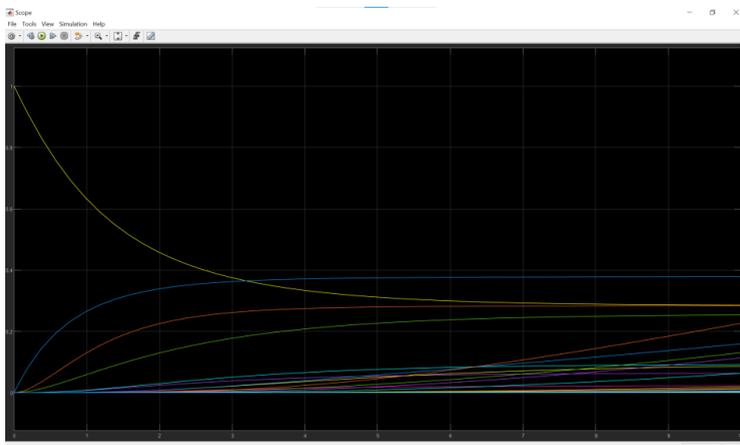


Рисунок 3. Результаты решения дифференциальных уравнений

В результате проведенного исследования были получены и решены дифференциальные уравнения, описывающие надежность функционирования оборудования кристаллизационной станции типового сахарного завода.

#### Список источников

1. Ombir Dahiya, Ashish Kumar, Monika Saini. Mathematical modeling and performance evaluation of A-pan crystallization system in a sugar industry // SN Applied Sciences (2019) 1:339 | <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0348-0>.

2. Калинин А.В. Уравнения марковского процесса гибели в математической теории надежности. Инженерный журнал: наука и инновации, 2013, вып. 14.

URL: <http://engjournal.ru/catalog/appmath/hidden/1150.html>

3. Арапов, Д.В. Анализ информационных потоков свеклосахарного завода с целью повышения качества управления/ Д.В. Арапов, М.А. Зайцева, // В сборнике: Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии агропромышленного комплекса. Материалы V Международной научно-практической конференции, в рамках реализации Ассоциации «Технологическая платформа «Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания». Воронеж. гос. ун-т инж. технол., 2021. С. 114-119.

## ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ИОТ-УСТРОЙСТВ

*Мачтаков С.Г., Трибунских О.А., Попов Н.А.*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж, Россия  
ВУНЦ ВВС "Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина"  
г. Воронеж, Россия*

Тестирование – это проверка соответствия между реальным и ожидаемым поведением программы, осуществляемая на конечном наборе тестов, выбранном определенным образом. Своевременное тестирование позволяет выявить соответствие между реальным и ожидаемым поведением программы или устройства и провести валидацию с целью выпустить на рынок качественный продукт. IoT-устройства становятся все более сложными и многофункциональными, что требует эффективных методов тестирования для обеспечения их надежности и отказоустойчивости. В условиях постоянного роста количества произведенных устройств возрастает необходимость в специализированных инструментах, способных ускорить и упростить процессы тестирования. Одним из решений является разработка вспомогательного приложения, которое помогает взаимодействовать с IoT-устройствами, выполняя функции управления и мониторинга за процессом.

Разрабатываемое приложение должно предоставлять пользователям (тестирующим и разработчикам) возможность проводить автоматизированное тестирование IoT-устройств на соответствие стандартам Zigbee и Matter. Приложение должно проводить анализ прошлых тестовых прогонов и прогнозировать примерное количество ошибок для новой версии устройства. После выполнения тестового прогона пользователь должен получить отчет о выполнении тестирования с результатами для

каждого тестового случая и предложениями по улучшению процесса тестирования. Администратор приложения должен иметь те же права, что и пользователи, а так же возможность управления правами пользователей, возможность настройки системы и контроль за ее безопасностью.

Для разработки приложения необходимо решить следующие задачи:

1. Исследовать подходы к тестированию IoT-устройств.
2. Провести анализ разрабатываемой системы.
3. Выбрать средства разработки приложения.
4. Разработать приложение и методы для прогнозирования и анализа тестовых результатов.
5. Провести испытание разработанного приложения путем тестирования физического IoT-устройства.

Для разработки вспомогательного приложения для тестирования IoT-устройств был выбран объектно-ориентированный язык программирования Python и среда разработки программных продуктов PyCharm. В процессе разработки для проектирования и тестирования были использованы следующие решения:

- Python 3.9 – интерпретатор Python;
- Django – свободный фреймворк для веб-приложений на языке Python, использующий шаблон проектирования MVC;
- PostgreSQL – объектно-реляционная система управления базами данных;
- PyCharm – кроссплатформенная интегрированная среда разработки для языка программирования Python.

Для разработки клиентской части приложения были выбраны следующие средства реализации:

- язык разметки HTML;
- TypeScript – строго типизированный язык программирования, основанный на идее расширения JavaScript.
- Visual Studio Code – редактор исходного кода для HTML и CSS.

Приложение подразумевает клиент-серверную архитектуру, где клиент взаимодействует с веб-сервером. Бизнес-логика распределена между серверной и клиентской частями, в то время как на сервере, как правило, хранятся данные. Обмен данными между клиентом и сервером осуществляется посредством сетевого взаимодействия.

Для организации логики приложения выбрана схема разделения данных MVC. MVC расшифровывается как «модель-представление-контроллер» (от англ. model-view-controller). Это способ организации кода, который предполагает выделение блоков, отвечающих за решение разных задач. Один блок отвечает за данные приложения, другой отвечает за внешний вид, а третий контролирует работу приложения. Компоненты MVC:

- модель – этот компонент отвечает за данные, а также определяет структуру приложения;

- представление – этот компонент отвечает за взаимодействие с пользователем, код компонента view определяет внешний вид приложения и способы его использования;

- контроллер – этот компонент отвечает за связь между model и view. Код компонента controller определяет, как приложение реагирует на действия пользователя.

Самым очевидным преимуществом от использования паттерна MVC является разделение логики представления (интерфейса пользователя) и логики приложения. Кроме изоляции представлений от логики приложения, концепция MVC существенно уменьшает сложность больших приложений. Код получается более читаемым и структурируемым, что облегчает поддержку, тестирование и повторное использование уже реализованных решений. На рисунке 1 изображена схема взаимодействия модулей приложения. В качестве методов анализа и прогнозирования тестовых результатов используются специальные метрики. Данные вычисления помогают перевести интуитивные предположения в точные оценки, что делает процесс тестирования более предсказуемым и управляемым.

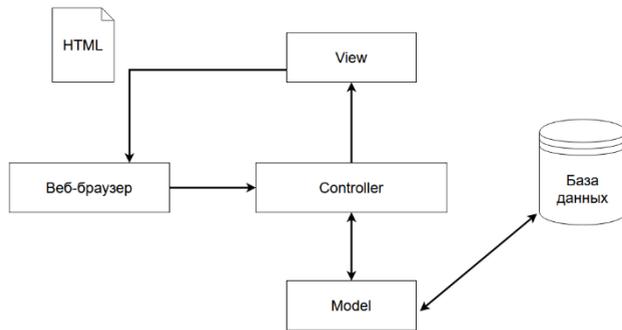


Рисунок 1. Схема взаимодействия модулей

Прогнозирование количество ошибок для новой версии устройства описано следующей формулой:

$$B_{potential} = \frac{B_{found}}{C * E}$$

где  $B_{potential}$  – ожидаемое количество ошибок,  $B_{found}$  – количество ошибок, найденное в текущем цикле разработки,  $C$  – коэффициент покрытия тестовыми случаями,  $E$  – коэффициент эффективности тестирования.

Для оценки сроков тестирования используется метод PERT, который описан следующей формулой:

$$\frac{T_{expected} = T_{optimal} + 4 * T_{normal} + T_{pessimistic}}{6}$$

где  $T_{expected}$  – ожидаемое время на тестирование,  $T_{optimal}$  – оптимистичный срок на тестирование,  $T_{normal}$  – наиболее вероятный срок на тестирование,  $T_{pessimistic}$  – максимальный пессимистичный срок на тестирование.

Оценка сроков, необходимых для исправления ошибок, найденных во время тестирования, описывается следующей формулой:

$$T_{total} = \sum (S_i * T_{avg})$$

где  $T_{total}$  – общее время на исправление всех ошибок,  $S_i$  – сложность ошибки,  $T_{avg}$  – среднее время на исправление одной ошибки.

Использование этих метрик во время тестирования помогает снижать риски и повышает конечную надёжность продукта.

#### Список источников

1. *Мачтаков С.Г., Рукин И.Г., Сафонова Ю.А.* Создание программного модуля, обеспечивающего бесперебойную работу клиент-серверных приложений// В сборнике: Современные научные исследования: Актуальные вопросы, достижения и инновации. сборник статей XXV Международной научно-практической конференции. В 2 ч.. Пенза, 2022. С. 88-90.

2. *Мачтаков С.Г., Даценко Н.В.* Информационная система МВД России // Материалы LXI отчетной науч. конф. преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2022 г од. [Текст] В 3 ч. Ч. 2. / под ред. О.С. Корнеевой; Воронеж. Воронеж. Гос. ун-т инж. технол. – Воронеж: ВГУИТ, 2023. – 127 с. С. 70-71

**АВТОМАТИЧЕСКОЕ ЗАПОЛНЕНИЕ ПЛАНОВ  
РАССТАНОВКИ ПЕРЕДВИЖНЫХ УСТРОЙСТВ ФВФ**

*Дима В.П., Чикунов С.В.*

*ФГБОУ ВО "Воронежский государственный  
университет инженерных технологий",  
г. Воронеж, Россия*

Для слежения за состоянием устройств фото и видео фиксации (ФВФ), которые следят за безопасностью дорожного движения, а также для автоматизации бизнес процессов, связанных с ними (обслуживание, ремонт, обработка штрафов и заявок), можно использовать внедрение систем мониторинга стационарных и мобильных комплексов ФВФ. Это позволяет повысить эффективность контроля и обеспечить безопасность на дорогах. Так как такие технологии применяются в различных сферах – от фиксации нарушений ПДД до анализа транспортных потоков, требуется отслеживать их параметры, чтобы была возможность оперативного реагирования на их отклонение.

Среди устройств фото и видео фиксации существует два основных типа – стационарные и передвижные (мобильные). Стационарные устройства закрепляются за определённым участком и не меняют своё местоположение за исключением редких случаев. Передвижные комплексы меняют своё расположение согласно расписанному и согласованному с ГИБДД плану. Это могут быть как устройства на классической подставке с тремя опорами, так и специальные камеры, которые ставятся на патрулирующие определённую область машины.

Оба типа приборов имеют общие стандартные показатели:

- количество проездов;
- количество нарушений;
- доступность устройства (по netping или snmp);
- версия ПО;
- адрес и координаты.

Для эффективного управления устройствами ФВФ важно учитывать их режимы работы и способы обработки данных. В зависимости от типа комплекса (стационарный или мобильный) применяются разные подходы к сбору и анализу информации.

Например, стационарные камеры обычно работают в непрерывном режиме, фиксируя все проезжающие транспортные средства и выявляя нарушения. В этом случае данные обрабатываются в реальном времени или с минимальной задержкой. Мобильные комплексы, напротив, могут активироваться по расписанию или вручную, что требует гибкого подхода к мониторингу их активности.

Для стабильного мониторинга мобильных комплексов работы нужно знать многие параметры – тип связи на комплексе, периоды его работы и адрес. Последнее помогает учитывать различные отклонения в показателях – если устройство установлено за городом, то скорее всего по нему будут приходиться более низкие показатели. Или если устройство будет находиться в зоне плохого покрытия сети, то периодически оно будет становиться недоступным.

Для наглядности, рассмотрим пример документа по плану расстановки передвижных устройств (таблица 1).

Таблица 1 – Пример плана расстановки устройств

Устройство	Дата	Оператор	Место установки	Координаты
УФВФП-01	01.02.2025	Петров И.И.	Ул. Лизюкова 7	N71.788286, E34.34784
УФВФП-01	02.02.2025	Петров И.И.	Ул. Лизюкова 7	N71.788286, E34.34784
УФВФП-01	03.02.2025	Петров И.И.	Ул. Лизюкова 7	N71.788286, E34.34784
Дозорник-007	02.02.2025	Петров И.И.	Проспект Труда 9	N89.395286, E39.88584
Тетра-4	02.02.2025	Петров И.И.	Пер. Ивановича 20	N78.28675, E39.38798
Тетра-4	02.02.2025	Петров И.И.	Пер. Ивановича 21	N79.788286, E40.47798

Эти данные используются для отчётности, а так же для аналитики. Например, для аналитики количества нарушений на участках дорог (таблица 2).

Таблица 2 – Пример статистики нарушений

Устройство	Дата	Адрес	Время включения	Время выключения	Количество нарушений	Кол-во проездов
УФВФП-01	01.02.2025	Ул. Лизюкова 7	08:00	21:00	12	200
УФВФП-01	02.02.2025	Ул. Лизюкова 7	08:00	19:00	17	252
УФВФП-01	03.02.2025	Ул. Лизюкова 7	08:00	17:00	210	502
Дозорник-007	02.02.2025	Проспект Труда 9	08:00	14:00	105	430
Тетра-4	02.02.2025	Пер. Ивановича 20	08:00	13:00	35	75
Тетра-4	02.02.2025	Пер. Ивановича 21	14:00	23:00	70	350

Чтобы повысить эффективность мониторинга, можно так же совершать прогнозирование показателей работы устройств ФВФ. Для этого на основе исторических данных человеком или системой самого комплекса будут рассчитываться ожидаемые значения (например, количество нарушений или среднюю нагрузку на камеру) и записывать их в отдельную таблицу для последующего анализа и сравнения с реальными показателями (таблица 3).

Таблица 3 – Пример прогнозируемой статистики

Устройство	Дата	Адрес	Прогнозируемое значение	Процент отклонения от среднего
УФВФП-01	01.02.2025	Ул. Лизюкова 7	24	9
УФВФП-01	02.02.2025	Ул. Лизюкова 7	65	8
УФВФП-01	03.02.2025	Ул. Лизюкова 7	72	12
Дозорник-007	02.02.2025	Проспект Труда 9	88	14
Тетра-4	02.02.2025	Пер. Ивановича 20	1058	94
Тетра-4	02.02.2025	Пер. Ивановича 21	758	45

Эта статистика позволяет определить, есть ли проблемы с работой или же расположением оборудования. Процент отклонения, как и расписание, проставляется вручную и настраивается. Причём нужно создавать сразу несколько прогнозов, чтобы учитывать повышения или понижения трафика по выходным, праздникам и прочим дням, а также смену расположения устройства.

В некоторых регионах передвижные устройства ФВФ не меняют своё расположение в течении продолжительного периода. Это может быть связано как с оптимизацией расположения оборудования, так и с внутренними распоряжениями от ГИБДД или другого надзорного органа, например, в Воронеже сейчас место установки для таких устройств согласовывается сразу на год [1].

Планы расстановки заполняются двумя методами:

1. Вручную. Пользователь должен сам создавать весь перечень документов, проводить их и отслеживать правильность заполнения.

2. С помощью обработки. Обработка автоматически будет получать все устройства и создавать по ним записи, нужно будет только заполнить параметры (дата начала, дата окончания, оператор, время включения и выключения).

Первый вариант подходит в случае частой смены расположения устройств, либо точечной корректировки плана для конкретного дня.

Второй вариант более распространенный, быстрый, погрешность допущения ошибки сводится к нулю. Обычно их создают и используют большие компании, у которых есть свой ИТ отдел с разработчиками или возможность нанять разработчика 1С для создания данной обработки. Но после изучения рынка программных продуктов 1С, был сделан вывод что таких обработок не нашлось [2].

Учитывая все приведённые ранее требования, была создана внешняя обработка для 1С, которая позволяет автоматизировать создание, копирование и заполнение планов расстановки передвижных устройств ФВФ.

Обработка «Автоматическое заполнение планов расстановки передвижных устройств ФВФ» должна включать в себя:

- проверку заполнения адреса в планах расстановки устройств по предыдущим периодам;
- проверку заполнения адреса в планах расстановки устройств на начальный день текущего периода;
- отбор устройств, которые необходимо добавить в план расстановки передвижных устройств;

- создание записей для заданного периода с заданными параметрами;
- проверка созданного документа на наличие ошибок или отсутствия важных данных;
- запись документа.

На основании полученных результатов структурная схема пакета будет содержать следующие модули разных классов:

1. модуль авторизации;
2. модуль рабочей области;
3. модуль номенклатуры;
4. модуль работы с внешними ссылками;
5. модуль работы с документами.

Описание функций модулей пакета приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Описание функций модулей пакета

№ п/п	Наименование модуля	Функции модуля
1	Модуль авторизации	Проверка логина и пароля перед входом в программу 1С: Предприятие
2	Модуль рабочей области	Форма с выводом информации по текущим устройствам в системе мониторинга
3	Модуль номенклатуры	Предоставляет возможность создания, просмотра и печати различных отчётов и документов по устройствам, загружает информацию из них.
4	Модуль работы с внешними ссылками	Предоставляет возможность переходить по внешним ссылкам (к примеру – открыть устройство)
5	Модуль работы с документами	Предоставляет возможность создания и использования различных внешних обработок

Рассмотрим работу модуля рабочей области (рисунок 1). При запуске обработки он при помощи запросов к другим модулям собирает информацию об устройствах и значениях предыдущих параметров. Сначала с помощью запроса проверяется справочник со всеми устройствами. Выбираются только передвижные устройства. Далее по данному устройству ищется информация о их предыдущих местах установки. Если таковой не имеется – устройство выводится с пустыми полями, которые можно заполнить вручную. Затем пользователь заполняет остальные

данные [3]. После проделанных операций и подтверждения от пользователя, обработка создаёт документ с записями, содержащими заданные пользователем значения (рисунок 2), после чего он одобряется надзорными за комплексами органами, и по нему в дальнейшем меняют расположения устройств.

Оператор:

Дата начала:  Дата конца:

Время начала:  Время конца:

Устройство	Место расположения	Координаты
Автобус МВ12УУ		
Автобус М 798 УУ		
Автобус М 773 УУ		
Автобус М 666 СХ		
Автобус М 666 СУ		
Автобус М 666 СС		
Автобус М 555 ТК		
Автобус М 444 СТ		
Автобус М 242 ТУ		
Автобус Х 364 ЕЕ		

Рисунок 1 – Интерфейс модуля рабочей области

← → ☆ План установки передвижных устройств № 3 от 05.12.24 15:14

Промышленность | Занятость | Промышленность | Расписание графиков... | Заказ наряд... | Поиск...

Идентификация: 000000003 | Наименование: |

Период действия плана: 01.02.2025 - 28.02.2025

Гибкие установки комплекса | Расписание места | Детализация | Должностные лица

Даталог | Добавить | Изменить выделение | Сб

Устройство	Дата	Оператор	Место установки	Координаты	Состояние дж. ПТС	Время установки С	Время применения комплекса, ч	Класс	
Автобус Н 399 НУ									
Автобус Н 399 НУ	01.02.2025	Голованова Елена Павловна	Новая2	N71.7982096, E34.34704	90	70	06:00	17:00	10,0
Автобус Н 399 НУ	02.02.2025	Голованова Елена Павловна	Новая2	N71.7982096, E34.34704	90	70	06:00	17:00	10,0
Автобус Н 399 НУ	03.02.2025	Голованова Елена Павловна	Новая2	N71.7982096, E34.34704	90	70	06:00	17:00	10,0
Автобус Н 399 НУ	04.02.2025	Голованова Елена Павловна	Новая2	N71.7982096, E34.34704	90	70	06:00	17:00	10,0
Автобус Н 399 НУ	05.02.2025	Голованова Елена Павловна	Новая2	N71.7982096, E34.34704	90	70	06:00	17:00	10,0
Автобус Н 399 НУ	06.02.2025	Голованова Елена Павловна	Новая2	N71.7982096, E34.34704	90	70	06:00	17:00	10,0
Автобус Н 399 НУ	07.02.2025	Голованова Елена Павловна	Новая2	N71.7982096, E34.34704	90	70	06:00	17:00	10,0
Автобус Н 399 НУ	08.02.2025	Голованова Елена Павловна	Новая2	N71.7982096, E34.34704	90	70	06:00	17:00	10,0
Автобус Н 399 НУ	09.02.2025	Голованова Елена Павловна	Новая2	N71.7982096, E34.34704	90	70	06:00	17:00	10,0
Автобус Н 399 НУ	10.02.2025	Голованова Елена Павловна	Новая2	N71.7982096, E34.34704	90	70	06:00	17:00	10,0
Автобус Н 399 НУ	11.02.2025	Голованова Елена Павловна	Новая2	N71.7982096, E34.34704	90	70	06:00	17:00	10,0
Автобус Н 399 НУ	12.02.2025	Голованова Елена Павловна	Новая2	N71.7982096, E34.34704	90	70	06:00	17:00	10,0
Автобус Н 399 НУ	13.02.2025	Голованова Елена Павловна	Новая2	N71.7982096, E34.34704	90	70	06:00	17:00	10,0
Автобус Н 399 НУ	14.02.2025	Голованова Елена Павловна	Новая2	N71.7982096, E34.34704	90	70	06:00	17:00	10,0

Рисунок 2 – Документ «План установки передвижных устройств» после применения доработки

После запуска доработки, записи, сделанные пользователем, записываются для всего заданного периода. В случае если согласована смена места установки передвижного ФВФ, полученный документ перед одобрением можно будет отредактировать вручную.

Таким образом, с помощью данной внешней обработки компания будет экономить время, создавая и заполняя план расстановки устройств ФВФ в регионах.

#### Список литературы

1. [Электронный ресурс] – ДЕПАРТАМЕНТ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТРАНСПОРТА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ -

[https://www.govrn.ru/sites/default/files/Приказ%20\\_221%20от%2007.12.2023.pdf?download](https://www.govrn.ru/sites/default/files/Приказ%20_221%20от%2007.12.2023.pdf?download)

2. [Электронный ресурс] – Обработки для 1С - <https://drip-center.ru/articles/obrabotki-dlya-1s/>

3. Bugaev Yu. V., Nikitin B. E., Chikunov S. V., Ivliev M. N. Selection models synthesis based on expert estimates extrapolation // Proceedings of the Russian Conference on Digital Economy and Knowledge Management (RuDEcK 2020). Серия: Advances in economics, business and management research. Voronezh, 2020. С.108-113.

## НЕЙРОСЕТЕВАЯ СВЕРТОЧНАЯ МОДЕЛЬ РАСПОЗНАВАНИЯ СИГНАЛОВ СВЕТОФОРА

*Катасёва Д.В., Скибин В.*

*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»,  
г. Казань, Россия*

Распознавание сигналов светофора является наиболее важным функционалом в интеллектуальных транспортных системах [1]. Для распознавания часто используются методы машинного обучения и компьютерного зрения [2-4]. В данной работе использована сверточная нейросетевая модель YOLOv8n [5]. Рассмотрим вопросы подготовки данных и обучения этой модели.

Существует множество площадок, на которых публикуются наборы данных для обучения нейронных сетей. Одними из популярных ресурсов являются Google Dataset Search, Kaggle и GitHub [6]. Их использование позволило сформировать набор данных для построения модели.

На рисунках 1 и 2 показаны примеры изображений.



Рис. 1. Пример дневного изображения



Рис. 2. Пример ночного изображения

В полученной наборе данных для маркировки изображений использованы следующие классы:

- «go», «go left», «go forward» – зеленые сигналы светофора;
- «warning», «waning left» – желтые сигналы светофора;
- «stop», «stop left» – красные сигналы светофора.

С учетом аугментации общее количество изображений составило 43107, из которых 34485 использованы для обучения модели. Оставшиеся изображения в равных долях использованы для валидации и тестирования модели.

Распознавание объектов при помощи нейросетевой модели YOLOv8n состоит из 5 этапов [7]:

- 1) на вход детектору подается цветное изображение, преобразованное во многомерный массив;
- 2) тензор подается на вход сверточной нейронной сети для извлечения признаков и построения наборов карт;
- 3) полученные карты признаков проходят через полносвязный слой для генерации сетки;
- 4) для каждой ячейки сетки предсказывается ограничивающая рамка и класс объекта;
- 5) пост-обработка результатов с применением алгоритма Non Maximum Suppression.

При построении модели использована пакетная нормализация данных [8]. Размер пакета для модели составил 32, количество эпох – 100, время обучения – 3,5 часа.

На рисунке 3 представлены графики обучения модели.

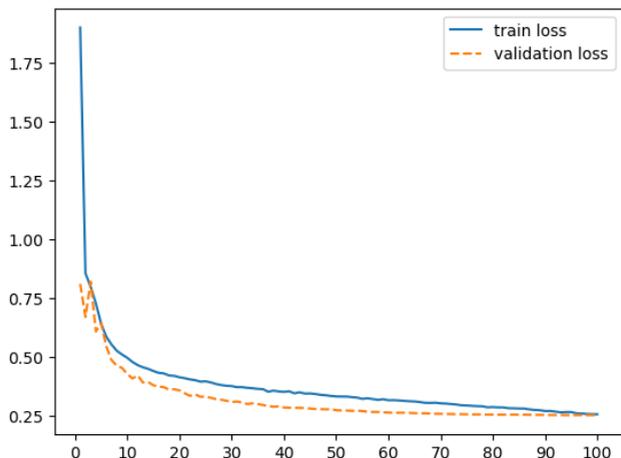


Рис. 3. Графики функций потерь при обучении модели YOLOv8n

Модель получилась достаточно точной (с низким уровнем потерь). Монотонность графиков свидетельствует о не переобучении модели [9, 10].

Для дальнейшего тестирования модели использовано 10% от общего количества изображений в исходном наборе данных. При тестировании рассчитаны значения точности модели, ее полноты и F1-меры (см. табл. 1).

Табл. 1. Значения метрик при классификации тестовых данных

	Точность	Полнота	F1-score
Красный сигнал светофора	0,94	0,92	0,93
Желтый сигнал светофора	0,88	0,88	0,88
Зеленый сигнал светофора	0,91	0,9	0,91

Достигнутые результаты указывают на адекватность построенной модели и ее пригодность для практического использования, например, в составе интеллектуальной системы автономного управления транспортными средствами. Следует отметить, что для практического использования построенной модели нужны производительные графические ускорители для быстрых вычислений, например, Nvidia Navi 23.

### Список литературы

1. Кирпичников А.П., Ляшева С.А., Шакирзянова А.А., Шлеймович М.П., Шакирзянов Р.М. Алгоритм обнаружения световых сигналов транспортных средств и светофоров // Вестник Технологического университета. – 2019. – Т. 22, № 9. – С. 130-133.
2. Шакирзянов Р.М., Шлеймович М.П. Модель и метод для обнаружения цветных объектов с использованием преобразования радиальной симметрии // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2021. – № 77. – С. 101-112.
3. Долженкова М.Л., Прозорова Т.Г., Чистяков Г.А. Двухэтапное распознавание графических примитивов в видеопотоке // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 5. – С. 41-46.
4. Катасёв А.С. Нейронечеткая модель и программный комплекс автоматизации формирования нечетких правил для оценки состояния объектов // Автоматизация процессов управления. – 2019. – № 1 (55). – С. 21-29.
5. Абдилдаев М.М. Анализ моделей обнаружения объектов YOLOV8 // Интернаука. – 2023. – № 18-2 (288). – С. 5-9.
6. Толстенко Л.С., Клейменов А.А., Али Б., Крынецкая Г.С., Коробков А.А. Анализ нейронных сетей для детектирования светофоров на изображениях // Известия Института инженерной физики. – 2023. – № 2 (68). – С. 59-65.
7. Адушханова Е.А. Распознавание номеров вагонов при помощи технологий компьютерного зрения // Молодежный вестник ИрГТУ. – 2023. – Т. 13, № 4. – С. 547-551.
8. Денисенко А.А. Глубокое обучение для классификации изображений в различных цветовых системах // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2020. – № 8. – С. 42-47.
9. Евсеева А.О., Катасёв А.С., Катасёва Д.В. Идентификация ботов в социальных сетях на основе нейросетевой модели // Информация и безопасность. – 2016. – Т. 19, № 4. – С. 535-538.
10. Катасёва Д.В., Баринаова А.О. Формирование баз знаний интеллектуальных систем на примере нейронечеткого анализа медицинских данных // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25, № 2. – С. 67-70.

**РАЗРАБОТКА СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОСЕТЕВОЙ  
МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО  
СОСТОЯНИЯ УТОМЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ VGG16**

*Никоноров Д.П.*

*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»,  
г. Казань, Россия*

Проблема определения функционального состояния утомления человека является одной из актуальных на сегодняшний день. Это связано с высокой нагрузкой сотрудников на многих предприятиях, особенно в сферах здравоохранения и аварийно-опасных предприятиях. Одним из наиболее эффективных решений данной проблемы на данный момент является использование нейросетевых технологий [1]. Одним из эффективнейших методов определения функционального состояния утомления человека является пупиллометрия. Данный подход основан на изучении зрачковых реакций на раздражители и выявление закономерностей физиологических характеристик человека.

В качестве инструмента получения данных о зрачковой реакции используют специальный аппаратно-программный комплекс под названием пупиллометр. Существуют разнообразные типы пупиллометров, однако основная идея их функционирования состоит в отправке светового импульса в глаз человека с последующим наблюдением за изменением размера зрачка. В результате работы данного прибора формируется пупиллограмма – графическое отображение вариаций диаметра зрачка на протяжении заданного временного интервала. В целях анализа пупиллограммы и определения функционального состояния человека на его основании наиболее эффективным методом является применение сверточной нейросетей модели,

способной конвертировать изображение в данные для нейронного слоя нейросетевой модели. Подобный метод используется во множестве областей, таких как анализ кардиограммы пациента, определение сигналов светофора и т.д. [2].

В качестве набора данных для обучения и тестирования разрабатываемой сверточной нейросетевой модели выбран авторский набор данных, собранный студентами ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ» на Kazan Digital Week в качестве демонстрации аппаратно-программного комплекса. Набор данных состоит из трехсот восьмидесяти четырех изображений в формате png размером 640 на 480 пикселей. Данные изображения являются пупиллограммами, отражающими зрачковые реакции в течение трех секунд после светового излучения.

Для разработки сверточной нейросетевой модели определения функционального состояния утомления человека выбран метод использования предобученной модели вместо сверточного слоя. Данный подход позволяет наиболее эффективно формировать карту признаков временных рядов, чем и является пупиллограмма. На данный момент популярными моделями по распознаванию образов являются ResNet, VGG16 и Inception, однако VGG16 в данной задаче имеет преимущество за счет более эффективной работы с временными рядами [3].

Разработана сверточная нейросетевая модель определения функционального состояния утомления человека с использованием предобученной модели VGG16 на основании авторского набора данных. Анализ разработанной модели проводился по важнейшим метрикам: Accuracy (точность), Recall (полнота), Precision (точность определения) и F1-мера. Значения данных метрик представлены в таблице 1.

Табл. 1. Оценка качества нейросетевой модели

<i>Метрика</i>	<i>Accuracy</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1-мера</i>
<i>Вид выборки</i>				
Обучающая выборка	92,13%	88,9%	94,1%	91,4%
Тестовая выборка	91,78%	86,6%	92,7%	90,5%

В данной таблице указаны метрики по обучающей (ОБ) и тестовой (ТВ) выборках. Важно различать данные значения, ведь

в процессе обучения модель показывает себя гораздо эффективнее, чем в случае предоставления модели данных, не используемых при обучении.

Предобученная модель VGG16 использовалась вместо сверточного слоя модели, так как имеет более эффективный сверточный слой. На рисунке 1 представлена структура сверточного слоя модели VGG16.

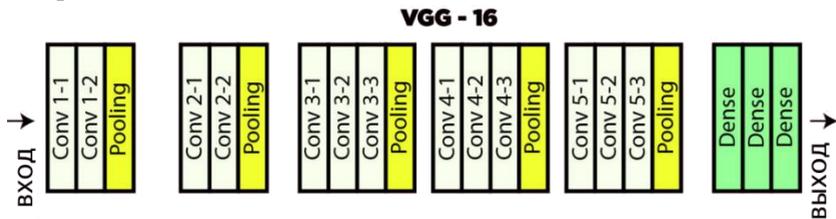


Рис. 1. Структура сверточных слоев модели VGG16

На данном рисунке можно наблюдать тринадцать сверточных слоев (Conv) с различными размерностями фильтров. Также можно заметить операции пуллинга (Pooling), необходимый для снижения размерности карты признаков, выявление признаков, агрегация информации. Данная операция использует алгоритмы, позволяющие модели быть устойчивыми к смещениям и минимизация переобучения [4].

Так как целью модели является определение функционального состояния утомления человека по пупиллограмме [5], в наборе данных выделено два класса: пупиллограмма уставшего и не уставшего человека. Таким образом, решение задачи модели сводится к бинарной классификации [6]. Наибольшую эффективность в данном типе задач проявляют модели в виде перцептрона с один нейронным слоем [7, 8]. По этой причине в нейросетевой модели использован один нейронный слой с пятьюстами двенадцатью нейронами.

В целях анализа модели сформирована матрица ошибок (confusion matrix). В верхнем левом и правом нижнем столбце указано количество верно классифицированных моделью пупиллограмм, в левом нижнем и правом верхнем же указано сколько пупиллограмм классифицировано неверно. На рисунке 2 представлена матрица ошибок разработанной модели.

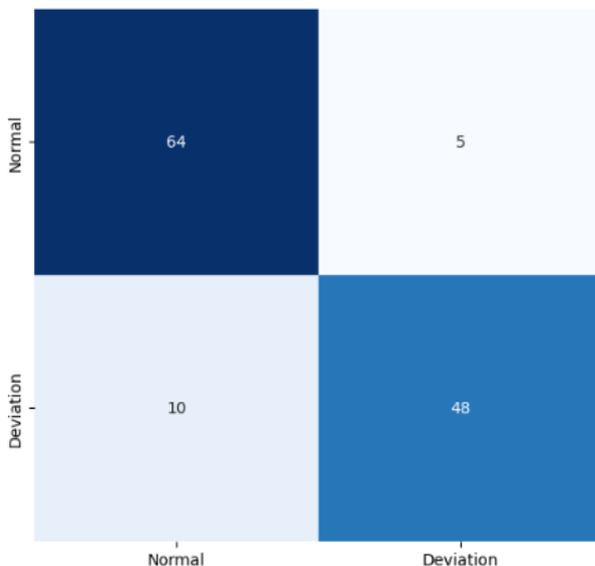


Рис. 2. Матрица ошибок модели нейросетевой модели

Как видно из матрицы ошибок, лишь пятнадцать пупиллограмм из ста двадцати семи классифицированы неверно, что говорит о высокой точности модели.

На рисунке 3 представлен график изменения точности на обучающей и тестовой выборках в процессе обучения модели.

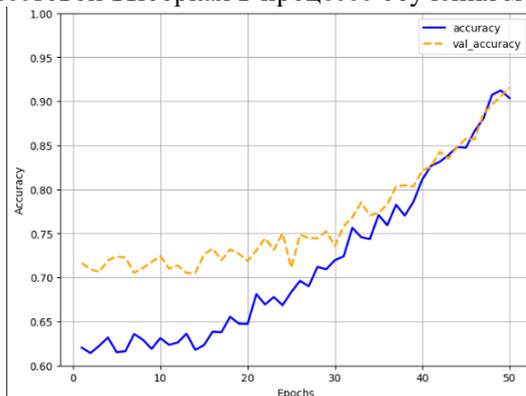


Рис. 3. График изменения значения точности модели

Как видно из рисунка несмотря на то, что изначальные точности на обучающей и тестовой выборках разнятся примерно

на 10%, в результате обучения веса модели оптимизируются. Таким образом, точность модели достигает 92%.

На рисунке 4 представлен график изменения ошибки на обучающей и тестовой выборках.

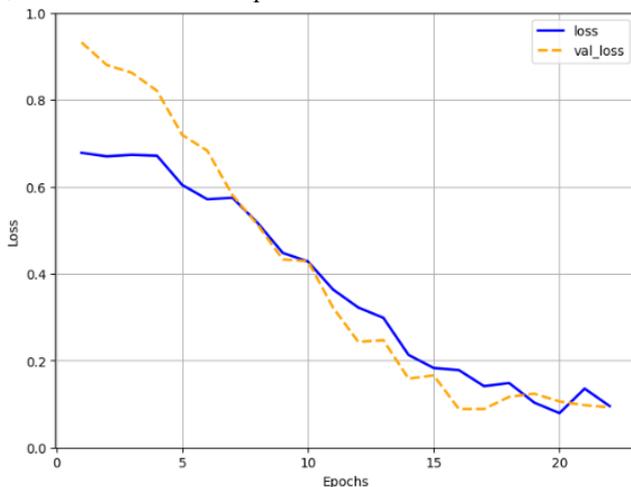


Рис. 4. График изменения значения ошибки модели

Таким образом, была создана сверточная нейросетевая модель определения функционального состояния утомления у человека с применением предобученной модели VGG16. В процессе исследования была рассмотрена проблема определения функционального состояния, проанализированы популярные предобученные модели для распознавания образов, оптимизированы гиперпараметры нейронного слоя модели, предназначенной для оценки состояния утомления. Также был проведен анализ эффективности модели. В качестве метрических параметров оценки использовались такие характеристики, как accuracy, recall, precision и F1-мера, для расчета которых была составлена матрица ошибок.

#### Список литературы

1. Ахметвалеев А.М., Катасёв А.С. Нейросетевая модель и программный комплекс определения функционального состояния

- человека // Автоматизация процессов управления. – 2017. – № 3 (49). – С. 88-95.
2. Петросянц Д.Г., Ахметвалеев А.М., Катасёв А.С. Технология сбора исходных данных для построения моделей оценки функционального состояния человека по зрачковой реакции на изменение освещенности в решении отдельных задач обеспечения транспортной безопасности // Компьютерные исследования и моделирование. – 2021. – Т. 13, № 2. – С. 417-427.
3. Алпатов А.Н., Терлоев Э.З., Матчин В.Т. Архитектура трёхмерной свёрточной нейронной сети для детектирования факта фальсификации видеоряда // Программные системы и вычислительные методы. – 2024. – № 3. – С. 1-11.
4. VGG-SCNet: A VGG Net-Based Deep Learning Framework for Brain Tumor Detection on MRI Images / M. Sh. Majib, Md. M. Rahman, T. M. Sh. Sazzad [et al.] // IEEE Access. – 2021. – Vol. 9. – P. 116942-116952.
5. Ахметвалеев А.М., Катасёв А.С., Подольская М.А. Модель коллектива нейронных сетей и программный комплекс для определения функционального состояния человека // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2018. – № 1 (41). – С. 69-85.
6. Сибгатуллин А.А., Катасёв А.С. Интеллектуальные модели оценки функционального состояния водителей в системах транспортной безопасности // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25, № 12. – С. 139-143.
7. Султанова А.И., Павлов А.Д., Фаттахова К.А. Определение нарушений техники безопасности сна основе методов распознавания образов // Профессиональные коммуникации в научной среде - фактор обеспечения качества исследований: Сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции. – Санкт-Петербург: «Скифия-принт», 2022. – С. 190-194.
8. Ахметвалеев А.М., Катасёв А.С., Кирпичников А.П. Редукция нейросетевых моделей на основе метода двухэтапной генетической оптимизации // Вестник Технологического университета. – 2017. – Т. 20, № 9. – С. 71-75.

## ТЕХНОЛОГИЯ РЕДУКЦИИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

*Пырнова О.А.*

*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»,  
г. Казань, Россия*

В настоящее время современные нейросетевые технологии находят широкое применение в различных предметных областях, связанных с анализом данных и моделированием, при решении задач диагностики, прогнозирования, принятия решений. При этом одна из ключевых задач, стоящих перед исследователями, состоит в оптимизации структуры многослойных нейронных сетей для повышения их производительности. Так, например, многослойные персептроны (MLP) представляют собой эффективный инструмент для решения задач классификаций [1]. Однако, избыточное количество нейронов в скрытых слоях может привести к переобучению нейросетевой модели и повышению вычислительной сложности в процессе ее построения и дальнейшего практического использования. Оптимизация состава скрытых нейронов в MLP становится ключевым аспектом для повышения эффективности модели [2,3]. В работе для решения этой актуальной задачи предлагается использовать генетический алгоритм для автоматической оптимизации числа нейронов в скрытом слое MLP, что позволяет улучшить характеристики модели. Для построения нейросетевой модели и проведения экспериментов подготовлен набор данных, соответствующий задаче оценке кредитоспособности студента. Набор включает следующие характеристики: возраст человека (age), доход (income), статус студента (student – 0/1) и кредитная история (credit\_history – 0/1). Целевая переменная – одобрение кредита (approval – 0/1). Общее количество строк в наборе данных

составляет 475. Распределение значений целевой переменной представлено на рисунке 1.

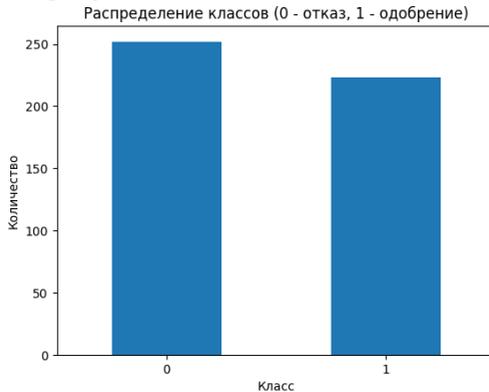


Рис. 1. Распределение значений целевой переменной «approval»

В работе использован многослойный персептрон, состоящий из одного скрытого слоя с 25 нейронами (до обучения). В качестве функции активации выбрана функция ReLU, способствующая улучшению явного представления сложных зависимостей в данных.

Для поиска оптимального количества нейронов в скрытом слое разработан генетический алгоритм [4]:

- ген: целое число, представляющее количество нейронов (в диапазоне от 5 до 30);

- индивид: список, содержащий одно целое число, указывающее количество нейронов;

- функция приспособленности: точность классификации (accuracy) на тестовой выборке, которая составляет 20% от исходного датасета;

- операторы: турнирный отбор, простое скрещивание (без изменений), мутация (случайное изменение числа нейронов в пределах заданного диапазона);

- параметры: размер популяции – 10, число поколений – 20, вероятность скрещивания – 0.5, вероятность мутации – 0.2.

Процесс оптимизации включает следующие этапы:

- 1) генерация начальной популяции (создание случайной популяции индивидов с различным количеством нейронов);

2) оценка приспособленности (обучение MLP и вычисление значения метрики ассигасу на тестовом наборе данных);

3) скрещивание и мутация (применение операторов для создания нового поколения);

4) отбор лучших индивидуумов (выбор наиболее приспособленных индивидов для перехода в следующее поколение).

5) повторение шагов 2-4 до достижения заданного числа поколений.

В таблице 1 показаны результаты работы алгоритма.

Табл. 1. Результаты работы генетического алгоритма

Поколение	Лучшая точность	Минимальная точность	Средняя точность	Число нейронов
1	0.867	0.793	0.820	29
2	0.840	0.793	0.811	7
3	0.840	0.793	0.806	7
4	0.833	0.793	0.807	19
5	0.840	0.793	0.811	15
6	0.840	0.887	0.817	7
7	0.840	0.887	0.811	15
8	0.860	0.887	0.817	17
9	0.860	0.887	0.813	17
10	0.860	0.887	0.823	17
11	0.860	0.787	0.825	17
12	0.833	0.787	0.813	19
13	0.833	0.787	0.810	24
14	0.844	0.787	0.811	15
15	0.833	0.787	0.803	24
16	0.847	0.787	0.824	5
17	0.847	0.787	0.821	5
18	0.860	0.807	0.833	17
19	0.860	0.807	0.831	17
20	0.890	0.807	0.829	15

Видно, что на протяжении 20 поколений точность увеличивалась, достигая максимального значения при 15 нейронах слое. В таблице 2 для сравнения представлен результат работы исходной модели с фиксированным количеством нейронов и оптимизированной с использованием генетического алгоритма.

Табл. 2. Сравнение исходной и оптимизированной моделей

Модель	Число нейронов	Лучшая точность
Исходная	25	0,79
Оптимизированная	15	0,89

Оптимизированная модель показала более высокую точность при меньшем количестве нейронов, что свидетельствует о повышении ее эффективности. Результаты исследования показали, что генетический алгоритм позволяет оптимизировать

MLP, уменьшая количество параметров и, как вследствие, повышая точность модели. Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение влияния различных параметров генетического алгоритма (размер популяции, вероятность мутации и т.д.), использование более сложных схем скрещивания и мутации, а также применение метода к более сложным наборам данных и задачам [5]. Таким образом, в работе продемонстрирована эффективность использования генетического алгоритма для оптимизации MLP. Он позволяет автоматизировать процесс поиска оптимального числа нейронов, улучшая эффективность и снижая вычислительную сложность модели.

#### Список литературы

1. Парамонов И.Ю., Смагин В.А., Косых Н.Е., Хоменко А.Д. Методы и модели исследования сложных систем и обработки больших данных // Санкт-Петербург: Издательство «Лань», 2020. – 236 с.
2. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Методы и проблемы переобучения многослойной нейронной сети // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2020. – № 2(20). – С. 101-102.
3. Пырнова О.А. Использование нейронных сетей для прогнозирования успеваемости обучающихся // Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и применения: Материалы национальной (с международным участием) научно-практической конференции, Казань, 10-11 апреля 2024 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. – С. 1030-1034.
4. Дагаева М.В., Катасёв А.С., Емалетдинова Л.Ю. Генетический алгоритм редукции нечетких правил в моделях оценки дискретного состояния объектов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 6. – С. 58-61.
5. Дагаева М.В., Катасёв А.С., Хасбиуллин М.Ф. Программный комплекс редукции нечетких правил в моделях оценки дискретного состояния объектов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 7. – С. 34-37.

## **РАЗМЕЩЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ НА МОНТАЖНОЙ ОБЛАСТИ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ НА ОСНОВЕ СИЛОВОГО АЛГОРИТМА**

*Садыков Р. Д., Петухов К. А.*

*КНИТУ-КАИ «Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А. Н. Туполева»,  
г. Казань, Россия,*

### **Введение**

С ростом сложности электронных устройств и увеличением их применения в различных сферах жизни, качественное проектирование становится все более важной задачей. Особое внимание в проектировании печатных плат уделяется размещению компонентов на ней. Результат данного процесса играет огромную роль в функционировании печатной платы, поэтому оптимальное размещение элементов на печатных платах становится критически важной проблемой. Эффективное размещение не только повышает функциональность и надежность устройств, но и оптимизирует производственные процессы. Сложность размещения состоит в существовании большого количества критериев, которые влияют на результат.

В данной работе будет рассмотрен процесс размещения элементов на монтажной области печатной платы на основе силового алгоритма. Будут рассмотрены основные принципы работы данного алгоритма, его преимущества и недостатки по сравнению с другими методами размещения элементов.

### **Содержательная постановка задачи размещения элементов на монтажной области печатной платы**

Объектом проектирования будет печатная плата. Печатная плата (ПП) является одним из основных элементов в электронике и электротехнике. Она представляет собой изоляционную подложку, на которой размещаются электронные компоненты и проводники, обеспечивающие соединение между этими компонентами [1, с. 15]. Печатные платы используются

практически во всех электронных устройствах, начиная от простых гаджетов и заканчивая сложными компьютерными системами и промышленным оборудованием [2, с.45]. Печатные платы различаются по своей физической конфигурации, размерам, толщине, количеству слоев и материалу изготовления [3, с. 10]. Современные печатные платы могут быть односторонними (однослойными) или многослойными. Они обеспечивают механическую поддержку для компонентов и проводников, а также являются платформой для создания электрических соединений [4, с. 378].

Входными данными для задачи являются размеры монтажной области печатной платы, количество компонентов и их размеры, а также ограничения на расстояния между компонентами или другие ограничения. Выходными данными алгоритма должно быть оптимальное размещение компонентов на монтажной области печатной платы и расстояния между компонентами, которые удовлетворяют заданным ограничениям. Результатом решения задачи является оптимальное размещение компонентов на монтажной области, удовлетворяющее ограничениям размещения. Решение будет представлять собой конкретные координаты размещения для каждого компонента на печатной плате.

В настоящее время алгоритмы размещения используют промежуточные критерии, которые лишь качественно способствуют решению основной задачи: получению оптимальной трассировки соединений. Такие критерии включают в себя:

- 1) минимизацию суммарной взвешенной длины соединений;
- 2) минимизацию числа соединений, длина которых больше заданной;
- 3) минимизацию числа пересечений проводников;
- 4) максимизацию числа соединений между элементами в соседних или указанных позициях;
- 5) максимизацию числа цепей простой конфигурации.

Первый критерий имеет большое распространение из-за его способности улучшать электрические характеристики устройства,

упрощать трассировку печатных проводников и снижать сложность изготовления печатных плат, а также из-за его относительной простоты в реализации.

Задача заключается в нахождении оптимального расположения для каждого элемента, при котором достигается оптимизация выбранного критерия качества и обеспечиваются лучшие условия для последующего проведения электрического монтажа. Эта задача особенно важна при проектировании аппаратуры, основанной на печатных платах, где правильное размещение компонентов может повлиять на электрическую производительность и надежность всей системы.

### **Математическая постановка задачи размещения элементов на монтажной области печатной платы**

Для формализации задачи размещения элементов на монтажной области печатной платы могут быть использованы различные математические абстракции, такие как графы, сети, матрицы и т.д. В данном случае предлагается использовать теорию графов. Для доказательства адекватности выбранной модели необходимо показать, что графовая модель отражает заданные свойства объекта (монтажной области печатной платы) с приемлемой точностью. Для этого можно сравнить оценки свойств объекта и модели и показать их сходство.

Целевая функция:

$$F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} [(x_i - x_j)^t + (y_i - y_j)^t]^v,$$

где  $c_{ij}$  – это весовая оценка связей,  $F$  – целевая функция,  $x_i, x_j, y_i, y_j$  – координаты элементов.  $t, v$  – показатели.

Достигается минимума при следующих ограничениях:

$$x^* \leq x_i \leq a - x^* \text{ для } 1 \leq i \leq q;$$

$$x_i = x^* \text{ для } q + 1 \leq i \leq h;$$

$$y^* \leq y_i \leq b - y^* \text{ для } 1 \leq i \leq h;$$

$$x_i = \beta_i; y_i = \gamma_i \text{ для } h + 1 \leq i \leq n,$$

где  $a, b$  – размеры коммутационной платы,  $\beta_i, \gamma_i$  – координаты центра  $i$ -го фиксированного элемента.  $x^*, y^*$  – координаты центра левой нижней позиции.

Ограничения задачи могут быть такими:

Все компоненты должны быть размещены на монтажной области печатной платы.

Каждая пара компонентов должна быть соединена ребром, который указывает на наличие электрического соединения между ними.

Компоненты не должны пересекаться или находиться очень близко друг к другу.

Данные ограничения обеспечивают правильность проектирования печатной платы и предотвращают возможные проблемы, связанные с пересечениями или близким расположением компонентов.

Ограничение на минимальные расстояния между элементами (неравенства):

Для каждой пары элементов  $i$  и  $j$ :

$$d(i, j) \geq md(i, j),$$

где  $d(i, j)$  – расстояние между элементами  $i$  и  $j$ ,  $md(i, j)$  – минимальное требуемое расстояние между элементами  $i$  и  $j$ .

Ограничение на расположение элементов внутри монтажной области (неравенства):

Для каждого элемента  $i$ :

$$0 \leq Z(i) \leq wb - w(i)$$

Для каждого элемента  $i$ :

$$0 \leq Y(i) \leq hb - h(i),$$

где  $Z(i)$  и  $Y(i)$  – координаты элемента  $i$ ,  $wb$  и  $hb$  – ширина и высота монтажной области.

Таким образом, описанные ограничения формализуют требования к размещению элементов печатной платы, устанавливают ограничения на их координаты, минимальные расстояния.

### **Описание силового алгоритма**

Силовой алгоритм является одним из наиболее эффективных методов размещения элементов на печатной плате, так как он работает быстро и может обрабатывать большие объемы данных. Однако типичные силовые алгоритмы в общем случае, как считается, имеют время работы, эквивалентные  $O(n^3)$ , где  $n$  — число узлов входного графа. Это потому, что число итераций оценивается в  $O(n)$ , а на каждой итерации необходимо

просмотреть все пары узлов и вычислить взаимные силы отталкивания.

Силовые алгоритмы могут быть легко приспособлены и расширены для дополнительных эстетических критериев [1, с. 5]. Это делает алгоритмы более универсальными классами алгоритмов визуализации графов. Позволяет достичь высокой точности в размещении элементов на плате, учитывая разнообразие ограничений и критерии оптимизации [2, с. 1]. Однако, точность зависит от тщательной настройки параметров алгоритма и правильного задания ограничений [3, с. 2]. Алгоритм является гибким и позволяет учитывать множество критериев оптимизации одновременно. Это позволяет решать многокритериальные задачи, настраивая веса и приоритеты для разных критериев [4, с. 3].

Описание шагов алгоритма:

1. Ввод исходных данных.

В данном шаге алгоритма необходимо ввести исходные данные о печатной плате, такие как расположение и характеристики элементов, которые будут размещены на плате.

2. Начальное размещение элементов.

Размещаем элементы случайным образом на коммутационной плате.

3. Составление системы ДУ, состоящих из сил притяжения, отталкивания и отталкивания от границ платы, сопротивления среды.

Сопротивление среды:

$$\bar{H}_i = k \bar{v}_i,$$

где  $k$  – некоторый положительный коэффициент;  $\bar{v}_i$  – скорость движения  $i$ -й точки.

Силы притяжения на единицу взвешенной связности:

$$\bar{f}_x(x_i, x_j, y_i, y_j) = \begin{cases} \frac{(k_1(x_i - x_j)(D_{\text{пр}}^2 - d_{ij}^2))}{d_{ij}^3}, & \text{если } D_{\text{пр}}^2 - d_{ij}^2 \geq 0; \\ 0 & \text{– в противном случае,} \end{cases}$$

$$\bar{f}_y(x_i, x_j, y_i, y_j) = \begin{cases} \frac{k_1(y_i - y_j)(D_{\text{пр}}^2 - d_{ij}^2)}{d_{ij}^3}, & \text{если } D_{\text{пр}}^2 - d_{ij}^2 \geq 0; \\ 0 & \text{– в противном случае,} \end{cases}$$

где  $k_1$  – коэффициент пропорциональности;  $d_{ij} = |x_i - x_j| + |y_i - y_j|$ ;  $D_{\text{пр}}$  – коэффициент, учитывающий диапазон действия сил притяжения.

Силы отталкивания точек друг от друга:

$$\begin{aligned} \bar{\varphi}_x(x_i, x_j, y_i, y_j) &= \\ &= \begin{cases} \frac{k_2(x_i - x_j)}{\sigma_{ij}^{(x)}(\sigma_{ij}^{(x)} - \Delta x)}(D_{\text{от}} - d_{ij}), & \text{если } D_{\text{от}} - d_{ij} \geq 0; \\ 0 & \text{– в противном случае,} \end{cases} \\ \bar{\varphi}_y(x_i, x_j, y_i, y_j) &= \\ &= \begin{cases} \frac{k_2(y_i - y_j)}{\sigma_{ij}^{(y)}(\sigma_{ij}^{(y)} - \Delta y)}(D_{\text{от}} - d_{ij}), & \text{если } D_{\text{от}} - d_{ij} \geq 0; \\ 0 & \text{– в противном случае,} \end{cases} \end{aligned}$$

где  $k_2$  – коэффициент пропорциональности;  $\sigma_{ij}^{(x)} = |x_i - x_j|$ ;  $\sigma_{ij}^{(y)} = |y_i - y_j|$ ;  $\Delta x, \Delta y$  – величины сближения конструктивных элементов по осям X и Y;  $D_{\text{от}}$  – коэффициент, учитывающий диапазон действия сил отталкивания.

Силы отталкивания от границ платы:

$$\begin{aligned} \bar{g}_x(x_i) &= \frac{k_3(2x_i - a)^2}{(x_i - a + x^*)(x_i - x^*)}; \\ \bar{g}_y(y_i) &= \frac{k_3(2y_i - b)^2}{(y_i - b + y^*)(y_i - y^*)}, \end{aligned}$$

где  $k_3$  – коэффициент пропорциональности;  $x^*, y^*$  – координаты центра левой нижней позиции;  $a, b$  – размеры коммутационной платы.

Система дифференциальных уравнений, которая описывает движение материальных точек:

$$\left\{ \begin{array}{l} x_i = \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n [c_{ij} \bar{f}_x(x_i, x_j, y_i, y_j) - \bar{\varphi}_x(x_i, x_j, y_i, y_j)] - \\ \quad - \bar{g}_x(x_i) - kx_i, i = 1, 2, \dots, q; \\ y_i = \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n [c_{ij} \bar{f}_y(x_i, x_j, y_i, y_j) - \bar{\varphi}_y(x_i, x_j, y_i, y_j)] - \\ \quad - \bar{g}_y(x_i) - ky_i, i = 1, 2, \dots, h; \end{array} \right.$$

Здесь формируется система дифференциальных уравнений, описывающая взаимодействие между элементами и их взаимодействие с границами платы.

#### 4. Решение системы ДУ методом Эйлера.

Для  $(t + 1)$ -го шага итерационного цикла:

$$\begin{aligned} x_i^{(t+1)} &= x_i^{(t)} + \lambda \left( \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n \left[ c_{ij} \bar{f}_x(x_i^{(t)}, x_j^{(t)}, y_i^{(t)}, y_j^{(t)}) - \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - \bar{\varphi}_x(x_i^{(t)}, x_j^{(t)}, y_i^{(t)}, y_j^{(t)}) \right] - \right. \\ &\quad \left. - \bar{g}_x(x_i^{(t)}) - kx_i^{(t)} \right), i = 1, 2, \dots, q; \\ y_i^{(t+1)} &= y_i^{(t)} + \lambda \left( \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n \left[ c_{ij} \bar{f}_y(x_i^{(t)}, x_j^{(t)}, y_i^{(t)}, y_j^{(t)}) - \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - \bar{\varphi}_y(x_i^{(t)}, x_j^{(t)}, y_i^{(t)}, y_j^{(t)}) \right] - \right. \\ &\quad \left. - \bar{g}_y(y_i^{(t)}) - ky_i^{(t)} \right), i = 1, 2, \dots, h, \end{aligned}$$

где  $\lambda$  – длина шага итерационного цикла. Значения  $x_i^0$  ( $i = 1, 2, \dots, q$ ) и  $y_i^0$  ( $i = 1, 2, \dots, h$ ) выбирают из условий начального размещения;  $x_i^0 = 0, y_i^0 = 0$ .

Для моделирования динамики системы и её переходного процесса используется метод Эйлера.

#### 5. Критерий остановки.

$$\sum_{i=1}^q |x_i^{(t+1)} - x_i^{(t)}| + \sum_{i=1}^h |y_i^{(t+1)} - y_i^{(t)}| \leq \varepsilon,$$

где  $\varepsilon$  – допустимая погрешность нахождения оптимального решения.

Задаются условия для завершения расчётов, например, достижение определенной точности результатов.

6. Округление полученных координат.

«Округление» полученных координат производим до ближайших целочисленных величин. Для оценки оптимальности сдвига элементов используем критерий минимума суммы квадратов приращения координат.

$$S = \sum_{i=1}^q (x_i - A_i)^2 + \sum_{i=1}^h (y_i - B_i)^2 = \sum_{i=1}^q x_i^2 + \sum_{i=1}^h y_i^2 + \sum_{i=1}^q A_i^2 + \sum_{i=1}^h B_i^2 - 2 \left[ \sum_{i=1}^q (x_i A_i + y_i B_i) + \sum_{i=q+1}^h y_i B_i \right],$$

где  $(x_i, y_i)$  и  $(A_i, B_i)$  – координаты центра  $i$ -го элемента и  $i$ -й позиции соответственно.

7. Вывод результатов.

По окончании алгоритма выводятся результаты: координаты размещения элементов на плате.

### Пример решения задачи размещения с помощью силового алгоритма

Рассмотрим пример решения задачи с помощью силового алгоритма в одной итерации. Начальное размещение 9 заданных элементов, а также количество связей между элементами представлены на рисунке 1.

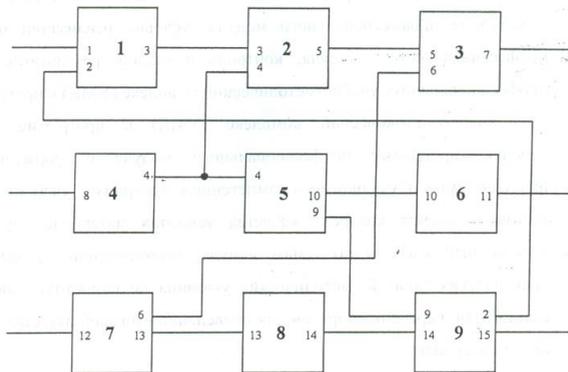


Рис.1. Исходная схема

Для удобства дальнейших вычислений построим матрицу смежности и матрицу расстояний. Матрицы представлены в таблице 1 и 2.

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
x1	0	3	0	0	0	0	0	0	2
x2	3	0	5	4	4	0	0	0	0
x3	0	5	0	0	0	0	6	0	0
x4	0	4	0	0	4	0	0	0	0
x5	0	4	0	4	0	10	0	0	9
x6	0	0	0	0	10	0	0	0	0
x7	0	0	6	0	0	0	0	13	0
x8	0	0	0	0	0	0	13	0	14
x9	2	0	0	0	9	0	0	14	0

Таблица 1. Матрица смежности

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	3	6	3	6	9	6	9	12
2	3	0	3	6	3	6	9	6	9
3	6	3	0	9	6	3	12	9	6
4	3	6	9	0	3	6	3	6	9
5	6	3	6	3	0	3	6	3	6
6	9	6	3	6	3	0	9	6	3
7	6	9	12	3	6	9	0	3	6
8	9	6	9	6	3	6	3	0	3
9	12	9	6	9	6	3	6	3	0

Таблица 2. Матрица расстояний

Шаг 1. Расставляем элементы на коммутационной плате случайном образом. Коммутационная плата размерами  $10 \times 10$  ( $P_{ab} = 10 \times 10$ ) представлена на рисунке 2.

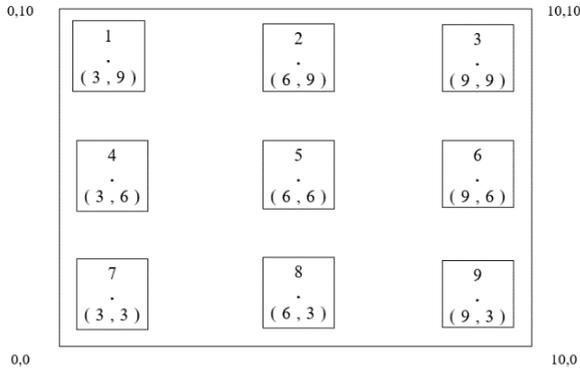


Рис.2. Коммутационная плата

Шаг 2. Выполним вычисления сил притяжения, отталкивания и отталкивания от границ платы, сопротивления среды. Для решения системы дифференциальных уравнений, которая описывает движение материальных точек.

Начнём вычисления с 1 элемента. Коэффициент пропорциональности равен 0,5 ( $k_1 = 0,5$ ) и коэффициент, учитывающий диапазон действия сил притяжения равен 5,1 ( $D_{пр} = 5,1$ ).

Сила притяжения на единицу взвешенной связности:

1 элемента с 2 элементом по x.

$$\begin{aligned} \bar{f}_x(x_i, x_j, y_i, y_j) &= \frac{k_1(x_i - x_j)(D_{пр}^2 - d_{ij}^2)}{d_{ij}^3} = \\ &= \frac{0,5 * (3 - 6) * (5,1^2 - 3^2)}{3^3} = -0,95 \end{aligned}$$

1 элемента с 3 элементом по x.

$$\bar{f}_x(x_i, x_j, y_i, y_j) = 0, \text{ так как } D_{пр}^2 - d_{ij}^2 < 0 (5,1^2 - 6^2 = -9,99)$$

1 элемента с 4 элементом по x.

$$\begin{aligned} \bar{f}_x(x_i, x_j, y_i, y_j) &= \frac{k_1(x_i - x_j)(D_{пр}^2 - d_{ij}^2)}{d_{ij}^3} = \\ &= \frac{0,5 * (3 - 3) * (5,1^2 - 3^2)}{3^3} = 0 \end{aligned}$$

1 элемента с 5 элементом по x.

$$\bar{f}_x(x_i, x_j, y_i, y_j) = 0, \text{ так как } D_{\text{np}}^2 - d_{ij}^2 < 0(5,1^2 - 6^2 = -9,99)$$

1 элемента с 6 элементом по x.

$$\bar{f}_x(x_i, x_j, y_i, y_j) = 0, \text{ так как } D_{\text{np}}^2 - d_{ij}^2 < 0(5,1^2 - 9^2 = -54,99)$$

1 элемента с 7 элементом по x.

$$\bar{f}_x(x_i, x_j, y_i, y_j) = 0, \text{ так как } D_{\text{np}}^2 - d_{ij}^2 < 0(5,1^2 - 6^2 = -9,99)$$

1 элемента с 8 элементом по x.

$$\bar{f}_x(x_i, x_j, y_i, y_j) = 0, \text{ так как } D_{\text{np}}^2 - d_{ij}^2 < 0(5,1^2 - 9^2 = -54,99)$$

1 элемента с 9 элементом по x.

$$\bar{f}_x(x_i, x_j, y_i, y_j) = 0, \text{ так как } D_{\text{np}}^2 - d_{ij}^2 < 0(5,1^2 - 12^2 = -117,99)$$

1 элемента с 2 элементом по y.

$$\begin{aligned} \bar{f}_y(x_i, x_j, y_i, y_j) &= \frac{k_1(y_i - y_j)(D_{\text{np}}^2 - d_{ij}^2)}{d_{ij}^3} = \\ &= \frac{0,5 * (9 - 9) * (5,1^2 - 3^2)}{3^3} = 0 \end{aligned}$$

1 элемента с 3 элементом по y.

$$\bar{f}_y(x_i, x_j, y_i, y_j) = 0, \text{ так как } D_{\text{np}}^2 - d_{ij}^2 < 0(5,1^2 - 6^2 = -9,99)$$

1 элемента с 4 элементом по y.

$$\begin{aligned} \bar{f}_y(x_i, x_j, y_i, y_j) &= \frac{k_1(y_i - y_j)(D_{\text{np}}^2 - d_{ij}^2)}{d_{ij}^3} = \\ &= \frac{0,5 * (9 - 6) * (5,1^2 - 3^2)}{3^3} = 0,95 \end{aligned}$$

1 элемента с 5 элементом по y.

$$\bar{f}_y(x_i, x_j, y_i, y_j) = 0, \text{ так как } D_{\text{np}}^2 - d_{ij}^2 < 0(5,1^2 - 6^2 = -9,99)$$

1 элемента с 6 элементом по y.

$$\bar{f}_y(x_i, x_j, y_i, y_j) = 0, \text{ так как } D_{\text{np}}^2 - d_{ij}^2 < 0(5,1^2 - 9^2 = -54,99)$$

1 элемента с 7 элементом по y.

$$\bar{f}_y(x_i, x_j, y_i, y_j) = 0, \text{ так как } D_{\text{np}}^2 - d_{ij}^2 < 0(5,1^2 - 6^2 = -9,99)$$

1 элемента с 8 элементом по y.

$$\bar{f}_y(x_i, x_j, y_i, y_j) = 0, \text{ так как } D_{\text{np}}^2 - d_{ij}^2 < 0(5,1^2 - 9^2 = -54,99)$$

1 элемента с 9 элементом по y.

$$\bar{f}_y(x_i, x_j, y_i, y_j) = 0, \text{ так как } D_{\text{np}}^2 - d_{ij}^2 < 0(5,1^2 - 12^2 = -117,99)$$

Коэффициент пропорциональности равен 0,5 ( $k_2 = 0,3$ ) и коэффициент, учитывающий диапазон действия сил отталкивания равен 4,5 ( $D_{\text{пр}} = 4,3$ ). Величины возможного сближения конструктивных элементов по осям X и Y равны 1 ( $\Delta x = 1, \Delta y = 1$ ).

Силы отталкивания точек друг от друга:

1 элемента с 2 элементом по x.

$$\begin{aligned}\bar{\varphi}_x(x_i, x_j, y_i, y_j) &= \frac{k_2(x_i - x_j)}{\sigma_{ij}^{(x)}(\sigma_{ij}^{(x)} - \Delta x)}(D_{\text{от}} - d_{ij}) = \\ &= \frac{0,3 * (3 - 6)}{3 * (3 - 1)} * (4,5 - 3) = -0,9 \\ \sigma_{ij}^{(x)} &= |x_i - x_j| = |3 - 6| = 3\end{aligned}$$

1 элемента с 3 элементом по x.

$$\bar{\varphi}_x(x_i, x_j, y_i, y_j) = 0, \text{ так как } D_{\text{от}} - d_{ij} < 0(4,5 - 6 = -1,5)$$

1 элемента с 4 элементом по x.

$$\begin{aligned}\bar{\varphi}_x(x_i, x_j, y_i, y_j) &= \frac{k_2(x_i - x_j)}{\sigma_{ij}^{(x)}(\sigma_{ij}^{(x)} - \Delta x)}(D_{\text{от}} - d_{ij}) = 1 \\ \sigma_{ij}^{(x)} &= |x_i - x_j| = |3 - 4| = 1\end{aligned}$$

1 элемента с 5 элементом по x.

$$\bar{\varphi}_x(x_i, x_j, y_i, y_j) = 0, \text{ так как } D_{\text{от}} - d_{ij} < 0(4,5 - 6 = -1,5)$$

1 элемента с 6 элементом по x.

$$\bar{\varphi}_x(x_i, x_j, y_i, y_j) = 0, \text{ так как } D_{\text{от}} - d_{ij} < 0(4,5 - 9 = -4,5)$$

1 элемента с 7 элементом по x.

$$\bar{\varphi}_x(x_i, x_j, y_i, y_j) = 0, \text{ так как } D_{\text{от}} - d_{ij} < 0(4,5 - 6 = -1,5)$$

1 элемента с 8 элементом по x.

$$\bar{\varphi}_x(x_i, x_j, y_i, y_j) = 0, \text{ так как } D_{\text{от}} - d_{ij} < 0(4,5 - 9 = -4,5)$$

1 элемента с 9 элементом по x.

$$\bar{\varphi}_x(x_i, x_j, y_i, y_j) = 0, \text{ так как } D_{\text{от}} - d_{ij} < 0(4,5 - 12 = -7,5)$$

1 элемента с 2 элементом по y.

$$\bar{\varphi}_y(x_i, x_j, y_i, y_j) = \frac{k_2(y_i - y_j)}{\sigma_{ij}^{(y)}(\sigma_{ij}^{(y)} - \Delta y)}(D_{\text{от}} - d_{ij}) = 1$$

1 элемента с 3 элементом по y.

$\bar{\varphi}_y(x_i, x_j, y_i, y_j) = 0$ , так как  $D_{от} - d_{ij} < 0$  ( $4,5 - 6 = -1,5$ )  
1 элемента с 4 элементом по у.

$$\begin{aligned}\bar{\varphi}_y(x_i, x_j, y_i, y_j) &= \frac{k_2(y_i - y_j)}{\sigma_{ij}^{(y)}(\sigma_{ij}^{(y)} - \Delta y)}(D_{от} - d_{ij}) = \\ &= \frac{0,3 * (9 - 6)}{3 * (3 - 1)} * (4,5 - 3) = 0,9 \\ \sigma_{ij}^{(y)} &= |y_i - y_j| = |9 - 6| = 3\end{aligned}$$

1 элемента с 5 элементом по у.

$\bar{\varphi}_y(x_i, x_j, y_i, y_j) = 0$ , так как  $D_{от} - d_{ij} < 0$  ( $4,5 - 6 = -1,5$ )  
1 элемента с 6 элементом по у.

$\bar{\varphi}_y(x_i, x_j, y_i, y_j) = 0$ , так как  $D_{от} - d_{ij} < 0$  ( $4,5 - 9 = -4,5$ )  
1 элемента с 7 элементом по у.

$\bar{\varphi}_y(x_i, x_j, y_i, y_j) = 0$ , так как  $D_{от} - d_{ij} < 0$  ( $4,5 - 6 = -1,5$ )  
1 элемента с 8 элементом по у.

$\bar{\varphi}_y(x_i, x_j, y_i, y_j) = 0$ , так как  $D_{от} - d_{ij} < 0$  ( $4,5 - 9 = -4,5$ )  
1 элемента с 9 элементом по у.

$\bar{\varphi}_y(x_i, x_j, y_i, y_j) = 0$ , так как  $D_{от} - d_{ij} < 0$  ( $4,5 - 12 = -7,5$ )

Коэффициент пропорциональности равен 0,1 ( $k_3 = 0,1$ ).

Координаты центра левой нижней позиции равны 3 ( $x^* = 3, y^* = 3$ ). Размеры коммутационной платы равны 10 на 10 ( $P_{ab} = 10 \times 10$ ).

Силы отталкивания от границ платы:

$$\begin{aligned}\bar{g}_x(x_i) &= \frac{k_3(2x_i - a)^2}{(x_i - a + x^*)(x_i - x^*)} = 0 \\ \bar{g}_y(y_i) &= \frac{k_3(2y_i - b)^2}{(y_i - b + y^*)(y_i - y^*)} = 19,2\end{aligned}$$

Некоторый положительный коэффициент равен 1 ( $k = 1$ ).

Длина шага итерационного цикла равен 0,1 ( $\lambda = 0,1$ ).

Для (t+1)-го шага итерационного цикла:

$$\begin{aligned}x_i^{(t+1)} &= x_i^{(t)} + \lambda \left( \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n [c_{ij} \bar{f}_x(x_i^{(t)}, x_j^{(t)}, y_i^{(t)}, y_j^{(t)}) - \right. \\ \left. \bar{\varphi}_x(x_i^{(t)}, x_j^{(t)}, y_i^{(t)}, y_j^{(t)})] - \bar{g}_x(x_i^{(t)}) - kx_i^{(t)} \right) &= 3 + 0,1 * (3 *\end{aligned}$$

$$(-0,95) - (-0,9) + 0 * 0 - 0 + 0 * 0 - 1 + 0 * 0 - 0 + 0 * 0 - 0 + 0 * 0 - 0 + 0 * 0 - 0 + 2 * 0 - 0 - 0 - 1 * 3) = 2$$

$$y_i^{(t+1)} = y_i^{(t)} + \lambda \left( \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n [c_{ij} \bar{f}_y(x_i^{(t)}, x_j^{(t)}, y_i^{(t)}, y_j^{(t)}) - \bar{\varphi}_y(x_i^{(t)}, x_j^{(t)}, y_i^{(t)}, y_j^{(t)})] - \bar{g}_y(y_i^{(t)}) - k y_i^{(t)} \right) = 9 + 0,1 * (3 * 0 - 1 + 0 * 0 - 0 + 0 * 0,95 - 1 + 0 * 0 - 0 + 0 * 0 - 0 + 0 * 0 - (-2,25) + 0 * 0 - 0 + 2 * 0 - 0 - 19,2 - 1 * 9) = 6$$

Для расчёта остальных элементов используем Microsoft Excel. Полученные значения представлены в таблицах 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.

f(x)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,00	-0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,95	0,00	-0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,95	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,95	0,00	-0,95	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,95	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,95	0,00	-0,95
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,95	0,00

Таблица 3. Силы притяжения на единицу взвешенной связности по x

f(y)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,00	0,00	0,00	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,95	0,00	0,00	0,00
4	-0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,95	0,00	0,00
5	0,00	-0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,95	0,00
6	0,00	0,00	-0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,95
7	0,00	0,00	0,00	-0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,95	0,00	0,00	0,00

Таблица 4. Силы притяжения на единицу взвешенной связности по y

f <sub>i</sub> (x)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	-0,9	0	1	0	0	0	0	0
2	0,9	0	-0,9	0	1	0	0	0	0
3	0	0,9	0	0	0	1	0	0	0

4	1	0	0	0	-0,9	0	1	0	0
5	0	1	0	0,9	0	-0,9	0	1	0
6	0	0	1	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	1	0	0	0	-0,9	0
8	0	0	0	0	1	0	0,9	0	-0,9
9	0	0	0	0	0	1	0	0,9	0

Таблица 5. Силы отталкивания точек друг от друга по x

b(x)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	3	6	0	3	6	0	3	6
2	3	0	3	3	0	3	3	0	3
3	6	3	0	6	3	0	6	3	0
4	0	3	6	0	3	6	0	3	6
5	3	0	3	3	0	3	3	0	3
6	6	3	0	6	3	0	6	3	0
7	0	3	6	0	3	6	0	3	6

Таблица 6. Значения  $\sigma_{ij}^{(x)}$  для каждого элемента

fi(y)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	1	0	1	0	0	-2,25	0	0
2	1	0	1	0	0,9	0	0	0	0
3	0	1	0	0	0	0,9	0	0	0
4	-0,9	0	0	0	1	0	0,9	0	0
5	0	-0,9	0	1	0	1	0	0,9	0
6	0	0	-0,9	0	1	0	0	0	0,9
7	0	0	0	-0,9	0	0	0	1	0
8	0	0	0	0	-0,9	0	1	0	1
9	0	0	0	0	0	-0,9	0	1	0

Таблица 7. Силы отталкивания точек друг от друга по y

b(y)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0	0	3	3	3	6	6	6
2	0	0	0	3	3	3	6	6	6
3	0	0	0	3	3	3	6	6	6
4	3	3	3	0	0	0	3	3	3
5	3	3	3	0	0	0	3	3	3
6	3	3	3	0	0	0	3	3	3
7	6	6	6	3	3	3	0	0	0
8	6	6	6	3	3	3	0	0	0
9	6	6	6	3	3	3	0	0	0

Таблица 8. Значения  $\sigma_{ij}^{(y)}$  для каждого элемента

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
g(x)	0,00	-1,20	19,20	0,00	-1,20	19,20	0,00	-1,20	19,20
g(y)	19,20	19,20	19,20	-1,20	-1,20	-1,20	0,00	0,00	0,00

Таблица 9. Силы отталкивания от границ платы

x(t+1)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
x	2	5	6	2	5	7	1	5	7
y	6	6	6	5	5	5	3	3	3

Таблица 10. Полученные координаты

Шаг 3. Проверяем условие завершения работы алгоритма.

$$\sum_{i=1}^q |x_i^{(t+1)} - x_i^{(t)}| + \sum_{i=1}^h |y_i^{(t+1)} - y_i^{(t)}| \leq \varepsilon$$

$$|(2 - 3)| + |(5 - 6)| + |(6 - 9)| + |(2 - 3)| + |(5 - 6)| +$$

$$+ |(7 - 9)| + |(1 - 3)| + |(5 - 6)| + |(7 - 9)| + |(6 - 9)| +$$

$$+ |(6 - 9)| + |(6 - 9)| + |(5 - 6)| + |(5 - 6)| + |(5 - 6)| +$$

$$+ |(3 - 3)| + |(3 - 3)| + |(3 - 3)| = 26$$

Допустимая погрешность нахождения оптимального решения равна 0,1 ( $\varepsilon = 0,1$ ).

$26 \leq 0,1$ , условие не выполняется. Алгоритм продолжает свою работу.

Шаг 4. Выполним оценку оптимальности сдвига элементов используем критерий минимума суммы квадратов приращения координат. Координаты центра  $i$ -го элемента и  $i$ -й позиции представлены в таблицах 11, 12.

$$S = (3 - 0)^2 + (6 - 0)^2 + (9 - 0)^2 + (3 - 3)^2 + (6 - 6)^2 +$$

$$+ (9 - 9)^2 + (3 - 3)^2 + (6 - 6)^2 + (9 - 9)^2 + (9 - 3)^2 +$$

$$+ (9 - 6)^2 + (9 - 9)^2 + (6 - 6)^2 + (6 - 6)^2 + (6 - 6)^2 +$$

$$+ (3 - 3)^2 + (3 - 3)^2 + (3 - 3)^2 = 171$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
x	3	6	9	3	6	9	3	6	9
y	9	9	9	6	6	6	3	3	3

Таблица 11. Координаты центра  $i$ -го элемента

S	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	0	0	0	3	6	9	3	6	9
B	3	6	9	6	6	6	3	3	3

Таблица 12. Координаты центра  $i$ -й позиции

Шаг 5. Получаем координаты элементов после выполнения 1 итерации алгоритма. Представленные в таблице 13 и на рисунке 3.

$x(t+1)$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$x$	2	5	6	2	5	7	1	5	7
$y$	6	6	6	5	5	5	3	3	3

Таблица 13. Полученные координаты

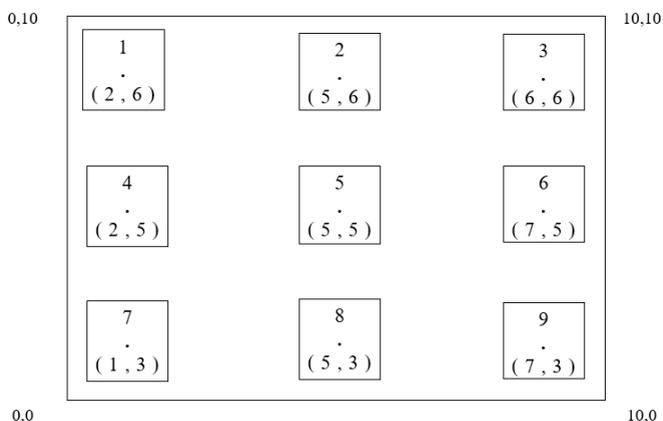


Рис.3. Итоговое размещение элементов на коммутационной плате после 1 итерации.

### Экспериментальные исследования

Для реализации данной концепции была спроектирована программа на языке программирования C#, использующая фреймворк Windows Forms, что обеспечило создание удобного графического интерфейса для визуализации процесса размещения элементов. Программа демонстрирует не только начальное случайное размещение элементов на монтажной области, но и результаты работы силового алгоритма, находя оптимальное расположение элементов.

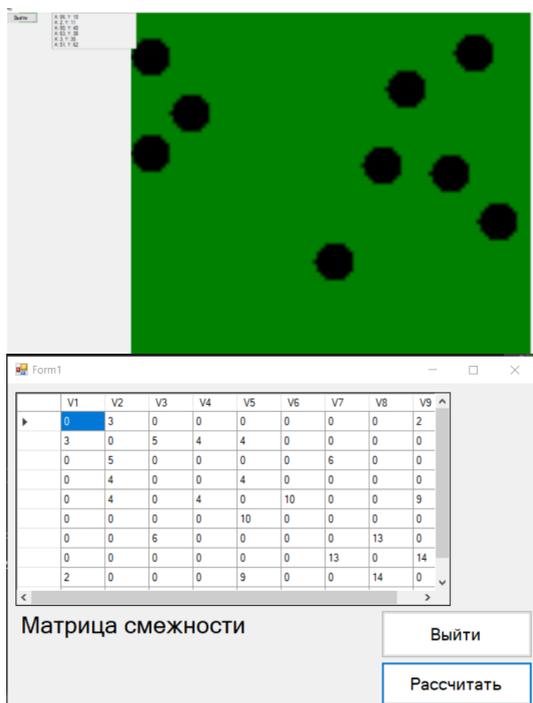


Рис. 4. Экранная форма программы

## Вывод

В рамках разработки курсовой работы была изучена проблема эффективного размещения элементов на монтажной области печатной платы, что представляет важное значение для различных сфер промышленности. Были проведены анализ характеристик объектов проектирования: печатной платы, элементов и самого процесса размещения, что привело к глубокому пониманию задачи минимизации пространственных ресурсов при размещении элементов.

Силовой алгоритм был выбран в качестве основного метода решения задачи благодаря его способности находить приближенные оптимальные решения в сложных задачах размещения элементов, где традиционные методы могут быть

менее эффективными или требовательными к вычислительным ресурсам.

**Список литературы:**

1. Воронова В.В. Основы автоматизации проектирования электронных средств: учебно-методическое пособие. – Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2016. – 36 с.

2. Дендобренко Б.Н., Малика А.С. Автоматизация конструирования РЭА: учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1980. – 384 с.

3. Линский В.С. Алгоритмическое проектирование вычислительных цифровых устройств. Вып. 2. – ВЦ АН СССР, 1963.

4. Quinn N., Breuer M. A forced directed component placement procedure for printed circuit boards // IEEE Transactions on Circuits and Systems. – 1979. – Vol. 26, No. 6. – P. 377-388.

5. Сидоров А.П., Петров И.И. Автоматизированные системы проектирования: теория и практика. – СПб.: Питер, 2018. – 250 с.

6. Романов К.В., Смирнова Л.А. Современные подходы к автоматизации проектирования электронных устройств: монография. – М.: Наука, 2020. – 300 с.

## **ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ: КАК СПОСОБ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ**

*Гарфиев И. Б., Сандаков В. Д.*

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический  
университет»,*

г. Казань, Республика Татарстан

**Аннотация:** В статье рассматривается развитие цифровых технологий в энергетической отрасли, с акцентом на цифровые подстанции как ключевой элемент современного электроснабжения. Обсуждаются основные протоколы, используемые в цифровых подстанциях, такие как MMS, GOOSE и Sampled Values, а также преимущества цифровизации по сравнению с традиционными подстанциями.

**Ключевые слова:** цифровая подстанция, автоматизация, протоколы IEC 61850, управление электроэнергией, эффективность, безопасность.

В настоящее время развитие цифровых технологий занимает ведущее направление во всем мире, различные системы получают возможность дистанционного управления и могут обмениваться данными между собой. Это затронуло и энергетическую промышленность. Электроэнергетика является одной из самых важных аспектов в нашей жизни, потому что ни одно современное производство не обходится без него. Из-за увеличивающегося спроса на электричество, происходит усложнение электрических систем и сетей, что своим образом приводит к стремлению совершенствоваться. Все это приводит к поиску новых решений и к созданию более автоматизированных оборудований. На сегодняшний день все чаще встречается информация о цифровых подстанциях, которые предназначены для повышения производительности труда и повышения уровня безопасности для персонала.

Цифровая подстанция – это современная высокотехнологичная система передачи и распределения электроэнергии, представляющее собой современную концепцию управления электрическими сетями, оснащенная развитыми информационно-технологическими и управляющими системами и средствами (ССПИ, АИИС КУЭ, РЗ, ПА, РАС, ОМП и др.) и функционирующая без присутствия постоянного дежурного персонала, в которой Все процессы обмена информацией между элементами подстанции, взаимодействие с внешними системами и управление ее работой осуществляются в цифровом формате, основываясь на протоколах стандартов IEC 61850 и IEC 61968/61970, это позволяет автоматизировать процессы управления, улучшить надежность и точность измерений, снизить эксплуатационные затраты и повысить безопасность [1].

В цифровой подстанции используются следующие протоколы:

1. Протокол MMS – международный стандарт, представляющий собой объектно–ориентированный протокол передачи данных, который использует клиент–серверную модель обмена данными и базируется на физическом уровне Ethernet.

2. Протокол GOOSE, механизм представляющий собой протокол передачи информации содержащееся на подстанции. Отличительной особенностью протокола является фреймы, в которых передаются сообщения.

3. Sampled Values. Данный протокол используется для передачи цифровых значений аналоговых сигналов, таких как ток и напряжение. Протокол имеет стандарт IEC 6185.

Стандарты серии IEC 6185 определили, какие именно функции должна иметь цифровая подстанция. Согласно стандарту, цифровые подстанции должны иметь следующие компоненты:

- система контроля качества электроэнергии;
- использование синхронизированных векторных измерений;
- удаленное управление системами выключения и всеми коммутационными аппаратами;

– терминалы релейной защиты и автоматики и контроллеры автоматизированной системы управления технологическим процессом должны обмениваться данными в цифровой форме;

– возможность мониторинга технического состояния оборудования подстанции;

– традиционные измерительные трансформаторы в комплексе с преобразователями аналоговых сигналов, переход на оптические измерительные трансформаторы;

– системы кибербезопасности [2].

Работа цифровых подстанций сосредоточена на внедрении интеллектуальных систем управления, а также на создании надежных и гибких приборов для учета электрической энергии и автоматизированных центров обработки данных. В отличие от традиционных подстанций, где различные подсистемы применяют разнообразные протоколы и информационные модели, цифровые подстанции обеспечивают единый подход к управлению.

На старых подстанциях для передачи аналоговых данных между устройствами используются медные кабели, что усложняет систему и увеличивает затраты. В цифровых подстанциях же реализованы системы, которые позволяют интегрировать функции защиты, измерения и контроля качества в единую цифровую платформу. Это значительно упрощает архитектуру системы и снижает ее стоимость, так как устраняется необходимость в индивидуальных системах измерения и информационного взаимодействия [3].

Цифровые подстанции имеют несколько ключевых преимуществ по сравнению с традиционными подстанциями:

– Использование одних и тех же источников информации, для выполнения различных функций на цифровой подстанции, что приводит к уменьшению оборудования на ней. Применение современных сетевых технологий предполагает наличие одного информационного кабеля от одной единицы оборудования, за счет этого система кабелей на подстанции упрощается;

– На традиционных подстанциях сложная и запутанная система контрольных кабелей, цифровая подстанция, в свою очередь, использует современные коммуникационные сети на базе оптоволоконных кабелей, значительно сокращая количество

кабеля в целом на подстанции и упрощая всю систему коммуникаций;

- Упрощение использования современных датчиков СТ и VT;

- Проводятся более точные измерения и запись информации. На цифровых подстанциях применяются электронные измерительные преобразователи с цифровым выходом. Во время передачи цифрового выходного сигнала, а также во время его обработки во вторичном оборудовании не добавляются дополнительных погрешностей. Этим обеспечивается соответствие требованиям, как по защите, так и по измерению;

- Повышение надежности передачи данных. Сигналы переходят по каналам через проверочные коды и диагностической информации с помощью цифровых и защищенных технологий. Это обеспечивает исключение ошибок в передаваемом потоке данных, а также выявление неисправности в сети передачи в другой. Дополнительно, использование оптических кабелей, избавляет подстанции от электромагнитных помех [4].

Наблюдается активное развитие цифровых технологий, и Россия активно участвует в внедрении новых решений на подстанциях. Одним из ярких примеров является подстанция «Портовая» (ПС 110 кВ Портовая), которая стала первой цифровой подстанцией в республике Татарстан.

В данной подстанции реализована концепция удаленного управления и цифрового измерения, основанная на интеграции традиционного первичного оборудования с современными интеллектуальными системами защиты и автоматизации (РЗА и АСУ ТП). Это позволяет преобразовывать аналоговые и дискретные сигналы в унифицированные цифровые коды, что значительно повышает эффективность и надежность работы электрических сетей [5].

Таким образом, подстанция «Портовая» служит примером успешной реализации цифровизации электрических сетей в России, демонстрируя возможности современных технологий в области энергетики.

Применение новых цифровых технологий, таких как систем измерения, управления и передачи данных, позволит радикально пересмотреть структуры и средства обеспечения надежности защиты силового оборудования, сократить время обслуживания оборудования и повысить эффективность. Рассмотренные выше преимущества цифровых подстанций, показывают высокий потенциал развития данной технологии построение подстанций электрических сетей.

### Список источников

1. Лобов, Б. Н. Понятие "Цифровая подстанция" / Б. Н. Лобов, И. О. Лызарь, В. Э. Левчук. - Текст : электронный // Молодой исследователь Дона. - 2020. - № 3. - С. 49-51.

2. Корольков, А. А. Цифровые подстанции / А. А. Корольков, Т. М. Черникова. - Текст : электронный // РОССИЯ МОЛОДАЯ. - 2021. - № 021314. — С. 1-4.

3. Гаврилов, Ф. В. Основные преимущества и недостатки цифровой электрической подстанции / Ф. В. Гаврилов // Теория и практика современной науки. — 2019. — № 6. — С. 169-172.

4. Андреева, О. А. Анализ текущего состояния цифровизации электрических сетей и подстанций / Андреева О. А., Мигунова Л. Г. // Universum: технические науки. — 2023. — № 11. — С. 116.

5. ЭКРА : Научно-производственное предприятие : [сайт]. – 2019 – URL: <https://ekra.ru/company/news/pervaya-tsifrovaya-podstantsiya-v-tatarstane/?ysclid=m2by6njms3905802785>. – Текст : электронный.

## **РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ**

*Ермолаева А.С., Сандаков В.Д.*

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический  
университет»,  
г. Казань, Россия*

Энергетическая отрасль является одной из ключевых для функционирования современного общества. С увеличением потребления энергии и необходимостью перехода на устойчивые источники энергии, принятие обоснованных решений становится критически важным. Информационные технологии (ИТ) играют важную роль в этом процессе, обеспечивая доступ к данным, аналитическим инструментам и системам поддержки принятия решений. В данной статье мы рассмотрим, как ИТ влияют на принятие решений в энергетической отрасли, их преимущества и вызовы.

Современные энергетические компании сталкиваются с огромным объемом данных, поступающих из различных источников: от датчиков на оборудовании до систем управления энергопотреблением. ИТ позволяют собирать, хранить и обрабатывать эти данные, что является основой для принятия обоснованных решений [1].

Системы управления данными, такие как базы данных и облачные технологии, позволяют хранить информацию в удобном формате, а аналитические инструменты, такие как Big Data и машинное обучение, помогают выявлять закономерности и тренды. Например, анализ данных о потреблении энергии может помочь в прогнозировании пиковых нагрузок и оптимизации распределения ресурсов.

Информационные технологии также позволяют создавать модели и симуляции, которые помогают в оценке различных сценариев. Это особенно важно в условиях неопределенности,

когда необходимо учитывать множество факторов, таких как изменения в законодательстве, колебания цен на энергоносители и климатические условия.

С помощью программного обеспечения для моделирования энергетических систем можно оценить эффективность различных решений, таких как внедрение новых технологий или изменение структуры энергоснабжения. Это позволяет компаниям принимать более обоснованные решения, минимизируя риски и затраты [2].

Системы поддержки принятия решений (СППР) могут использоваться для оценки инвестиционных проектов, выбора оптимальных технологий и управления рисками.

Современные СППР могут включать в себя элементы искусственного интеллекта, что позволяет автоматизировать процесс принятия решений и повышать его эффективность [3]. ИТ позволяют энергетическим компаниям лучше понимать потребности своих клиентов и предлагать более качественные услуги. Системы управления потреблением энергии помогают клиентам оптимизировать свои расходы и снизить потребление, что в свою очередь способствует устойчивому развитию.

Переход на устойчивые источники энергии и снижение углеродного следа становятся важными задачами для энергетической отрасли. ИТ играют ключевую роль в этом процессе, позволяя анализировать данные о выбросах, оценивать эффективность возобновляемых источников энергии и разрабатывать стратегии по снижению воздействия на окружающую среду [4].

Несмотря на множество преимуществ, использование информационных технологий в энергетической отрасли также сталкивается с рядом вызовов.

С увеличением объема данных и их значимости для принятия решений возрастает и риск утечек информации и кибератак. Энергетические компании должны инвестировать в системы безопасности и защиту данных, чтобы минимизировать риски.

Энергетическая отрасль включает в себя множество различных систем и технологий, которые могут быть сложно

интегрировать. Необходимость в совместимости и стандартизации может стать препятствием для эффективного использования ИТ.

Для успешного внедрения информационных технологий необходимо обучать сотрудников и развивать их навыки. Это требует времени и ресурсов, что может стать дополнительным вызовом для компаний [5].

Информационные технологии играют важную роль в принятии решений в энергетической отрасли, обеспечивая доступ к данным, аналитическим инструментам и системам поддержки. Их использование позволяет повысить эффективность, улучшить качество обслуживания и способствовать устойчивому развитию. Однако компании также сталкиваются с вызовами, связанными с безопасностью данных, интеграцией систем и подготовкой кадров. Важно, чтобы энергетические компании продолжали инвестировать в ИТ и развивать свои навыки, чтобы оставаться конкурентоспособными в быстро меняющемся мире.

#### Список литературы

1. Сумзина Л.В., Максимов А.В., Литвиненко А.А. Анализ распределения энергетических ресурсов предприятия сервиса. Вюник Хмельницкого национального ушверситету, №3, 2023.

2. Digital transformation examples. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.boardofinnovation.com/staff-picks/digital-transformation-examples/> (дата обращения 18.12.2024).

3. Services for Electrical and Industrial Power Management. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.eaton.com/us/en-us/services.html> / (дата обращения 18.12.2024).

4. Caterpillar digs in to data analytics—investing in hot startup Uptake. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://fortune.com/2015/03/05/caterpillar-digs-in-to-data-analytics-investing-in-hot-startup-uptake/> (дата обращения 18.12.2024).

5. How the Digital Revolution Can Power Future Growth. Ganesh Bell, Feb 25, 2019. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ge.com/reports/ganesh-bell-how-the-digital-revolution-can-power-future-growth/> (дата обращения 18.12.2024).

## **СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ YOLOV5 И YOLOV8 ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ НА КАДРАХ ВИДЕОПОСЛЕДВОТЕЛЬНОСТИ**

*Ляшева М. М., Шлеймович М. П.*

*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ»,  
г. Казань, Россия*

На сегодняшний день обеспечение безопасности автомобилей во дворах жилых домов представляет собой серьезную проблему, обусловленную угрозой кражи и актами вандализма. Эффективным решением данной проблемы является решением данной проблемы является круглосуточный мониторинг с помощью систем видеонаблюдения, однако обработка больших объемов видеоданных требует значительных вычислительных ресурсов и времени. Поэтому необходимо внедрять интеллектуальные системы анализа видео, способные к автоматическому обнаружению и распознаванию автомобилей.

Одной из наиболее актуальных и активно исследуемых задач в компьютерном зрении является обнаружение объектов на изображениях. Методы решения данной задачи можно разделить на два класса – традиционные методы классификации объектов, которые опираются на ручное формирование признаков, и методы глубокого обучения, которые предусматривают автоматическое извлечение признаков. По сравнению с традиционными методами классификации объектов, базирующихся на моделях опорных векторов, байесовской классификации, логистической регрессии, деревьев решений и др., методы глубокого обучения, основанные на применении многослойных сверточных нейросетевых моделях YOLO, R-CNN, Fast R-CNN, SSD и др., обладают значительными преимуществами (Рисунок 17) [1-2].

Одним из современных подходов к решению рассматриваемой задачи является применение сверточных

нейронных сетей семейства YOLO (You Only Look Once, что в переводе с английского языка обозначает утверждение «Ты смотришь только раз»). Нейронные сети данного семейства имеют одноэтапную архитектуру, обеспечивающую за один проход предсказание координат ограничивающих рамок и классов объектов на изображении (Рисунок 18).

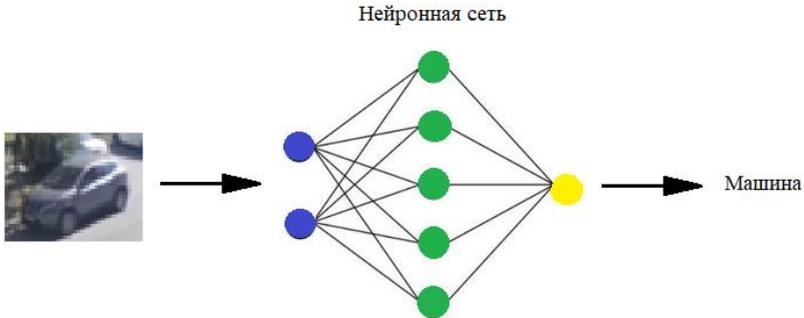


Рисунок 17 – Применение нейронной сети



Рисунок 18 – Результат работы нейронной сети семейства YOLO

Алгоритм обнаружения объектов в нейронной сети семейства YOLO основан на использовании сверточных слоев, позволяющих эффективно извлекать пространственные особенности изображения. Он делит входное изображение на сетку, каждая ячейка которой предсказывает наличие заданных объектов, их координаты и классы (Рисунок 19) [2].

Семейство YOLO включает в себя модели YOLOv2, YOLOv3, YOLOv4, YOLOv5 и др. Каждая новая модель YOLO улучшает алгоритм обнаружения объектов, добавляет новые функции и повышает скорость обработки изображений. Далее будет представлен обзор моделей YOLOv5 и YOLOv8.

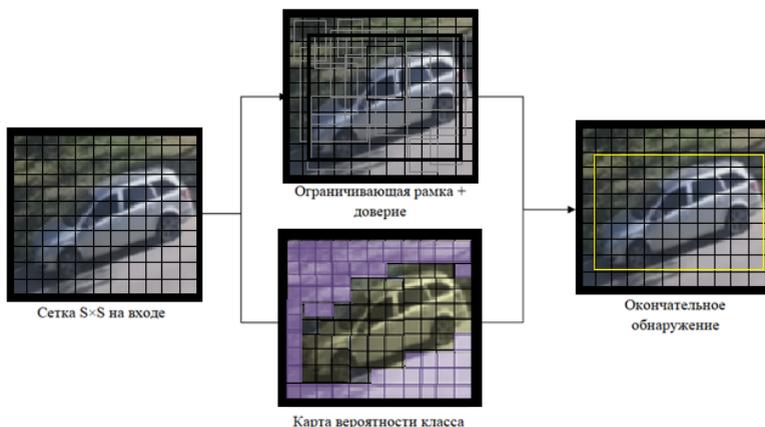


Рисунок 19 – Алгоритм YOLO

YOLOv5 и YOLOv8 представляют собой две эффективные архитектуры, предназначенные для обнаружения объектов в режиме реального времени. Каждая из них обладает своими уникальными характеристиками.

Модель YOLOv5 разработана компанией Ultralytics и является высокоэффективной архитектурой для обнаружения объектов в режиме реального времени. Она реализована с использованием фреймворка PyTorch, который включает в себя динамический вычислительный граф, простую интеграцию с Python и мощные возможности GPU-ускорения [4].

Модель YOLOv8 базируется на оптимизированной архитектуре YOLO-NAS и, по сравнению с моделью YOLOv5, часто демонстрирует более высокую точность в сложных задачах. Однако результаты могут варьироваться в зависимости от конкретного применения [5].

YOLOv5 имеет 4 модификации – модели YOLOv5n, YOLOv5s, YOLOv5m, YOLOv5l, YOLOv5x. Первая модель – самая маленькая и наименее точная, последняя – самая большая и наиболее точная. YOLOv8 также имеет аналогичные модификации – модели YOLOv8n, YOLOv8s, YOLOv8m, YOLOv8l, YOLOv8x.

Для более глубокого понимания и сравнения производительности этих моделей при решении задачи обнаружения автомобилей в системе видеонаблюдения ниже

представлены таблицы (Таблица 2, Таблица 3) и рисунки (Рисунок 20, Рисунок 21) отображающие их ключевые характеристики и результаты тестирования на собранных видеоданных.

Эксперименты по обнаружению автомобилей на кадрах видеопоследовательностей показали, что, несмотря на то, что количество слоев в моделях YOLOv8 меньше, чем в моделях YOLOv5, последние обеспечивают более высокую скорость обработки изображений. Наиболее быстрыми среди моделей YOLOv5 и YOLOv8 являются YOLOv5n и YOLOv8n соответственно. При этом YOLOv5n обеспечивает также и наибольшее значение среднего количества обнаруженных автомобилей на кадрах видеопоследовательности.

Таблица 2 – Ключевые характеристики и результаты тестирования моделей YOLOv5

Модель	Кол-во слоев	Общее время обработки (секунды)	Среднее время обработки (секунды)
YOLOv5n	213	74.12	0.055
YOLOv5s	213	138.25	0.104
YOLOv5m	290	277.57	0.208
YOLOv5l	367	489.94	0.37
YOLOv5x	444	794.6	0.6

Таблица 3 – Ключевые характеристики и результаты тестирования моделей YOLOv8

Модель	Кол-во слоев	Общее время обработки (секунды)	Среднее время обработки (секунды)
YOLOv8n	168	128.32	0.096
YOLOv8s	168	252.62	0.19
YOLOv8m	218	520.65	0.39
YOLOv8l	268	892.43	0.67
YOLOv8x	268	1291.4	0.97

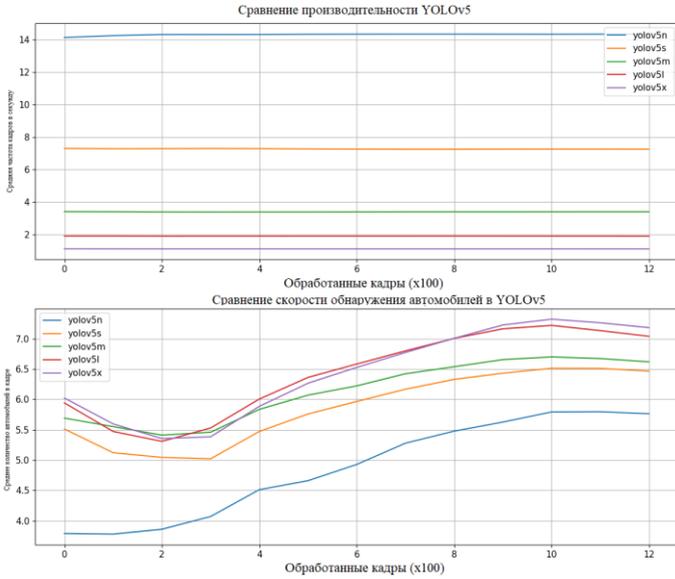


Рисунок 20 – Сравнение производительности моделей YOLOv5

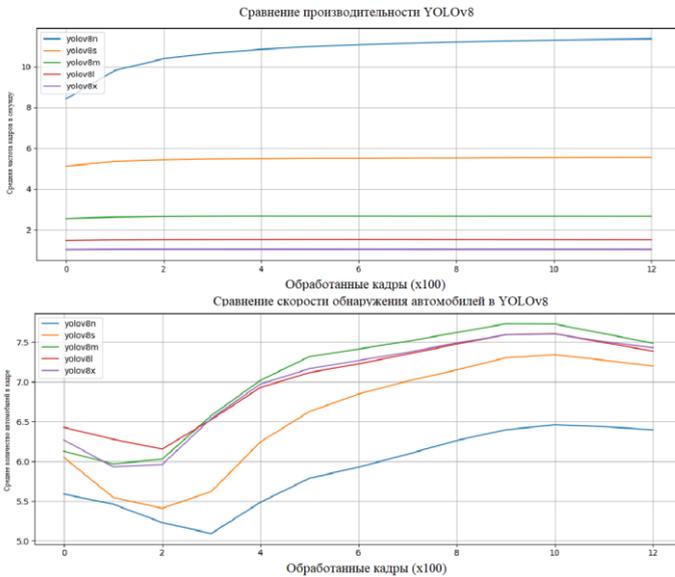


Рисунок 21 – Сравнение производительности моделей YOLOv8

Таким образом, можно заключить, что версия YOLOv5n наиболее подходит для быстрого обнаружения автомобилей при ограниченных вычислительных ресурсах системы видеонаблюдения. Однако необходимо продолжить изучение характеристик рассмотренных моделей для более детального изучения и сравнения с другими моделями.

#### Список источников

1. Дэвис, Р., Терк, М. Компьютерное зрение. Современные методы и перспективы развития / пер. с англ. В. С. Яценкова. – Москва : ДМК Пресс, 2022. – 690 с. : ил.

2. R-CNN, Fast R-CNN, Faster R-CNN, YOLO – Object Detection Algorithms // Medium. – URL: [towardsdatascience.com/r-cnn-fast-r-cnn-faster-r-cnn-yolo-object-detection-algorithms-36d53571365e](https://towardsdatascience.com/r-cnn-fast-r-cnn-faster-r-cnn-yolo-object-detection-algorithms-36d53571365e) (дата обращения: 16.12.2024).

3. Ляшева М.М. Обзор и сравнение моделей YOLOv5 для обнаружения объектов / М.М. Ляшева, М.П. Шлеймович // Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и применения. Материалы нац. (с междунар. участием) науч.-практ. конф. Казань, 2024. С. 901-904.

4. Ultralytics YOLOv5 // Ultralytics URL: <https://docs.ultralytics.com/models/yolov5/> (дата обращения: 16.12.2024).

5. Ultralytics YOLOv8 // Ultralytics URL: <https://docs.ultralytics.com/models/yolov8/> (дата обращения: 16.12.2024).

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СОЗДАНИИ ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

*Малоухов Н.В., Кучер В.П.*

*ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени  
Владимира Даля»  
г. Луганск, ЛНР, Россия*

Технологии числового программного управления помогают создавать сложные детали с высокой точностью, что делает их незаменимыми в таких отраслях, как автомобилестроение, авиакосмическая промышленность и производство электроники. Станки с числовым программным управлением (ЧПУ) играют ключевую роль в современном производстве, обеспечивая высокую точность обработки и автоматизацию производственных процессов. С увеличением сложности деталей и снижением времени на их изготовление, программирование станков с ЧПУ становится все более актуальной задачей. Однако написание программ для таких станков может быть трудоемким и сложным процессом, требующим знания как технологических процессов, так и программирования.

Искусственный интеллект (ИИ) способен существенно улучшить этот процесс. Применение искусственного интеллекта открывает новые горизонты в этой области, делая программирование более эффективным, быстрым и адаптивным.

Рассмотрим основные направления применения искусственного интеллекта в создании программ для ЧПУ.

Автоматизация программирования. ИИ может автоматизировать процесс разработки программ для станков ЧПУ, используя алгоритмы машинного обучения и обработки естественного языка. Например, нейронные сети могут анализировать существующие программы и генерировать новые

на их основе, что существенно сокращает время на написание кода и уменьшает количество ошибок.

Оптимизация параметров обработки. Анализ больших объемов данных, собранных в процессе работы оборудования, позволяет ИИ оптимизировать параметры обработки, такие как скорость подачи, скорость вращения инструмента и глубина резания. Используя алгоритмы, основанные на учении с подкреплением, могут предлагать наилучшие настройки для конкретного материала и технологии обработки, что повышает эффективность и качество.

Предсказание и предотвращение поломок. Системы искусственного интеллекта могут использоваться для предсказательной аналитики, анализируя данные о состоянии станков и выявляя аномалии, которые могут свидетельствовать о возможных поломках. Это позволяет заранее проводить техническое обслуживание, тем самым минимизируя время простоя и сокращая затраты на ремонт.

Интерактивные среды программирования. Интерактивные системы на базе ИИ могут предоставлять пользователям рекомендации и помощь в реальном времени. Например, чат-боты могут отвечать на вопросы программистов, предлагая решения в процессе написания программ, а также помогать новичкам в обучении особенностям работы с ЧПУ.

Преимущества применения ИИ в данной области:

- сокращение времени разработки программ. автоматизация процессов программирования позволяет существенно снизить временные затраты на разработку и тестирование.

- увеличение точности и качества. Системы ИИ способны минимизировать человеческие ошибки и улучшать параметры обработки, что напрямую влияет на качество готовой продукции.

- гибкость и адаптивность. Исходя из изменений в характеристиках материалов или требований к деталям, ИИ может быстро адаптировать процессы и настройки, обеспечивая гибкость производственных процессов.

Вызовы и риски:

- для эффективной работы системам искусственного интеллекта необходимы большие объемы качественных данных, что может представлять трудность для небольших компаний;

- внедрение ИИ в уже существующие производственные системы требует значительных временных и финансовых затрат, а также обучения персонала;

- использование ИИ также поднимает вопросы ответственности и этики, особенно в контексте автоматизированных решений, которые могут повлиять на безопасность.

Применение искусственного интеллекта в создании программ для станков ЧПУ представляет собой обещающее направление, способствующее повышению эффективности, качества и гибкости производственных процессов. Несмотря на существующие вызовы, связанные с интеграцией технологий и необходимостью в обучении специалистов, преимущества, которых можно достичь, существенно перевешивают риски.

Будущее программирования станков ЧПУ, вероятно, будет связано с дальнейшим развитием ИИ, что может значительно улучшить производственные процессы, повысить продуктивность и качество производственных процессов. На фоне современных вызовов в индустрии, искусственный интеллект открывает новые возможности для эволюции технологий производственного процесса.

#### Список источников

1. Бржозовский Б. М., Плотников А. Л. Обеспечение надежности выбора режимов лезвийной обработки для автоматизированного станочного оборудования. Саратов.: изд-во Саратов. ун-та, 2001 г. – 88;

2. Гришин С. А. Применение алгоритмов самообучения к оптимизации процесса резания на примере токарной и сверлильной обработки. Автореф. дис. канд. техн. наук. - Тула, 2000. - 16с;

3. Плотников А. Л., Василенко А. А., Таубе А. О. Пути обеспечения надежности работы многолезвийного режущего инструмента при максимальном использовании его ресурса. Межвуз. сб. науч. тр. / ВолгГТУ. - Волгоград, 2002- С.31-35

## РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УПРАВЛЕНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

*Скопенко Т.А., Сандаков В.Д.*

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический  
университет»,  
г. Казань, Россия*

**Аннотация.** Современная энергетика сталкивается с вызовами, требующими эффективного управления сложными системами. Искусственный интеллект (ИИ) предлагает инновационные решения для автоматизации и оптимизации процессов, позволяя повысить точность прогнозирования, снизить затраты и улучшить качество энергоснабжения. В статье рассматривается роль ИИ в управлении энергетическими системами, примеры успешного применения технологий и их влияние на повышение эффективности и надежности энергоснабжения.

Энергетика представляет собой сложную сеть взаимосвязанных элементов, начиная от генерации энергии до её распределения и потребления. Для обеспечения устойчивого функционирования этой системы требуется эффективное управление ресурсами, которое становится всё более сложным в условиях растущего спроса на энергию и необходимости учитывать экологические факторы. В этом контексте искусственный интеллект (ИИ) выступает важным инструментом, способным существенно изменить подход к управлению энергетическими системами.

Сегодня перед энергетикой стоят серьёзные вызовы, такие как увеличение нагрузки на сети, рост числа потребителей, необходимость интеграции возобновляемых источников энергии и повышение требований к надёжности поставок. Традиционные методы управления уже не могут обеспечить необходимую гибкость и эффективность. Именно поэтому использование ИИ

приобретает особую актуальность. Он способен обрабатывать большие объёмы данных, анализировать сложные процессы и принимать оптимальные решения в режиме реального времени.

ИИ может выполнять множество функций в энергетической отрасли, включая прогнозирование энергопотребления, управление распределением электроэнергии, мониторинг состояния оборудования и многое другое. Рассмотрим несколько ключевых аспектов использования ИИ в этих процессах.

Прогнозирование энергопотребления является одной из важнейших задач в управлении энергосистемами. Точные прогнозы позволяют операторам планировать производство и распределение энергии, минимизировать излишки и дефицит ресурсов. Использование ИИ позволяет значительно повысить точность таких прогнозов за счёт анализа большого количества факторов, таких как погодные условия, временные тренды, праздники и другие события.

Примером успешного применения ИИ в этой области является проект компании Google DeepMind, который позволил сократить энергопотребление дата-центров на 40% благодаря использованию алгоритмов машинного обучения для оптимизации систем охлаждения [1]. Это демонстрирует потенциал ИИ для повышения энергоэффективности и снижения затрат.

Управление распределительными сетями также является важной задачей, особенно в условиях роста числа потребителей и увеличения доли возобновляемых источников энергии. ИИ помогает оптимизировать работу сетей, минимизируя потери энергии и обеспечивая стабильную подачу электричества даже в случае непредвиденных ситуаций.

Компания General Electric разработала систему предиктивного обслуживания, которая использует данные о состоянии оборудования для предсказания возможных поломок и своевременного проведения ремонтных работ [2]. Это позволяет избежать аварийных ситуаций и продлить срок службы оборудования, что положительно сказывается на общей надёжности энергосистемы.

Оптимизация производства энергии включает в себя выбор наиболее эффективных способов генерации, учитывая различные источники энергии, такие как традиционные электростанции, ветряные фермы, солнечные панели и гидроэлектростанции. ИИ может помочь выбрать оптимальный баланс между различными источниками, исходя из текущих потребностей и внешних условий.

Кроме того, ИИ может использоваться для управления производством энергии на основе возобновляемых источников, которые зависят от природных условий. Например, алгоритм может прогнозировать количество солнечной энергии, доступной в течение дня, и корректировать режим работы солнечных панелей для максимальной эффективности.

Использование ИИ в энергетике имеет ряд преимуществ:

1. ИИ способен анализировать огромные массивы данных и выявлять скрытые закономерности, что приводит к более точному прогнозированию энергопотребления и других параметров;
2. Оптимизация процессов с помощью ИИ позволяет экономить ресурсы и снижать эксплуатационные расходы;
3. Более точное управление сетью и оборудованием способствует повышению стабильности и надёжности подачи электроэнергии.

Однако существуют и некоторые ограничения, такие как высокая стоимость внедрения, необходимость подготовки специалистов и риски верификации моделей.

Помимо уже упомянутых примеров от Google DeepMind и General Electric, стоит отметить ещё несколько интересных кейсов:

– Компания Siemens внедрила систему ИИ для мониторинга и диагностики турбин на электростанциях. Эта система способна обнаруживать аномалии в работе оборудования и предупреждать операторов о потенциальных проблемах задолго до их возникновения [3].

– В Китае компания State Grid Corporation of China использовала ИИ для создания интеллектуальной системы управления электросетями, которая позволила снизить потери энергии на 10% и улучшить стабильность работы сети [4].

Эти проекты демонстрируют, что ИИ действительно способен внести значительный вклад в модернизацию энергетической инфраструктуры и улучшение её эффективности.

Таким образом, искусственный интеллект играет ключевую роль в управлении современными энергетическими системами. Его применение позволяет повысить точность прогнозов, снизить затраты, улучшить качество энергоснабжения и минимизировать риски аварийных ситуаций. Однако для полного раскрытия потенциала ИИ необходимо преодолеть существующие барьеры, такие как высокая стоимость внедрения и недостаток квалифицированных специалистов.

Дальнейшее развитие технологий ИИ должно быть направлено на создание более адаптивных и безопасных решений, которые смогут эффективно справляться с возрастающими требованиями к устойчивости и надёжности энергетических систем.

#### Список источников

1. DeepMind AI Reduces Google Data Centre Cooling Bill by 40% [Электронный ресурс] – URL: <https://deepmind.com/blog/article/deepmind-ai-reduces-google-data-centre-cooling-bill-40> (дата обращения: 14.12.2024).

2. Predictive Maintenance at General [Электронный ресурс] – URL: <https://sparrow.dev/predictive-maintenance-at-general-electric/> (дата обращения: 14.12.2024).

3. ИИ и энергетика: ключ к эффективному управлению энергетическими ресурсами [Электронный ресурс] – URL: <https://dzen.ru/a/ZbaJ1ChRLGF8USRS> (дата обращения: 15.12.2024).

4. State Grid Corporation of China, SGCC (Prognoz Platform [Электронный ресурс] – URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82:State\\_Grid\\_Corporation\\_of\\_China%2C\\_SGCC\\_%28Prognoz\\_Platform%29](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82:State_Grid_Corporation_of_China%2C_SGCC_%28Prognoz_Platform%29) (дата обращения: 15.12.2024).

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

*Эберле Э.А., Сандаков В.Д.*

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический  
университет»,  
г. Казань, Россия*

**Аннотация.** В условиях роста энергопотребления и необходимости повышения энергоэффективности использование больших данных становится ключевым инструментом для оптимизации энергозатрат. В данной статье проведен аналитический обзор современных подходов к применению больших данных в энергетике, включая сбор, обработку и анализ данных, а также прогнозирование энергопотребления. Рассматриваются успешные примеры внедрения аналитических платформ и обсуждаются перспективы развития данного направления, включая интеграцию новых технологий.

Энергетика является одной из ключевых отраслей экономики, от которой зависит развитие общества и государства. Оптимизация энергопотребления стала актуальной задачей в связи с ростом населения, индустриализацией и увеличением числа потребителей электроэнергии. Традиционные методы управления энергоресурсами уже не способны обеспечить необходимую гибкость и точность в условиях постоянно меняющихся потребностей рынка. В этом контексте большие данные становятся важным инструментом для повышения энергоэффективности.

Целью настоящей статьи является анализ возможностей использования больших данных для оптимизации энергопотребления. Рассматриваются современные подходы к сбору, обработке и анализу данных, а также методы прогнозирования энергопотребления на основе собранной

информации. Особое внимание уделяется примерам успешного применения технологий и обсуждению перспектив дальнейшего развития данного направления.

Современные подходы к использованию больших данных в энергетике основаны на опыте, накопленном в других отраслях, таких как финансы, здравоохранение и телекоммуникации. Большие данные позволяют собирать информацию о потреблении энергии в реальном времени, анализировать её и принимать обоснованные решения для оптимизации процессов.

Примером успешного применения больших данных в энергетике является проект компании General Electric (GE). GE разработала платформу Predix, которая использует большие данные и аналитику для мониторинга и оптимизации работы промышленных предприятий, включая энергетические объекты. Платформа позволяет предсказывать отказы оборудования, оптимизировать производственные процессы и снижать затраты на эксплуатацию [1].

Другой пример – проект компании Siemens, который включает использование платформы MindSphere для анализа данных с энергетического оборудования. MindSphere позволяет собирать данные с датчиков, установленных на различных объектах, и проводить их анализ в реальном времени. Это помогает оптимизировать энергопотребление и предотвращать аварийные ситуации [2].

Для обработки данных в энергетике используются современные платформы, такие как Hadoop и Apache Spark, которые позволяют работать с большими объемами информации в режиме реального времени. Методы машинного обучения, включая регрессионный анализ и нейронные сети, применяются для выявления закономерностей и прогнозирования энергопотребления. Такие технологии позволяют улучшать планирование энергоресурсов, снижать затраты на производство и минимизировать потери.

Анализ существующих подходов демонстрирует значительный потенциал использования больших данных для оптимизации энергопотребления. Например, в исследовании Mengelkamp et al. [3], посвящённом созданию микрогридов,

отмечается, что микроэнергетические рынки позволяют активно торговать энергией внутри сообщества в реальном времени, способствуя локальному балансу между производством и потреблением энергии. Это приводит к снижению потерь энергии и повышению общей эффективности системы.

Тем не менее развитие данного направления сопровождается определёнными вызовами. Среди них – необходимость обработки огромных объёмов данных, обеспечение кибербезопасности и постоянное обновление моделей прогнозирования. Также стоит учитывать ограниченную доступность необходимых технологий в ряде регионов.

Дальнейшее развитие использования больших данных в энергетике связано с интеграцией таких технологий, как искусственный интеллект и блокчейн. Это позволит повысить точность прогнозирования, улучшить управление энергоресурсами и обеспечить более высокую устойчивость энергетических систем.

Таким образом, применение больших данных в энергетике открывает значительные перспективы для повышения энергоэффективности и оптимизации энергопотребления. Опыт ведущих компаний, таких как GE и Siemens, демонстрирует успешность данного подхода. Дальнейшее развитие технологий и расширение их использования станет ключом к созданию более устойчивых и эффективных систем энергоснабжения, отвечающих современным вызовам.

#### Список источников

1. GE Predix [Электронный ресурс] – URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82:GE\\_Predix](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82:GE_Predix) (дата обращения: 14.12.2024).

2. Siemens MindSphere: цифровая платформа для промышленности [Электронный ресурс] – URL: <https://www.blog.8m.by/siemens-mindsphere-cifrovaja-platforma-dlja-promyshlennosti/> (дата обращения: 15.12.2024).

3. Mengelkamp E., Gärttner J., Rock K., Kessler S., Orsini L., Weinhardt C. Designing microgrid energy markets: A case study: The Brooklyn Microgrid. Applied Energy. 2018, Vol. 210, pp. 870–880.

**УДК 620.92**

## **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

*Интинтиева Д.Р., Сандаков В.Д.*

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический  
университет»,  
г. Казань, Россия*

В условиях глобального изменения климата и истощения природных ресурсов вопрос энергосбережения становится особенно актуальным. Энергоэффективность и энергосберегающие технологии представляют собой ключевые инструменты для снижения потребления энергии, уменьшения выбросов углекислого газа и повышения устойчивости экономики. В данной статье мы рассмотрим основные аспекты энергосбережения, его значимость, а также современные технологии, способствующие повышению энергоэффективности.

Энергосбережение — это процесс, направленный на снижение потребления энергии без ущерба для комфорта и качества жизни. Это может быть достигнуто за счет оптимизации процессов, внедрения новых технологий и изменения поведения потребителей. Энергоэффективность, в свою очередь, подразумевает использование меньшего количества энергии для выполнения тех же задач. Например, замена обычных ламп на светодиодные позволяет значительно сократить потребление электроэнергии при сохранении уровня освещения [1].

Энергоэффективные технологии позволяют сократить затраты на энергоресурсы. Это особенно важно для промышленных предприятий, где энергозатраты могут составлять

значительную часть общих расходов. Внедрение энергосберегающих решений может привести к снижению операционных затрат и повышению конкурентоспособности.

Снижение потребления энергии напрямую связано с уменьшением выбросов парниковых газов. Переход на возобновляемые источники энергии и использование энергосберегающих технологий способствует улучшению качества воздуха и снижению негативного воздействия на окружающую среду [2].

Рассмотрим современные энергосберегающие технологии:

#### 1. Умные системы управления

Умные системы управления, такие как интеллектуальные термостаты и системы автоматизации зданий, позволяют оптимизировать потребление энергии. Они могут адаптироваться к поведению пользователей, автоматически регулировать температуру, освещение и другие параметры, что приводит к значительному снижению энергозатрат.

#### 2. Энергоэффективные приборы

Современные бытовые и промышленные приборы, сертифицированные по стандартам энергоэффективности, потребляют значительно меньше энергии по сравнению с устаревшими моделями. Например, холодильники, стиральные машины и кондиционеры нового поколения могут сократить потребление энергии на 30-50%.

#### 3. Возобновляемые источники энергии

Солнечные панели, ветряные турбины и другие возобновляемые источники энергии становятся все более доступными и эффективными. Их использование позволяет не только сократить потребление ископаемых видов топлива, но и снизить затраты на электроэнергию. Интеграция возобновляемых источников в энергосистему способствует созданию устойчивой и экологически чистой энергетической инфраструктуры.

#### 4. Изоляционные материалы

Современные изоляционные материалы, такие как пенополиуретан и стекловата, значительно улучшают теплоизоляцию зданий. Это позволяет сократить потребление

энергии на отопление и кондиционирование, что особенно важно в регионах с экстремальными климатическими условиями.

#### 5. Энергосберегающие технологии в промышленности

Внедрение энергосберегающих технологий в производственные процессы, таких как рекуперация тепла и использование высокоэффективных насосов и компрессоров, позволяет значительно снизить энергозатраты. Применение таких технологий не только экономит ресурсы, но и повышает производительность [3].

Многие страны и компании уже внедрили энергосберегающие технологии с положительными результатами. Например, в Германии программа "Энергоэффективность 2050" направлена на снижение потребления энергии на 50% к 2050 году. В рамках этой программы активно развиваются возобновляемые источники энергии и внедряются умные технологии управления.

В России также наблюдается рост интереса к энергосбережению. Программы по модернизации жилых и коммерческих зданий, а также внедрение энергосберегающих технологий в промышленности становятся все более популярными. Это позволяет не только сократить затраты, но и улучшить качество жизни граждан [4].

Энергоэффективность и энергосберегающие технологии играют ключевую роль в современном мире. Они способствуют экономии ресурсов, улучшению экологической ситуации и повышению энергетической безопасности. Внедрение новых технологий и изменение подходов к потреблению энергии — это не только необходимость, но и возможность для создания устойчивого будущего. Каждый из нас может внести свой вклад в энергосбережение, начиная с простых шагов, таких как использование энергосберегающих ламп и приборов, и заканчивая более сложными решениями, такими как установка солнечных панелей [5]. Энергосбережение — это путь к более эффективному и устойчивому миру.

#### Список литературы

1. Сумзина Л.В., Максимов А.В., Литвиненко А.А. Анализ распределения энергетических ресурсов предприятия сервиса. Вюник Хмельницького національного ушверситету, №3, 2023.

4. Key world energy statistics International Energy Agency, 2021, - 82 p.

3. Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the Energy Performance of Buildings // Official Journal. 04.01.2003. P. 65-70. (Директива 2002/91/ЕС по энергетической эффективности зданий // АВОК. 2003. № 1).

4. Сибикин Ю. Д. Технология энергосбережения. Учебное пособие. М.: Форум, 2021, 348 с.

5. Иванов В.А., Шагунов Д.В., Байкин С.Д. Модернизация оборудования сервиса как способ расширения его технологических возможностей/Электротехнические и информационные комплексы и системы № 2, т. 8, 2022 г. С.2-8

УДК 621-313.3

## **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ**

*Саляхутдинова А.Н., Валиуллина Д.М.*

*Казанский государственный энергетический университет,  
г. Казань, Россия*

**Аннотация.** В статье рассматривается концепция надёжности электроэнергетических систем. Причины потерь в распределительных сетях. Факторы, влияющие на надёжность распределительных сетей. Способы повышения надёжности распределительных сетей. Описываются подходы к оптимизации работы распределительных сетей 6–35 кВ. Более подробно возможности улучшения надёжности электроснабжения потребителей и оценка эффективности реализации соответствующих мер демонстрируются на примере Нижегородской сетевой организации. В заключении представлены современные способы повышения надёжности распределительных сетей.

**Ключевые слова:** надежность, распределительные сети, эффективность, коммутационный аппарат, выключатели, аварийный режим

В условиях современности надежность электроснабжения является основополагающим фактором для обеспечения стабильной работы промышленных предприятий, жилых комплексов и других объектов. Распределительные сети служат основой для передачи электроэнергии от источников к потребителям, что делает их надежность ключевым аспектом, влияющим на качество и эффективность функционирования всей системы. В данной статье будут рассмотрены теоретические принципы повышения надежности распределительных сетей.

В условиях современности надежность электроснабжения является основополагающим фактором для обеспечения стабильной работы промышленных предприятий, жилых комплексов и других объектов. Распределительные сети служат основой для передачи электроэнергии от источников к потребителям, что делает их надежность ключевым аспектом, влияющим на качество и эффективность функционирования всей системы. В данной статье будут рассмотрены теоретические принципы повышения надежности распределительных сетей. [1].

Причины потерь в распределительных сетях включают:

1. Технологические факторы:

- нагрузочные потери в линиях электропередач, оборудовании и элементах сетей, зависящие от суммарной нагрузки;
- потери в линиях электропередач, связанные с силой тока и принципом повышения напряжения для уменьшения тока;
- климатические условия, влияющие на величину тока утечки в изоляторах и возникновение коронных разрядов.

1. Расходы на эксплуатацию вспомогательного оборудования и обеспечение условий для работы технического персонала.

2. Коммерческая составляющая:

- погрешности приборов учёта и другие факторы, вызывающие недоучёт электроэнергии [2].

Рассмотрим факторы, влияющие на надёжность распределительных сетей. На надёжность распределительных сетей влияют различные факторы, которые можно разделить на две основные группы: внутренние и внешние. Внутренние факторы связаны с характеристиками и состоянием элементов сети (проводов, кабелей, трансформаторов, коммутационных аппаратов и т. д.), а внешние факторы обусловлены воздействием окружающей среды и условиями эксплуатации сети.

Для повышения надёжности распределительных сетей используются различные методы и технологии. Вот некоторые из них:

Применение современных материалов и технологий при строительстве и реконструкции сетей. Использование высококачественных проводов, кабелей, изоляторов и других компонентов позволяет повысить надёжность и продлить срок службы сети.

Внедрение автоматизированных систем управления и мониторинга. Такие системы позволяют оперативно выявлять и устранять повреждения, контролировать параметры качества электроэнергии и оптимизировать режимы работы сети [3].

Применение резервирования и альтернативных источников питания. Резервирование позволяет обеспечить непрерывное электроснабжение потребителей даже при выходе из строя одного из элементов сети. Альтернативные источники питания, такие как солнечные панели или ветрогенераторы, могут использоваться для снижения зависимости от централизованных энергосистем [4].

Изучим один из методов повышения надёжности распределительных сетей, основываясь на примере Нижегородской сетевой организации ТСО-1. Наиболее распространённой причиной отказов является отключение линий электропередач, что составляет около 58% всех аварийных ситуаций. Кроме того, около 23% случаев связано с неисправностями трансформаторов и выходом из строя коммутационного оборудования. Коммутационное оборудование в ТСО-1 включает в себя выключатели низкого давления масла устаревшей модели ВМП-10, которые являются причиной наибольшего количества отказов. Обеспечение бесперебойной работы этих выключателей значительно повысит эффективность

функционирования системы, приведет к экономии средств и существенно уменьшит потери электроэнергии. Известно, что при неисправности выключателя риск потери электроэнергии возрастает до 10%. Рекомендуется не продлевать эксплуатацию данных выключателей более чем на 20 лет и заменить их на современные вакуумные аналоги. Таким образом, замена устаревших выключателей на современные устройства окажет положительное влияние на эффективность и надежность работы подстанции. [5].

Также один из наиболее активно используемых способов повышения надежности работы электрических систем – это реклоузеры. Польза реклоузеров заключается в следующем:

1. Реклоузеры обеспечивают автоматическое разграничение участков электрической сети среднего напряжения, предотвращая возникновение аварийных ситуаций.

2. Реклоузерные устройства защищают срабатывающие элементы сетевых защит при коротких замыканиях, сокращая объемы выездов на месте послеаварийного ремонта и обслуживания линий электропередачи.

3. Используются для дистанционного контроля параметров электроэнергии (качество, потребление), подключения систем автоматического ввода резервных источников питания и АВР.

4. Упрощают локализацию повреждений на воздушных линиях электропередачи, позволяя проводить как местное, так и удаленное управление конфигурацией электросетевых узлов.

5. Применение реклоузеров способствует эффективному плавлению ледяного покрова на проводах линий, повышая общую надежность электроснабжения и снижая затраты на техническое обслуживание сети.

Что касается оптимизации доставки электроэнергии до потребителей в зарубежных странах, то вопрос решается достаточно эффективно, включая в себя технологии аккумулирования электроэнергии, сверхпроводимости, токоограничивающие устройства, цифровые подстанции, передачу энергии постоянным током и управляемые электропередачи переменного тока. В будущем управляемость сетей будет развиваться в направлениях оптимизации

распределения потоков мощности, противоаварийных мероприятий и обеспечения высокого качества электроэнергетики.

На протяжении последних двух десятилетий острое недофинансирование электросетевой инфраструктуры привело к глубокому физическому и технологическому устареванию её компонентов. Доля распределительных сетей, исчерпавших свой ресурс по нормативу превысила 50%, причем для 7% из них степень износа уже вдвое превышает установленные нормы. Совокупный показатель амортизации распределительных систем достигает критической отметки в 70%. Магистральные сети ОАО «ФСК ЕЭС», хоть и находятся в чуть лучшем состоянии, также демонстрируют износ на уровне 50%.

В сравнении с ведущими мировыми державами ситуация российского электросетевого хозяйства выглядит крайне неблагоприятной: там показатели амортизации варьируются от 27% до 44%. При этом внедрение современного оборудования, обеспечивающего повышенную надёжность и снижающего операционные затраты, остаётся на низком уровне в российских электросетевых компаниях.

Теоретические основы повышения надёжности распределительных сетей включают изучение факторов, влияющих на надёжность, и применение различных методов и технологий для её повышения. Реализация этих принципов позволит обеспечить стабильное и качественное электроснабжение потребителей, снизить риски аварийных ситуаций и повысить эффективность работы всей системы [6].

#### **Список использованных источников**

1. Гук Ю. Б. Теория надёжности в электроэнергетике: Учеб. пособие для ВУЗов. – Л.: Энергоатомиздат, 1990-208 с.
2. Воротницкий В. Э., Заслонов С. В., Калинин М. А. Расчет, нормирование и снижение потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям. М. : ВНИИЭ, 2006.
3. Жежеленко И. В., Саенко Ю. Л. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях. М. : Энергоатомиздат, 2000.

4. Кавченков В.П. Вероятностные, статистические модели и оценка надежности энергетических систем. Изд. «Универсум», Смоленск, 2002.

5. Прусс В.Л., Тисленко В.В. Повышение надежности сельских электрических сетей. - Л: Энергоатомиздат, 1989. 5. Будзко И.А., Лещинская Т.Б. Электроснабжение сельского хозяйства. – М.: Колос, 2000.

6. Guan F. H., Zhao D. M., Zhang X., Shan B. T., Liu Z. Research on Distributed Generation Technologies and its impacts on Power System – Conference Proceedings DRPT. China, 2008.

**УДК 004.45**

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ ЁМКОСТИ КОНДЕНСАТОРА**

*Духанин М. А., Никитин Б. Е.*

*ФГБОУ ВО "Воронежский государственный  
университет инженерных технологий",  
г. Воронеж, Россия*

Современное производство электронных компонентов, таких как конденсаторы, требует высокой точности и скорости контроля их параметров. Одним из ключевых этапов в процессе изготовления и тестирования конденсаторов является измерение их ёмкости. Традиционно эта задача выполняется вручную, что, несмотря на свою надёжность, имеет существенные недостатки, особенно в условиях массового производства. Ручные измерения не только замедляют темпы выпуска продукции, но и подвержены человеческим ошибкам, что может привести к снижению качества конечных изделий. В связи с этим актуальной задачей становится внедрение автоматизированных систем, способных обеспечить быстрое и точное измерение ёмкости конденсаторов. Программно-аппаратный измерительный комплекс (ПАИК) представляет собой современное решение, которое позволяет автоматизировать

процесс контроля параметров компонентов, минимизировать влияние человеческого фактора и значительно ускорить производственные процессы.

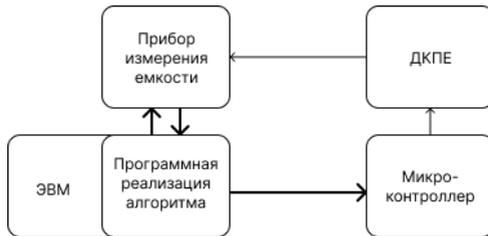


Рис.1 Схема ПАИК

Ручное измерение емкостей конденсаторов влияет не только на темпы производства, но и на возможные дополнительные ошибки – человеческий фактор. Во избежание этих ошибок рекомендуется использовать ПАИК, принципиальная схема которого представлена на рисунке 1. ПАИК состоит из:

- прибора для измерения емкости конденсаторов, поддерживающий протокол VISA;
- дискретного конденсатора переменной емкости (ДКПЕ);
- микроконтроллера, с помощью которого осуществляется подключение и отключения конденсаторов в цепи;
- программной реализации алгоритма;
- ЭВМ.

Дискретный конденсатор переменной ёмкости в отличие от конденсатора переменной ёмкости имеет следующие особенности:

- значение емкости меняется с определенным шагом, а не непрерывно;
- это количество шагов определяется количеством конденсаторов и способов их подключения;
- управление осуществляется цифровыми сигналами, что делает их совместимыми с микроконтроллерами и цифровыми схемами управления;
- обеспечивает более широкий диапазон изменения емкости;

- обеспечивает более высокую точность и стабильность емкости.

Рассмотрим алгоритм измерения емкости ДКПЕ (рис. 2). Перед измерениями прибор подключается к ЭВМ и затем калибруется средствами VISA. После чего ЭВМ сообщает микроконтроллеру инструкции для подключения или отключения конкретных конденсаторов в цепи. Данная операция проводится до того момента, пока прибор не произведет все измерения и не отправит их на ЭВМ.

ДКПЕ, рассматриваемый в данной работе, является 12-разрядным, т. е. каждый разряд отвечает за конкретную связку «ключ-конденсатор». Данная логика заложена в микроконтроллере. Например, чтобы включить в цепь 3-й конденсатор нужно возвести 3-й разряд в единицу «0010 0000 0000».

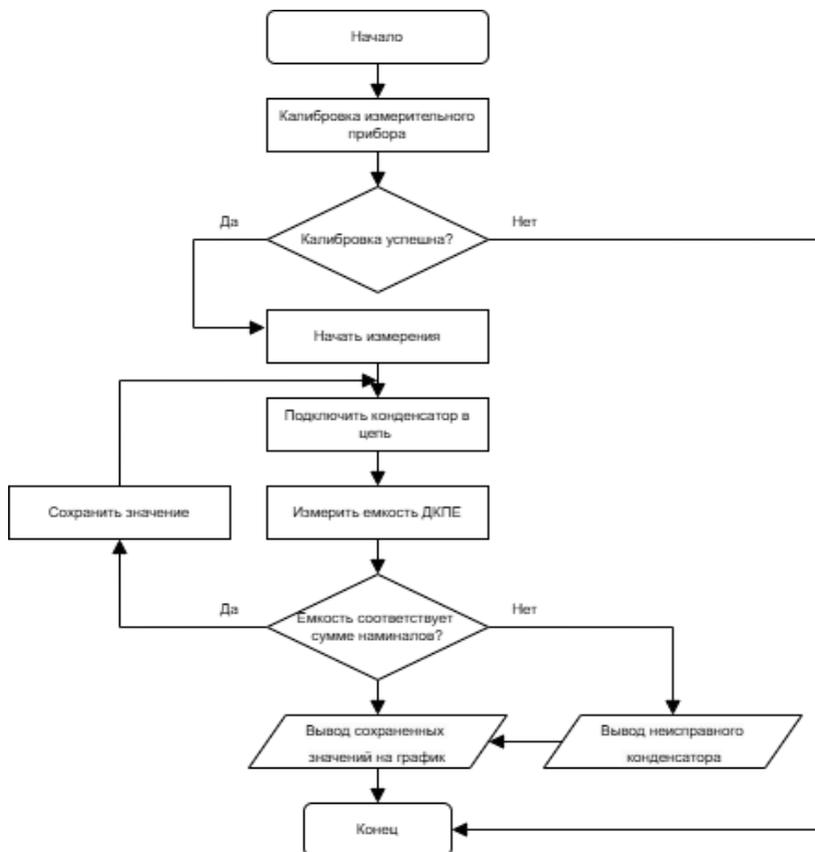


Рис.2 Алгоритм измерения емкости ДКПЕ

Для того, чтобы убедиться в исправности всех элементов ДКПЕ, необходимо измерить его емкость. При поочередном подключении ключами отдельных конденсаторов в цепь, необходимо, чтобы сумма их номиналов соответствовала реальным измерениям с учетом погрешности, иначе делается вывод о неисправности связки «ключ-конденсатор».

По результатам измерения, в алгоритме реализуется построение зависимости емкости (пФ) относительно разряда ДКПЕ (рис.3).

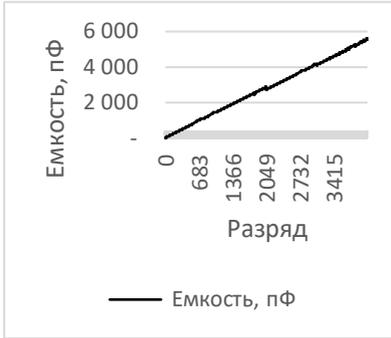


Рис.3 График измерений

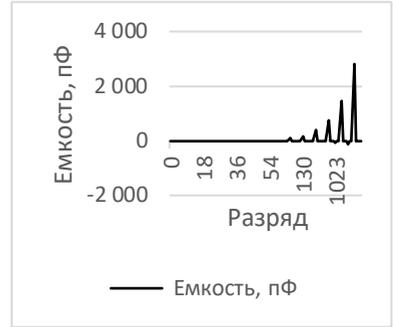


Рис.4 График измерений с прореженными значениями.

В ходе выполнения работы было выяснено, что для корректных измерений ДКПЕ достаточно провести измерение на отдельных интервалах диапазона, формирующегося разрядами ДКПЕ. Следовательно, не обязательно проводить измерения по всему диапазону.

Эти интервалы характеризуются следующим образом: начальным выбирается значение, индекс которого ниже индекса центрального на 4-е позиции; центральным - такое значение, которое является степенью двойки; конечным выбирается значение, индекс которого выше индекса центрального на 2-е позиции.

По результатам измерений, в оптимизированном алгоритме реализуется построение графика с прореженными значениями (рис.4). На данном графике можно заметить перепады емкостей, при переходе с младшего на старший разряд ДКПЕ. Корректностью измерений, является отрицательное значение емкости при переходе.

Таким образом, использование ПАИК в производстве конденсаторов не только повышает эффективность контроля качества, но и обеспечивает возможность интеграции в более сложные системы управления производством. Это позволяет собирать и анализировать данные в реальном времени, что

способствует оптимизации технологических процессов и снижению издержек.

**УДК 004.4**

## **NETWORK SECURITY THREATS**

*Ивлиев М.Н., Гафур З.А.С.*

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»,  
г. Воронеж, Россия

Establishing and testing the security is the next step after building a network. Securing a network implies protecting it from unwanted attacks that could potentially bring down the whole network. There are a number of ways that an intruder could employ from inside of the network or from outside the network. Applying the skills and knowledge that an intruder has can enable him to infect the computers with data or programs, causing an immediate network outage or can enable him to steal sensitive data like bank transactions etc.



An intruder can attacking a network either then there is no network security, or poor performance of the network security methods deployed. An intruder and a network administrator positions and reasons quite the opposite to each other. The task of an intruder is to find his way into the network and carry out some malicious activity, whereas the task of the network administrator is to protect the network from such incidents. An administrator sometimes lags behind in this area because an administrator has only learnt about the ways to stopping such attacks, but never learnt about how these attacks are performed. A good network administrator must think from the hackers perspective, i.e. break into his own network and, at the same time, find ways mitigating them.

The terms «hacker» and «attacker» are used interchangeably. The more sophisticated term used for these attackers are «hackers» and there are categories of hackers who perform their attack for a specific purpose. United States FBI/CSI refers these attackers as criminal because they are involved in, small to big, attacks and can cause trust exploitation, information stealing or helping other source by some illegal mean which other criminals do without computer. According to CSI surveys, the following facts were obtained.

Recently virus attacks were radically increasing and constituted the second most dangerous attack after financial fraud.

The most successful and powerful attack is performed from inside the network. In many situations, a network administrator trusts all his internal users and never suspects any attack from their side. However, thinking from the other side, no one can be totally trusted.

It is always an investment to develop and maintaining a policy for securing the network. Depending on how the network has been built, an administrator has to monitor and check what areas could be infected. It could take some time to find loopholes in the network that may lead to it being compromised. However once found, a policy can be made and the network security implemented. On the contrary to secure a network, it is easy to just build a network and leave it unsecure. At the beginning, it is thus easy but when the network already has been compromised by internal or external threats, then the network administrator instead gets a very high work overhead as compared to if choosing to deploying security up front. Before an administrator takes something into consideration, it is important for him to know the threat and their severity levels.

The main goal of network security is confidentiality, integrity and availability.

#### *Next Generation Intrusion Detection System.*

The McAfee network protection solution promotes the next generation intrusion detection system (IDS). At the time when it was developed, there was a vital need to provide some realtime network protection that could detect and report unwanted traffic immediately without the major concern of an administrator. Though they did address them a jorsections of the problem but with the time they seem insufficient keeping in mind the pace with which networks are changing. With IDS, the approach is to detect any security flaw rather than preventing it. Hence, the network always faced the threat of a possible attack. They wanted to improve an IDS approach towards the more advanced one, which has the ability to not only detect threats, but also to stop them.

#### *Security implication of IPv6.*

With the development of IPv6 many weaknesses and problems that IPv4 had are addressed. IPv4 explicitly uses ESP or AH protocol to encrypt the data but now, with the enormously large address field of IPv6, the security mechanism is built into the header of IPv6. In the explanation of IPv6 security features, the author states that an intruder will face difficulty that an intruder will face difficulty during the backdoor, or sniffing, attack with IPV6

*Network security based on system dynamics.*

Four Chinese students performed a simulation based on the behaviour of worm attacks based on system dynamics. The worms produced an arbitrary code inside the memory and, with the passage of time, it started to corrupt the local file system. In this project, these students simulated a worm attack on the basis of its system dynamics, and they also described the worm features. The approach of this project was to extend the network security from malicious software.

*Application of grey relation in analyzing network security events.*

Network attacks can also be engineered on the basis of events. In this project, the author sorted and labelled attacks on the basis of severity level and then generated reports on the basis of different severity levels. The authors approach was to design a system that could guide security management, prevent the threats, block and reduce risks. The author performed a series of case studies predominantly to analyze network security.

*Evaluation of security risks associated with networked information systems.*

We performed a risk analysis associated with growing internet usage inside a company. A literature review and a case study were conducted on B2B application implemented in a large Japanese electronics firm based in Australia. The authors gathered security threat information that seamlessly hits the host or network infrastructure due to the network administrators update latest software patches. The project concluded with the security evaluation framework that will help to get acceptable results in real applications without too much concern from a security expert.

*Layered approach to computer network security.*

The project work is solely dedicated to addressing the problem found at different layer of OSI reference model.

## OSI Layer

		Device	PDU	Layers	Layer No	Implementation & Protocols	Application Examples
Host Layer	Encapsulation	Firewall	data	Application 	7	DHCP, DNS, FTP, HTTP, IMAP4, NNTP, POP3, SMTP, SNMP, SSH, TELNET & NTP	<b>End User Layer: Program that opens what was sent or creates what to be sent</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Resource sharing</li> <li>Remote file access</li> <li>Remote Printer Access</li> <li>Directory Services</li> <li>Network Management</li> </ul>
		Firewall	data	Presentation 	6	SSL, WEP, WPA, Kerberos, MIME & XDR	<b>Syntax layer: encrypt &amp; decrypt (if required)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Character Code Translation</li> <li>Data conversion</li> <li>Data Compression</li> <li>Data encryption</li> <li>Character set Translation</li> </ul>
		Firewall	data	Session 	5	Dialog control   Named pipe   NetBIOS   SAP   PPP   RTP   SOCKS   SPDY   TLS/SSL	<b>Synch &amp; send to ports (Interhost communication)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Session establishment, maintenance and termination</li> <li>Session support</li> <li>perform security, name recognition, logging, etc</li> </ul>
Media Layer	Decapsulation	Gateway	segments	Transport 	4	TCP, UDP, SCTP, DCCP & SPX	<b>TCP Must to Host, Flow control (logical ports)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Message segmentation</li> <li>Message acknowledgment</li> <li>Message traffic control</li> <li>Session multiplexing</li> </ul>
		Router (IP/VPN/ICMP)	packet	Network 	3	IPv4, IPv6, IPX, Apple Talk, OSPF, ICMP,IGMP, and ARPMP	<b>Packets ("letter", contains IP address)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Routing</li> <li>Subnet traffic control</li> <li>Frame fragmentation</li> <li>Logical-physical address mapping</li> <li>Subnet usage accounting</li> </ul>
		Switch, Bridge & WAP PPP/SDP	frame	Data link 	2	802.11 (WLAN), Wi-Fi, WiMAX, ATM, Ethernet, Token Ring, Frame Relay, PPP, L2TP and ISDN-ore	<b>Frames ("envelopes" contain MAC address)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>NIC card ————— NIC card (and to end)</li> <li>Establishment &amp; terminates the logical link between nodes</li> <li>Frame traffic control</li> <li>Frame sequencing</li> <li>Frame acknowledgement</li> <li>Frame delimiting</li> <li>Frame error checking</li> <li>Media access control</li> </ul>
		Hubs, Repeater	bits	Physical 	1	Hubs, Repeaters, Cables, Optical Fiber, SONET/SDH, Coaxial Cable, Twisted Pair Cable and Connectors	<b>Physical structure Cables, hubs, etc</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Data encoding</li> <li>Physical medium attachment</li> <li>Transmission technique</li> <li>Baseband vs Broadband</li> <li>Physical medium transmission (bits &amp; bytes)</li> </ul>

Source : david@madblogspot.in

The authors detailed the security aspects and threat related to link layer, and touched the surface of network and transport layer. The authors searched the insider details that rises from the internet usage and also addressed the problems found in internet protocol stack.

## LITERATURE

1. Mishra, Sh. Cyber-security threats and vulnerabilities in 4G/5G network enabled systems / Sh. Mishra // International Journal of Computational Science and Engineering. – 2022. – Vol. 25, No. 5. – P. 548. – DOI 10.1504/ijcse.2022.126259.
2. M. Domínguez-Dorado, J. Calle-Cancho, J. Galeano-Brajones [et al.], Detection and Mitigation of Security Threats Using Virtualized Network Functions in Software-Defined Networks // Applied Sciences (Switzerland). – 2024. – Vol. 14, No. 1. – P. 374. – DOI 10.3390/app14010374
3. G. V. Abramov, A. E. Emelyanov, M. N. Ivliev, Research of Network Control Systems with Competing Access to the Transfer Channel // Advances in Computer and Information Sciences and Engineering, Bridgeport, CT, 03–12 декабря 2007 года. – Bridgeport, CT, 2008. – P. 178-183.
4. Arina, A. Network Security Threats to Higher Education Institutions / A. Arina // Central and Eastern European eDem and eGov Days. – 2022. – Vol. 341. – P. 323-333. – DOI 10.24989/ocg.v341.24.

## МОДУЛЬ ВЕДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛИСТКОВ НЕТРУДОСПОСОБНОСТИ

*Бородина Е.А.*

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»,  
г.Воронеж, Россия

Важным изменением в законодательстве в области оформления больничных листов является новый формат их ведения. С 1 января 2022 года листки нетрудоспособности оформляются только в электронном виде, где в обязанность работника уже не входит предоставление информации о больничном работодателю. Все необходимые сведения уже есть в электронном реестре. По новым правилам основным звеном является фонд социального страхования (ФСС) и ее информационная система «Соцстрах». При оформлении больничного листа врач выписывает документ в электронном виде, отправляя данные в электронный реестр ФСС, и сообщает работнику только номер электронного листка нетрудоспособности (ЭЛН). В свою очередь «Соцстрах» запрашивает сведения о заболевшем и его работодателе в пенсионном фонде российской федерации. После этого заполняют бланки со сведениями для расчета пособия и направляют работодателю. Бухгалтерия работодателя корректирует и отправляет обратно в ФСС данные. Фонд социального страхования проверяет на достоверность и полноту сведения и после успешной проверки начисляет работнику выплату.

Программный модуль разработан с использованием языка программирования 1С. Если документ был ранее открыт в другой медицинской организации, тогда можно получить уже существующие данные из ФСС. Для этого нужно указать корректный номер листка и СНИЛС пациента. После этого

выбираем команду «Получить данные ЛН из ФСС». Форма документа с заполненными данными представлена на рисунке 1.

Листок нетрудоспособности (создание) \*

Статус: **Черновик** | Получить номер ЛН | Получить данные ЛН из ФСС | Завершить | Электронный

Основная информация

Номер листка: 999-459-689125 | Запланированный ЛН: [dropdown]

Номер производящего ЛН: [input] | Производящий ЛН первичный | Производящий ЛН из другого ЛПУ

Номер листа основного МР: [input] | Основой для совместительства

Застрахованный

Фамилия: [input] | Имя: [input] | Отчество: [input] | Тест

Пол: Мужской | Женский | Дата рождения: 16.01.1969 | СНИЛС: 108-547-866 23

Работа: [input] | На учете в органах занятости

Место работы: [input] | Основное | По совместительству

Причина нетрудоспособности: [input] | код: [input] | изм.: [input] | Назначение: [input]

Датум по МСБ: [input] | Первичный: [input] | Креденциальный адрес: [input]

Номер застрахованного ЛН: [input] | ОГРН: [input]

Дата выдачи: [input]

Рисунок 1– Форма документа с первичными данными

Для отправки заполненных данных нужно нажать на «Отправить данные ЛН в ФСС», статус документа изменится на «Отправлено в ФСС» (рис. 2).

Листок нетрудоспособности 000000094 от 18.01.2023 10:24:09 \*

Статус: **Отправлено в ФСС** | Отправить данные ЛН в ФСС | Проверка | Тест ЛН | Справка

Основная информация

Номер: 000-000-776-163 | Запланированный ЛН: [dropdown]

Утверждающий ЛН: [input] | Производящий ЛН первичный | Производящий ЛН из другого ЛПУ

Номер листа основного МР: [input] | Основой для совместительства

Застрахованный

Фамилия: [input] | Имя: [input] | Отчество: [input] | Тест

Пол: Мужской | Женский | Дата рождения: 03.21.2085 | СНИЛС: 108-564-217 00

Причина нетрудоспособности: 01 | код: [input] | изм.: [input] | Назначение: ООО М11 "Электр-"

Датум по МСБ: 18.01 | Первичный: [input] | Креденциальный адрес: КПП ООО "Телекомсервис Юр." - Волжский филиал, ул. Большая Мок.

Номер застрахованного ЛН: [input] | ОГРН: 100-530283376

Дата выдачи: 11.01.2023 | Макс. срок выдачи: 00001111111111111111

Обслуживание по работе: [input] | Справочник | Увед. за расписанием | Плановые сроки обслуживания: Сбита ИСЗ | Закрытие

Планируемый отпуск: [input]

С: 11.01.2023 | По: 12.01.2023 | Имя: Давыдов | Отчество: Олександрович | Подать заявку | Даты: [input] | Длительность: 17 Д 0 Ч 00

С: 12.01.2023 | По: 14.01.2023 | Имя: Давыдов | Отчество: Олександрович | Подать заявку | Даты: [input] | Длительность: 21 Д 0 Ч 00

Рисунок 2– Форма документа с заполненными данными

Пред отправкой в ФСС необходимо подписать документ электронной подписью. Для этого в справочнике «Специалисты» заранее указываем сертификат, после этого в «форме ввода пароля подписи данных ФСС» заполняем пароль. Форма показана на рисунке 3.

Рисунок 3– Форма ввода пароля подписи данных ФСС

Для отмены существующего листка в ФСС есть 2 причины: отмена оформления или выдан дубликат. Данные варианты выведены в отдельную форму «форма причины отмены» представленная на рисунке 4.

Рисунок 4 – Форма причины отмены

Разработанный программный модуль позволит: уменьшить фактическое время приема, затраченное специалистом при оформлении больничного листа; ликвидировать частые ошибки при ручном переносе данных из АРМ ЛПУ; эффективно отслеживать статистику по пациентам [1-5].

#### Список литературы

1. Об адаптации метода конечных элементов для математической модели шестого порядка / А.Д. Баев, Е.А. Бородина, Ф.В. Голованева, С.А. Шабров // Вестник ВГУ. Серия : Физика. Математика.- 2018.-№3.- С. 77-90..

2. Достаточные условия разрешимости граничной задачи шестого порядка с негладкими решениями сильной нелинейностью/ А.В.Елфимова, М.А. Симонова, М.Б. Давыдова, Е.А. Бородина // Современные методы теории краевых задач. Материалы Международной конференции, посвященной 90-летию В.А.Ильина.- 2018.- С. 90-91.

3. Об одной граничной задаче шестого порядка с сильной нелинейностью / Е.А. Бородина., Ф.В. Голованева, С.А. Шабров // Вестник ВГУ. Серия : Физика. Математика .-2019.-№2. - С. 65-69.

4. [Об адаптации метода конечных элементов для математической модели шестого порядка /Баев А.Д., Бородина Е.А., Голованева Ф.В., Шабров С.А.//Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Физика. Математика. - 2018.- № 3.- С. 77-90.](#)

5. [On second solutions of the sixth- order nonlinear mathematical model with measured derivatives /](#)  
Borodina E., Shabrov S., Golovaneva F., Kurklinskaya E.// В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. Current Problems. Сер. "International Conference "Applied Mathematics, Computational Science and Mechanics: Current Problems", AMCSM 2020" 2021. - С. 012055.

**УДК 519.8:532**

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ С НЕГЛАДКИМИ РЕШЕНИЯМИ**

***Бородина Е.А.***

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»,  
г.Воронеж, Россия*

В настоящее время особое внимание уделяется построению и изучению моделей малых деформаций струнных, стержневых и

струнно - стержневых систем [1]. Это вызвано их актуальностью во многих отраслях естествознания и техники. В то же время, наличие особенностей (как внутренних, так и внешних) у таких систем приводит к потере свойства гладкости решения соответствующих им математических моделей. Этот факт исключает возможность использования классических производных. В то же время применение теории обобщенных функций к таким моделям не дает требуемого эффекта, так как возникает ряд трудноразрешимых проблем [2], [3].

В данной статье рассматривается математическая модель

$$\begin{cases} Lu \equiv -(pu_{xx\mu})_{xx\sigma}(x) + (ru_{xx})_{x\sigma}(x) - (g(x)u_x)'_{\sigma}(x) + u(x)Q'_{\sigma}(x) = F'_{\sigma}(x); \\ u(0) = u_x'(0) = u_{xx}''(0) = 0; \\ u(l) = u_x'(l) = u_{xx}''(l) = 0; \end{cases} \quad (1)$$

Математическую модель (1) будем называть невырожденной, если однородная модель (при  $F'_{\sigma}(x) \equiv 0$ ) имеет только тривиальное решение [1].

Покажем, что при выполнении описанных выше условий на коэффициенты модели, модель является невырожденной.

В самом деле, если это не так, то найдется нетривиальное решение  $\psi(x)$  однородной граничной задачи

$$\begin{cases} -(p\psi_{xx\mu})_{xx\sigma}(x) + (r\psi_{xx})_{x\sigma}(x) - (g(x)\psi_x)'_{\sigma}(x) + \psi(x)Q'_{\sigma}(x) = 0; \\ \psi(0) = \psi_x'(0) = \psi_{xx}''(0) = 0; \\ \psi(l) = \psi_x'(l) = \psi_{xx}''(l) = 0; \end{cases} \quad (2)$$

Подставляя  $\psi(x)$  в уравнение (2), умножая обе части полученного тождества на  $\psi(x)$ , и интегрируя по мере  $\sigma$  по всему отрезку  $[0; l]$ , будем иметь

$$\int_0^l \left( -(p\psi_{xx\mu})_{xx\sigma}(x) + (r\psi_{xx})_{x\sigma}(x) - (g(x)\psi_x)'_{\sigma}(x) + \psi(x)Q'_{\sigma}(x) \right) \psi(x) d\sigma = 0. \quad (3)$$

Разбивая интеграл в левой части равенства (3) на четыре интеграла, интегрируя первый три раза по частям, второй – два

раза, третий – один, в силу граничных условий, которым удовлетворяет решение  $\psi(x)$ , получим

$$\int_0^l p\psi_{xx\mu}'' d\sigma + \int_0^l r\psi_{xx}'' d\sigma + \int_0^l g\psi_x'^2 d\sigma + \int_0^l \psi^2 Q_\sigma' d\sigma = 0.$$

В левой части последнего равенства стоит сумма неотрицательных слагаемых, которая равна нулю. Следовательно, каждое слагаемое равно нулю. Из равенства  $\int_0^l p\psi_{xx\mu}'' d\sigma = 0$  вытекает, что  $p\psi_{xx\mu}'' = 0$  почти всюду (по мере  $\sigma$ ). Но функция  $p(x)$ , по условию, положительна на  $[0; l]$ . Поэтому  $\psi_{xx\mu}''' = 0$  почти всюду (по мере  $\sigma$ ). Так как функция  $\psi_{xx\mu}'''(x)$  абсолютно непрерывна на  $[0; l]$ , то  $\psi_{xx\mu}'''(x) \equiv 0$  на  $[0; l]$ , следовательно

$$\psi_{xx}''(x) \equiv C \text{ на } [0; l]$$

при некоторой постоянной  $C$ .

В силу граничных условий  $C = 0$ , т.е.

$$\psi_{xx}''(x) \equiv 0 \text{ на } [0; l].$$

Аналогично получим тождества

$$\psi_x'(x) \equiv 0 \text{ на } [0; l] \text{ и } \psi(x) \equiv 0 \text{ на } [0; l].$$

Последнее противоречит нашему предположению.

Полученные результаты позволяют доказать существование функции влияния (при условии невырожденности граничной задачи, которое очевидным образом выполняется), корректную разрешимость математической модели. Для этого достаточно адаптировать схему рассуждений, изложенную в работах [4-7].

#### Список литературы

1. Об адаптации метода конечных элементов для математической модели шестого порядка / А.Д. Баев, Е.А. Бородина, Ф.В. Голованева, С.А. Шабров // Вестник ВГУ. Серия : Физика. Математика.- 2018.-№3.- С. 77-90..

2. Математическое моделирование процесса формирования тонких резистивных пленок центрифугированием/ Г.В. Абрамов, Е.А. Бородина // Современные проблемы прикладной математики и математического моделирования. Материалы II Международной научной конференции. ВГТА.- 2007.- С. 3-4.

3. Дефекты при формировании пленок центрифугированием /Е.А. Бородина // В сборнике : Моделирование энергоинформационных процессов. Сборник материалов VII национальной научно- практической конференции с международным участием, 2019.- С. 270-274.

4. Достаточные условия разрешимости граничной задачи шестого порядка с негладкими решениями сильной нелинейностью/ А.В.Елфимова, М.А. Симонова, М.Б. Давыдова, Е.А. Бородина // Современные методы теории краевых задач. Материалы Международной конференции, посвященной 90-летию В.А.Ильина.- 2018.- С. 90-91.

5. Об одной граничной задаче шестого порядка с сильной нелинейностью / Е.А Бородина, Ф.В. Голованева, С.А Шабров // Вестник ВГУ. Серия : Физика. Математика .-2019.-№2. - С. 65-69.

6. Об адаптации метода конечных элементов для математической модели шестого порядка /Баев А.Д., Бородина Е.А., Голованева Ф.В., Шабров С.А.//Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Физика. Математика. - 2018.- № 3.- С. 77-90.

7. On second solutions of the sixth- order nonlinear mathematical model with measured derivatives / Borodina E., Shabrov S., Golovaneva F., Kurklinskaya E.// В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. Current Problems. Сер. "International Conference "Applied Mathematics, Computational Science and Mechanics: Current Problems", AMCSM 2020" 2021. - С. 012055.

**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ  
УПРАВЛЕНИЯ КАДРАМИ КОММЕРЧЕСКОГО  
БАНКА**

*Гладких Т.В., Коробова Л.А.*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»,  
г. Воронеж, Россия*

*Анотация. В работе рассмотрено создание информационной системы, которая автоматизирует процесс управления кадрами небольшого коммерческого банка. Данная система сократит трудозатраты и позволит рационально использовать рабочее время сотрудников, а также позволит формировать статистическую отчетность. Разработка информационной системы сократит количество ошибок при заполнении документов в бумажном виде.*

В условиях жесткой конкуренции на рынке банковской сферы система эффективного управления человеческими ресурсами, соблюдением законодательных требований и обеспечением безопасности данных становится ключевым инструментом для успешного ведения бизнеса и обеспечения долгосрочной устойчивости предприятия.

В ходе детального изучения и анализа бизнес-процесса, относящегося к учету кадров, были обнаружены серьезные недочеты. Основной из них заключается в отсутствии единой информационной среды для сбора и анализа данных [1]. Внутренние процедуры, зачастую проводимые вручную различными сотрудниками, остаются изолированными и не включают в себя автоматизацию.

Таким образом, остается очевидным, что для эффективной работы необходимо внедрить управленческую систему по отношению к персоналу. Оптимальным решением в данном контексте являются информационные системы для кадрового



Декомпозиция диаграммы процесса кадрового учёта коммерческого банка показана на рисунке 2.

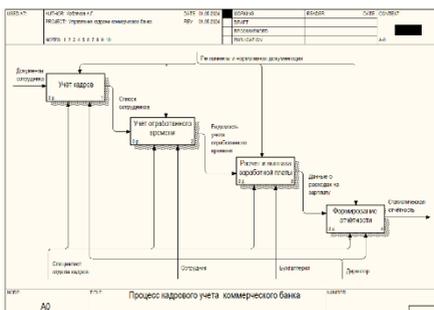


Рис. 2. Декомпозиция диаграммы процесса кадрового учёта в коммерческом банке

В ходе разработки спроектирована информационная система, предназначенная для автоматизации множества функций и операций, относящихся к деятельности управления кадрами в коммерческом банке [4].

Изучив рынок программных продуктов по автоматизации кадрового учета, был сделан вывод о том, что существующие решения не полностью удовлетворяют потребности небольших и средних коммерческих банков. Основные недостатки таких продуктов включают наличие избыточного функционала, следствием этого является усложнение использования и увеличение нагрузки на ИТ-инфраструктуру. Учитывая эти недостатки, было принято решение о разработке собственной информационной системы на платформе 1С: Предприятие, которая будет полностью соответствовать специфическим нуждам банка [5, 6].

1С:Предприятие является универсальной системой автоматизации экономической и организационной деятельности предприятия. Поскольку такая деятельность может быть довольно разнообразной, система может приспосабливаться к особенностям конкретной области деятельности, в которой она применяется. Была выбрана реализация новой

специализированной конфигурации, ввиду неподходящих под требования задачи типовых конфигураций.

Информационная модель представлена на рисунке 3.

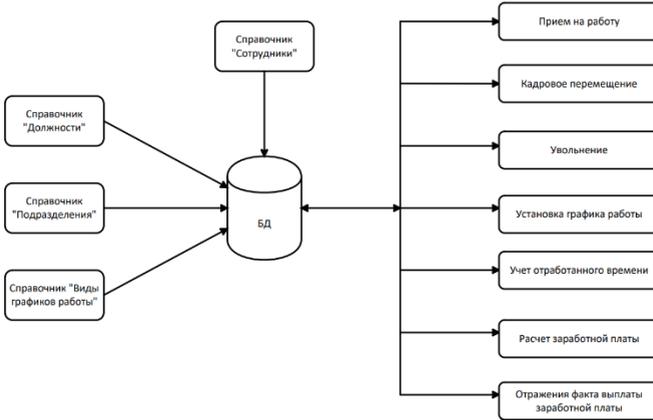


Рис. 3. Информационная модель ИС

Вход в систему имеет разграничение доступа к данным. Существует 4 группы ролей: «Администратор», «Директор», «Специалист отдела кадров», «Бухгалтер-расчетчик». На рисунке 4 показан пример головной страницы и входа в систему.

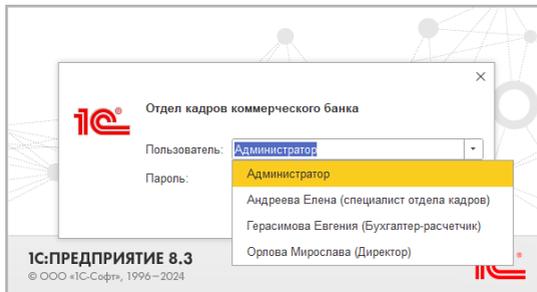


Рис. 4. Авторизация в информационной системе

В разрабатываемой информационной системы было созданы 3 подсистемы (рисунок 5) [7].

1. «Кадры» – инструменты для регистрации перемещения сотрудников. В рамках подсистемы включены различные документы, такие как: «Прием на работу», «Кадровое перемещение», «Увольнение»; а также справочники: «Сотрудники», «Должности», «Подразделения»; регистр «Работающие сотрудники», а также отчет по «Штатное расписание».

2. «Начисления» – инструменты по операциям с заработной платой сотрудников, такие как: документы «Расчет заработной платы» и «Выплата заработной платы», отчет по оборотным операциям с заработной платой.

3. «Учет рабочего времени» – включает в себя инструменты установки рабочего графика и записи часов, которые отработали сотрудники. Документ «Учет отработанного времени», справочник «Виды графиков работы», регистр «Графики работы», отчет «Отработано по графикам».



Рис. 5. Командная панель конфигурации

Ниже на рисунках 6 – 8 представлены примеры документов и отчетов, разработанной информационной системы [7, 8, 9].

Учет отработанного времени | Расчет заработной платы | Выплата заработной платы | Виды графиков работы | Сотрудники | Должности | Справка | Отчеты

Эта версия для разработчика. Для приобретения коммерческой версии нажмите сюда.

Расчет заработной платы 000000001 от 01.06.2024 0:00:00

Принять и закрыть | Закрыть | Печать

Номер: 00000001 | Дата: 01.06.2024 0:00:00 | ИТОГО: Начислено: 473 600,00; К оплате: 411 850,00; К оплате: 61 547,90

Начисл период: 01.06.2024 | Конц период: 30.06.2024 | Итого: 473 600,00; К оплате: 411 850,00; К оплате: 61 547,90

Сотрудников: Прохорова Светлана Александровна

Видимость: расчеты заработной платы | Расчеты заработной платы | Склады, выплаты, выплаты

№	Сотрудник	Должность	График работы	По графику, часов	Вид тарифной ста	Начислено, руб
1	Морозов Михаил	Директор	5/2 д/веч	144	Оплата	80 000,00
		Администратор		144	Оплата	80 000,00
2	Прохорова Светлана	Бухгалтер-расчетчик	5/2 д/веч	144	Оплата	60 000,00
		Администратор		144	Оплата	80 000,00
3	Загрина Дарья Александровна	Главный бухгалтер	5/2 д/веч	144	Пенсионная выплата	31 600,00
		Отдел по работе с к.		144	Оплата	220,00
4	Ефимова Евгения Александровна	Специалист по расчетам	5/2 д/веч	144	Оплата	50 000,00
		Отдел финансово-кредитных операций		144	Оплата	80 000,00
5	Александров Елена Александровна	Ассистент	2/2 (не полный)	108	Пенсионная выплата	13 440,00

Рис. 6. Форма документа «Расчёт заработной платы»



В данной работе была разработана информационная система для автоматизации деятельности небольшого коммерческого банка. Разработка собственной информационной системы позволила глубже изучить процессы управления кадрами, повысить квалификацию в области программирования на платформе 1С: Предприятие, а также продемонстрировать возможность создания эффективного решения, которое при необходимости может быть адаптировано и внедрено в будущем.

### *Используемые источники*

1. Джестон, Д. Управление бизнес-процессами. Практическое руководство по успешной реализации проектов / Д. Джестон, Й. Нелис. - М.: Символ, 2019. - 512 с.

2. Абрамов, Г. В. Проектирование информационных систем: Учебное пособие / Г. В. Абрамов, И. Е. Медведкова, Л. А. Коробова. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2012. – 172 с. – ISBN 978-5-89448-953-7. – EDN ZVCUUV.

3. Гладких, Т. В. Программный инструментарий решения актуальных задач учета и управления / Т. В. Гладких, Л. А. Коробова, М. Н. Ивлиев. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2022. – 70 с. – EDN HLKOGW.

4. Бартедьев, О. 1С: Предприятие. Программирование для всех / О. Бартедьев. - М.: Диалог МИФИ, 2020. - 464 с.

5. Гладких, Т. В. Механизм и конструктор языка запросов в программном обеспечении для учета ресурсов предприятия: учебное пособие / Т. В. Гладких, Л. А. Коробова, И. С. Толстова. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2024. – 60 с. – EDN AMBD0U.

6. Гладких, Т. В. Программирование на платформе 1С: Предприятие: учебное пособие / Т. В. Гладких, Л. А. Коробова, И. С. Толстова. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2023. – 91 с. – EDN SUKWBG.

7. Гладких, Т. В. Прикладное программирование в цифровизации бизнес-процессов / Т. В. Гладких, Л. А. Коробова,

Н. А. Чернышова; Воронежский государственный университет инженерных технологий. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2021. – 70 с. – ISBN 978-5-00032-518-6. – EDN GWZQTQ.

**УДК 519.8:532**

## **ОТСЛЕЖИВАНИЕ СТАТИСТИКИ ПРИ ВЕДЕНИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛИСТКОВ НЕТРУДОСПОСОБНОСТИ**

*Бородина Е.А.*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»,  
г.Воронеж, Россия*

Листки нетрудоспособности оформляются только в электронном виде, где в обязанность работника уже не входит предоставление информации о больничном работодателю. По новым правилам основным звеном является фонд социального страхования (ФСС) и ее информационная система «Соцстрах». Программный модуль разработан с использованием языка программирования 1С. Дополнен 4 отчетами основной интерфейс для руководителя.

- отчет по типам визита;
- статистика по источникам записи;
- статистика по первичным пациентам;
- отчет по возвращаемости пациентов по специалистам.

Отчет по типам визита – формирует статистику о приемах пациента по врачу. Основные типы: консультация, первичный визит, повторный визит. Данные указываются регистраторами при записи пациента на услуги и хранятся в документе «Запись

пациента». Отборы: по специалисту, филиалу. Вид отчета представлен на рисунке 1.

Отчет по типам визита

Период: 03.01.2023 по 20.06.2023 Специалист: Филиал: Сформировать

Специалист	Пациент	Дата и время / Филиал	Количество первичных визитов	Количество консультаций	% отработки
Аркаева Иронда Сергеевна			1	2	50
Петров Петр Петрович				2	
		12.04.2023 8:00:00 МедАнгел		1	
		12.04.2023 9:30:00 МедАнгел		1	
		Тест Второй Родитель.1		1	
		13.04.2023 8:00:00 МедАнгел		1	
Дуговой Сергей Викторович				1	
		Тестовая Женщина Тест		1	
		12.04.2023 8:55:00 МедАнгел		1	
Боровкин Иван Алексеевич			1		
		Тестовая Женщина Тест		1	

Рисунок 1 – Отчет по типам визита

Статистика по источникам записи представляет собой отчет в двух вариантах: таблица, диаграмма, который высчитывает какой источник записи приводит большее количество пациентов. Данный отчет строится на основе данных указанных при записи на услуги. Статистика в форме диаграммы представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Статистика по источникам записи

Статистика по первичным пациентам – отчет, который показывает за определенный период новых пациентов и на какие услуги они были записаны. Основным документом является

«Запись пациента» Отборы: прошлый и текущий периоды.  
 Данный отчет представлен на рисунке 3.

**Отчет по новым пациентам**

Сформировать | Выбрать вариант | Настройки | Еще

Прожлый период: 01.01.2022 - 30.06.2022 | Текущий период: 01.01.2023 - 30.06.2023

### Статистика по первичным пациентам

Специалист	Текущий период	Прошлый период	Динамика
Итого	3	100,0	
Алексов Иван Алексеевич	4	100,0	
Арсланов Ринат Сергеевич	1	100,0	
Горный Алексей Алексеевич	3	100,0	

Услуга	Текущий период	Прошлый период	Динамика
Анализ мазка на яйца гельминтов	1	100,0	
Гипноз	2	100,0	
Жидкостная цитология	1	100,0	
Клинический анализ крови (с обязательной микрокрист. мазкой)	1	100,0	
Консультация парового невролога	3	100,0	
Консультация парового невролога	1	100,0	
Консультация парового невролога	2	100,0	
Общий анализ крови	2	100,0	
Общий анализ крови	2	100,0	
Общий анализ мочи	4	100,0	
Общий анализ мочи	1	100,0	
Паровая консультация врача-параназала	1	100,0	
Психологическое и психическое обследование	1	100,0	
Питерный констультация врача-гинеколога	1	100,0	
Сопоставление генов вклада	2	100,0	
УЗИ Жидкостная цитология. Исследование сосуда шейной вали и цервикального канала (расширение по Папанicolaу)	1	100,0	
УЗИ Клинический анализ крови (с лейкоцитарной формулой)	1	100,0	
УЗИ Общий анализ крови (без лейкоцитарной формулы и СОЭ)	1	100,0	
УЗИ Цитологическое исследование мочи	1	100,0	

Рисунок 3 – Статистика по первичным пациентам

Возвращаемость пациентов по специалистам – отчет показывающий статистику по каждому врачу: количество пациентов (%), которые записались на повторный прием, количество пациентов (%), которые отказались. Отборы: по периоду, филиалу. Отчет показан на рисунке 4.

**Возвращаемость клиентов по сотрудникам**

Сформировать | Выбрать вариант | Настройки | Еще

Дата начала: 01.05.2021 | Дата окончания: Начало следующего месяца

Филиал:

Специалист	Количество	Количество повторных	% (повторных)	Не вернулись	% (не вернулись)
Рогов Дмитрий Алексеевич	26	10	39,42%	16	61,54%
Сергеева Ирина Владимировна	21	3	14,29%	18	85,71%
Борисов Иван Алексеевич	19	8	42,11%	11	57,89%
Арданов Александр Сергеевич	18	8	44,44%	10	55,56%
Горный Алексей Алексеевич	15	6	40,00%	9	60,00%
Мухомин Георгий Юрьевич	14	5	35,71%	9	64,29%
Шавленко Сергей Романович	13	5	38,46%	8	61,54%
Орлова Елена Васильевна	13	4	30,77%	9	69,23%
Литвинова Алёна Андреевна	13	2	15,38%	11	84,62%
Гришина Ирина Рудольфовна	12	4	33,33%	8	66,67%
Петров Владимир Давыдович	12	3	25,00%	9	75,00%
Динько Денис Иванович	11	6	54,55%	5	45,45%
Насова Мария Евгеньевна	11	3	27,27%	8	72,73%
Григорова Анна Рудольфовна	11	2	18,18%	9	81,82%
Алферьев Еван Перович	10	5	50,00%	5	50,00%
Савицкая Нина Альбертовна	10	4	40,00%	6	60,00%
Иванов Степан Дмитриевич	10	4	40,00%	6	60,00%
Рыжикова Анна Альбертовна	10	4	40,00%	6	60,00%
Сергеева Ирина Владимировна	10	3	30,00%	7	70,00%
Мальков Ринат Романович	10	1	10,00%	9	90,00%
Петелин Сергей Владимирович	10	1	10,00%	9	90,00%
Иванов Степан Дмитриевич	9	5	55,56%	4	44,44%
Никишова Нина Валентиновна	9	0	0%	9	100,00%

Рисунок 4 – Отчет по возвращаемости пациентов по специалисту

Модуль позволяет: эффективно отслеживать статистику по первичным пациентам и составлять отчет по возвращаемости пациентов к различным специалистам [1-5].

#### Список литературы

1. Об адаптации метода конечных элементов для математической модели шестого порядка / А.Д. Баев, Е.А. Бородина, Ф.В. Голованева, С.А. Шабров // Вестник ВГУ. Серия : Физика. Математика.- 2018.-№3.- С. 77-90..

2. Достаточные условия разрешимости граничной задачи шестого порядка с негладкими решениями сильной нелинейностью/ А.В.Елфимова, М.А. Симонова, М.Б. Давыдова, Е.А. Бородина // Современные методы теории краевых задач. Материалы Международной конференции, посвященной 90-летию В.А.Ильина.- 2018.- С. 90-91.

3. Об одной граничной задаче шестого порядка с сильной нелинейностью / Е.А. Бородина., Ф.В. Голованева, С.А. Шабров // Вестник ВГУ. Серия : Физика. Математика .-2019.-№2. - С. 65-69.

4. [Об адаптации метода конечных элементов для математической модели шестого порядка /Баев А.Д., Бородина Е.А., Голованева Ф.В., Шабров С.А.//Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Физика. Математика. - 2018.- № 3.- С. 77-90.](#)

5. [On second solutions of the sixth- order nonlinear mathematical model with measured derivatives / Borodina E., Shabrov S., Golovaneva F., Kurklinskaya E.// В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. Current Problems. Сер. "International Conference "Applied Mathematics, Computational Science and Mechanics: Current Problems", AMCSM 2020" 2021. - С. 012055.](#)

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА  
ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО СЖИЖЕНИЯ ДЛЯ  
ХИМИЧЕСКОЙ  
ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВА**

*Сафонов А.О., Бондарев А.Е., Манохин С.В.*

*ФГКВООУ ВО «Военный учебно-научный центр  
Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия имени  
профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»  
г. Воронеж, Россия*

Использование растительной биомассы и ее отходов в качестве возобновляемого сырья для производства энергоносителей приобрело существенное значение в мировой энергетической промышленности. Биомасса в настоящее время составляет свыше 70% при получении возобновляемой энергии [1].

Значительная доля биомассы и отходов из нее содержит большое количество влаги. Такое сырье не может быть эффективно переработано в энергоносители методами термического преобразования, такими как сжигание или газификация [2]. Это обусловлено значительным количеством энергии, требуемой для удаления воды. Поэтому одной из перспективных технологий переработки влажной биомассы будет гидротермальное сжижение при температуре 300...350 °С и давлении 15...25 МПа. С помощью таких технологий может быть получен энергоноситель с достаточно большой теплотворной способностью, а также водорастворимые соединения и газы [3].

Результаты исследования, представленные в настоящей работе, заключаются в математическом моделировании потока сырья, который преобразуется в энергоноситель в присутствии гомогенных и гетерогенных катализаторов. Готовый продукт

состоит из верхней газовой фракции, содержащей преимущественно  $\text{CO}_2$ , водной фракции из органических веществ и нижней фракции, содержащей неорганические соли. Подготовленное сырье из емкостей подается насосом в нагреватель. Затем оно направляется в рециркуляционный агрегат, где рециркуляционный насос создает большую скорость потока. Рассматриваемая конструкция обеспечивает кратковременный нагрев, затем поток сырья поступает в реактор, заполненный катализатором. После реактора часть готового продукта направляется в охладитель. После уменьшения давления продукт обезвоживается центрифугированием или сепарационным разделением.

Моделирование такой физической системы базируется на показателях чистых компонентов и суммарных свойствах бинарных соединений. Математическое описание должно определять термодинамические характеристики, особенности переноса и условия равновесия жидких компонентов процесса.

В связи с этим точность результатов напрямую зависит от показателей чистых компонентов и свойств бинарных соединений, а также от принятой термодинамической модели. Выбор этой модели подразумевает адекватное описание реального процесса и надежность, а также технологическую обоснованность значений режимных параметров в реальном рабочем диапазоне.

Как большинство химических явлений, процессы переработки биомассы требуют знания и учета термодинамических показателей, соответствующих математических моделей и способа анализа для проектирования процесса и его последующей оптимизации. По причине сложности структуры сырья биомассы и химических реакций для его преобразования, фазовые переходы и термодинамические показатели, характеризующие этот процесс, являются достаточно сложными. Это требует обязательного учета на этапе термодинамического моделирования. При проектировании процесса был проведен предварительный анализ особенностей гидротермального сжижения.

Продуктами рассматриваемого процесса являются вода, жидкая фаза, газы и органические вещества в виде спиртов и

кислот. Получаемые продукты делают процесс гидротермального сжижения неидеальной, очень асимметричной системой, состоящей из полярных и неполярных соединений. Конечно, принятая модель должна учитывать все указанные выше особенности.

Модель, разработанная Т. Холдебаумом и Дж. Гмелингом, была принята в качестве термодинамической зависимости для описания фазовых изменений исследуемой системы [4]. Модель Т. Холдебаума и Дж. Гмелинга является предсказательным уравнением ранее полученной зависимости Соаве-Редлиха-Квонга. При этом введены условия Хьюрона-Видаля и Михельсена в сочетании с измененной моделью с универсальным коэффициентом активности [5].

Математическая модель Т. Холдебаума и Дж. Гмелинга представляет собой модифицированный комплекс следующих термодинамических зависимостей:

- 1) модифицированная модель Т. Холдербаума и Дж. Гмелинга;
- 2) правило смешивания Михельсена;
- 3) метод группового взноса универсального коэффициента активности.

Метод с применением модели Т. Холдебаума и Дж. Гмелинга расширяет применимость универсального коэффициента активности для прогнозирования термодинамических показателей в достаточно широком диапазоне режимных температур и давлений. Далее опишем особенности отдельных вышеуказанных моделей.

Уравнение состояния Соаве-Редлиха-Квонга имеет следующий вид:

$$P = \frac{RT}{v-b} - \frac{a}{v(v+b)}, \quad (1)$$

где  $P$  – давление;  $T$  – температура;  $v$  – молярный объем;  $a$  и  $b$  - параметры, характеризующие энергию и размер согласно уравнению состояния соответственно.

Для разработки уравнения состояния, которое будет описывать парожидкостные равновесия всех полярных и неполярных смесей, требуются две модификации.

Первая из них касается зависимости температуры чистого компонента  $a$ . Ее первоначально представляется возможным определить через ацентрический критерий  $\omega$ :

$$a_i = 0,43 \frac{R^2 T_{ci}^2}{P_{ci}} f(T), \quad (2)$$

$$b_i = 0,087 \frac{RT_{ci}^2}{P_{ci}}, \quad (3)$$

$$f(T) = [1 + c_1(1 - T_r^{1/2})]^2, \quad (4)$$

$$c_1 = 0,4851 + 1,552\omega + 0,156\omega^2. \quad (5)$$

Система уравнений позволяет достаточно точно определить давление пара для случая неполярных соединений. Однако, для полярных веществ требуется добавить модификацию, описанную зависимостями следующего вида:

$$f(T) = [c_1(1 - T_r^{1/2}) + c_2(1 - T_r^{1/2})^2 + c_3(1 - T_r^{1/2})^3]^2, T_r < 1, \quad (6)$$

$$f(T) = [1 + c_1(1 - T_r^{1/2})^2], T_r > 1. \quad (7)$$

Учет трех регулируемых режимных параметров значительно улучшает адекватность модели давления пара отдельных чистых компонентов для полярных соединений. Это является необходимым условием для адекватного описания реального изменения полярных смесей.

Далее рассмотрим модификацию уравнения смешивания. Это модифицированное правило Хьюрона-Видалья первого порядка. Оно в рассматриваемой системе взаимосвязанных зависимостей связывает показатели смеси

комплексного уравнения с разработанной моделью коэффициента активности.

$$\frac{a_m}{b_m} = \sum_i x_i \frac{a_i}{b_i} + \frac{1}{q_1} \left[ G^E + RT \sum_i x_i \ln \left( \frac{b_m}{b_i} \right) \right], \quad (8)$$

$$b_m = \sum_i x_i b_i, \quad (9)$$

где  $a_m$ ,  $b_m$  - параметры суммарных энергии и объема смеси соответственно;  $G^E$  - избыток свободной энергии Гиббса;  $q_1 = -0,647$  - эмпирический параметр в модели Т. Холдебаума и Дж. Гмелинга, установленный для получения адекватного описания при высоких давлениях в условиях гидротермального процесса.

Таким образом, представленные результаты математического моделирование процесса гидротермального сжижения для химической технологии производства биотоплива позволяют их использовать для анализа термодинамических характеристик, а также особенностей переноса и определения условий равновесия жидких компонентов. При этом в каждом конкретном случае может возникать необходимость учета специфических особенностей процесса и свойств сырья.

#### Список источников

1. Сафонов, А.О. Перспективы развития локальных биотопливных установок на различных видах сырья / А.О. Сафонов, В.П. Капустин // Южно-Сибирский научный вестник. – 2022. – №3(43). – С. 24–30.

2. Сафонов, А.О. Численно-графический анализ результатов моделирования процессов смешивания в реакции перезтерификации / А.О. Сафонов, А.Е. Бондарев // Моделирование энергоинформационных процессов / Сборник статей XII национальной научно-практической конференции с международным участием (26-28.12.2023). - Воронеж. гос. ун-т инж. технол. – Воронеж: ВГУИТ, 2024. С. 414 – 420.

3. Сафонов, А.О. Оценка технико-экономической эффективности процессов производства авиационного биотоплива / А.О. Сафонов, А.Е. Бондарев // Прогнозирование инновационного развития национальной экономики в рамках рационального природопользования : материалы II Всероссийской с междунар. участием науч.-практ. конф. (27 дек. 2023 г.) / Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2024. – 5,01 Мб; 462 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/prognozirovanie-innovacionnogo-razvitiya-nacionalnoy-economiki-2023.pdf>. – Заглавие с экрана. С. 452 – 461.

4. Holdebaum, T. Group modelling equation of state based on universal coefficient of activity/ T. Holdebaum, J. Gmehling // Fluid Phase Equilibria. – 2006. – №6. – P. 122 – 127.

5. Mikhelsen, M.L. A Huron-Vidal mixing rule for equations / M.L. Mikhelsen // Fluid Phase Equilibria. – 2011. – № 4. – P. 241–249.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА  
ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ  
АКТИВНОСТИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССА  
ПОЛУЧЕНИЯ БИОТОПЛИВА**

*Сафонов А.О., Бондарев А.Е.*

*ФГКВООУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных  
сил*

*«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского  
и*

*Ю.А. Гагарина»*

*г. Воронеж, Россия*

Значительная доля биомассы и отходов из нее содержит большое количество влаги. Такое сырье не может быть эффективно переработано в энергоносители методами термического преобразования, такими как сжигание или газификация [1, 2]. Это обусловлено значительным количеством энергии, требуемой для удаления воды [3]. Поэтому одной из перспективных технологий переработки влажной биомассы будет гидротермальное сжижение при температуре 300...350 °С и давлении 15...25 МПа. С помощью таких технологий может быть получен энергоноситель с достаточно большой теплотворной способностью, а также водорастворимые соединения и газы [4].

Для описания свободной энергии Гиббса может быть применена математическая модель при условии принятия определенных принципов смешивания. Модель процесса гидротермального сжижения биомассы является высокоасимметричной. По этой причине прогнозная модель Соаве-Редлиха-Квонга была принята в качестве требуемой модифицированная модели избытка свободной энергии Гиббса  $G^E$  [5]. Эта зависимость сводится к первоначальной модели коэффициента функциональной активности для симметричных или почти симметричных систем.

$$G^E = RT \sum x_i \ln \gamma_i, \quad (1)$$

где  $x_i$  – молярная доля  $i$ -го компонента.

$$\ln \gamma_i = \ln \gamma_i^C + \ln \gamma_i^R, \quad (2)$$

где  $\ln \gamma_i^R$  – остаточная доля идентичная первоначальной модели коэффициента функциональной активности, а комбинаторная доля  $\ln \gamma_i^C$  модифицирована следующим способом:

$$\ln \gamma_i^C = \ln \left( \frac{\Phi'_i}{x_i} \right) + 1 - \left( \frac{\Phi'_i}{x_i} \right) - \frac{zq_i}{2} \left[ \ln \left( \frac{\Phi_i}{x\theta_i} \right) + 1 - \left( \frac{\Phi_i}{x\theta_i} \right) \right], \quad (3)$$

$$\Phi_i = \frac{x_i r_i}{\sum_j x_j r_j}, \quad \theta_i = \frac{x_i q_i}{\sum_j x_j q_j}, \quad \Phi'_i = \frac{x_i r'_i}{\sum_j x_j r'_j}, \quad (4)$$

где  $r'_i$  – объемный параметр компонента (для молекул большого размера  $r'_i = 0,658r_i$ );  $\Phi$  – объем компонента;  $\theta$  – площадь поверхности компонента;  $x_i$  – мольная доля компонента  $i$ .

Показатели чистого компонента  $r_i$  и  $q_i$  определяются как сумма показателей объема  $R_k$  и площади  $Q_k$  по следующим уравнениям:

$$r_i = \sum_k v_k^{(i)} R_k, \quad q_i = \sum_k v_k^{(i)} Q_k, \quad (5)$$

где  $v_k^{(i)}$  – количество групп типа  $k$  в молекуле соответствующего компонента смеси  $i$ .

Остаточная часть идентична первоначальной модели коэффициента функциональной активности и может быть представлена в следующем математическом виде:

$$\ln \gamma_i^R = \sum_k v_k^{(i)} \left( \ln \Gamma_k - \ln \Gamma_k^{(i)} \right), \quad (6)$$

где  $\Gamma_k^{(i)}$  и  $\Gamma_k$  – коэффициенты активности отдельного компонента и группы соответственно.

При этом  $\Gamma_k$  рассчитывается по следующему аналитическому уравнению:

$$\ln \Gamma_k = Q_k \left[ 1 - \ln \left( \sum_m \theta_m \psi_{mk} \right) - \sum_m \left( \frac{\theta_m \psi_{km}}{\sum_n \theta_n \psi_{nm}} \right) \right], \quad (7)$$

где  $\psi_{mk}$ ,  $\psi_{km}$ ,  $\psi_{nm}$  – параметры групповых взаимодействий, зависящие от температуры и давления в процессе преобразования биомассы.

Таким образом, представленные результаты математического моделирования позволяют определять коэффициент функциональной активности для описания процесса получения биотоплива.

#### Список источников

1. Сафонов, А.О. Технологические аспекты производства жидкого биотоплива / А.О. Сафонов, А.Е. Бондарев, С.В. Манохин // Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт–2022»): Труды международной научно-практической конференции, 25-27 апреля 2022 г. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), филиал РГУПС в г. Воронеж, – 2022. С. 234 – 237.

2. Сафонов, А.О. Численно-графический анализ результатов моделирования процессов смешивания в реакции переэтерификации / А.О. Сафонов, А.Е. Бондарев // Моделирование энергоинформационных процессов / Сборник статей XII национальной научно-практической конференции с международным участием (26-28.12.2023). - Воронеж. гос. ун-т инж. технол. – Воронеж: ВГУИТ, 2024. С. 414 – 420.

3. Сафонов, А.О. Изучение особенностей производства и применения биоэтанола и биодизеля за рубежом / А.О. Сафонов, А.Е. Бондарев, С.В. Манохин // Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт–2022»): Труды международной научно-практической конференции, 25-27 апреля 2022 г. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), филиал РГУПС в г. Воронеж, – 2022. С. 246 – 250.

4. Сафонов, А.О. Влияние биодизельного топлива на силовые характеристики двигателей транспортных систем / А.О. Сафонов, А.Е. Бондарев // Развитие теории и практики транспортного строительства, информационной поддержки транспортных систем: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции «Развитие теории и практики транспортного строительства, информационной поддержки транспортных систем» (21 июня 2024 г.) / под общей редакцией Веприяка И.А. – СПб, Петергоф: ВИ (ЖДВ и ВОСО), 2024. С. 243 – 251.

5. Zhang, M. Thermodynamic modeling processes of biomass conversion in fuel / M. Zhang, J. Macaran, C., J. Bijing // Fluid Fuel. – 2022. – №12. – P. 1028–1040.

УДК 662.7

## **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДЛЯ РАСЧЕТА ДАВЛЕНИЯ КИПЕНИЯ СМЕСИ КОМПОНЕНТОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ БИОТОПЛИВА**

*Сафонов А. О.*

*ФГКВОУ ВО «Военный учебно-научный центр  
Военно-воздушных сил*

*«Военно-воздушная академия имени  
профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»*

*г. Воронеж, Россия*

В настоящее время переработка растительной отходов биомассы в качестве для получения жидких видов топлив приобрело существенное значение для энергетической промышленности многих стран. При выработке энергии из возобновляемого сырья биомасса играет все большую роль [1, 2]. Проблема состоит в том, что много видов биомассы и отходов из нее характеризуются значительным количеством влаги. В этой связи биомасса не может эффективно преобразовываться в энергоносители термическими способами путем сжигания, пиролиза или газификации.

Для удаления излишней воды требуется значительная доля энергии [3]. Одной из альтернативных и перспективных технологий обработки влажной биомассы является гидротермальное сжижение.

С ее помощью можно выработать энергоноситель с достаточно большой энергетической плотностью или теплотворной способностью, а также получить водорастворимые соединения и газы.

Результаты исследования, представленные в настоящей работе, заключаются в математическом моделировании давления кипения смеси компонентов в процессе гидротермального сжижения, являющегося важным технологическим параметром.

Консолидированное решение при условии равновесия пар-жидкость, включая обязательный расчет давления, может быть достаточно легко получено с применением уравнения состояния известными итерационными методами. В работе предложен простой с точки зрения расчета алгоритм для определения давления кипения смеси компонентов, представленный на рисунке.

В разработанной блок-схеме алгоритма численный показатель  $y$  итерируется для достижения сходимости с заданным постоянным значением, определяемым по формуле:

$$\sum y_i = 1. \quad (1)$$

При этом процедура численного расчета при заданном значении давления кипения смеси компонентов  $P$  повторяется во внешнем цикле алгоритма до тех пор, пока не будут выполнены вышеуказанные условия равновесия.

Давление кипения можно определить по формуле:

$$P = K_i x_i, \quad (2)$$

где параметр  $K_i$  определяется как отношение результатов функций:

$$K_i = \frac{\phi_i^L(T, P, x_i)}{\phi_i^V(T, P, x_i)}, \quad (3)$$

где  $\phi_i$  - коэффициенты летучести отдельных фаз, для определения которых решаются соответствующие уравнения состояния.

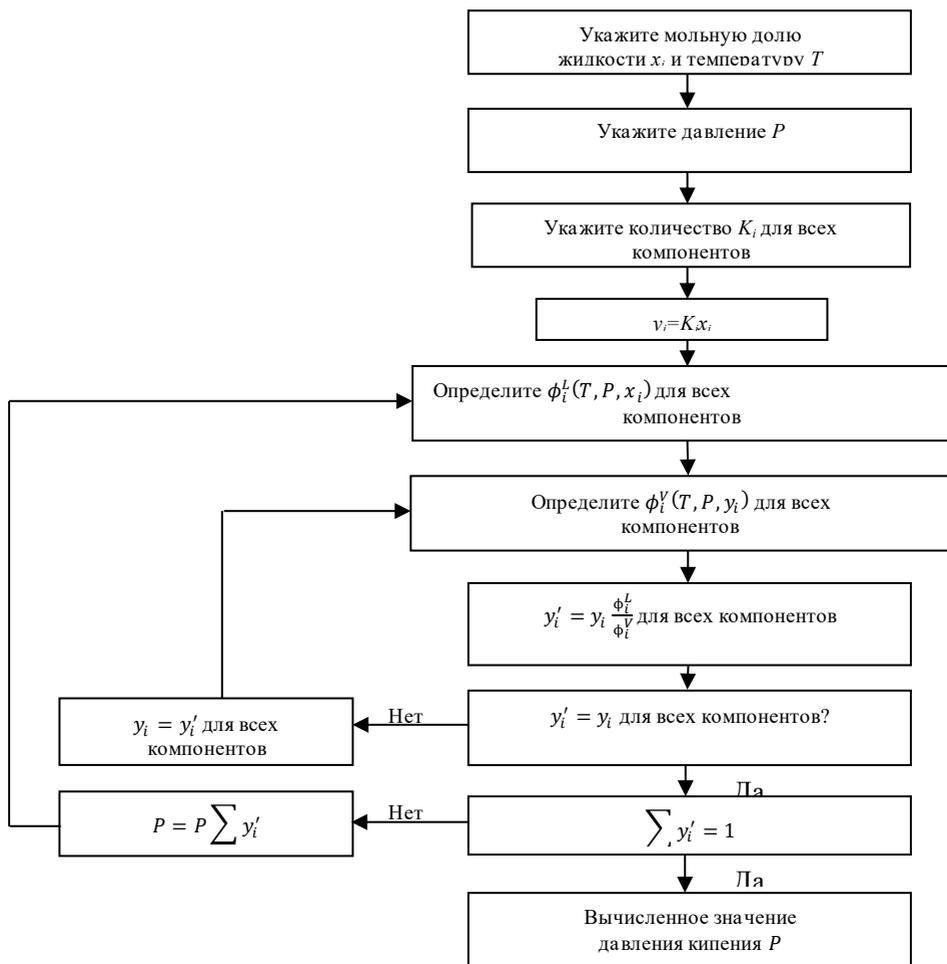


Рисунок 1 - Блок-схема расчета давления кипения

Для получения точного результата чрезвычайно важным является обоснованный прогноз. В рассматриваемом случае достаточной точный результат для давления может быть определен с применением следующего уравнения:

$$P = \sum x_i P_i(T). \quad (4)$$

При этом состав пара можно определить с использованием предполагаемых значений параметра  $K_i$ , полученных из следующего уравнения:

$$K_i = \frac{P_i(T)}{P}. \quad (5)$$

Таким образом, представленный метод позволяет провести имитационное моделирование, которое может применяться для проверки прогнозируемых значений давления кипения и корректировки математического описания с использованием указанных уравнений состояния. В результате расчета могут быть найдены значения давления кипения рассматриваемой модельной смеси.

#### Список источников

1. Сафонов, А.О. Численно-графический анализ результатов моделирования процессов смешивания в реакции переэтерификации / А.О. Сафонов, А.Е. Бондарев // Моделирование энергоинформационных процессов / Сборник статей XII национальной научно-практической конференции с международным участием (26-28.12.2023). - Воронеж. гос. ун-т инж. технол. – Воронеж: ВГУИТ, 2024. С. 414 – 420.

2. Сафонов, А.О. Оценка технико-экономической эффективности процессов производства авиационного биотоплива / А.О. Сафонов, А.Е. Бондарев // Прогнозирование инновационного развития национальной экономики в рамках рационального природопользования : материалы II Всероссийской с междунар. участием науч.-практ. конф. (27 дек. 2023 г.) / Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2024. – 5,01 Мб; 462 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/prognozirovanie-innovacionnogo-razvitiya-nacionalnoy-economiki-2023.pdf>. – Заглавие с экрана. С. 452 – 461.

3. Сафонов, А.О. Изучение особенностей производства и применения биоэтанола и биодизеля за рубежом / А.О. Сафонов, А.Е. Бондарев, С.В. Манохин // Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт–2022»): Труды международной научно-практической конференции, 25-27 апреля 2022 г. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), филиал РГУПС в г. Воронеж, – 2022. С. 246 – 250.

**ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД  
В ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ  
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА  
ПРОДУЦИИ**

*Хромых Е.А.1, Рязанцев С.В. 2*

*1 ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий», 2 ФГБОУ ВО «Воронежский  
государственный технический университет»,  
г. Воронеж, Россия*

Лаборатории контроля качества являются необходимыми в любой отрасли производства. Их деятельность обеспечивает должный уровень качества выпускаемой продукции, её безопасность для потребителя, позволяет корректировать производственные процессы и тем самым повышать конкурентоспособность продукции, что обеспечивает повышение дохода производителя.

Сотрудники лаборатории проводят анализ качественных показателей продукции и делают вывод о возможности реализации продукта. Продукты подвергаются анализу по определенному набору характеристик, для каждой из которых установлены пределы нормы, при этом часть значений может выходить за пределы нормы, что повлияет на вывод о качестве исследуемого образца. Результаты анализов должны документироваться и храниться в лаборатории, а также отправляться представителям предприятий-производителей. Хранение документации осуществляется в электронном и бумажном виде.

Использование в лабораториях ИС (информационных систем) позволит повысить качество документации, облегчить ее хранение и обработку [1].

Необходимо внедрить в лаборатории СППР (системы поддержки принятия решений) с целью облегчения оценки качества продукции.

Осуществлено моделирование предметной области разрабатываемой ИС с использованием языка UML.

На рис. 1 представлена контекстная диаграмма ИС «как есть», отражающая деятельность лаборатории в настоящее время.



Рис. 1. Контекстная диаграмма ИС «ИС лаборатории контроля качества продукции» as-is

На рис. 2 представлена контекстная диаграмма ИС «как будет», отражающая деятельность лаборатории после внедрения СППР.

В рамках подхода используются следующие классы объектов:

- Производители (Название, Руководитель, Адрес, Контакты);
- Продукты (Название, Количество характеристик), Характеристики (Название, Единица измерения, Минимальная единица шкалы измерения);
- Анализы произведенной продукции (Продукт, Производитель, Характеристики, Минимальная и максимальная

норма характеристики, Значение характеристики по результатам анализа).

Как видим, добавлен функционал, обеспечивающий обработку данных лабораторного анализа с целью формирования выводов о качестве.

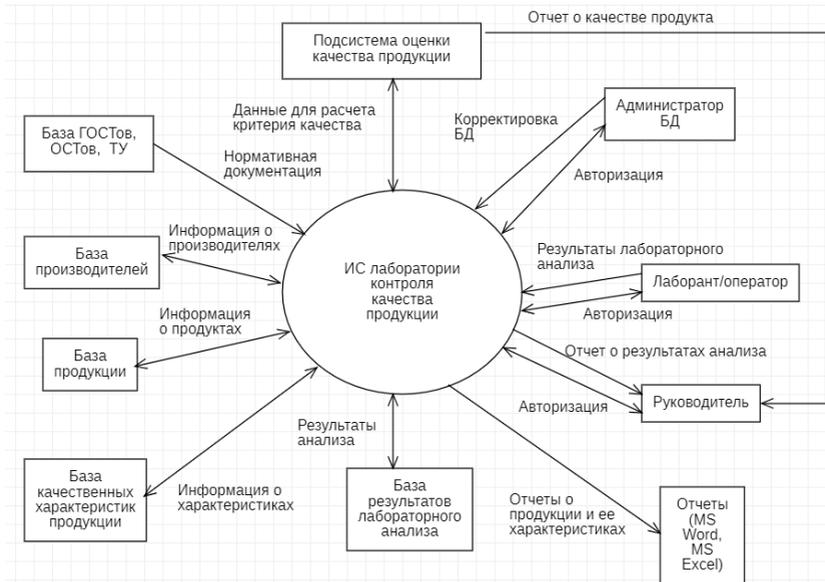


Рис. 2. Контекстная диаграмма ИС «ИС лаборатории контроля качества продукции» to-be

Информационная система «ИС лаборатории контроля качества продукции» получает данные о параметрах исследуемых веществ от внешних сущностей «Администратор БД», «Лаборант/Оператор», «База ГОСТов, Остов, ТУ». Для работы с ИС сущности «Администратор БД», «Лаборант/Оператор» и «Руководитель» должны авторизоваться.

В своей работе сущность «ИС лаборатории контроля качества продукции» использует информацию о продукции, ее производителях и характеристиках, получаемую от внешних сущностей «База производителей», «База продукции», «База характеристик» и «База результатов лабораторного анализа». Результаты своей работы ИС «ИС лаборатории контроля качества

продукции» может отображать как внешней сущности «Руководитель», так и генерировать в виде отчетов формата MS Word и MS Excel для внешней сущности «Отчеты».

ИС должна обеспечивать следующие функциональные возможности:

- регистрация пользователя;
- учет производителей, видов продукции, характеристик продукции;
- учет нормативов на качество (ГОСТы, ОСТы, ТУ);
- учет результатов лабораторного анализа;
- ведение и корректировка базы продукции;
- фильтры и поиск по базе данных;
- реализация информационной поддержки пользователю для оценки качества продукта;
- хранение данных в виде файлов. резервное копирование;
- построение отчетов и диаграмм, печать данных;
- настройка пользовательского интерфейса.

ИС должна иметь стандартный интерфейс приложений, разработанных для ОС MS Windows.

Необходимо предусмотреть возможность работы с программой нескольким пользователям, входящим в ОС ПК под своими логинами. Для обеспечения конфиденциальности каждое имя можно защитить паролем.

Добавление, изменение и удаление пользователей должно осуществляться администратором ИС.

При разработке диаграмм вариантов использования преследовались следующие цели:

- определить общие границы и контекст моделируемой предметной области на начальных этапах проектирования системы;
- сформулировать общие требования к функциональному поведению проектируемой системы;
- разработать исходную концептуальную модель системы для ее последующей детализации в форме логических и физических моделей;

– подготовить исходную документацию для взаимодействия разработчиков системы с ее заказчиками и пользователями.

На рис. 3 представлена диаграмма прецедентов ИС «как есть», на ней проектируемая система представляется в виде множества сущностей, взаимодействующих с системой с помощью вариантов использования.

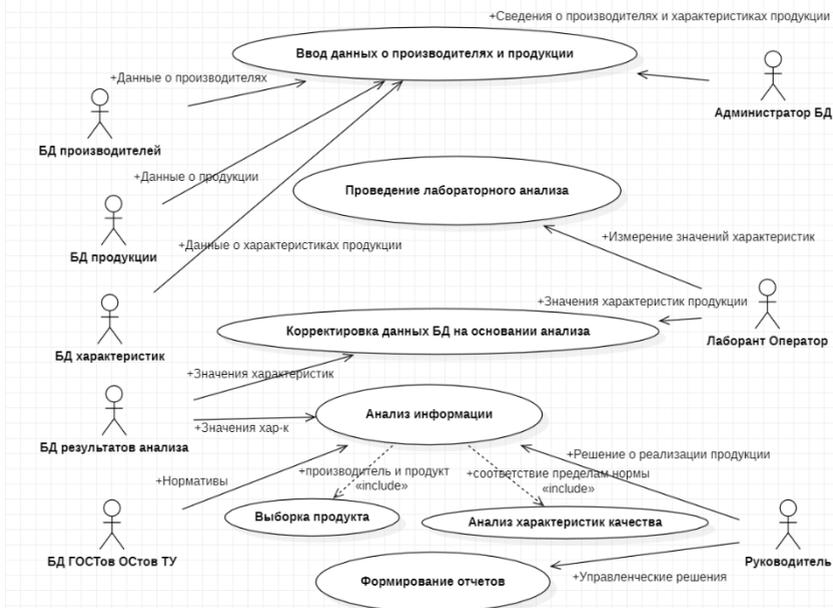


Рис. 3. Диаграмма прецедентов ИС «ИС лаборатории контроля качества продукции» as-is

На рис. 4 представлена диаграмма прецедентов ИС «как будет», отражающая взаимодействие сущностей с системой после внедрения СППР.

Разработанные диаграммы являются начальным этапом в разработке ИС лаборатории, внедрение которой позволит автоматизировать ведение документооборота лаборатории.

Использование предлагаемых на рынке готовых программ нецелесообразно с точки зрения высокой стоимости, сложности их освоения и отсутствия функционала для проведения анализа качества продукции.

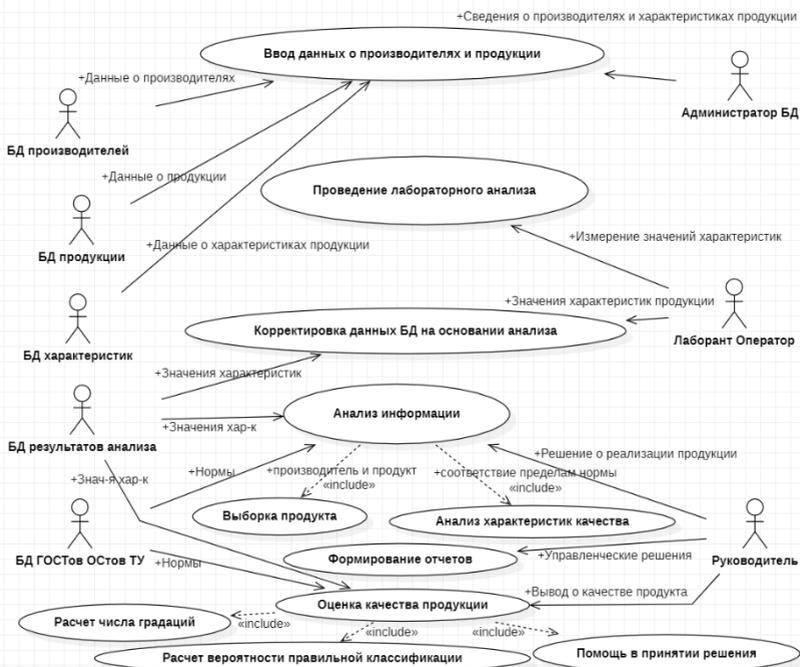


Рис. 4. Диаграмма прецедентов ИС «ИС лаборатории контроля качества продукции» to-be

В связи с этим возникает необходимость создания специализированной программы ведения и учета деятельности лаборатории.

#### Список литературы

1. Грекул, В. И. Проектирование информационных систем : учебник и практикум для вузов / В. И. Грекул, Н. Л. Коровкина, Г. А. Левочкина. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 423 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-17841-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/533823>.

2. Балашова, Е. А. «Проектирование информационных и управляющих систем поддержки принятия решений. Практикум» / Е.А. Балашова, В.К. Битюков, Е. А. Хромых, Е.А. Саввина. - ВГУИТ. - Воронеж, 2016.

## **ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД В МОДЕЛИРОВАНИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОМПАНИИ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК**

*Хромых Е.А.<sup>1</sup>, Рязанцев С.В.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», <sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»,  
г. Воронеж, Россия*

В процессе моделирования предметной области при разработке информационных систем широко используется объектно-ориентированный подход, основанный на использовании объектной декомпозиции [1]. При этом структура исследуемой системы представляется через объекты и их взаимосвязи, тогда как функционирование системы определяется посредством обмена сообщениями между этими объектами.

Существуют два типа моделей деятельности организаций. Первый тип - модель «как есть» (или «as-is»), которая отображает текущие бизнес-процессы, действующие в организации. Второй тип - модель «как должно быть» (или «to-be»), которая иллюстрирует необходимые преобразования в бизнес-процессах с учетом реализации новшеств информационной системы.

В рамках данной работы осуществлено моделирование предметной области деятельности компании, занимающейся грузоперевозками по различным маршрутам, с использованием UML [2].

Описание предметной области. Одной из задач работника компании является мониторинг стоимости транспортировки с учетом заработка водителей. Для каждого маршрута установлено название, вычислено приблизительное расстояние и определена оплата для водителя. В базе данных о водителях содержится информация, включающая фамилию, имя, отчество и стаж работы. Для выполнения расчетов хранится полная информация о

выполненных перевозках, включая маршрут, данные о водителе, а также даты отправления и прибытия. За выполнение некоторых перевозок водители получают дополнительные премии.

В рамках моделирования рассматриваются классы объектов:

- Маршруты (Название, Дальность, Количество дней в пути, Оплата);
- Водители (Фамилия, Имя, Отчество, Стаж);
- Прделанная работа (Маршрут, Водитель, Дата отправки, Дата возвращения, Премия).

Развитие постановки задачи. Организация решила ввести гибкую систему оплаты: оплата водителям должна зависеть не только от маршрута, но и от стажа водителя. Кроме того, теперь необходимо учесть, что перевозку могут осуществлять два водителя.

Первоначальная постановка задачи диаграммы прецедентов представлена на рис. 1 и состоит из: системы формирования заказа на перевозку и диспетчера (актёр). «Диспетчер» является внешним актёром в системе формирования заказа на перевозку. Цель – описать функционал разрабатываемой программной системы, доступный каждой группе пользователей (вариант использования или use case), с которым «Диспетчер» имеет отношение ассоциации (association relationship) один ко многим. Так как в предметной области необходимо зафиксировать проделанную работу, то используется отношение включения (include relationship), а варианты использования «Задать данные водителя» и «Выбрать маршрут» включаются в качестве составного компонента. Также в составе варианта использования «Зафиксировать проделанную работу» используется отношение расширения (extend relationship) и вариант использования «Начислить премию».

На рис. 2 представлена та же диаграмма прецедентов, но расширенная. На ней присутствуют новые два варианта использования – «Ввести количество водителей» и «Ввести надбавку за стаж». В развитии постановки задачи необходимо хранить информацию о количестве водителей, поэтому «Ввести количество водителей» включено в состав «Зафиксировать проделанную работу». Оплата водителей включает надбавку,

которая зависит от их стажа. Для этого на диаграмме присутствует вариант использования «Ввести надбавку за стаж», отношением расширения связан с «Зафиксировать проделанную работу».

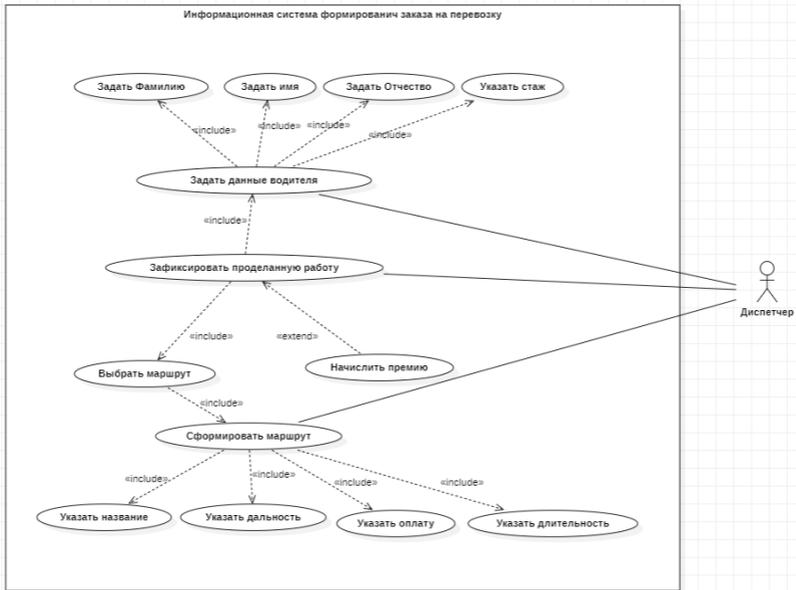


Рис. 1. Диаграмма прецедентов – первоначальная постановка задачи

На рис. 3 представлена первоначальная диаграмма классов объектов: «Маршруты», «Водители» и «Проделанная работа». Отношение ассоциации между классами «Маршруты» и «Проделанная работа» - один ко многим. Между классами «Водители» и «Проделанная работа» отношение зависимости также один ко многим.

Расширенная диаграмма классов представлена на рис. 4. Её отличие от первоначальной диаграммы в том, что на ней присутствуют дополнительные классы «Надбавка» и «Водители проделанной работы», которые содержит атрибуты стажа, надбавки и водителей, выполнивших перевозку. Операции классов

определяют надбавку к оплате и фиксируют информацию о водителях.

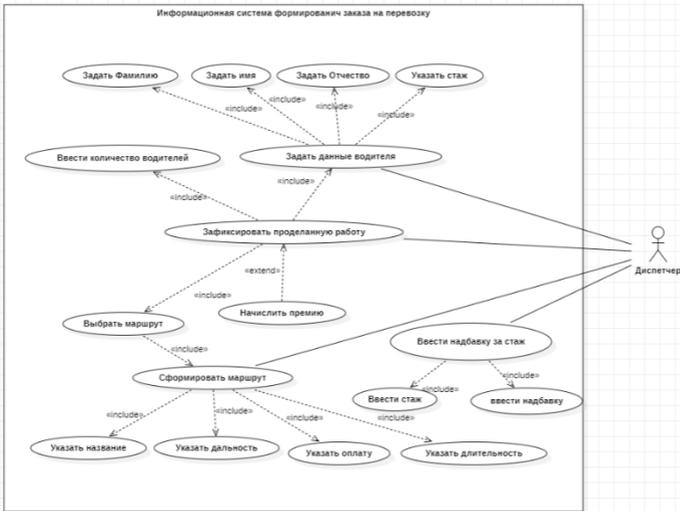


Рис. 2. Диаграмма прецедентов – развитие постановки задачи

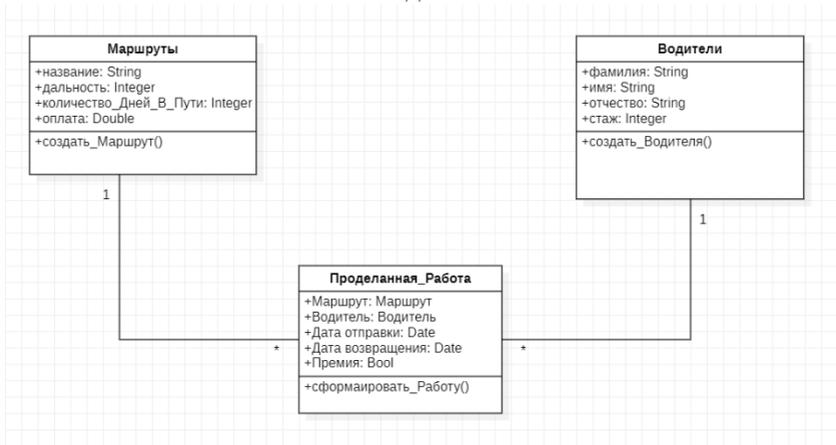


Рис. 3. Диаграмма классов – первоначальная постановка задачи

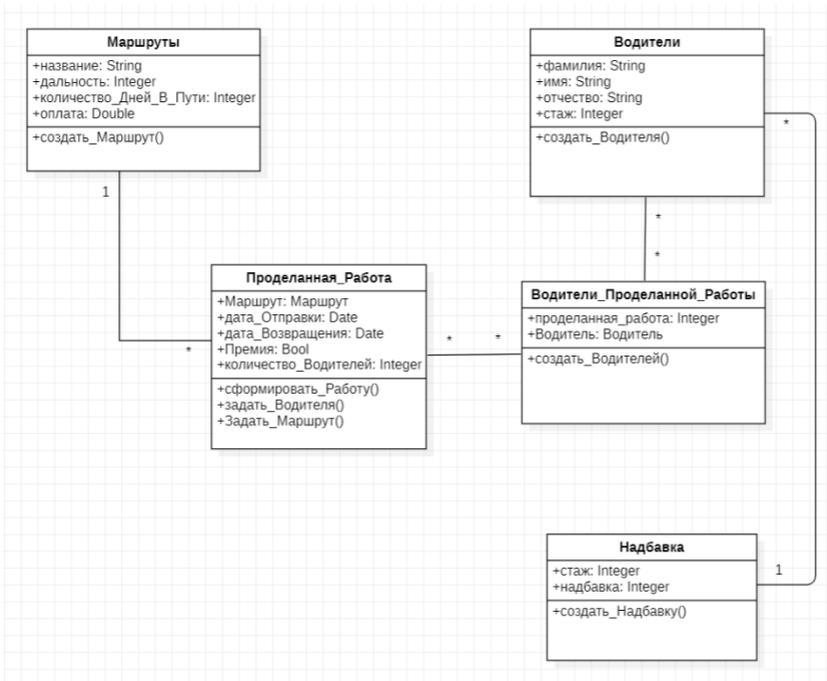


Рис. 4. Диаграмма классов – развитие постановки задачи

На рис. 5 (диаграмма деятельности) представлены: состояния действия (action state), прямоугольник для разделения и слияния параллельных вычислений или потоков управления, начальное и конечное состояние и три дорожки – «Водитель», «Выполненная работа» и «Маршрут».

Деятельность начинается с состояния действия «Ввод фамилии», на дорожке «Водитель» и «Ввод названия» на дорожке «Маршрут». Данные действия выполняются параллельно, поэтому на диаграмме используется соответствующие элементы. После этого диспетчер формирует выполненную работу, в которой размещаться данный водитель и маршрут.

На диаграмме состояния действия расположены на дорожке «Выполненная работа». При этом проверяется условия выплаты премии и в зависимости от решения премия либо учитывается при расчёте зарплаты, либо нет.

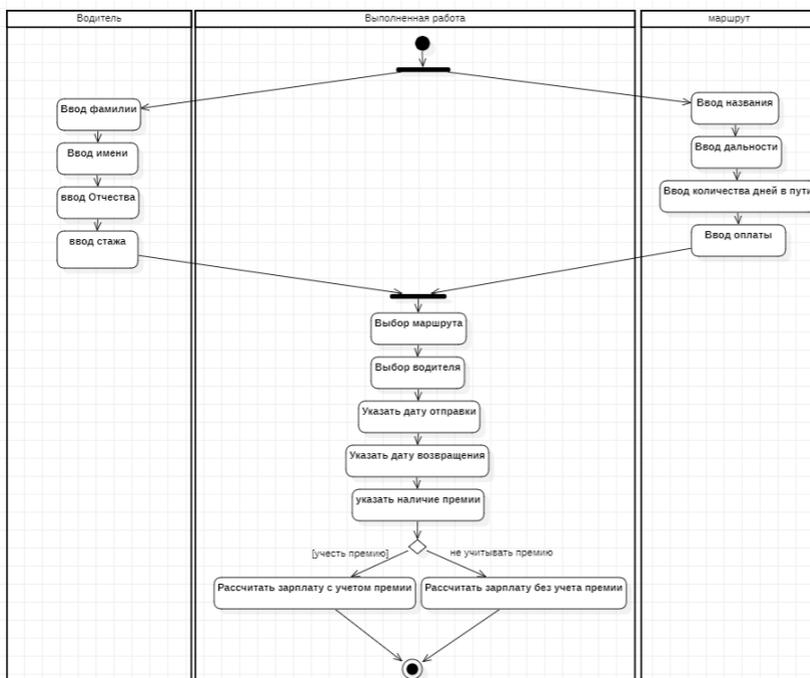


Рис. 5. Диаграмма деятельности – первоначальная постановка задачи

Расширенная диаграмма деятельности представлена на рис. 6. Это уже развитие постановки задачи, в которой становится известно о том, что необходимо хранить информацию о надбавке к зарплате водителей в зависимости от их стажа.

Из диаграммы прецедентов ясно, что необходимо зафиксировать информацию о водителях и определить надбавку от их стажа. В диаграмму деятельности добавляется дорожка «Надбавка» и два состояния действия – «Ввести стаж» и «Ввести надбавку», выполняющихся параллельно.

Разработанные в рамках данной работы диаграммы позволят понять и осмыслить структуру и поведение разрабатываемой информационной системы, облегчить управление процессом её создания, уменьшить возможный риск неудач при разработке, а также документировать принимаемые проектные решения»

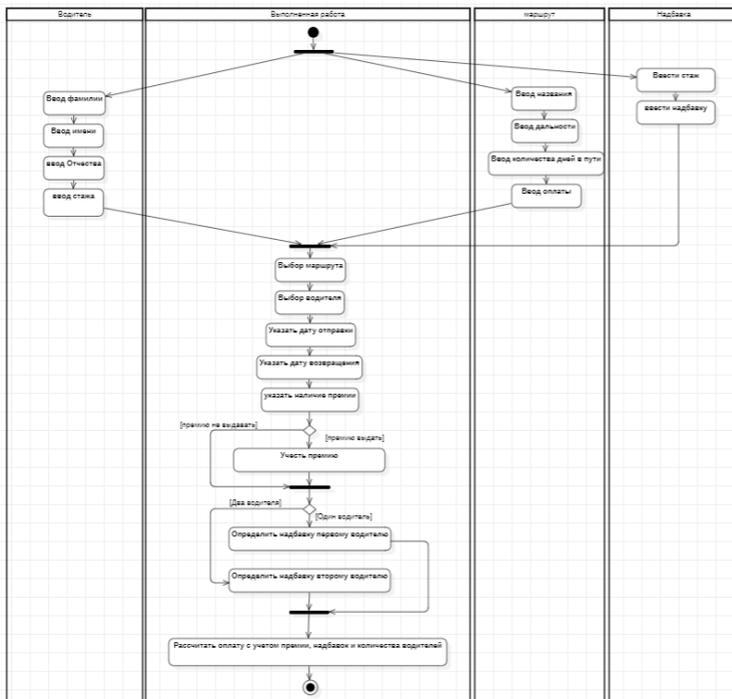


Рис. 6. Диаграмма деятельности – развитие постановки задачи

### Список литературы

3. Грекул, В. И. Проектирование информационных систем : учебник и практикум для вузов / В. И. Грекул, Н. Л. Коровкина, Г. А. Левочкина. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 423 с. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/533823>.
4. Галиаскаров, Э. Г. Анализ и проектирование систем с использованием UML : учебное пособие для вузов / Э. Г. Галиаскаров, А. С. Воробьев. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 125 с. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/544559>.

## ОБЗОР НЕКОТОРЫХ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ АППАРАТАМИ

*Кустов А.В., Калач А.В.*

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»,  
г. Воронеж, Россия,

Современные разработки в области беспилотных аппаратов представляют значительный интерес для их дальнейшего применения в различных сферах деятельности. Актуальность их использования становится всё больше, чему способствуют достижения в сфере миниатюризации электронных компонентов, повышение энергоэффективности и улучшение систем навигации. Потому не менее важным остаётся вопрос выбора подхода к управлению для достижения наибольшей эффективности.

На сегодня беспилотными аппаратами возможно управлять различными способами, каждый из которых обладает своими преимуществами и недостатками.

**Ручное управление.** Данный способ базируется на управлении транспортом с использованием дистанционной панели управления. Оператор осуществляет удалённое пилотирование из пункта управления, ориентируясь на передаваемую с камер визуальную информацию в реальном времени. У пилота есть возможность активно реагировать и адаптироваться к изменившемуся плану движения ввиду воздействием внешних факторов. Подобным образом получается достигнуть необходимой манёвренности и точности управления аппаратом для выполнения поставленной задачи [1].

Преимуществом подобного способа можно считать высокую точность и манёвренность при управлении транспортом благодаря участию оператора. Тем не менее, его наличие также является и основным недостатком. Выполнение задач, а также безопасность аппарата, напрямую зависит от человеческого

фактора, а именно опыта и уровня подготовки оператора. Также стоит принять во внимание усталость пилота, которая может отрицательно повлиять на выполнение продолжительных по времени работ. Ещё одним недостатком можно считать малую автономность, так как выполнение всех функций полностью зависит от оператора.

Исходя из этого можно заключить, что вариант с ручным управлением подходит не для всех задач и сфер деятельности. ввиду сильной зависимости от человеческого фактора. Однако, наличие контроля с его стороны позволяет достигнуть наибольшей точности и контроля при выполнении задач, требующих активного взаимодействия. Благодаря этому ручное управление до сих пор остаётся востребованным.

**Полуавтономное управление.** Является комбинацией элементов ручного и автономного управления, при котором часть функций выполняются в автоматическом порядке, а часть остаётся под управлением оператора. Основной принцип работы заключается в принятии автономных решений на основе заложенных алгоритмов или инструкций [1].

При этом оператор может внести изменения в существующую задачу для её корректировки или перехватить управление в случае возникновения необходимости, например, осуществления манёвров в условиях сложного ландшафта.

Благодаря автоматизации части процессов, особенно связанных с принятием решений, снижается роль оператора. Вследствие этого в случае потери связи с центром управления беспилотный аппарат сможет продолжить выполнение задачи или наоборот самостоятельно вернуться к месту запуска [2].

Однако, стоит отметить рост зависимости от заложенных в программу алгоритмов и методов. Некачественная настройка автоматизированных процессов может значительно повлиять на эффективность выполняемых работ или создать дополнительную нагрузку на оператора.

Полуавтономный подход можно считать наиболее универсальным методом управления, который подходит для большинства задач. Этому способствует автоматизация наиболее рутинных процессов и функций, не требующих дополнительного

контроля. Однако стоит учитывать, что подобный способ управления не подходит для проведения работ в сложных условиях без дополнительного вмешательства со стороны оператора.

**Автономное управление.** Автономное управление предполагает полную автоматизацию всех процессов без контроля со стороны оператора или при его минимальном участии. Для достижения автономности работы беспилотного аппарата используются следующие системы:

1) Навигации. Определяет оптимальную траекторию движения, по которой будет следовать аппарат для достижения заданной цели. В неё входят картографические данные текущей местности, либо эти данные формируются в процессе его перемещения. Осуществляет сбор данных через внешние камеры, датчики, лидары и иные устройства. Полученные данные затем используются для последующей корректировки траектории движения.

2) Позиционирования. Отвечает за определение положение аппарата в пространстве и его местоположения относительно текущей цели. Для этого используются различные навигационные системы (GPS, ГЛОНАСС), гироскопы, акселерометры и визуальные методы позиционирования [1, 2].

3) Принятия решений. Принимает решения о последующих действиях на основе анализа внешней среды и актуальном состоянии аппарата. Анализ осуществляется на основе заранее заданных моделей и алгоритмов, машинного обучения или искусственного интеллекта, которые обрабатывают данные и на их основе делают прогноз последующего перемещения в пространстве [4].

В процессе работы система анализирует данные с датчиков, прогнозирует изменения ситуации и принимает решения в реальном времени.

4) Управления движением. Выполняет поступающие команды от системы принятия решений для корректировки движения. Контролирует скорость, удержание высоты, угол наклона и ориентацию аппарата.

Совместная работа всех систем позволяет выбирать оптимальный маршрут следования и корректировать его по мере приближения к цели. Подобное комплексное взаимодействие обеспе-

чивает высокую эффективность и адаптивность в сложных ситуациях с постоянно меняющимися внешними факторами.

Полная автоматизация управления позволяет не зависеть от навыков и квалификации оператора, обеспечивая высокую эффективность и точность. Также оно позволяет выполнять задачи подразумевающую высокую степень согласованности при управлении несколькими автономными аппаратами. Применение продвинутых алгоритмов и технологий, используемых для автономного управления беспилотными аппаратами, позволяет использовать их для более сложных задач. Отсутствие человеческого фактора с внедрением автономной системы принятия решений позволяет более эффективно подходить к выполнению задач и избавиться от субъективных ошибок со стороны оператора. Однако, такие комплексные системы очень требовательны к качеству заложенных алгоритмов и настройке программного обеспечения, и на текущий момент для продуктивного использования аппаратов с автономным управлением необходимо наличие достаточного технического и организационного обеспечения [3].

Существующие подходы к управлению демонстрируют разный уровень эффективности в зависимости от сферы применения. Выбор зависит от поставленной задачи, условий эксплуатации и технологических возможностей. Ручное управление сохраняет актуальность в задачах, требующих высокой точности, а полуавтономное подходит для большинства задач, поддающихся автоматизации. В свою очередь вариант с автономным подходом позволяет полностью исключить роль оператора в процессах управления и принятия решений при помощи автономных систем, установленных на беспилотный аппарат. Однако существующие недостатки подобного подхода накладывают ряд ограничений, которые возможно преодолеть при дальнейшем развитии и внедрении технологий по автоматизации.

Список источников:

1. Горелов, В.В. Классификация систем управления беспилотными летательными аппаратами / В.В. Горелов // Актуальные вопросы современных научных исследований :

сборник статей IX Международной научно-практической конференции, Пенза, 05 февраля 2024 года. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2024. – С. 93-96.

2. Хмелевская, А.В. Анализ существующих методов контроля и управления БПЛА / А.В. Хмелевская, Д.А. Калистратов // Инфокоммуникации и космические технологии: состояние, проблемы и пути решения : сборник научных статей по материалам VII Всероссийской научно-практической конференции, Курск, 13–15 апреля 2023 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2023. – С. 394-398.

3. Левашова, А.А. Разработанные методы по управлению БПЛА / А.А. Левашова // Охрана труда и техносферная безопасность на объектах промышленности, транспорта и социальных инфраструктур : сборник статей II Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 27–28 февраля 2023 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023.

4. Актуальные решения в средствах связи, мониторинга и навигации беспилотных летательных аппаратов / И.Т. Чеботарь, В.Н. Мельник, В.А. Басыня, И.В. Вахненко // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 102-5. – С. 87-89.

УДК. 004.032.26

## АЛГОРИТМ РАБОТЫ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА АДАПТИВНОГО РАСШИРЕНИЯ НАБОРА ДАННЫХ

*Евдокимова Т.С.*

*Казанский Национальный Исследовательский  
Технический Университет им. А. Н. Туполева – КАИ,  
г. Казань, Россия*

*Аннотация: В данной работе рассматривается алгоритм работы программного комплекса для адаптивного расширения наборов данных. Приводится блок-схема алгоритма и функциональное описание программных модулей.*

В настоящее время все в больших сферах человеческой деятельности используются нейронные сети, в частности для задач классификации. В связи с популярностью использования нейронных сетей возникает потребность в сборе данных для их обучения. Как раз на данном этапе возникают трудности, связанные с размером и разнообразием данных в исходном наборе. В следствии чего используются подходы к преобразованию исходных данных, к ним относятся геометрические, яркостно-цветовые преобразования, а также методы объединяющие эти подходы с целью более автоматического применения [1]. Однако в таких подходах существует ряд недостатков, которые связаны с подбором недостаточно оптимальных преобразований для разных наборов данных.

В данной работе описан алгоритм работы программного комплекса адаптивного расширения наборов данных для нейросетевых классификаторов [2]. Главной задачей является объединение алгоритма обучения с подкреплением с моделью классификации. В программном комплексе должен быть реализован следующий функционал в разработанных модулях:

1) модуль загрузки данных: осуществляет загрузку данных, разбиение данных на обучающую и тестовую выборку, сохранение выборок для дальнейшего обучения модели;

2) модуль обучения модели классификатора: выбор преобразований для обучения модели классификатора, загрузка весов модели глубокого обучения с подкреплением [3,4]; обучение модели классификатора;

3) модуль контроля модели классификатора: загрузка данных для распознавания, вывод результата обучения, обновление и сохранение весов моделей классификатора и глубокого обучения с подкреплением на основании лучших результатов.

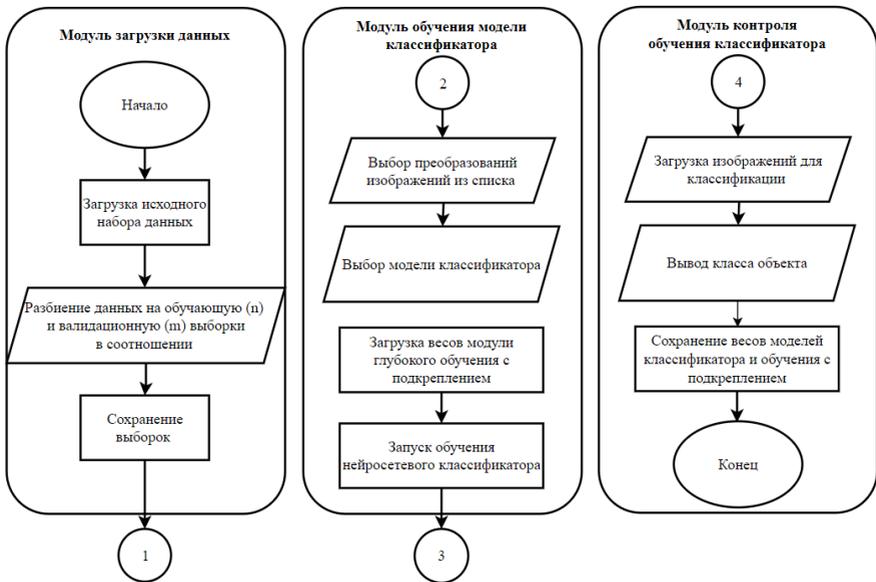


Рисунок 1. Блок-схема алгоритма работы программного комплекса адаптивного расширения набора данных

Первый модуль отвечает за загрузку, визуализацию исходных данных и формирование обучающей и тестовой выборок, которые используются на этапе обучения глубоких

нейронных сетей для классификации с целью оценки качества самой классификации на основе исходных и расширенных наборов данных.

Второй модуль отвечает за обучения классификатора, основанного на выбранных моделях глубокого обучения с возможностью обучения на исходных и расширенных наборах данных. Также в данном модуле отображаются данные, визуализирующие процесс и результат обучения классификатора.

Третий модуль отвечает за решение основных функциональных задач, связанных с расширением наборов данных при помощи глубокого обучения с подкреплением для задач классификации.

Описанный в работе алгоритм позволяет повысить точность распознавания объектов на изображениях.

#### Список литературы

1. Сорокина В. В., Абламейко С. В. Метод аугментации данных для улучшения качества распознавания изображений электронной коммерции // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С. Фундаментальные науки. – 2023. – № 2(41). – С. 29-34.

2. Горбунов А. Н., Кузнецова М. Н.. Нейросетевой классификатор автоматической системы обработки документов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2024. – № 6-2. – С. 97-100.

3. Ярыгин А. А. Актуальные вопросы машинного обучения с подкреплением интеллектуальных агентов в задачах принятия решений // Автоматизация: проблемы, идеи, решения: сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, Челябинск, 08 сентября 2017 года. – Челябинск: Общество с ограниченной ответственностью "Агентство международных исследований", 2017. – Р. 62.

4. Жиленков А. А, Силкин А. А., Серебряков М. Ю., Колесова С.В. Сравнительный анализ систем глубокого обучения с подкреплением и систем обучения с учителем // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 10. – С. 109-112.

**АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ  
РЕШЕНИЙ В СИСТЕМАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

*Ходяков В.А.*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»  
г. Воронеж, Россия*

Современный мир сталкивается с множеством сложных проблем, требующих оперативного и обоснованного принятия решений. В условиях быстро меняющейся информации и неопределенности, связанных с природными катастрофами и техногенными авариями, способность быстро и эффективно принимать решения становится критически важной. Следовательно, эффективность реагирования на эти угрозы напрямую зависит от уровня подготовки и быстроты принятия решений. В последние годы активно развиваются системы интеллектуальной поддержки принятия решений (ИППР), которые используют алгоритмы искусственного интеллекта и машинного обучения для анализа больших объемов данных и прогнозирования возможных сценариев.

Интеллектуальная поддержка принятия решений (ИППР) представляет собой важный инструмент, который помогает в организации защиты, минимизации повреждений и сохранения человеческих жизней. В данной статье мы рассмотрим практическую важность применения ИППР в системах обеспечения природно-техногенной безопасности.

Внедрение ИППР в обеспечение природно-техногенной безопасностью способствует не только повышению эффективности принятия решений, но и снижению потерь человеческих жизней и материальных ресурсов. Системы, использующие научно обоснованные модели и алгоритмы, могут

значительно улучшить качество управления в кризисных ситуациях.

Применение ИППР в обеспечении природно-техногенной безопасности позволяет осуществлять мониторинг природных и техногенных объектов в реальном времени. Системы, использующие геоинформационные технологии, могут анализировать данные о состоянии окружающей среды, что позволяет прогнозировать развитие изучаемого объекта или явления в дальнейшем; в условиях кризиса помочь в принятии быстро обрабатывать данные о масштабах ущерба и пострадавших, определить приоритетные меры по спасению людей и минимизации ущерба. Это позволяет экстренным службам в координации своих действия и эффективном распределении ресурсов; могут использоваться для оценки рисков, позволяя заранее выявлять потенциальные угрозы и разрабатывать стратегии их

Из перечисленных способов применения возможно вывести основные аспекты практической актуальности применения ИППР:

1. Сокращает времени на принятие решений благодаря автоматизации процесса анализа больших объемов данных, позволяя принимать решения на основе актуальной информации и ускоряя процесс принятия решений, что важно в условиях чрезвычайных ситуаций.

2. Улучшает качество принятых решений обеспечивая более точные и надёжные решения, основанные на анализе данных, использовании алгоритмов машинного обучения и математического моделирования для разработки прогнозов о возможных сценариях

3. Оптимизируют ресурсы помогая более рационально распределять и использовать имеющиеся ресурсы снижая затраты и повышая общую эффективность.

4. Улучшает координацию и коммуникации между различными учреждениями и службами в области чрезвычайные ситуации. Тем самым способствуя более эффективному

совместному планированию и реализации мероприятий по обеспечению безопасности.

5. Может служить эффективным инструментом для обучения и подготовки персонала в системах обеспечения природно-техногенной безопасности, позволяя специалистам отработать навыки взаимодействия и принятия решений в условиях стресса и неопределенности.

В будущем системы интеллектуальной поддержки принятия решений продолжат развиваться, и их роль в обеспечении природно-техногенной безопасности будет только увеличиваться. С развитием искусственного интеллекта ИППР будут становиться все более автономными и способными к самообучению, будут интегрироваться с новыми технологиями и лучше учитывать индивидуальные особенности пользователей и контекста принятия решений.

Однако, уже сейчас ИППР играет ключевую роль в системах обеспечения природно-техногенной безопасности, позволяя ускорять процесс принятия решений, повышать точность прогнозов, оптимизировать распределение ресурсов, поддерживать взаимодействие между службами и обучать персонал. Важно продолжать исследовать и развивать эти системы, чтобы максимально использовать их потенциал в решении сложных задач по обеспечению безопасности, с которыми сталкивается современное общество.

#### Список литературы

1. Бурлаков, В. А., & Сидоренко, И. В. (2020). Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в управлении рисками. *Журнал управления рисками*, 12(3), 45-58.
2. Петров, А. Н. (2021). Применение машинного обучения в системах мониторинга природных катастроф. *Научные записки*, 15(1), 23-34.
3. Иванов, С. П. (2022). Умные города: технологии и вызовы. *Городская безопасность*, 8(2), 12-19.

## **РОЛЬ МИКРОПРОЦЕССОРОВ В НАВИГАЦИИ И УПРАВЛЕНИИ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ (БПЛА)**

*Хуснутдинов Б.С., Сандаков В.Д.*

*ФГБОУ ВО*

*«Казанский государственный энергетический университет»,  
г. Казань, Россия*

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА), также известные как дроны, представляют собой летательные аппараты, которые управляются дистанционно или автономно, без наличия пилота на борту. Данные аппараты стали неотъемлемой частью современного мира, находя применение в различных сферах, таких как, доставка грузов, военные операции и мониторинг окружающей среды. Одним из ключевых компонентов, обеспечивающих эффективное функционирование БПЛА, являются микропроцессоры. В этой статье мы рассмотрим роль микропроцессоров в навигации и управлении БПЛА, их преимущества и вызовы, а также перспективы развития. [4]

Микропроцессоры играют ключевую роль в навигационных системах БПЛА. Они обрабатывают данные от различных сенсоров, таких как GPS, гироскопы, акселерометры и барометры, для определения текущего положения и ориентации аппарата. Эти данные используются для расчета траектории полета и корректировки курса в реальном времени.

За управление полетом БПЛА также отвечают микропроцессоры. Они контролируют работу двигателей, сервоприводов и других исполнительных механизмов, обеспечивая стабильность и маневренность аппарата. Встроенные алгоритмы управления позволяют БПЛА выполнять сложные маневры, такие как взлет, посадка, повороты и изменение высоты.

Микропроцессоры обрабатывают данные, полученные от различных датчиков и камер, установленных на БПЛА. Это

позволяет аппарату выполнять задачи, такие как картографирование, мониторинг состояния инфраструктуры, поиск и спасение, а также сбор данных для научных исследований.

В чем преимущества использования микропроцессоров в БПЛА?

– Высокая точность и надежность

Микропроцессоры обеспечивают высокую точность и надежность в навигации и управлении БПЛА. Они способны обрабатывать большие объемы данных в реальном времени, что позволяет аппарату быстро реагировать на изменения в окружающей среде и корректировать курс.

– Энергоэффективность

Современные микропроцессоры обладают высокой энергоэффективностью, что особенно важно для БПЛА, работающих на ограниченных источниках питания. Это позволяет увеличить время полета и расширить возможности применения аппарата.

– Гибкость и масштабируемость

Микропроцессоры могут быть легко адаптированы для различных задач и условий эксплуатации. Это позволяет разработчикам создавать БПЛА, способные выполнять широкий спектр задач, от простых разведывательных миссий до сложных научных исследований.[1]

Одним из основных вызовов при использовании микропроцессоров в БПЛА является тепловыделение. Высокая производительность микропроцессоров может приводить к перегреву, что требует эффективных систем охлаждения.

Безопасность и надежность являются критически важными аспектами при использовании БПЛА. Микропроцессоры должны быть устойчивы к внешним воздействиям, таким как вибрации, температурные изменения и электромагнитные помехи.[2]

Разработка и тестирование программного обеспечения для микропроцессоров в БПЛА требует значительных усилий и ресурсов. Ошибки в программном обеспечении могут привести к сбоям в работе аппарата и даже к его потере.

Также хотел бы рассмотреть перспективы развития. Одной из них, я считаю, является интеграция искусственного интеллекта

(ИИ) и машинного обучения в микропроцессоры БПЛА. Она открывает новые возможности для автономного управления и принятия решений, позволяет аппарату адаптироваться к изменяющимся условиям и выполнять более сложные задачи.

Улучшение сенсорных технологий. Развитие сенсорных технологий и улучшение точности и чувствительности датчиков позволяют микропроцессорам получать более точные данные для навигации и управления. Это способствует повышению безопасности и эффективности полетов.

Развитие коммуникационных технологий. Улучшение коммуникационных технологий, таких как 5G и спутниковая связь, позволяет микропроцессорам БПЛА обмениваться данными с наземными станциями и другими аппаратами в реальном времени. Это открывает новые возможности для координации и управления группами БПЛА.[3]

Микропроцессоры играют ключевую роль в навигации и управлении беспилотными летательными аппаратами, обеспечивая высокую точность, надежность и энергоэффективность. Несмотря на существующие вызовы, такие как тепловыделение и безопасность, перспективы развития микропроцессоров в БПЛА выглядят многообещающими. Интеграция искусственного интеллекта, улучшение сенсорных и коммуникационных технологий открывают новые горизонты для применения БПЛА в различных сферах.

#### Список источников

1. Андриевский Б. Р., Попов А. М., Михайлов В. А., Попов Ф. А. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ // Аэрокосмическая техника и технологии. 2023. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-metodov-iskusstvennogo-intellekta-dlya-upravleniya-poletom-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov> (дата обращения: 20.12.2024).
2. Лянгузов Д. А., Плюснин Н. И. БЕЗОПАСНОСТЬ И УЯЗВИМОСТЬ СЕТЕЙ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ: ОБЗОР // Известия ТулГУ. Технические науки.

2023. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bezopasnost-i-uyazvimost-setey-bespilotnyh-letatelnyh-apparatorov-obzor> (дата обращения: 20.12.2024).

3. Нарзуллаев Улугбек Хайруллаевич, Рустамов Темурбек Рустамович РАЗВИТИЕ МОБИЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОТ 4G К 5G // Universum: технические науки. 2023. №9-2 (114). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-mobilnyh-tehnologiy-ot-4g-k-5g> (дата обращения: 20.12.2024).

4. Игнатов Сергей Юрьевич ПОНЯТИЕ, ВИДЫ И ФУНКЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ // Наука и образование сегодня. 2023. №2 (76). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-vidy-i-funktsii-bespilotnyh-vozdushnyh-sudov> (дата обращения: 20.12.2024).

**УДК. 338**

## **ОСОБЕННОСТИ БИЗНЕС-МОДЕЛЕЙ В СФЕРЕ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

*Юшерева А.Е., Вольная С.А., Кетоева Н.Л.*

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет  
«Московский энергетический институт», г. Москва, Россия*

Энергетический сектор всегда имел и по сей день имеет стратегическое значение практически для каждой страны в мире. Энергетика обеспечивает нормальное функционирование всех отраслей экономики, а также жизнедеятельности людей.

Такой стратегически важный сектор непременно обладает своей спецификой. Так структура энергетического рынка всегда отличалась от структуры рынка потребления товаров и услуг. К особенностям, которые делают отрасль энергетики уникальной, относятся:

-строгое государственное регулирование и контроль

- критическая инфраструктура
- значительные капиталовложения и долгосрочная оборачиваемость инвестиций
- энергетика - это платформа для инноваций и апробации новых технологий
- глобальное и полномасштабное воздействие на окружающую среду

Помимо прочего, энергопредприятия работают в сложной системе многоканальных внешних связей с государственными структурами, проектировщиками, строителями, монтажниками, поставщиками топлива, оборудования, ремонтных и других услуг, а инновационная трансформация производственных процессов в электроэнергетике направлена на внедрение новых цифровых устройств, позволяющих повысить надёжность учёта потребления электроэнергии, эффективность её передачи и контроля расхода и потерь.

Все вышеперечисленные особенности следует учитывать при составлении, анализе и совершенствовании бизнес-моделей в сфере передачи электроэнергии.

Передача электроэнергии осуществляется электросетевыми компаниями. Их деятельность в первую очередь подчинена ряду стандартов и нормативных документов. Для всей энергетической системы важными являются взаимодействие и координация в процессе генерации и распределения электроэнергии, объем производства которой определяется потребителем [6]. Особо важными в бизнес-модели такого предприятия являются связи с внешними организациями, внешней средой взаимодействия.

Таким образом, главные элементы бизнес-модели электросетевой организации, которые имеют непосредственное влияние на деятельность организации, будут иметь следующий вид.



Рисунок 22. Элементы бизнес-модели электросетевой организации (Разработано Автором по материалам [2])

Большинство бизнес-моделей имеют свои недостатки и проблемы как в области взаимодействия элементов системы, так и в конкретных «блоках» элементов. В настоящее время особенно важно уделить внимание важности взаимодействия элементов с точки зрения повышения его эффективности.

Для реализации государственной политики в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности используется комплексная государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности» [3].

Но для того, чтобы выявить, на каком именно этапе необходимо совершенствовать бизнес-модель электросетевой организации и применять определенные инструменты, например, энергосберегающих мероприятий, которые сейчас находятся в центре внимания государства, необходимо следовать определенной логике (алгоритму), который будет исследован в последующих работах.

#### Список источников

1. Семеркова Л.Н., Остроухова Н.Г. Исследование бизнес-моделей предприятий топливно-энергетического комплекса России // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки. - 2017. - №2 (42).
2. Бизнес-модель компании ПАО «Россети Центр» // Официальный сайт ПАО «Россети Центр». - URL:

<https://www.mrsk-1.ru/about/company/bussines-model/> (дата обращения: 10.12.2024).

3. Постановление Правительства Российской Федерации «Об утверждении комплексной государственной программы Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности» от 9 сентября 2023 № 1473.

УДК 649-63

## **ВНЕДРЕНИЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ (IoT) В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ**

*Леонова Д. П., Сандаков В. Д.*

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,  
г. Казань, Республика Татарстан*

**Аннотация:** В данной статье рассмотрено понятие интернета вещей (IoT), его возможности применения в жилищно-коммунальном хозяйстве, а также примеры реального использования за рубежом и в России.

**Ключевые слова:** интернет-вещей (IoT), устройство, жилищно-коммунальное хозяйство, система, датчики, анализ данных, инфраструктура, оптимизация.

Интернет вещей (IoT) — это объединение различных устройств в общую сеть, которая позволяет им собирать информацию, обмениваться данными и взаимодействовать друг с другом, с человеком и серверами в дата-центре или облаке. IoT используется в быту и бизнесе для автоматизации рутинных задач, удалённого управления устройствами и упрощения производственных процессов [1].

Система IoT состоит из физических объектов со встроенными сенсорами, уникальным идентификатором и связью с интернетом, которые взаимодействуют с окружающей средой и передают данные в управляющий центр.

Одним из примеров IoT является «умный дом», где различные устройства, такие как датчики температуры, света и движения, объединены и управляются основным устройством [2].

Но «умный дом» не единственное решение, где возможно внедрение интернета вещей (IoT). Сегодня IoT находит применение в жилищно-коммунальном хозяйстве. Там он позволяет мониторить состояние инфраструктуры и повышать энергоэффективность.

IoT состоит из множества устройств, подключённых к интернету и обменивающихся данными. Это помогает автоматизировать процессы, прогнозировать проблемы и оптимизировать работу оборудования [3, С. 9–15].

Мониторинг состояния инфраструктуры с использованием IoT включает сбор и анализ данных с датчиков, прогнозирование возможных проблем и управление ресурсами. Повышение энергоэффективности достигается благодаря автоматическому управлению освещением, электроприборами, температурой и влажностью в помещениях, а также контролю потребления ресурсов [4, С. 32–33].

На сегодняшний день уже существуют удачные примеры внедрения интернета вещей в жилищно-коммунальное хозяйство за рубежом [5, С. 63–67]. Так, например, в Германии также существует проект SmartWater. В рамках данного проекта в городских водопроводных системах были установлены умные сенсоры, которые передают данные в облачную платформу для анализа и выявления утечек. В Нидерландах похожий проект Smart City позволяет управлять городскими инфраструктурами с использованием датчиков в системах водоснабжения и канализации.

В России одним из успешных примеров реализации IoT-технологий является проект умного города «Москва Сити». В данном проекте реализованы системы управления освещением улиц, за счет которых можно оптимизировать работу уличной

системы освещения, а также сократить затраты на электроэнергию, при этом повысить безопасность на улицах. Также в проекте с помощью IoT налажена система управления инфраструктурой многоквартирных домов. За счет нее можно оптимизировать работу систем отопления, сбора и утилизацию отходов, вентиляцию и многое другое.

Несмотря на все удачно реализованные проекты, стоит отметить, что IoT-технологии только начинают развиваться в сфере ЖКХ. В недалеком будущем нас могут ждать новые технологии и интересные решения, с помощью которых можно будет оптимизировать управление инфраструктурой города, за счет чего получится улучшить качество жизни жителей города.

### Список источников

1. Довгаль Виталий Анатольевич, Довгаль Дмитрий Витальевич Интернет Вещей: концепция, приложения и задачи // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2018. №1 (212).
2. Утегенов Нұрдәулет Бауржанұлы ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ (IOT) И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ // Universum: технические науки. 2023. №7-1 (112).
3. Баланов, А. Н. IoT-решения: принципы, примеры, перспективы: учебное пособие для вузов / А. Н. Баланов. — Санкт-Петербург: Лань, 2024. С. 9–15.
4. Страшун, Ю. П. Технические средства автоматизации и управления на основе IIoT/IoT: учебное пособие для вузов / Ю. П. Страшун. Санкт-Петербург, 2024. С. 32–33.
5. Баланов, А. Н. Цифровая трансформация бизнеса: учебное пособие для вузов / А. Н. Баланов. — Санкт-Петербург, 2024. С. 63–67.

## ВОПРОСЫ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ПОДВИЖНЫХ ПЛАТФОРМ

*Хабиров Т. А., Богданова Н. В.*

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический  
университет»,  
г. Казань, Россия*

**Аннотация:** статья посвящена анализу современных тенденций в области автоматизации транспортных систем. В работе рассматриваются автоматически управляемые транспортные средства AGV и AMR с точки зрения повышения эффективности логистических процессов, снижения затрат на перемещение компонентов производства и повышения безопасности перевозок. Рассмотрены основные компоненты AGV и AMR. Рассмотрены факторы, определяющие возможность внедрения автоматизированных платформ в производственные процессы.

**Ключевые слова:** автоматизированная платформа, мобильный робот, AVG устройства, транспортная система.

AGV (Automated Guided Vehicle) и AMR (Automated Mobile Robot) – это устройства для автоматизированного перемещения грузов в промышленной среде, которые обеспечивают транспортировку без непосредственного участия оператора.

AGV или автоматически управляемое транспортное средство – это промышленное транспортное средство, которое можно предварительно запрограммировать для перевозки грузов на производстве, складе и между ними. То есть AGV является роботизированной тележкой, простым мобильным роботом. Для ориентирования в пространстве такие устройства имеют центральную и дополнительную бортовые информационно-управляющие системы. Первые устройства AGV перемещались

только вдоль направляющих, например, по рельсам. Другим вариантом задания направления движения могли служить лазерные лучи. В настоящее время AGV широко применяются на складах, в терминалах, в морских портах и могут быть включены в общую логистику портовых процессов [1]. Но движение роботизированной тележки все так же осуществляется вдоль специальных направляющих – полос, магнитных, лазерных или цветowych.

AMR или автономный мобильный робот, является более сложным техническим устройством, практически беспилотником. Он прост в применении по сравнению с AGV. Для самостоятельного передвижения материалов без физических направляющих или маркеров применяются бортовые датчики, камеры и процессоры. Робот анализирует окружение, определяет своё местоположение и планирует маршрут от одной путевой точки к другой самостоятельно [2]. AMR может работать как один, так и в сети из нескольких устройств. Выполняя те же задачи, что и AGV, AMR делает это быстрее, обеспечивая большую надёжность работы. Перестроение маршрута движения AMR, например, с целью обхода препятствия происходит без перестроения направляющих элементов, как того потребовало бы применение AGV.



Рис.1. Вилочный погрузчик в складских помещениях

Основными видами устройств AGV и AMR являются вилочные погрузчики (рис.1), транспортные тележки (рис.2), буксирующие устройства (рис.3).



Рис.2. Транспортная тележка

Замена ручного и механического труда персонала предприятий на автоматизированный в пределах производственных, складских, погрузочно-разгрузочных площадок приводит к увеличению эффективности работы всего предприятия. Логистические схемы требуют применения устройств, не требующих сложных процессов для постановки задач и интеграции. AGV и AMR полностью удовлетворяют этим условиям. Персонал при этом освобождается от рутинной, тяжёлой работы для выполнения задач более сложных и интересных. Кроме того, применение AGV и AMR возможно в производственных помещениях взрывоопасных или при наличии излучений, представляющих опасность для жизни и здоровья работников [3].

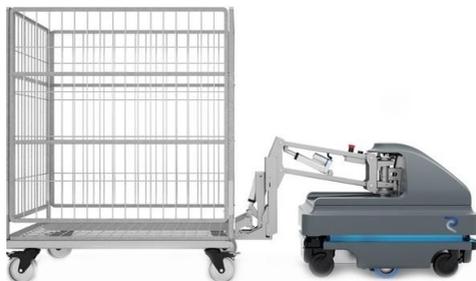


Рис.3. Автоматический буксировщик с захватным устройством

Исключение влияния человеческого фактора приводит к значительному снижению аварийности производства. Обслуживание систем AGV и AMR, которые обеспечивают круглосуточную работу, не требует больших финансовых вложений.

Основное отличие AGV от AMR заключается в сочетании взаимоисключающих характеристик: степени предсказуемости поведения устройства и возможности осуществления непрерывного рабочего процесса. Так как AGV обладает способностью передвигаться только по заранее заданным навигационным линиям, соответственно устройство не может неожиданно появиться в местах, не предусмотренных маршрутом, создавая опасность для персонала, и является предсказуемым. В то же самое время, встретившись с препятствием, AGV останавливается до его физического устранения препятствия, замедляя производственный процесс.

Устройства AMR самостоятельно прокладывают маршруты для объезда возникающих на их пути препятствий, производительность устройства таким образом не снижается, но предсказуемость действий падает из-за возможности его появления в местах, отстоящих от кратчайшего маршрута перемещения от одного объекта производственной площадки до другого.

Основные компоненты автоматических платформ AGV и AMR включают блок привода с независимыми электромоторами для движения и маневрирования, блок энергообеспечения с

герметичными необслуживаемыми аккумуляторами, исполнительный механизм с электромотором для захвата грузов, блок управления с программируемым контроллером для управления движением, систему безопасности и оповещения с светозвуковой сигнализацией, систему беспроводной связи с Wi-Fi модулем или другими способами связи и беспроводными кнопками управления, а также систему навигации для следования заданной траектории.

Вопросы целесообразности внедрения на производствах устройств AGV и AMR связаны с оценкой потребностей и возможностей предприятия. Необходимо проанализировать процессы на производстве сточки зрения логистических схем [4, 5]. Зависимость AGV и AMR от наличия беспроводных сетей, программного обеспечения также обуславливает ограничения принятия решений о их внедрении.

#### Список источников

1. Некоторые аспекты повышения эффективности портовой деятельности на основе нейронной видео-аналитики / Н. В. Богданова, В. В. Плотников, Р. И. Бикбулатов, А. М. Пирогова // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 12(96). – С. 209-224. – EDN IJQHML.
2. Юревич, Е.И. Основы робототехники / Е.И. Юревич. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2010. – 252 с.
3. Намита Сингх, П. В. Сарнгадхаран, Прабир К. Пэл. Планирование AGV для автоматизированного распределения материалов: пример исследования / Журнал интеллектуального производства — 2011, том 22, выпуск 2. – 219–228 с.
4. Бекишев Ю. А., Аркадьев В. А. FMEA-анализ рисков при внедрении роботизированной техники AGV/AMR в производственную систему снабжения предприятия. – 2021.
5. Яковлева Е. А., Моторкин А. С., Капустин Д. Р. Выбор системы роботизированной автоматизации процессов на производстве // Системный анализ в проектировании и управлении. – 2023. – Т. 26. – №. 3. – С. 357-362.

## БЛОКЧЕЙН КАК ТЕХНОЛОГИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЗРАЧНОСТИ И ДОВЕРИЯ В ПРОЦЕССЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

*Кирилин А.М.*

*Казанский национальный исследовательский технический  
университет им. А.Н. Туполева—КАИ  
г. Казань, Россия*

### **Аннотация.**

В мире социализация, в которой цифровизация становится определяющим фактором в развитии экономики и общества, вопросы открытости и веры достигают высшего значения. Блокчейн вносит инновационный наполнение по устранению этих проблем с помощью неизменности информации, прозрачности, и развитием уровня доверия между участниками событий.

Принципы работы блокчейна.

Блокчейн — это рассредоточенная бухгалтерская книга, в которой транзакции представлены в виде цепочки блоков. Ключевые принципы блокчейна включают в себя:

Децентрализация: данные размещаются на нескольких узлах в рамках присоединенной сети, что помогает предотвратить ошибки и действия хакеров.

Неизменность: блоки могут быть изменены только на основе консенсуса со всеми участвующими сторонами, что устраняет проблему манипулирования данными.

Прозрачность: это закрытая сеть, где открытость и доверие обусловлены тем, что все имеют равный доступ к данным.

Эти принципы описаны в таблице 1.

Таблица 1. Принципы работы блокчейна.

Принцип	Описание
Децентрализация	Данные распределены между узлами, исключая единую точку отказа.
Неизменяемость	Любые изменения в данных требуют консенсуса всех участников сети.
Прозрачность	Общедоступность данных для всех участников сети обеспечивает доверие.

Применение в принятии решений

### 1. Управление цепочками поставок

Блокчейн предлагает надежные решения для отслеживания поставок и искоренения случаев подделки документов.

Формула расчета доверия в цепи поставок:

$$D_{trust} = \frac{B_{verified}}{B_{total}} \times 100\%, \quad (1) \text{ где:}$$

$D_{trust}$  — уровень доверия;

$B_{verified}$  — количество подтвержденных блоков;

$B_{total}$  — общее количество блоков в цепочке.

### 2. Голосование и управление в организациях

Децентрализованное голосование хорошо работает для защиты личности избирателей, гарантируя при этом чистоту всех выборов. Примеры системы:

Каждый голос передается в систему.

Узлы в сети отвечают за подтверждение голосов.

### 3. Финансовые сделки

Блокчейн решает проблемы, связанные с предотвращением мошенничества, повышает скорость транзакций, устраняя необходимость в третьих сторонах.

## **Вызовы и перспективы рассмотрены в таблице 2.**

Таблица 2. Вызовы и перспективы.

Вызов	Возможное решение
Скалируемость	Использование технологий шардирования и второго уровня (Layer 2).
Энергозатраты	Переход на более эффективные алгоритмы консенсуса, такие как Proof-of-Stake.

Блокчейн обладает потенциалом, но его внедрение требует преодоления технических и нормативных барьеров, оставаясь основой для создания доверительных и прозрачных систем.

### **Список источников:**

1. Ищукова Е.А., Красовский А.В. Проблемы доверия в использовании технологии блокчейн // Современные наукоемкие технологии. – 2018. – № 11. – С. 32–36.

2. Космарский, А. А. Блокчейн для науки: революционные возможности, перспективы внедрения, потенциальные проблемы // СОЦИОЛОГИЯ НАУКИ. – 2019 – С. 388–409.

## УТИЛИЗАЦИЯ И ПЕРЕРАБОТКА ЯДЕРНЫХ ОТХОДОВ

*Нурудинов С.М., Якупов З.Я.*

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,  
г. Казань, Россия.*

**Аннотация:** Вопрос радиоактивных отходов представляет собой узкую грань более широкой проблемы загрязнения, вызванного деятельностью человека. Однако уникальные характеристики радиоактивных отходов требуют применения специализированных методов для обеспечения безопасности людей и экосистемы.

Такие отходы представляют опасность как для человека, так и для окружающей среды, поскольку они увеличивают уровень радиоактивности в определенных местах, превышая естественные фоновое значение.

Суть проблемы заключается в необходимости минимизировать негативное воздействие радиации и других свойств этих отходов на человека и природу до показателей, близких к тем, которые существовали до извлечения радиоактивных материалов из земли, сохраняя при этом основные механизмы круговорота веществ и энергии, а также разнообразие видов в экосистемах.

В данной работе представлены основные термины, касающиеся радиоактивных отходов, их классификация и ключевые источники возникновения. Также приводится информация о различных уровнях опасности для человека от разных типов радиоактивных отходов. Рассматриваются существующие стандарты, технологии переработки и утилизации этих отходов, а также проекты по захоронению.

**Ключевые слова:** радиоактивные вещества, радиоактивное загрязнение, утилизация радиоактивных отходов.

Радиоактивные отходы (РАО) представляют собой материалы, содержащие радиоактивные элементы, которые не имеют полезного применения. Это могут быть газообразные вещества, растворы, различные изделия и биологические объекты, где уровни радионуклидов превышают установленные нормы. Чаще всего такие отходы образуются в процессе ядерных реакций, например, во время деления атомов. Основную массу РАО составляют так называемые «малоактивные отходы», которые характеризуются низким уровнем радиоактивности на единицу массы или объема.

Регулирование обращения с РАО осуществляется Международной комиссией по радиологической защите (МКРЗ), Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ) и национальными органами. Существуют специальные санитарные нормы для работы с радиоактивными веществами и правила утилизации, хранения и захоронения РАО.

Со временем радиоактивность отходов атомной энергетики уменьшается, так как все радионуклиды имеют период полураспада. Например, плутоний-239 будет оставаться опасным на протяжении сотен тысяч лет, в то время как иод-131 быстро теряет свою активность. Основная задача управления РАО — это защита людей и экосистемы, что достигается за счет надежного хранения опасных отходов в глубоких и защищенных хранилищах.

Существует ряд веществ с природной радиоактивностью, называемых естественными источниками радиации. Большинство из этих элементов образовывается в процессе распада урана или тория и выделяет альфа-частицы. При сжигании угля в золе могут оставаться уран и торий, вдыхание которых представляет угрозу для здоровья человека. Также в сульфатных отложениях нефтяных скважин высокое содержание радия, а в воде, нефти и газе может содержаться радон; его распад приводит к накоплению твердых радиоизотопов в трубопроводах нефтеперерабатывающих заводов. Отходы от обогащения других минералов также могут быть радиоактивными.

В медицинских радиоактивных отходах, как правило, преимущественно встречаются бета- и гамма-излучатели. Например, в диагностической ядерной медицине используются кратко-живущие гамма-излучающие изотопы, такие как технеций. После короткого времени распада их можно утилизировать как обычные отходы. Среди других медицинских изотопов имеются йод-131, цезий-90, иттрий-137 и стронций-89.

Промышленный радиоактивный мусор может содержать альфа-, бета-, нейтронные и гамма-излучатели. Гамма-излучение используется в радиографии, а нейтронные источники находят применение в радиометрии.

Наибольшее количество радиоактивных отходов возникает в процессе ядерного топливного цикла. В начале этого цикла образуется пустая порода при добыче урана, которая испускает альфа-частицы и содержит радий и его дочерние продукты. Обогащённый диоксид урана ( $UO_2$ ) используется в ядерных реакторах, а основным побочным продуктом является обеднённый уран с содержанием урана-238 и менее 0,3% урана-235, который может применяться, например, для производства снарядов.

Отходы от переработки ядерного оружия содержат множество актиновых элементов, излучающих альфа-частицы, включая плутоний-239.

Низкоактивные радиоактивные отходы (РАО) образуются в результате работы медицинских учреждений, промышленных предприятий и ядерного топливного цикла. К ним относятся такие материалы, как бумага, одежда, фильтры и инструменты, которые содержат минимальные количества преимущественно короткоживущих изотопов. Такие отходы классифицируются как малоактивные для предосторожности, если они находились в так называемой "активной зоне", где вероятность радиоактивного загрязнения крайне мала. Обычно их радиоактивность сопоставима с отходами от офисов, не подвергшихся радиации. Их не нужно изолировать при транспортировке, и они могут быть захоронены на поверхности. Для уменьшения объема эти отходы часто сжигают или прессуют перед утилизацией.

Средне-активные РАО имеют более высокую радиоактивность и требуют защитных мер. К этой категории

относятся смолы, осадки, металлические оболочки от реакторов и загрязненные материалы из закрытых АЭС. Транспортировка может осуществляться в бетонных или битумных контейнерах. Кратко-живущие отходы, как правило, сжигаются, тогда как долговечные размещаются в подземных хранилищах.

Высокоактивные РАО происходят из ядерных реакторов и содержат продукты деления и трансурановые элементы. Эти отходы чрезвычайно радиоактивны и могут иметь высокую температуру, составляя до 95% от общей радиоактивности, возникающей в процессе генерации электроэнергии.

Трансурановые элементы, обладающие длительным периодом полураспада, требуют более тщательного подхода к захоронению, чем менее активные отходы. Существует четыре основных метода обращения с такими отходами:

1) Очистка высокоактивных примесей из газообразных и жидких отходов с последующим сбросом мало-радиоактивных материалов в атмосферу или водоем для разбавления до безопасных уровней.

2) Сброс жидких РАО низкой и средней активности в фильтрующие колодцы или штольни в глине.

3) Временное хранение для снижения удельной активности, что может занимать от нескольких дней до десятков лет. При этом высокоактивные отходы требуют контроля температуры.

4) Переработка РАО для уменьшения объема и надлежащей изоляции от биосферы, включая различные химические и физические методы для жидких и твердых отходов. Однако нет полностью безопасных методов для захоронения твердых радиоактивных отходов. Газовые отходы обрабатываются химическими и физическими методами очистки.

Итогом переработки различных видов радиоактивных отходов становятся иммобилизованные твердые отходы, представленные в виде компактных блоков. Для иммобилизации и изоляции этих отходов используют методы, такие как цементирование и битумирование, предполагающие низкую и среднюю удельную активность, а также высокотемпературный обжиг (кальцинация и суперкальцинация) для создания спеченных

частиц, их упаковку в контейнеры из нержавеющей стали и свинца.

Долгосрочное хранение переработанных радиоактивных отходов (на протяжении десятков лет) осуществляется в траншеях, на поверхностных или неглубоких подземных объектах, оснащенных системами контроля миграции радионуклидов. Утилизация (сроком на сотни лет) происходит в геологических образованиях материков (подземных выработках, соляных пластах, естественных полостях) и на морском дне, в сейсмически стабильных зонах. В качестве теоретически возможного способа захоронения рассматривают трансмутацию долгоживущих радионуклидов в короткоживущие с помощью облучения в реакторах или на ускорителях. Выбор метода захоронения базируется на удельной активности, составе радионуклидов, степени герметизации упаковок и предполагаемой продолжительности хранения. Механизмы миграции радионуклидов в окружающую среду различны, ключевой причиной является выщелачивание из контейнеров и их разрушение под воздействием воды. В настоящее время наибольшее количество высокоактивных радиоактивных отходов, образующихся при переработке ядерного топлива, хранится в виде жидкостей (кислых или щелочных) или солевых концентратов в емкостях из нержавеющей или низкоуглеродистой стали.

Захоронение радиоактивных отходов происходит в специально подготовленных контейнерах, размещенных в верхних слоях почвы, вдали от уровня грунтовых вод. Транспортировка, переработка и захоронение проводятся специализированными комбинатами, площадка для захоронения должна быть удалена от территории перспективной застройки и находиться минимум в 500 м от водоемов и водозаборов, на не затопляемых и не заболоченных участках. Вокруг комбината устанавливается санитарно-защитная зона радиусом не менее 1000 м. Пункты захоронения обеспечивают регулярный радиационный контроль, который включает анализ нуклидного состава радиоактивных веществ в воздухе, воде, почве, растительности и местной продукции. Зона наблюдения в 3-4 раза превышает санитарно-защитную зону.

Несмотря на существующий регламент, регулирующий хранение, транспортировку и захоронение радиоактивных отходов, множество операций в этой области, к сожалению, осуществляется с нарушением установленных норм. Причины подобной ситуации могут быть разнообразными: недостатки в законодательстве приводят к избеганию ответственности со стороны нарушителей (сюда можно отнести и корыстные интересы), а также безответственность и халатность.

Ярким примером является недавний случай, связанный с отправкой ядерных отходов французской компанией Electricite de France (EdF) в Россию, где часть из них хранится под открытым небом вместо соответствующих хранилищ. Это было установлено в ходе расследования, проведенного французскими журналистами. EdF подтвердила отправку отходов, но условия их хранения остаются неизвестными компании.

Существуют предложения по захоронению радиоактивных отходов в океанах и даже их смешивания с другими материалами для уменьшения радиации. Хотя отправка отходов в космос кажется привлекательной, практика сталкивается с высокими рисками и финансовыми затратами.

Проблемы, связанные с радиоактивными отходами, остаются одной из основных экологических задач, и их эффективное решение до сих пор требует значительных усилий.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. Ардашников, С.Н. Защита от радиоактивных излучений / С.Н. Ардашников, С.М. Гольдин, А.В. Николаев. - Москва: ИЛ, 2021. - 399 с.
2. Ахременко, С. А. Использование древесины с радиоактивно загрязненных территорий в строительном комплексе. Учебное пособие / С.А. Ахременко, Н.Л. Кочегарова, Е.С. Мурахтанов. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2023. - 168 с.
3. Василенко, И. Я. Кинетика обмена и биологическое действие радиоактивного углерода / И.Я. Василенко, В.А. Осипов. - Л.: Медицина, 2022. - 128 с.

4. Владимиров, В.А. Катастрофы и экология / В.А. Владимиров. - М.: Москва, 2020. - 384 с.

5. Инновационные энергосберегающие технологии переработки радиоактивных отходов. - М.: Книжный мир, 2022. - 304 с.

6. Курчатov, И. В. И. В. Курчатov. Собрание научных трудов. В 6 томах. Том 2. Взаимодействие нейтронов с ядрами. Искусственная радиоактивность. Физика деления / И.В. Курчатov. - Л.: Наука, 2023. - 410 с.

7. Маврищев, В.В. Основы экологии / В.В. Маврищев. - М.: Минск: Высшая школа, 2022. - 447 с.

8. Маспэн, Андрэ Дело о радиоактивном кобальте / Андрэ Маспэн. - М.: Государственное издательство литературы по атомной науке и технике Государственного комитета Совета Министров СССР по использованию атомной энергии, 2022. - 116 с.

## СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ОСНОВЫ МЕНЕДЖМЕНТА

*Шакиров А. Г., Надеждина М.Е.*

*ФГБОУ ВО «КГЭУ»,*  
г. Казань, Республика Татарстан

**Аннотация.** Статья посвящена процессу создания пособия по дисциплине «Основы менеджмента». В ней описаны этапы разработки, методические особенности и технологические аспекты создания такого средства.

**Ключевые слова:** менеджмент, планирование учебное пособие, обучение, преподавание.

В современном процессе образования все больше внимания уделяется использованию электронных учебников в качестве эффективных инструментов обучения. Электронные учебники нового поколения не только содержат учебную информацию, но и обеспечивают интерактивное взаимодействие, организуют процесс самостоятельной подготовки и контролируют уровень подготовки материала. Создание учебных пособий по дисциплине «Основы менеджмента» является шагом в направлении прогрессивного образовательного процесса.

Процесс разработки пособия включает в себя несколько ключевых этапов: анализ проблем, планирование, проектирование, производство и апробация с измерением [1].

На первом этапе формируется методическая концепция проведения учебника. Основными задачами первого этапа является рационально определить цели обучения с использованием учебника, определить, какие знания, навыки и навыки необходимо приобрести и почему, выбрать подходящее методическое пособие для преподавания дисциплин, провести анализ требований к знаниям и навыкам, костюм для обучающихся, а также прогнозирование результатов обучения и

определение роли и места включения учебника в общую систему подготовки.

На этапе планирования интеллектуального обучения выбираются дидактические приемы для их решения.

Происходит формирование задач обучения и выбор дидактических приемов для их решения, выбор формы презентаций, учебных материалов, включая текст, мультимедиа и интерактивные элементы, выбор инструментальных средств, необходимых для реализации, включает учебник. Также происходит выбор стратегии и направлений управления учебно-познавательной сферой в электронной среде [2].

На этапе проектирования определена архитектура и компонентный состав учебника, дается определение компонентного состава и проектирование общего плана, разработка информационно-логической модели учебного материала, определяются типовые задачи и проектирование, средства контроля знаний, идет проектирование интерфейса и навигация учебника.

Этап реализации является наиболее ответственным. В него входит подготовка, согласование и редактирование учебных материалов и учебно-тренировочных задач. Методическая организация учебных материалов в цикле занятий. Разработка программного обеспечения и отладка программных компонентов снова учебника.

На этапе апробации и оценивания проводится экспериментальное обучение с использованием учебника, оценка эффективности перехода к учебнику и подготовка методических рекомендаций для преподавателей и студентов [3].

Электронный учебник по дисциплине «Основы менеджмента» должен включать в себя несколько основных компонентов.

Учебное пособие должно освещать методологические основы и особенности управленческой деятельности организаций, функционирующих в рыночных условиях. Сюда входят определения понятий «управление» и «менеджмент», принципов и методов управления, современных подходов менеджмента.

Включая практические задания и темы рефератов, студенты внедряют и закрепляют фундаментальные знания, превращая их в профессиональные навыки. Практические задания должны быть направлены на решение управленческих проблем и анализ управленческих ситуаций.

Использование выделенных компонентов, таких как анимационные фрагменты, видеочасти, схемы и таблицы, позволяет воздействовать на все способы восприятия информации у студентов, что приводит к значительному учебному воздействию.

Электронный учебник должен поддерживать методическое обеспечение: тестовые задания и вопросы для самопроверки, словарь общепринятых терминов, список литературы для самостоятельной работы студентов. Это требует организации процесса самостоятельной подготовки и контроля над уровнем исходных материалов [4].

Технологические аспекты создания учебника играют решающую роль в его эффективности.

Выбор технологической базы, на которой будет применяться электронный учебник, имеет непосредственное влияние на содержание и содержание учебника. Сюда относится анализ технологических ресурсов, таких как мультимедиа и средства связи.

Программная реализация книги должна учитывать все технологические ресурсы, которые были учтены на этапе планирования. Это создание шаблонов типовых функционально-структурных компонентов и пользовательского интерфейса включения учебника.

Использование интерактивных элементов, таких как тесты, для самопроверки и учебно-тренировочных задач, позволяет организовать процесс самостоятельной подготовки и над вопросами контроля уровня подготовки материала. Интерактивные элементы должны быть интегрированы в общую версию учебника.

Создание учебных пособий по дисциплине "Основы менеджмента" является сложным, но высокоэффективным процессом.

Тщательный выбор и выполнение каждого этапа разработки, от анализа проблем до апробации и измерений, позволяет повысить качество и эффективность, отдавая предпочтение учебнику.

Использование современных технологий, таких как мультимедиа, интерактивные элементы и программное обеспечение, позволяет создавать интерактивный и эффективный учебный ресурс [5].

В заключение, создание учебных пособий по дисциплине «Основы менеджмента» требует тщательного подхода к каждому этапу разработки, использования современных технологий и методического обеспечения, поскольку создается высокоэффективный и интерактивный учебный ресурс, который обеспечит глубокому пониманию и практическому применению теоретических знаний в области менеджмента.

### **Список использованной литературы**

1. АбрашOFF М. Это ваш корабль: техники менеджмента от лучшего корабля ВМС США / М. АбрашOFF, Е. Виноградова. – СПб.: Питер, 2021, с.35.

2. Бехтерев С. Майнд-менеджмент: Решение бизнес-задач с помощью интеллект-карт/ Сергей Бехтерев; под ред. Глеба Архангельского. – 2-е изд., доп. –М.: Альпина Паблишерз, 2022, с.56.

3. Веснин В.Р. Менеджмент в вопросах и ответах: Учеб. Пособие. – М.: ТК Велби, изд-во Проспект, 2021, с.21.

4. Бородин П.А., Внуков А.А. Разработка и создание учебно- методического комплекса и электронного учебника. URL: [http://nit.miem.edu.ru/\\$Богтк/2009/\\$ec4/018.Ыт1](http://nit.miem.edu.ru/$Богтк/2009/$ec4/018.Ыт1) (дата обращения 19.12.2024).

5. Перечень требований и рекомендаций к разработке электронных учебных ресурсов для системы открытого образования. URL: [http://twf.mpei.ac.rU/ochkov/SSO/Tr\\_Com.html#\\_Тoc](http://twf.mpei.ac.rU/ochkov/SSO/Tr_Com.html#_Тoc) 35326509 (дата обращения 19.12.2024).

## ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В МЕДИЦИНЕ

*Баскаков С.Л., Сандаков В.Д.*

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический  
университет»,*

г. Казань, Республика Татарстан

**Аннотация:** В статье рассматривается применение искусственного интеллекта (ИИ) в медицине, его влияние на диагностику, лечение и управление медицинскими учреждениями. Особое внимание уделено использованию ИИ в анализе медицинских изображений, персонализированной медицине, роботизированных хирургических системах и умных медицинских устройствах. Подчеркиваются преимущества ИИ, такие как повышение точности диагностики, индивидуализация лечения и оптимизация операционных процессов. Также обсуждаются вызовы, связанные с внедрением ИИ, включая этические вопросы, безопасность данных и высокие затраты. В заключение рассматриваются перспективы развития ИИ в медицине и его потенциал для улучшения качества медицинской помощи.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, медицина, диагностика, персонализированная медицина, роботизированная хирургия, умные медицинские устройства, анализ данных, этические вопросы, цифровые технологии, здравоохранение.

Появление цифровых технологий значительно изменило нефтегазовый сектор, что привело к повышению эффективности, безопасности и качества продукции. Одним из ключевых достижений является совершенствование операционных процессов с помощью аналитики данных, которая помогает организациям выявлять неэффективность и потенциальные сбои до того, как они перерастут в серьезные проблемы. Такой упреждающий подход основан на предиктивной аналитике,

позволяющей операторам принимать обоснованные решения на основе данных в реальном времени и исторических тенденций.

Искусственный интеллект значительно улучшает диагностику заболеваний, позволяя выявлять их на более ранней стадии и повышая точность медицинского обследования. Его преимущество заключается в выявлении заболеваний на стадиях, которые часто пропускаются традиционными методами, особенно с помощью алгоритмов машинного обучения, которые анализируют обширные массивы данных, чтобы выявить закономерности в симптомах и истории болезни пациентов. Инновационные методы визуализации, использующие глубокое обучение, произвели революцию в радиологии и патологии, благодаря точной интерпретации медицинских изображений, таких как рентгеновские снимки и магнитно-резонансная томография, выявляя нарушения, которые могут ускользнуть даже от опытных специалистов. Успешные тематические исследования демонстрируют возможности искусственного интеллекта, например, выявлять рак молочной железы на маммограммах с большей точностью, чем опытные радиологи. Однако проблемы остаются, в том числе необходимость в высококачественных обучающих наборах данных, устранение потенциальных ошибок при принятии решений с использованием ИИ и преодоление нормативных препятствий для полной интеграции инструментов ИИ в существующие рабочие процессы.

Персонализированная медицина значительно продвинулась в здравоохранении благодаря искусственному интеллекту (ИИ), который адаптирует планы лечения на основе генетических особенностей пациентов и истории болезни. ИИ использует обширные наборы данных для рекомендации методов лечения, соответствующих индивидуальным особенностям, что повышает шансы на успешный исход. Генетическое профилирование улучшает эти стратегии, выявляя специфические генетические маркеры, связанные с заболеваниями, и помогая корректировать лечение. Прогностическая аналитика играет ключевую роль в прогнозировании результатов лечения пациентов с использованием исторических данных и показателей состояния здоровья в режиме реального времени, позволяя медицинским

работникам заблаговременно корректировать методы лечения. Кроме того, ИИ способствует вовлечению пациентов с помощью интерактивных инструментов, которые информируют людей об их состояниях, способствуя активному участию в лечении. Персонализируя общение и последующее наблюдение, ИИ повышает приверженность к режимам лечения и делает пациентов активными партнерами в их путешествиях за здоровьем.

Роботизированные хирургические системы становятся все более популярными в современной медицине благодаря своей способности повышать точность и снижать инвазивность. Эти системы состоят из роботизированных манипуляторов, которыми хирурги управляют с пульта, что позволяет выполнять сложные процедуры с высокой точностью. Используя передовые технологии, такие как компьютерное зрение и тактильная обратная связь, они позволяют получать информацию в режиме реального времени во время операций. Искусственный интеллект также играет важную роль в оптимизации задач, анализе данных и прогнозировании результатов. Преимущества заключаются в сокращении времени восстановления, минимальном образовании рубцов и снижении операционных рисков, а хирурги меньше устают, поскольку роботы выполняют повторяющиеся движения. Однако остаются проблемы, такие как высокая стоимость оборудования и технического обслуживания, а также необходимость тщательного обучения операторов. По мере развития роботизированной хирургии необходимо тщательно учитывать этические соображения, связанные с доверием к технологиям и потенциальной сменой рабочих мест в хирургических бригадах.

Интеграция искусственного интеллекта в передовые медицинские устройства произвела революцию в мониторинге здоровья, в частности, благодаря использованию носимых технологий, которые собирают данные о состоянии здоровья в режиме реального времени, такие как частота сердечных сокращений и артериальное давление. Алгоритмы искусственного интеллекта анализируют эти данные для выявления нарушений, что позволяет своевременно принимать меры и давать персонализированные медицинские рекомендации. Удаленный

мониторинг пациентов повышает доступность, позволяя медицинским работникам отслеживать пациентов за пределами традиционных клинических условий.

Кроме того, искусственный интеллект улучшает сбор и анализ данных, используя прогнозную аналитику для выявления тенденций, указывающих на потенциальные проблемы со здоровьем, что имеет решающее значение для лечения хронических заболеваний. Такой проактивный подход приводит к улучшению результатов за счет адаптации планов лечения к индивидуальным потребностям. В конечном счете, искусственный интеллект повышает вовлеченность пациентов и помогает медицинским работникам принимать обоснованные решения, тем самым повышая уровень обслуживания пациентов благодаря всестороннему анализу данных из различных источников.

Искусственный интеллект (ИИ) коренным образом меняет операционную систему медицинских учреждений, повышая эффективность, совершенствуя стратегии управления ресурсами и облегчая принятие решений на основе данных. Внедрение технологий ИИ позволяет больницам оптимизировать логистику, автоматизировать административные задачи и увеличить пропускную способность пациентов. Например, интеллектуальная аналитика может эффективно отслеживать уровень запасов, обеспечивая наличие необходимых медикаментов и сводя к минимуму потери. Кроме того, инструменты планирования на базе искусственного интеллекта улучшают управление записями на прием, значительно сокращая время ожидания пациентов.

Кроме того, искусственный интеллект помогает медицинским работникам принимать обоснованные решения, быстро и точно обрабатывая большие объемы данных. Эта возможность помогает выявлять закономерности, связанные с результатами лечения пациентов и использованием ресурсов, что в конечном итоге приводит к более стратегическому распределению ресурсов. Используя алгоритмы машинного обучения, организации здравоохранения.

Интеграция искусственного интеллекта (ИИ) в сферу медицины открыла замечательные возможности для улучшения ухода за пациентами и оптимизации операций. Недавние

исследования подчеркивают способность ИИ улучшать диагностику заболеваний, разрабатывать индивидуальные планы лечения и внедрять передовые роботизированные хирургические технологии, что свидетельствует о существенном прогрессе в оказании медицинской помощи. Помимо клинических условий, влияние искусственного интеллекта распространяется на мониторинг состояния здоровья с помощью инновационных медицинских устройств, которые обеспечивают непрерывный поток данных, способствуя тем самым активному ведению пациентов.

Однако для обеспечения равного доступа к технологиям искусственного интеллекта в здравоохранении и их эффективного использования необходимо решить такие проблемы, как высокие затраты на внедрение, опасения по поводу безопасности данных, потенциальные ошибки в алгоритмах и настоятельная потребность во всеобъемлющих этических рекомендациях. Заглядывая вперед, можно сказать, что будущее искусственного интеллекта в медицине связано с разработкой более удобных для пользователя интерфейсов. Совместные усилия основных заинтересованных сторон, включая поставщиков медицинских услуг, разработчиков технологий и политиков, имеют решающее значение для совершенствования приложений искусственного интеллекта, решения этических вопросов и создания систем, в которых приоритетное внимание уделяется уходу, ориентированному на пациента, при соблюдении строгих стандартов конфиденциальности и справедливости

### **Список используемых источников**

1. Тополь Э. Искусственный интеллект в медицине: Как умные технологии меняют подход к лечению. - 1-е изд. - М.: Альпина Паблишер, 2022. - 532 с.
2. Карпов О. Э., Храмов А. Е. Информационные технологии, вычислительные системы и искусственный интеллект в медицине. - 1-е изд. - М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2022. - 250 с.
3. Халафян А. А. Методы искусственного интеллекта в медицинских задачах классификации и регрессии. - 1-е изд. - М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2023. - 180 с.

4. Акулин И.М. Руководство по искусственному интеллекту в здравоохранении: A Guide to Artificial Intelligence in Healthcare. - 1-е изд. - М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2021. - 400 с.

5. Тополь Э. Цифровой доктор: надежды, ажиотаж и вред на заре компьютерной эры медицины. - 1-е изд. - М.: Альпина Паблишер, 2018. - 350 с.

УДК: 004.8

## **ТРАНСФОРМАЦИЯ РЫНКА ТРУДА ПОД ВЛИЯНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

***Н.А. Епрынцева***

*Воронежский филиал Российского экономического университета  
им. Г.В. Плеханова*

Аннотация: Статья посвящена автоматизации и искусственному интеллекту, которые оказывают значительное влияние на занятость, профессии будущего и необходимость переподготовки кадров.

Ключевые слова: искусственный интеллект, анализ данных, автоматизация, цифровизация, клиенты, технологии.

В современном мире искусственный интеллект (ИИ) предоставляет колоссальные возможности в различных областях деятельности, что несомненно приводит к совершенствованию нашей жизни. Искусственный интеллект – наука и технология, основанная на таких дисциплинах, как информатика, биология, психология, лингвистика, математика, машиностроение. Одним из главных направлений искусственного интеллекта является разработка компьютерных функций, связанных с человеческим интеллектом, таких как: рассуждение, обучение и решение проблем. [1, 3]. Искусственный интеллект имеет колоссальное влияние на все сферы деятельности, что несомненно приводит к трансформации трудовой деятельности во всех ее аспектах. ИИ

может привести к многочисленным положительным изменениям в обществе как сейчас, так и в будущем, включая повышение производительности, улучшение здравоохранения и расширение доступа к образованию. Современные технологии на основе искусственного интеллекта могут помочь решить сложные проблемы и сделать нашу повседневную жизнь проще и удобнее. Стоит отметить, что компьютеризация и искусственный интеллект представляют огромную значимость как для современного рынка труда, так и на профессии будущего и необходимости подготовки кадров нового поколения. Сущность и значимость трансформации рынка труда заключается в следующем:

- Компьютеризация производственных процессов сегодня заменяет большинство рутинных и повторяющихся задач, и это приводит к сокращению рабочих мест во многих областях трудовой деятельности.

- ИИ и автоматизация создают новые профессии, связанные с разработкой, внедрением и обслуживанием технологий. Например, возрастает потребность в специалистах по данным, аналитиках, разработчиках ПО и специалистах по кибербезопасности.

Внедрение искусственного интеллекта в различные рабочие процессы заметно меняет рынок труда. Многие профессии постепенно исчезают, некоторые адаптируются, появляются новые специальности. Напомним, что искусственный интеллект – это искусственно созданная система, основной целью которой является воспроизведение некоторых или всех черт человеческого интеллекта, а именно – планирование, обучение, рассуждение, решение проблем, оперирование данными и их использование, восприятие, контроль и манипулирование объектами и, в меньшей степени, социальный интеллект и креативность. [1, 2, 3].

Итогом внедрения таких технологий в первую очередь станет исчезновение таких профессий, которые основаны на повторяющихся действиях и кодах. Далее рассмотрим какие рабочие места, скорее всего, будут автоматизированы:

- ✓ Представитель службы поддержки клиентов – взаимодействие с клиентами в сфере обслуживания больше не

происходит по телефону с участием сотрудников-людей. Во многих случаях запросы и проблемы клиентов повторяются. Следовательно, для ответов на эти запросы не требуется высокий уровень эмоционального или социального интеллекта - ИИ используется для автоматического ответа на часто задаваемые вопросы.

✓ Администраторы – многие компании по всему миру сейчас используют роботов на ресепшене. Большинство звонков обрабатываются искусственным интеллектом, который может видеть, слушать, понимать и разговаривать с гостями и клиентами.

✓ Бухгалтеры – некоторые компании в настоящее время используют автоматизацию и искусственный интеллект для ведения бухгалтерского учёта. Бухгалтерские сервисы на основе ИИ обеспечивают эффективную систему учёта, а также гибкость и безопасность, учитывая, что они доступны в виде облачных сервисов. Используя алгоритмы ИИ, искусственный интеллект обеспечивает правильный сбор, хранение и анализ данных. Использование бухгалтерского сервиса на основе ИИ обходится значительно дешевле, чем оплата труда сотрудника, выполняющего ту же работу.

✓ Продавцы - реклама переместилась в интернет и социальные сети, поэтому сейчас не требуются продавцы для рекламы и розничной торговли. Встроенные в социальные сети возможности целевого маркетинга позволяют рекламодателям создавать персонализированный контент для разных типов аудитории.

✓ Исследования и анализ – в области анализа данных и исследований уже применяется искусственный интеллект как метод оптимизации процесса и выявления новых данных без участия человека. Вычислительная мощность современных компьютеров позволяет эффективно сортировать, экстраполировать и анализировать данные. По мере совершенствования искусственного интеллекта может отпасть необходимость в участии человека в анализе данных и исследованиях.

✓ Работа на складе – продажи через интернет - площадки – это стабильно растущая отрасль, требующая процессов и

автоматизированных систем, которые эффективно доставляют заказы на грузовиках для доставки. Базовая автоматизация и внедрение искусственного интеллекта на складе обеспечивают лёгкий доступ к компьютеризированным системам для поиска посылок и управления персоналом, а в будущем ИИ может даже выполнять механизированную погрузку и разгрузку для увеличения объёмов доставки.

✓ Страховой андеррайтинг – оценка платёжеспособности страхователей является важной работой, которая заключается в анализе имеющихся данных. Цифровизация способна легко выполнять эти задачи, регулярно адаптируется для выполнения более сложных функций, что способствует сокращению штата страховых агентов, необходимых компании.

✓ Розничная торговля – уже достаточно давно кассы самообслуживания в магазинах являются примером автоматизации в сфере розничной торговли и получили широкое распространение в продуктовых магазинах и гипермаркетах. Несмотря на то, что предоставление покупателям возможности самостоятельно сканировать товары может увеличить количество краж, компания экономит больше денег, сокращая количество сотрудников, работающих за кассами.

Существует мнение, что искусственный интеллект создаст больше рабочих мест, чем уничтожит. Кроме того, искусственный интеллект не сможет заменить ряд профессий. Это те профессии, которые не связаны с повторяющимися задачами и не подвержены изменениям. Это означает, что искусственный интеллект не заменит тех, кто выполняет эти задачи на открытом рынке труда. Далее рассмотрим эти профессии.

✓ Преподаватели – для многих из нас учителя часто являются примером для подражания. Наши жизненные решения во многом зависят от того, насколько вдохновляющим был для нас тот или иной учитель в школьные годы. По всем этим причинам в будущем мы вряд ли будем учиться полностью дистанционно.

✓ Юристы и судьи – важная роль в этих профессиях принадлежит переговорам, стратегиям и анализу дел. Следовательно, многое зависит от личного опыта и знаний

каждого юриста. Для ориентира в сложных правовых вопросах защиты клиента в суде, требуется определённый набор навыков. Когда дело доходит до рассмотрения всех аспектов судебного разбирательства и принятия окончательного решения, которое может обернуться годами тюремного заключения, в игру вступает человеческий фактор.

✓ Директор, менеджеры – управленческие решения являются вопросами лидерства, а не набором действий, на которые можно написать код. Генеральный директор – человек, который отвечает за донесение ценностей компании до команды. Маловероятно, что инвесторы когда-либо будут чувствовать себя комфортно, инвестируя в компанию, управляемую роботами.

✓ Менеджеры по персоналу – несмотря на то, что искусственный интеллект помогает в процессе найма, значительно упрощая и ускоряя просмотр резюме, менеджеры по персоналу по-прежнему выполняют множество очень важных задач внутри организации. Прием новых специалистов – это часть их обязанностей. Они также занимают главную позицию в компании, поддерживая мотивацию сотрудников, выявляя на ранних этапах признаки недовольства и управляя ими, если это возможно.

✓ Хирурги – несомненно, цифровые технологии значительно повысили точность, с которой мы сегодня можем диагностировать и выявлять заболевания в любом медицинском обследовании. Известно, что микро-робототехника повышает точность хирургов во время операций. Но чтобы быть хирургом, необходимо уметь взаимодействовать с пациентом на самых разных уровнях, одновременно принимая во внимание множество факторов. Опыт, знания и навыки, приобретённые за годы работы – это те ключевые аспекты, необходимые для принятия решений за считанные минуты во время операции.

В то же время отметим, что не смотря на то, как ИИ в десятки и сотни раз превосходит людей по производительности, ему не хватает определенных способностей для принятия решений. Компьютерам еще только предстоит приобрести многие качества, присущие людям, но пока критическое мышление и гибкость в анализе им не свойственны. Вот и получается, что без эксперта, загружающего правильные данные, ценность результатов,

сгенерированных алгоритмом, значительно уменьшается. А без эксперта, интерпретирующего вывод, предложения, сделанные алгоритмом, могут поставить под угрозу благосостояние компании. В настоящее время искусственный интеллект – это прежде всего помощник эксперта и еще долгие годы таковым и останется [4].

Заключение: Компьютеризация, автоматизация и искусственный интеллект трансформируют рынок труда, создавая как вызовы, так и возможности. Для успешной адаптации к этим изменениям необходимо инвестировать в образование и переподготовку кадров, а также развивать гибкие модели обучения. Это позволит работникам не только сохранить свои рабочие места, но и успешно развиваться в новых условиях.

#### Список источников

1. Н.А. Епрынцева, Искусственный интеллект, разработка и области применения. Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. Издательство: Воронежский государственный технический университет (Воронеж) №1 (19), 2020 г. С.79-81.
2. Н.А. Епрынцева, Искусственный интеллект в сфере недвижимости/Н.А. Епрынцева, А.В. Соколова, А.А. Руднева //Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах, 2018, №4 (14). С.47-50.
3. Н.А. Епрынцева, Применение искусственного интеллекта в пищевой отрасли. Вестник Воронежского государственного технического университета. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2022. – Выпуск №1 (27). С. 39 – 42.
4. Н.А. Епрынцева, Технологии BIG DATA и AI на основе ML. Общество и экономическая мысль в XXI в.: пути развития и инновации: материалы XII Международной научно-практической конференции, 18 апреля 2024 г. / редкол.: Ю. В. Вакулин [и др.]

;Воронежский филиала РЭУ им. Г. В. Плеханова. – Воронеж :  
Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2024. –  
С.140-145.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**МАТЕРИАЛЫ  
XIII НАЦИОНАЛЬНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ**

# **МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ**

В авторской редакции

Подписано в печать. Формат 60 x 84 1/16  
Усл. печ. л. 21,06. Тираж 100 экз. Заказ №  
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»  
(ФГБОУ ВО «ВГУИТ»)  
Отдел полиграфии ФГБОУ ВО «ВГУИТ»  
Адрес университета и отдела полиграфии:  
394036, Воронеж, пр. Революции, 19