

ISSN 2306-4986

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО

«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

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

2026 ВОРОНЕЖ

УДК 519.8:631.563.2.002.5

ББК Л80-5-05я4

М 74

М74 Моделирование энергоинформационных процессов [Электронный ресурс] : / Сборник статей XIV национальной научно-практической конференции с международным участием (23-25.12.2025). - Воронеж. гос. ун-т инж. технол. – Воронеж: ВГУИТ, 2026.-316 с.

Сборник материалов XIV национальной научно-практической конференции с международным участием «Моделирование энергоинформационных процессов», Воронеж, 23-25 декабря 2025 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) - 2026

Без объявл.

УДК

519.8:631.563.2.002.5

ББК.Л80-5-05я4

Оргкомитет

Председатель:

Корнеева О.С., д.б.н. (Воронеж, Россия), член-корреспондент РИА, проректор 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., к. т. н. (Воронеж, Россия)

Романов Р. А. (Воронеж, Россия)

©ФГБОУ ВО

«Воронеж.

гос. ун-т

инж. технол, 2026

Оглавление

К ВОПРОСУ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ НА ГАЗОВОЙ ПРОСЛОЙКЕ <i>АВЦИНОВ И. А., СУХАНОВА Н. В.</i>	10
ОПТИМАЛЬНОЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ НА ТАРЕЛКИ ПИТАНИЯ КОЛОННЫ РЕКТИФИКАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ <i>В.С. КУДРЯШОВ, И.А. КОЗЕНКО, М.В. АЛЕКСЕЕВ, А.В. ИВАНОВ, А.Ю. ШИНКАРЕНКО</i>	13
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДВУХКОЛОННОЙ РЕКТИФИКАЦИИ ИЗ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ СМЕСИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДИВИНИЛА <i>В.С. КУДРЯШОВ, И.А. КОЗЕНКО, М.В. АЛЕКСЕЕВ, А.В. ИВАНОВ, А.Ю. ШИНКАРЕНКО</i>	16
ИССЛЕДОВАНИЕ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МОДУЛЯ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ ФЛАНЦЕВЫХ ДЕТАЛЕЙ <i>КОЛЕСНИКОВ А.В.¹, ДРАННИКОВ А.В.², САГАЙДАК И.И.¹</i>	21
СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПРИВОДОВ МАНИПУЛЯТОРОВ, КОНВЕЙЕРНЫХ СИСТЕМ И ПОЗИЦИОНИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ ФЕРРОЗОНДОВЫХ ДАТЧИКОВ <i>В.П. КУЧЕР, А.В. КОЛЕСНИКОВ, *В.Н. ВАСИЛЕНКО</i>	28
ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ПРОЦЕССОВ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ И СТРУКТУРИРОВАНИЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТОВ <i>КАРПОВИЧ Д.С.¹, ХАУСТОВ И.А.², ХВОСТОВ А.А.³, ЗУБОВА Н.А.²</i>	34
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПЛАВЛЕНИЯ АМОРФНЫХ ПРОДУКТОВ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА <i>ХАУСТОВ И.А.¹, ВОЛЧЕНКОВ А.М.², ХВОСТОВ А.А.²</i>	36

МОЖНО ЛИ СТАБИЛИЗИРОВАТЬ ОБРАТНЫЙ МАЯТНИК: РАССИНХРОНИЗАЦИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ <i>СЕМЕНОВ М. Е., БОРЗУНОВ С.В.</i>	42
МЕТОД КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ ДЛЯ СЛАБОЙ РАЗРЕШИМОСТИ ЗАДАЧИ О НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОМ СОСТОЯНИИ СЛОИСТОЙ КОМПОЗИЦИОННОЙ СРЕДЫ <i>ПРОВОТОРОВ В.В., ГУСЕЛЬНИКОВА И. В.</i>	44
ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ОЦЕНКИ ЛАВИННОЙ ОПАСНОСТИ <i>Б. А. КРЫНЕЦКИЙ¹, А. В. КАЛАЧ^{1,2}, К. А. КУЗНЕЦОВА³</i>	51
ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ЛАВИН <i>КАЛАЧ А.В., ЛЕНТЯЕВА Т.В.</i>	55
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ КРУТОИЗОГНУТЫХ ПАТРУБКОВ ИЗ РАСКАТНЫХ ТРУБНЫХ ЗАГОТОВОК <i>ВАСЕЧКИН М.А., ДАВЫДОВ О.Ю., ДОЩЕЧНИКОВ С.А., ЕГОРОВ В. Г.</i>	61
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГЕБРАИЧЕСКОГО МЕТОДА И ГИБРИДНОГО НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СИГНАЛОВ <i>А.А. БРУСОВА¹, А. В. КАЛАЧ²</i>	66
НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ СУХИХ ВЕЩЕСТВ И КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕСЫЩЕНИЯ НА СТАНЦИИ ВЫПАРИВАНИЯ САХАРНОГО ЗАВОДА <i>ГУРИНОВА Д.В.¹, АРАПОВ Д.В.^{1,2,3}</i>	72
МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЩЕНИЯМИ КЛИЕНТОВ НА ОСНОВЕ DFD-МОДЕЛИ И АЛГОРИТМОВ ПРИОРИТИЗАЦИИ <i>ЕРМАКОВ И.С.¹, АРАПОВ Д.В.^{1,2}</i>	77

НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕСЫЩЕНИЯ И КОНЦЕНТРАЦИИ СУХИХ ВЕЩЕСТВ В ВАКУУМ-АППАРАТЕ САХАРНОГО ЗАВОДА АРАПОВ Д.В.^{1,2,3}, СКРЫПНИКОВ А.А.³	86
ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ В ПРОЦЕССЕ БИОФЕРМЕНТАЦИИ ЗЕРНА КИНОА С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕРОСЕТЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ МУРАВЬЕВ А.С., ДОМБРОВСКАЯ Я.П., КУЛИГИН Д.Р.	92
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В СИСТЕМАХ ДИАГНОСТИКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В МЕДИЦИНЕ МАТЫЦИНА И.А., СКИДАНОВ А.А.	98
ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ИС ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ МЕДИЦИНСКОЙ КЛИНИКИ КАРПЕНКО Н.Н., ЧИКУНОВ С.В.	107
ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДСИСТЕМА "ОБРАБОТКА ЗАЯВОК" В УПРАВЛЯЮЩЕЙ КОМПАНИИ БАКЛАНОВ Г.В., ЧИКУНОВ С.В.	114
ИНТЕГРАЦИЯ ВИДЕОКОММУНИКАЦИИ И ТЕКСТОВОГО ЧАТА В ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯХ ДЛЯ МАЛЫХ ГРУПП И.С. ТОЛСТОВА, А.Ю. ФОМИН	120
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫБОРА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОБЩЕРАЗВИВАЮЩИХ ПРОГРАММ ОБУЧАЮЩИМИСЯ МБУДО ЦДО «РЕАЛЬНАЯ ШКОЛА» ДАЦЕНКО Н.В., ВЕГЕРА П.А.	126
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ТЕРРИТОРИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ КАЗАНИН А.А., ДАЦЕНКО Н.В.	129
СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ НАГРУЗКИ НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛИТВИНЕНКО Л.В. КОРОВОВА Л.А. ...	136

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СФЕРЕ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: ОБЗОР ТЕНДЕНЦИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ <i>ХОДЯКОВ В.А.</i>	142
ПРИМЕНЕНИЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ <i>ХОДЯКОВ В.А.</i>	145
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССА ПОЛИМЕРИЗАЦИИ <i>ХРОМЫХ Е.А.¹, РЯЗАНЦЕВ С.В.²</i>	148
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ <i>ХРОМЫХ Е.А.¹, РЯЗАНЦЕВ С.В.²</i>	154
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТУРБОРЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПУТЕМ ЕЁ МОДЕЛИРОВАНИЯ <i>ЯРОСЛАВЦЕВ С.В., ШИРИМОВ М.А.</i>	160
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЗАЛИВКИ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ И КРИСТАЛЛИЗАЦИИ МЕТАЛЛА В ФОРМАХ С АНТИПРИГАРНЫМ ПОКРЫТИЕМ <i>ТИХОНОВ Н.Ф., КОРОЛЕВ А.В.</i>	171
МОДЕЛИРОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ <i>САФОНОВ А.О., ПАШИНОВ А.П., СЕЛИВАНОВ К.В.</i>	176
СТРУКТУРНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ (ПО ГОСТ Р 57193-2016) ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ <i>РАЖИК И.Н.</i>	185

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ АНАЛИЗА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОДУКЦИИ <i>САФОНОВ А.О.</i>	194
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПО РЕМОНТУ И ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ ТРУБОПРОВОДОВ В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ <i>ШЕРСТЮКОВ И.Д., НАЗИНА Л.И., КЛЕЙМЕНОВА Н.Л.</i> 201	
ОБРАБОТКА ВИДЕОКАДРОВ I-ТИПА И СТАТИЧНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ДВУХКОНТУРНОЙ МОДЕЛИ <i>СТЕЦЕНКО О.Н., КОЛЕСНИК С.И.</i>	206
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ НАНЕСЕНИЯ КОМПОЗИТНОГО ПОКРЫТИЯ <i>ВЕДИЩЕВ С.М., ГЛАЗКОВ Ю.Е., ТРИФОНОВ Г.И.</i> ,.....	214
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАНЕСЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ЛАЗЕРНОГО НАПЫЛЕНИЯ <i>САФОНОВ А.О.</i>	217
МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПЛАЗМЕННОГО НАНЕСЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ <i>ЖАЧКИН С.Ю., ТРИФОНОВ Г.И.</i> ,.....	223
РАЗРАБОТКА РЕГЛАМЕНТА УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ К ИНФОРМАЦИОННЫМ РЕСУРСАМ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ИТ-КОМПАНИИ В СООТВЕТСТВИИ С ГОСТ Р 7.0.97-2025 И ISO/IEC 27001 <i>НИКУЛЬЧЕВА О.С., ВЕДМЕНСКИЙ Д.А., БЕЛЯЕВА К.Е.</i>	227
АНАЛИЗ ПРОЦЕДУРЫ БЛЭКА <i>НИКИТИН Б. Е., КАРАМОВ Т. А.</i>	231
РАЗРАБОТКА ГИБКОЙ И МАСШТАБИРУЕМОЙ ПЛАТФОРМЫ С ПОЛНЫМ ЦИКЛОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ <i>МОСКАЛЕВ¹ В. А., КОРОБОВА² Л. А.</i>	235

ЛЕГИТИМНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ОС LINUX ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НИКУЛЬЧЕВА О.С., МЕЛЬНИКОВ А.В., НАЙДЕНОВА В.А., ТКАЧЕНКО Е.М.	240
ДОРОЖНАЯ КАРТА РЕАЛИЗАЦИИ ОБЛАЧНОГО ХРАНИЛИЩА В ИТ-КОМПАНИИ ДРЫГАЛЕВ¹ А.А., КОРОБОВА² Л.А.	242
АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДЛЯ МОДЕРАЦИИ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПЛОТНИКОВ А.В.	247
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТИ-ПАНЕЛИ В СОСТАВЕ КОРПОРАТИВНОЙ КОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ И.С. ТОЛСТОВА, М.С. СПЛЮХИН	253
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CRM СИСТЕМ, ОСНОВАННЫХ НА OPENSOURCE РЕШЕНИЯХ В МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЯХ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА КРЮЧКОВ А.С.	259
ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДСИСТЕМА УЧЕТА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ МЧС РОССИИ БОРОДИНА Е.А., БЕЛИКОВ Д.В., МАЧТАКОВ С.Г.	270
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ ОБРАЩЕНИЙ ГРАЖДАН ПОСРЕДСТВОМ ВЕБ-ТЕХНОЛОГИЙ И.С. ТОЛСТОВА, К.С. ЛИТВИНОВА.....	274
ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ ГОСТЕПРИИМСТВА В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ АСМОЛОВА Е. В., ЗАЦЕПИЛИНА Н. П., КОВАЛЕВА Е. Н.	281
ФУНКЦИИ АНГЛОЯЗЫЧНОЙ ТЕРМИНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ И ЕСТЕСТВОЗНАНИИ СИХАРУЛИДЗЕ Д. Х., КОВАЛЕВА Е. Н.	287

ФУНКЦИЯ ВЛИЯНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ С НЕГЛАДКИМИ РЕШЕНИЯМИ	<i>БОРОДИНА Е.А.</i>290
ИССЛЕДОВАНИЕ АРХИТЕКТУР СВЁРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ С ЦЕЛЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ В МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМАХ	<i>ГЕРАЩЕНКО И.Б., МАЧТАКОВ С.Г., ТРИБУНСКИХ О.А.</i>293
ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДСИСТЕМА ОБРАБОТКИ ЗАЯВОК	<i>ЛЕМЕШКИН А.В., МАЧТАКОВ С.Г., МАЛЬЦЕВ Д.В.</i>298
ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДСИСТЕМА УЧЕТА СРЕДСТВ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	<i>ПИТОЛИН М.В., МАЧТАКОВ С.Г., МОИСЕЕНКО В.В.</i>302
АРХИТЕКТУРА И МАСШТАБИРУЕМОСТЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ВЕБ-ПЛАТФОРМЫ	<i>НЕМЦЕВ К.С., МАЧТАКОВ С.Г., ТРИБУНСКИХ О.А.</i>307
ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ КОУПЛЕНДА	<i>ФОМИН А.Ю.¹, НИКИТИН Б.Е.¹, БЕЛОКУРОВ С.В.²</i>311
КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ОБЪЕКТОВ КРИТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В НЕГОСУДАРСТВЕННОМ СЕКТОРЕ СВЯЗИ И МЕДИЦИНСКОЙ СФЕРЕ	<i>НИКУЛЬЧЕВА О.С., НАСОНОВА М.В., СОХИНА А.М.</i>315

К ВОПРОСУ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ НА ГАЗОВОЙ ПРОСЛОЙКЕ

Авцинов И. А., Суханова Н. В.

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

В работе решается задача манипулирования специфическими полуфабрикатами и готовой продукцией. Зачастую ее решение связано со спецификой предмета производства, к которой можно отнести: свойства материала, особенности опорных поверхностей, завышенные санитарно-гигиенические нормы на детали и изделия. Все вышеперечисленное приводит к нецелесообразности использования традиционных средств манипулирования специфической продукцией, где реализуется жесткий контакт между парой вида «изделие - рабочая поверхность устройства (РПУ)» [1, 2].

Одним из перспективных решений поставленной задачи является разработка устройств, использующих в работе газовую прослойку между манипулируемой деталью и РПУ в качестве несущего и распознающего элемента. На рис. 1 схематично представлено устройство для сортировки изделий.

На рис. 1 РПУ 1, находящаяся в постоянном движении (вращающаяся вокруг своей вертикальной оси), полностью перфорированная воздухоподводящими отверстиями 3 жестко установлена на пневмокамере 2. Распознавание изделия осуществляется следующим образом. В пневмокамеру 2 подается сжатый газ. Его расход выбирается таким образом, чтобы только под развитой опорной поверхностью изделия 5 создалась воздушная прослойка, достаточная для всплытия объекта. Воздушная прослойка образуется под изделием в результате истечения газа из перфорации 3 РПУ 1. Процесс всплытия

характеризуется отсутствием механического контакта между изделием 5 и РПУ 1. На всплывшее изделие 5 движение РПУ 1 не передается, и, оно перемещается в центр на позицию 4 вогнутого диска, где забирается [1, 2].

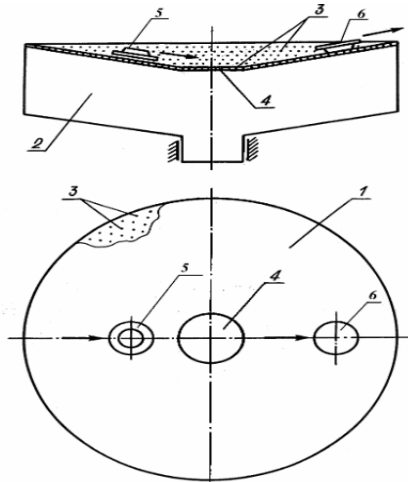


Рис. 1. Схема работы пневматического устройства с газовой несущей прослойкой: 1 - рабочая поверхность; 2 - пневмокамера; 3 - газоподводящие отверстия (перфорация); 4 - позиция для базирования изделий; 5,6 - изделия

При подаче изделия 6 на РПУ 1 менее развитой опорной поверхностью под объектом также образуется воздушная прослойка, но недостаточная для всплытия. Между изделием и РПУ возникает механический контакт. Вследствие этого объект начинает совместное перемещение с РПУ 1 и движение, например, к периферии диска. Изделия 5, поданные на несущую поверхность своей развитой опорной поверхностью, будут собираться в его центре, а поданные менее развитой 6 - на периферии. Ключом распознавания объекта в данном случае является площадь опорной поверхности изделия, а, следовательно, для конкретного объекта, обладающего неизменной массой - удельная нагрузка. Ключом распознавания объекта наряду с площадью опорной поверхности

изделия может быть и масса изделия. Из вышесказанного следует, что в основу работы разработанных устройств положен принцип распознавания изделия по обобщенному критерию - удельная нагрузка. При этом ключом распознавания могут быть как площадь опорной поверхности изделия, так и его масса.

Представленное пневматическое оборудование способно качественно решать задачи контроля, классификации, сортировки, отбраковки и ориентирования предмета производства. Использование устройств с тонкой газовой несущей прослойкой, в частности для манипулирования штучных изделий за счёт бесконтактности способа при снижении сухого механического трения между изделием и несущими частями оборудования приводит к повышению качества операций сортировки.

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.

**ОПТИМАЛЬНОЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ НА
ТАРЕЛКИ ПИТАНИЯ КОЛОННЫ РЕКТИФИКАЦИИ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ**

*В.С. Кудряшов, И.А. Козенко, М.В. Алексеев, А.В. Иванов, А.Ю.
Шинкаренко*

*ФГБОУ ВО “Воронежский государственный университет
инженерных технологий”,
г. Воронеж, Россия*

Процесс ректификации играет ключевую роль в технологии производства этилбензола, при этом качество разделения существенно зависит от расхода и состава подаваемого сырья. Изменение параметров питания, обусловленное колебаниями на предшествующих стадиях производства, приводит к необходимости адаптации режимов работы ректификационной колонны для обеспечения требуемого качества разделения компонентов.

В промышленных колоннах предусмотрено несколько вводов подачи сырья, однако оптимальная точка ввода может находиться между физически реализованными тарелками подачи питания. В связи с этим, возникает задача оптимального перераспределения нагрузки между тарелками питания при изменении расхода и состава сырья. Целью данной работы является исследование влияния указанных факторов на качество разделения этилбензольной фракции и оптимальное перераспределение нагрузки на тарелки питания с использованием математической модели многокомпонентной ректификации [1].

Исследовано влияние состава исходной смеси на комплексный критерий без оптимизации и при оптимизации по критерию (1), при изменении концентрации бензола в сырье с 58% до 60% и подаче сырья на 4 и на 12 тарелки (рис. 1,2).

$$K = A_1 X_{0,6} + A_2 X_{N+1,эт} \rightarrow \min_{R, T_0} \quad ((1))$$

где $X_{0,6}$, $X_{N+1,эт}$ — концентрации бензола в кубе и этилбензола в дистилляте; A_1 , A_2 — весовые коэффициенты; R , T_0 — расход флегмы и температура в кубе колонны (управляющие оптимизируемые параметры).

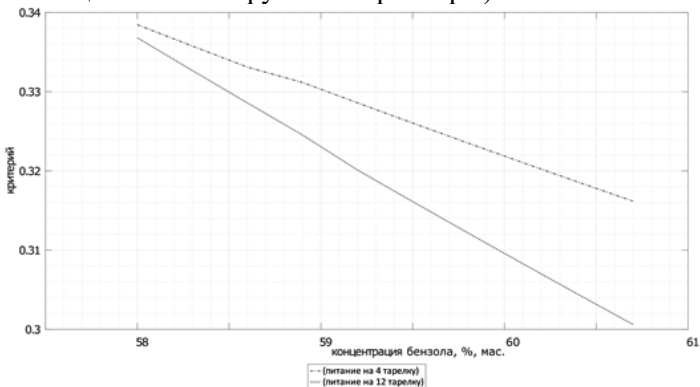


Рис. 1. Зависимость критерия от концентрации бензола в исходной смеси при подаче питания на 4 и 12 тарелки (без проведения оптимизации)

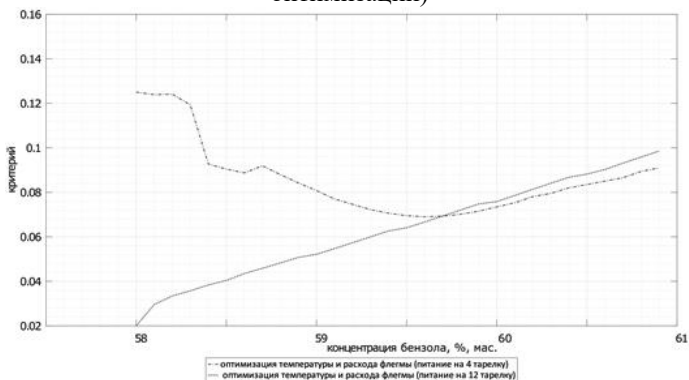


Рис. 2. Зависимость критерия от концентрации бензола в исходной смеси при подаче питания на 4 и 12 тарелки (при оптимизации температуры в кубе и расхода флегмы)

Предложено использовать существующие тарелки питания и осуществлять оптимальное перераспределение расходов между ними. На рис. 3 показано сравнение результатов, полученных

ранее, со значением критерия, полученном при оптимальном перераспределении расходов между 4 и 12 тарелками с проведением оптимизации управляющих параметров.

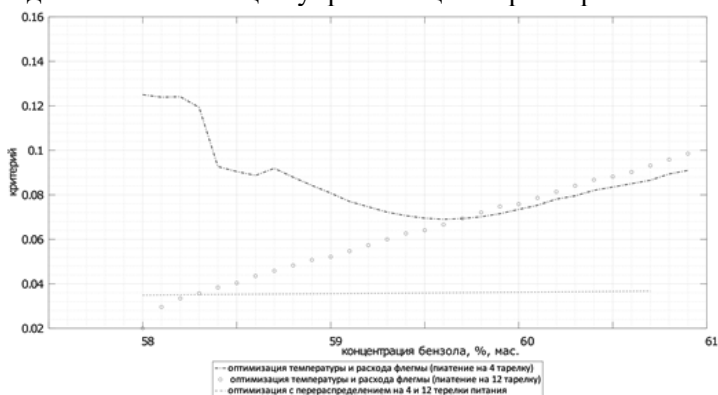


Рис. 3. Зависимость значения критерия от концентрации бензола в исходной смеси при подаче питания на 4 и на 12 тарелки и при оптимальном перераспределении расхода между 4 и 12 тарелкам (при оптимизации температуры в кубе и расхода флегмы)

Проведённые исследования позволяют утверждать, что оптимизация управляющих параметров (температура в кубе и расход флегмы) повышает эффективность разделения, что отражает комплексный критерий. Качество процесса ректификации при изменении состава сырья (содержания бензола) зависит от номера тарелки подачи питания (рис. 1, 2). Использование оптимального перераспределения расхода сырья между тарелками питания при вариации состава сырья позволяет существенно стабилизировать проведение процесса (стабилизация критерия на минимальном уровне) (рис. 3).

Список литературы

1. Кудряшов, В.С. Оптимальное распределение сырья на тарелки колонны с использованием математической модели многокомпонентной ректификации / Козенко И.А., Алексеев М.В., Иванов А.В., Шинкаренко А.Ю. // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. «Научтехлитиздат». – 2025. - №9.- С. 42-51.

УДК 519.8

**РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ДВУХКОЛОННОЙ РЕКТИФИКАЦИИ ИЗ
МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ СМЕСИ В ПРОИЗВОДСТВЕ
ДИВИНИЛА**

*В.С. Кудряшов, И.А. Козенко, М.В. Алексеев, А.В. Иванов, А.Ю.
Шинкаренко*

*ФГБОУ ВО “Воронежский государственный университет
инженерных технологий”,
г. Воронеж, Россия*

Выделение дивинила является важным процессом в нефтехимическом синтезе, поскольку дивинил служит ключевым мономером для производства синтетических каучуков и других полимерных материалов. Одним из наиболее эффективных методов выделения дивинила из сложных углеводородных смесей, образующихся в процессах дегидрирования, является двухколонная ректификация. Сложность и энергоёмкость данного процесса, обусловленные близостью температур кипения компонентов и необходимостью обеспечения высокой степени извлечения целевого продукта, требуют разработки математических моделей для его анализа, оптимизации и управления.

Целью данной работы является разработка математической модели статики двухколонной ректификационной установки для выделения дивинила из многокомпонентной углеводородной смеси. Модель позволит исследовать влияние технологических параметров таких, как расход и состав исходного сырья, на чистоту целевого продукта и эффективность разделения, а также осуществить оптимизацию управляющих параметров.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: исследовать технологическую схему двухколонного разделения смеси, содержащей дивинил, нормальный бутан, бутилены и другие примеси; определить

допустимые границы изменения технологических параметров; разработать математическую модель, описывающую материальные балансы для всей установки фазовое равновесие, провести численное моделирование (рисунок 1).

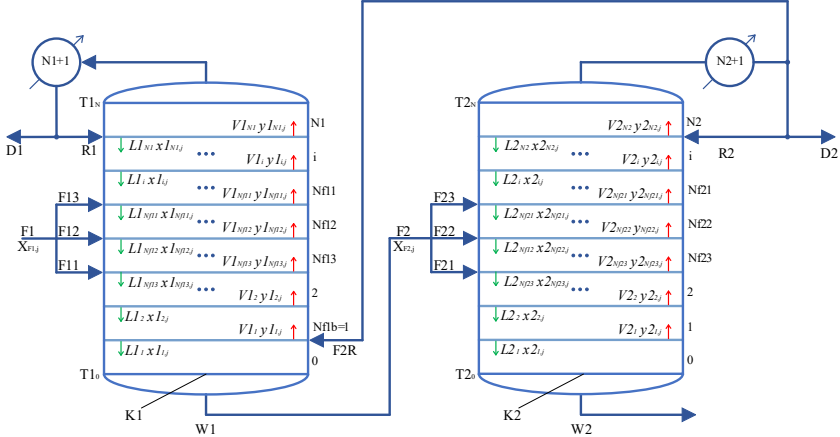


Рис. 1. Схема двухколонной ректификационной установки.

Математическая модель статики многокомпонентной ректификации основана на уравнениях общего материального баланса для колонн K1 (1, 2) и K2 (3, 4), уравнениях по секциям колонн K1 (5—11) и K2 (12—15), уравнениях каждой тарелки колонн K1 (таблица 1) и K2 (таблица 2) по каждому компоненту разделяемой смеси, включая куб и дефлегматор.

$$F1 + F2R = D1 + W1 \quad (1)$$

$$V1_N = R1 + D1 \quad (2)$$

$$W1 = D2 + W2 + F2R \quad (3)$$

$$V2_N = R2 + D2 + F2R \quad (4)$$

$$V1_i = R1 + D1, 0 \leq i \leq N1 \quad (5)$$

$$L1_i = R1, Nf1_1 < i \leq N1 + 1, \quad (6)$$

$$L1_i = R1 + F1_1, Nf1_2 < i \leq Nf1_1 \quad (7)$$

$$L1_i = R1 + F1_1 + F1_2 Nf1_3 < i \leq Nf1_2 \quad (8)$$

$$L1_i = R1 + F1_1 + F1_2 + F1_3, Nf1b < i \leq Nf1_3 \quad (9)$$

$$L1_i = R1 + F1_1 + F1_2 + F1_3 + F2R, 1 \leq i \leq Nf1b \quad (10)$$

$$L1_0 = W1 = F1 + F2R - D1, i = 0, \quad (11)$$

$$V2_i = D2 + R2 + F2R, 0 \leq i \leq N2 \quad (12)$$

$$L2_i = R2, Nf2b < i \leq N2 + 1 \quad (13)$$

$$L2_i = R2 + W1, 1 \leq i \leq Nf2b \quad (14)$$

$$L2_0 = W2 = F1 - D1 - D2, i = 0 \quad (15)$$

Таблица 1. Уравнения материального баланса каждой ступени по каждому компоненту смеси для колонны K1

Уравнение покомпонентного баланса	Номер ступени
$L1_1 \cdot X1_{1,j} - V1_0 \cdot Y1_{0,j} - W1 \cdot X1_{0,j} = 0$	0
$L1_2 \cdot X1_{2,j} + V1_0 \cdot Y1_{0,j} - L1_1 \cdot X1_{1,j} - V1_1 \cdot Y1_{1,j} = 0$	1
$L1_3 \cdot X1_{3,j} + V1_1 \cdot Y1_{1,j} - L1_2 \cdot X1_{2,j} - V1_2 \cdot Y1_{2,j} = 0$	2
...	...
$L1_{i+1} \cdot X1_{i+1,j} + V1_{i-1} \cdot Y1_{i-1,j} - L1_i \cdot X1_{i,j} - V1_i \cdot Y1_{i,j} = 0$	i
...	...
$L1_{Nf1b+1} \cdot X1_{Nf1b+1,j} + V1_{Nf1b-1} \cdot Y1_{Nf1b-1,j} - L1_{Nf1b} \cdot X1_{Nf1b,j} - V1_{Nf1b} \cdot Y1_{Nf1b,j} = -F2R \cdot X1_{F2R,j}$	Nf1b
...	...
$L1_{Nf1_3+1} \cdot X1_{Nf1_3+1,j} + V1_{Nf1_3-1} \cdot Y1_{Nf1_3-1,j} - L1_{Nf1_3} \cdot X1_{Nf1_3,j} - V1_{Nf1_3} \cdot Y1_{Nf1_3,j} = -F1 \cdot X1_{F1_3,j}$	Nf1_3
...	...
$L1_{Nf1_2+1} \cdot X1_{Nf1_2+1,j} + V1_{Nf1_2-1} \cdot Y1_{Nf1_2-1,j} - L1_{Nf1_2} \cdot X1_{Nf1_2,j} - V1_{Nf1_2} \cdot Y1_{Nf1_2,j} = -F1 \cdot X1_{F1_2,j}$	Nf1_2
...	...
$L1_{Nf1_1+1} \cdot X1_{Nf1_1+1,j} + V1_{Nf1_1-1} \cdot Y1_{Nf1_1-1,j} - L1_{Nf1_1} \cdot X1_{Nf1_1,j} - V1_{Nf1_1} \cdot Y1_{Nf1_1,j} = -F1 \cdot X1_{F1_1,j}$	Nf1_1
...	...
$L1_{N+1} \cdot X1_{N+1,j} + V1_{N-1} \cdot Y1_{N-1,j} - L1_N \cdot X1_{N,j} - V1_N \cdot Y1_{N,j} = 0$	N1
$V1_N \cdot Y1_{N,j} - L1_{N+1} \cdot X1_{N+1,j} - D1 \cdot X1_{N1+1,j} = 0$	N1 + 1

Таблица 2. Уравнения материального баланса каждой ступени по каждому компоненту смеси для колонны K2

Уравнение покомпонентного баланса	Номер ступени
$L2_1 \cdot X2_{1,j} - V2_0 \cdot Y2_{0,j} - W2 \cdot X2_{0,j} - F2R \cdot X2_{F2R,j} = 0$	0
$L2_2 \cdot X2_{2,j} + V2_0 \cdot Y2_{0,j} - L2_1 \cdot X2_{1,j} - V2_1 \cdot Y2_{1,j} = 0$	1
$L2_3 \cdot X2_{3,j} + V2_1 \cdot Y2_{1,j} - L2_2 \cdot X2_{2,j} - V2_2 \cdot Y2_{2,j} = 0$	2
...	...
$L2_{i+1} \cdot X2_{i+1,j} + V2_{i-1} \cdot Y2_{i-1,j} - L2_i \cdot X2_{i,j} - V2_i \cdot Y2_{i,j} = 0$	<i>i</i>
...	...
$L2_{Nf2_3+1} \cdot X2_{Nf2_3+1,j} + V2_{Nf2_3-1} \cdot Y2_{Nf2_3-1,j} - L2_{Nf2_3} \cdot X2_{Nf2_3,j} - V2_{Nf2_3} \cdot Y2_{Nf2_3,j} = -F13 \cdot X2_{F23,j}$	<i>Nf2₃</i>
...	...
$L2_{Nf2_2+1} \cdot X2_{Nf2_2+1,j} + V2_{Nf2_2-1} \cdot Y2_{Nf2_2-1,j} - L2_{Nf2_2} \cdot X2_{Nf2_2,j} - V2_{Nf2_2} \cdot Y2_{Nf2_2,j} = -F22 \cdot X2_{F22,j}$	<i>Nf2₂</i>
...	...
$L2_{Nf2_1+1} \cdot X2_{Nf2_1+1,j} + V2_{Nf2_1-1} \cdot Y2_{Nf2_1-1,j} - L2_{Nf2_1} \cdot X2_{Nf2_1,j} - V2_{Nf2_1} \cdot Y2_{Nf2_1,j} = -F21 \cdot X2_{F21,j}$	<i>Nf2₁</i>
...	...
$L2_{N+1} \cdot X2_{N+1,j} + V2_{N-1} \cdot Y2_{N-1,j} - L2_N \cdot X2_{N,j} - V2_N \cdot Y2_{N,j} = 0$	<i>N2</i>
$V2_N \cdot Y2_{N,j} - L2_{N+1} \cdot X2_{N+1,j} - D2 \cdot X2_{N2+1,j} = 0$	<i>N2 + 1</i>

где *i* — текущий номер тарелки; *N1*, *N2* — общее число тарелок колонн К1 и К2 соответственно; *Nf1₁*, *Nf1₂*, *Nf1₃* — 1-я, 2-я и 3-я тарелки, на которые подается питание колонны К1; 0 — нулевая тарелка (куб колонны); *N1 + 1* — дефлегматор колонны К1; *N2 + 1* — дефлегматор колонны К2; *j* — номер компонента разделяемой смеси; *k* — общее число компонентов; *X_{F1j}*, *X_{F2j}* — концентрация *k*-го компонента в сырье в колоннах К1 и К2 соответственно, %, мас.; *x1_{i,j}*, *y1_{i,j}* — концентрация *j*-го компонента в жидкой и газовой фазах, отходящие с *i*-той тарелки колонны К1, %, мас.; *x2_{i,j}*, *y2_{i,j}* — концентрация *j*-го компонента в жидкой и газовой фазах, отходящие с *i*-той тарелки колонны К2, %, мас.; *F1* и *F2* — суммарный расход подаваемого сырья на колонны К1 и К2 соответственно, т/ч; *F1₁*, *F1₂*, *F1₃* — расходы подаваемого сырья на соответствующие тарелки питания колонны К1, т/ч; *F2₁*, *F2₂*, *F2₃* — расходы подаваемого сырья на соответствующие тарелки питания колонны К2, т/ч; *F2R* — расход рецикла, т/ч; *R1*, *D1*, *W1* — расходы флегмы, дистиллята и кубового продукта в колонне К1,

т/ч; R_2 , D_2 , W_2 — расходы флегмы, дистиллята и кубового продукта в колонне К2, т/ч; V_{1i} , L_{1i} — расход пара и жидкости, уходящие с i -ой тарелки колонны К1; V_{2i} , L_{2i} — расход пара и жидкости, уходящие с i -ой тарелки колонны К2; T_{1_0} , T_{1_N} — температура в кубе и на последней тарелке колонны К1, °К; T_{2_0} , T_{2_N} — температура в кубе и на последней тарелке колонны К2, °К.

**ИССЛЕДОВАНИЕ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МОДУЛЯ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ
ФЛАНЦЕВЫХ ДЕТАЛЕЙ**

Колесников А.В.¹, Дранников А.В.², Сагайдак И.И.¹

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

²*ФГБОУ ВО "Воронежский государственный университет
инженерных технологий",
г. Воронеж, Россия*

В настоящее время промышленность сталкивается с некоторыми проблемами, такими как сложность перенастройки старых систем под новые стандарты с внедрением автоматизированных подсистем, а также то, что автоматизация не позволяет полностью исключить человека на ключевых участках производства, таких как наблюдение за внутренними производственными процессами, мониторинг технически сложных операций и принятие решений на тех этапах, где системам с искусственным интеллектом недостаточно обучены.

Добавить к вышеперечисленным проблемам также следует упрощение внедрения и обучения систем искусственного интеллекта, а также автоматизация до почти полного исключения человека на ключевых участках производства. Всё это требуют инновационных решений в области автоматизации производства. Один из возможных путей решения данных проблем – внедрение систем искусственного зрения.

Система машинного зрения может позволить: снизить количества ручных операций при загрузке/выгрузке материалов и работе с листовым материалом; повысить точность резки металлов; снизить затраты времени на операции по замене и переналадке оборудования; снизить риска травматизма при работе

с плазменным оборудованием.

Данные проблемы особенно актуальны для предприятий, выпускающих фланцевые соединения в больших объемах, где даже незначительное повышение эффективности может дать существенную экономическую выгоду.

Анализ последних исследований и публикаций.

В последние 5 лет исследования и разработки в области автоматизации плазменной резки продолжают развиваться, фокусируясь на повышении точности, энергоэффективности и адаптации к новым технологиям, рассмотрим основные работы.

Уделяется внимание оптимизации параметров резки с помощью алгоритмов искусственного интеллекта. Происходит анализ данных в реальном времени, корректирование силы тока, скорости и давления газа для минимизации дефектов. Например, исследования Fraunhofer IPT (2024) показывают снижение энергопотребления на 15-20% при использовании искусственного интеллекта. [1]

В исследовании «Оптимизация параметров плазменно-дуговой резки с использованием гибридного подхода GA-ANN для повышения качества резки и энергоэффективности» (2023) описывается оптимизация параметров плазменной резки для улучшения качества кромки и снижения энергозатрат с использованием гибридного генетического алгоритма и искусственной нейронной сети.

Системы на основе искусственного интеллекта (OpenCV, YOLO) распознают дефекты кромок и автоматически настраивают оборудование. Цифровые двойники Siemens и ESAB внедряют цифровые модели плазменных систем для предсказания износа сопел и оптимизации технического обслуживания (в пример можно привести Simcenter Amesim). [5]

При исследовании современных публикаций можно выделить следующие тенденции в области автоматизации плазменной резки:

- в странах ЕС и США активно внедряются роботизированные комплексы на базе KUKA и FANUC (исследование MIT «Роботизированная сборка авиационных конструкций», 2022 год);

- развитие систем искусственного интеллекта для оптимизации траекторий реза (публикация IEEE «Углубленное изучение процесса упрочнения для оптимизации траектории движения инструмента с учетом термической деформации в электродуговом аддитивном производстве», 2023 год).

У отечественных разработок можно выделить следующие тенденции: развитие станков с ЧПУ серии "Кристалл" (НИИ "Технологии машиностроения", 2021 год); внедрение адаптивных систем управления (работы МГТУ им. Баумана).

Также стоит выделить те технологии, которые внедряются или применяются по всему миру независимо от страны или региона:

- использование цифровых двойников для тестирования систем;
- применение IoT (Internet of things) для мониторинга состояния оборудования и беспроводного обмена данными между оборудованием без участия человека [8];
- развитие гибридных систем робота и станка с ЧПУ.

Изложение основного материала исследования.

Современные АСУ плазменной резки фланцевых деталей имеют ограничения:

- погрешность позиционирования режущей головки: $\pm 0,5-1,2$ мм (для типовых систем ЧПУ);
- отсутствие адаптации к деформации листового металла (деформация до $0,3-0,8$ мм);
- ручной контроль качества увеличивает время производства на 15-20%.

Предлагается провести техническую модернизацию АСУ, включающую ряд этапов:

- замена шаговых двигателей на сервоприводы с энкодерами (разрешение $0,01$ мм, динамическая коррекция);
- установка датчиков тока плазмы (анализ стабильности дуги) и термодатчиков (контроль нагрева).
- внедрение системы автоматизированной загрузки/выгрузки листового материала и готовых фланцевых деталей с использованием роликового приводного конвейера, что

позволит обеспечить меньшее участие человека в транспортировке, увеличение скорости доставки и существенно уменьшит травмоопасность.

Необходимо выполнить программные улучшения в АСУ путем внедрения алгоритма адаптивного управления на основе ПИД-регулятора с коррекцией по данным датчиков; введения предиктивной модели для компенсации тепловых деформаций (на базе FEM-симуляции).

Внедрение системы машинного зрения предполагает использование промышленной камеры Basler ace (5 Мп, 60 fps) с ИК-фильтром для подавления помех от плазмы; кольцевой LED-подсветки (650 нм) для контрастного изображения кромки реза. Для управления подсветкой используется специализированный драйвер LT3932 – синхронный понижающий DC/DC преобразователь для мощных вспышек систем машинного зрения. Данное устройство рассчитано на напряжения до 36В и токи до 2А (с пиковым током до 3А), что позволяет формировать идентичные импульсы тока длительностью порядка единиц микросекунд (вспышки ± 10 мкс) с крутыми и стабильными фронтами, независимо от длительности паузы между ними. Это обеспечивает высококачественное изображение для последующей обработки.

Программные алгоритмы обработки результатов машинного зрения включают распознавание заготовки (библиотеки OpenCV и YOLO v5 для локализации фланца на конвейере (точность ± 0.1 мм)); контроль качества реза (сегментация дефектов методом U-Net (анализ окалины, подрезов), измерение геометрии кромки: отклонение от CAD-модели $\leq 0,15$ мм); коррекцию траектории (математический расчёт смещения режущей головки через алгоритм RANSAC).

В таблице 1 представлено сравнение модернизированной системы с базовой системой (на примере резки фланцев DN100 из стали S235).

Таблица 1

Сравнение модернизированной системы с базовой системой (на примере резки фланцев DN100 из стали S235)

Параметр	Базовая система	Модернизированная система
Погрешность позиционирования	$\pm 0,8$ мм	$\pm 0,12$ мм
Скорость обработки	120 см/мин	150 см/мин (+25 %)
Доля брака	6,5 %	1,2 %
Время перенастройки	25 мин	3 мин (автокалибровка)

Практическая реализация на производстве включает развертывание системы на производственной линии Trumpf TruLaser Cell 7040; интеграцию с HyperTherm EDGE Connect через OPC UA; построение интерфейса оператора: LabVIEW + Python-скрипты для анализа дефектов.

Выводы.

Проведенное исследование и модернизация автоматизированной системы управления производственного модуля плазменной резки фланцевых деталей позволили достичь ряда важных результатов. Существенно снижено количество ручных операций за счёт внедрения роботизированной системы загрузки/выгрузки и конвейера.

Погрешность позиционирования режущей головки снижена с $\pm 0,8$ мм до $\pm 0,12$ мм за счет внедрения сервоприводов с энкодерами и адаптивных алгоритмов управления.

Скорость обработки увеличена на 25% (от 120 см/мин до 150 см/мин) благодаря оптимизации траекторий реза и уменьшению времени перенастройки.

Повысилась точность и качество резки благодаря использованию алгоритмов искусственного интеллекта для оптимизации параметров в реальном времени, что минимизирует дефекты и энергетические затраты.

Внедрение системы машинного зрения на базе OpenCV, YOLOv5 и U-Net позволило автоматически распознавать заготовки с точностью $\pm 0,1$ мм и обнаруживать дефекты реза с отклонением от CAD-модели $\leq 0,15$ мм. Доля брака сократилась с 6,5% до 1,2%, что значительно снизило затраты на переработку.

Сокращение времени перенастройки с 25 минут до 3 минут

за счет автокалибровки. Сокращены временные затраты на переналадку и замену оборудования благодаря более гибкой и адаптивной системе управления.

Уменьшение влияния человеческого фактора и риска травматизма. Вырос уровень безопасности производства за счёт минимального участия человека в ключевых, потенциально опасных технологических операциях, таких как работа с плазменным оборудованием и транспортировка тяжелых материалов.

Перспективными дальнейшего развития следует отметить ряд направлений: внедрение 3D-сканирования для контроля геометрии кромки в реальном времени; использование цифровых двойников для прогнозирования износа компонентов и планирования техобслуживания; Интеграция с IoT-платформами для мониторинга и анализа данных производства.

Модернизированные автоматизированные системы управления с элементами искусственного интеллекта и машинного зрения доказывают свою эффективность в условиях реального производства. Реализованные в данной статье решения не только повысили точность и скорость обработки системы плазменной резки, но и закладывают основу для дальнейшего развития автоматизации процессов плазменной резки. Внедрение подобных систем особенно актуально для предприятий, выпускающих фланцевые детали крупными сериями, где даже незначительные улучшения приводят к существенной экономии материалов.

Список источников

1. Оптимизация параметров плазменной резки с использованием искусственного интеллекта / Fraunhofer IPT. – Aachen: Fraunhofer-Verlag, 2024. – 120 с.

2. Роботизированная автоматизация в обработке металлов: тенденции и вызовы / MIT Research. – Cambridge: MIT Press, 2022. – 85 с.

3. Оптимизация траекторий реза для систем плазменной резки на основе ИИ // IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2023. – Т. 70, № 5. – С. 4123–4132.

4. Разработка станков с ЧПУ серии "Кристалл" для плазменной резки / НИИ "Технологии машиностроения". – М.: Машиностроение, 2021. – 64 с.

5. Цифровые двойники для прогнозного обслуживания систем плазменной резки / Siemens AG. – Munich: Siemens Press, 2023. – 156 с.

6. Моделирование и симуляция процессов плазменной резки в Simcenter Amesim / ESAB. – Gothenburg: ESAB Publ., 2023. – 92 с.

7. Обнаружение объектов и обработка изображений в промышленных приложениях в реальном времени // OpenCV Documentation. – 2023. – URL: <https://docs.opencv.org> (дата обращения: 15.11.2025).

8. Интеграция IoT в системы плазменной резки EDGE Connect / Hypertherm Inc. – Hanover: Hypertherm, 2024. – 78 с.

УДК 681.31

**СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПРИВОДОВ
МАНИПУЛЯТОРОВ, КОНВЕЙЕРНЫХ СИСТЕМ И
ПОЗИЦИОНИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ
ФЕРРОЗОНДОВЫХ ДАТЧИКОВ**

*В.П. Кучер, А.В. Колесников, *В.Н. Василенко*

*ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени
Владимира Даля»,
г. Луганск, Россия*

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

Аннотация. В статье рассматриваются современные системы контроля технического состояния приводов манипуляторов, конвейерных линий и позиционирующих устройств. Подробно анализируется применение феррозондовых датчиков как средства сверххранной диагностики износа узлов трения.

Ключевые слова: системы диагностики, конвейерные системы, манипуляторы, позиционирующие устройства, феррозонд, мониторинг состояния, прогнозирование отказов.

Функционирование современных систем контроля состояния манипуляторов, конвейерных систем и позиционирующих устройств базируется на классических принципах автоматики и теории управления, реализуемых с использованием комплекса специализированных датчиков. Такие системы обеспечивают непрерывный мониторинг ключевых технологических параметров, раннюю диагностику неисправностей и повышение уровня промышленной безопасности.

В условиях роста мощности приводов, увеличения скорости технологических процессов и усложнения кинематических схем возрастает актуальность внедрения методов не только аварийной, но и прогнозной диагностики. Особый интерес в этом контексте представляют феррозондовые датчики, позволяющие выявлять износ на ранних стадиях по анализу продуктов трения в рабочих жидкостях.

В системах автоматизации конвейерного транспорта требуется контроль широкого спектра параметров и состояний, напрямую влияющих на надежность и безопасность эксплуатации. К основным контролируемым параметрам относятся: отклонение и разрыв ленты, скорость и натяжение, вибрация редукторов и подшипниковых узлов, степень загрузки, исправность аварийных выключателей, ранние признаки возгорания, а также наличие персонала в опасных зонах.

Для решения указанных задач применяются различные типы датчиков.

Датчики контроля схода ленты устанавливаются по обе стороны конвейера и фиксируют отклонение ленты от оси движения. При превышении допустимого смещения происходит срабатывание конечного выключателя и остановка привода.

Датчики провисания (натяжения) ленты размещаются в зоне загрузки и реагируют на чрезмерное провисание ленты, формируя предупредительный или аварийный сигнал.

Датчики контроля скорости измеряют частоту вращения приводного барабана или вала. Сравнение текущей скорости с заданной позволяет выявлять проскальзывание, перегрузку или обрыв привода.

Датчики перегрузки и наличия препятствий - механические или электромеханические устройства, реагирующие на столкновение с посторонним предметом и обеспечивающие защитное отключение.

Датчики заторов и уровня материала применяются для контроля заполнения бункеров и зон перегрузки, предотвращая переполнение и аварийные ситуации.

Датчики аварийной остановки обеспечивают мгновенную остановку конвейера при воздействии на трос, протянутый вдоль

линии, с обязательным ручным возвратом в рабочее состояние.

Датчики наличия потока на основе эффекта Доплера используются для регистрации движения сыпучих материалов в трубопроводах и желобах и применяются совместно с датчиками уровня и скорости.

Контроль приводов манипуляторов и высокоточных позиционирующих устройств характеризуется повышенными требованиями к точности, повторяемости и динамическим характеристикам. В зависимости от типа привода (электромеханический, гидравлический, пневматический) применяются различные датчики.

Позиционные датчики (энкодеры, резольверы, потенциометры), которые обеспечивают обратную связь по положению и углу поворота исполнительных звеньев. Применение абсолютных энкодеров позволяет определить положение сразу после включения питания.

Датчики усилия и крутящего момента, выполненные на основе тензометрических элементов, используются для контроля сборочных операций, дозирования усилия и обнаружения коллизий.

Датчики вибрации и температуры, устанавливаемые на корпусах электродвигателей и редукторов, предназначены для выявления износа подшипников, нарушения зацепления и перегрева силовых узлов.

Датчики давления и расхода являются ключевыми элементами контроля гидравлических и пневматических систем и позволяют диагностировать утечки, засорения и неисправности насосного оборудования.

Системы технического зрения, выполняющие функции бесконтактных датчиков положения, ориентации и наличия объекта, особенно актуальны для адаптивных и роботизированных систем.

Наряду с традиционными средствами измерения технологических параметров, для углубленной диагностики и прогнозирования отказов все шире применяются феррозондовые датчики. Их принцип действия основан на анализе магнитных свойств смазочных масел и рабочих гидравлических жидкостей.

Феррозондовый датчик, установленный в масляной магистрали редуктора, гидросистемы или подшипникового узла, формирует высокочастотное магнитное поле. Присутствие в жидкости ферромагнитных частиц износа (частиц стали и чугуна) вызывает искажение магнитного поля. По характеру этих искажений система определяет концентрацию, размер и динамику накопления металлических частиц в режиме реального времени.

Применение феррозондовых датчиков является особенно целесообразным в следующих случаях:

- *мониторинг редукторов и зубчатых передач конвейеров, мешалок и поворотных узлов манипуляторов.* Феррозонды здесь позволяют выявить усталостное выкрашивание зубьев и начальные стадии разрушения подшипников до появления выраженных вибрационных признаков.

- *диагностика гидравлических систем мощных манипуляторов и позиционирующих устройств,* где анализ металлических частиц в рабочей жидкости позволяет контролировать износ насосов, распределителей и гидромоторов.

- *контроль подшипниковых узлов ответственных механизмов, включая барабаны конвейеров и электродвигатели.* Появление ферромагнитных частиц служит индикатором усталостного разрушения или недостаточной смазки.

Системы технического обслуживания по состоянию, в которых данные феррозондов используются для перехода от плано-предупредительного обслуживания к обслуживанию по фактическому ресурсу узлов.

К основным преимуществам феррозондовых методов диагностики относятся: *сверхранняя диагностика*, обеспечивающая обнаружение износа на начальной стадии, задолго до изменения вибрационных и температурных параметров; *селективность*, выражающаяся в высокой чувствительности именно к металлическим продуктам износа при нечувствительности к воде, воздуху и неметаллическим загрязнениям; *высокая информативность*, позволяющая анализировать темп износа и формировать тренды для прогнозирования остаточного ресурса оборудования.

Для интеграции феррозондовых методов диагностики в

состав комплексной системы мониторинга технического состояния приводов целесообразно использовать модульную архитектуру, представленную на структурной схеме (рис. 1).



Рис. 1. Обобщенная структурная схема системы контроля состояния приводов с использованием феррозондового датчика

Феррозондовый датчик в данной структуре выступает как специализированный диагностический модуль, дополняющий

традиционные каналы вибрационного, температурного и токового контроля. Обработка сигнала может выполняться как локально, так и на уровне верхних систем автоматизации (SCADA, MES), что обеспечивает реализацию алгоритмов прогнозирования остаточного ресурса.

Таким образом, интеграция феррозондовых датчиков в системы контроля состояния приводов манипуляторов, конвейерных систем и позиционирующих устройств является стратегически обоснованным направлением развития современной промышленной диагностики. Применение феррозондовых методов позволяет перейти от реактивного и аварийного подхода к интеллектуальному прогнозированию технического состояния узлов трения.

Использование данных о концентрации и динамике появления металлических частиц в рабочих жидкостях обеспечивает повышение надежности оборудования, снижение вероятности внезапных отказов и оптимизацию затрат на техническое обслуживание. Это делает феррозондовые датчики важным элементом комплексных систем мониторинга и диагностики ответственных и дорогостоящих приводных механизмов.

Список источников

1. Вибрационная диагностика машин и оборудования / под ред. В. Н. Костюкова. — М.: Машиностроение, 2012. — 456 с.
2. Тимофеев В. Б., Иванов А. А. Диагностика технического состояния редукторов и подшипников качения. — СПб.: Политехника, 2015. — 312 с.
3. Гуляев Ю. В., Никитов С. А. Магнитные методы неразрушающего контроля и диагностики. — М.: Физматлит, 2010. — 384 с.

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ПРОЦЕССОВ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ И СТРУКТУРИРОВАНИЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТОВ

Карпович Д.С.¹, Хаустов И.А.², Хвостов А.А.³, Зубова Н.А.²

¹Белорусский государственный технологический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

² Воронежский государственный университет инженерных
технологий, г. Воронеж, Россия

³ Воронежский государственный технический университет,
г. Воронеж, Россия,

Термоэластопласты — это полимеры, сочетающие свойства эластомеров и термопластов. Они широко применяются в промышленности, в том числе в автомобильной, дорожно-строительной промышленности, медицинской сфере, товарах массового производства и др. Современные требования к повышению качества подобных материалов подразумевают частичный, а в идеале полный переход к цифровому производству.

Одним из ключевых факторов, определяющих свойства таких материалов, является молекулярно-массовое распределение (ММР).

В работе рассмотрен комплекс математических моделей и алгоритмы имитационного моделирования процессов получения термоэластопластов промышленного назначения на всех этапах синтеза рассматриваемого эластомера.

В частности, на первом этапе синтеза (этапе инициирования активных центров анионной полимеризации и получения полистирольного блока) применяется кинетический подход при построении математических моделей. Полученные математические модели эффективно, с достаточной для целей управления процессом точностью описывают изменение таких параметров как концентрация инициатора активных центров полимеризации, концентрация мономера (стирола – при получении первого полистирольного блока), а также изменение температуры реакционной массы и самое главное динамику фракционного состава полимера. Здесь под i -ой фракцией

полимера понимается ансамбль макромолекул, имеющих молекулярную массу в пределах диапазона масс $[M_i, M_1 + \Delta M]$, а фракционный состав формируется оценками концентраций этих микрообъемов. Фракционный состав характеризует ММР полимера, но в отличие от ММР представляет собой кусочно-линейную ступенчатую характеристику с равностоящими узлами разметки оси молекулярных масс.

На втором этапе получения термоэластопластов происходит получение двухблочника (полибутадиен-полистироллития). Также как и на первом этапе получены математические модели, описывающие изменение концентрации мономера- в данном случае бутадиена, изменение температуры и фракционного состава.

На третьем этапе рассматривается процесс структурирования макромолекул полифункциональным сочетающим агентом. В качестве такого агента на действующем производстве применяется тетрагидрид кремния. После сочетания макромолекул в идеальном случае синтезируется четырехлучевая структура макромолекулы, каждый луч формируется за счет присоединения активной макромолекулы двухблочника.

Поскольку данный процесс происходит практически без выделения теплоты, то оценить динамику по данным непосредственных технологических измерений не представляется возможным. В этом случае для описания процесса структурирования применяется статистический подход – разработан алгоритм имитационного моделирования, позволяющий рассчитывать фракционный состав на основе оценки фракционного состава двухблочника.

Разработанный цифровой двойник, включающий кинетические модели процессов полимеризации, и методика имитационного моделирования позволяют проводить компьютерное моделирование процесса синтеза термоэластопласта при различных концентрациях сочетающего агента и других исходных компонентов. При наличии достаточного набора экспериментальных данных в виде ММР полимера на всех этапах его синтеза разработанные модели дают возможность расчёта и построения функции ММР полимера в ходе процесса, что позволяет получать оперативную информацию о ходе процесса синтеза и позволяет прогнозировать качество конечного продукта.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ
ПЛАВЛЕНИЯ АМОРФНЫХ ПРОДУКТОВ
НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Хаустов И.А.¹, Волченков А.М.², Хвостов А.А.²

*¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет
инженерных технологий»,*

г. Воронеж, Россия

*²ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»,*

г. Воронеж, Россия

Плавление имеет колоссальное значение в технологических циклах нефтехимической промышленности. Контролируемое управление плавлением позволяет изменять физические и химические свойства материалов, переводить их в состояние, удобное для обработки, формования или интеграции в сложные производственные цепочки.

Таким образом, корректная формализация физических основ и инженерных решений, связанных с процессом плавления, является критически важным для инновационного развития и эффективности многих секторов экономики.

Основные подходы к расчетам тепловых режимов процесса плавления можно разделить на несколько групп.

Наиболее простым подходом является анализ уравнения теплового баланса. При этом подходе рассматривается равенство теплоты, поступающей в систему, и теплоты, от неё отводимой или преобразуемой [1]:

$$Q_{\text{отд}} = Q_{\text{получ.}} \quad (1)$$

Уравнение теплового баланса используется в различных областях для анализа тепловых процессов, например, при расчете теплообменных аппаратов, паровых котлов, печей и в других технических, а также биологических и химических системах.

Данный метод упрощает анализ, позволяя интегрально оценить, как тепло перераспределяется между объектами в системе. Однако оно применимо к теплоизолированным системам, где нет потерь тепла в окружающую среду. Помимо этого, балансный подход не учитывает распределённость параметров, динамику процесса плавления, а также геометрическую форму тел.

Более подробное представление о процессе плавления дает метод решения задачи Стефана.

Задача Стефана представляет собой особый вид краевой задачи для дифференциального уравнения в частных производных, описывающая изменение фазового состояния вещества, при котором положение границы раздела фаз изменяется со временем. Наличие границ раздела между фазами, которые не задаются явно и могут смещаться со временем, является характерной особенностью таких задач. Скорость смещения межфазных границ определяется дополнительным условием на границе раздела фаз, что приводит задачу к нелинейному виду.

Решение задачи Стефана состоит в определении положения межфазных границ в различные моменты времени. Основные трудности при решении данной задачи связаны с тем, что подвижные границы раздела фаз формируют переменные области для вычисления значений температуры или концентрации, а положение этих межфазных границ заранее не известно и также должно определяться в ходе решения.

Существуют аналитические и численные методы решения классической задачи Стефана. Однако нахождение решения задачи Стефана в замкнутой аналитической форме является непростой проблемой, решение которой возможно лишь для ограниченного количества случаев, когда рассматривают упрощенную постановку задачи [2].

Задача Стефана более точно описывает динамику движущейся границы раздела фаз, в отличие от классического балансового метода, который часто упрощает эту границу до статической или медленно меняющейся, делая решение задачи Стефана предпочтительным для точного моделирования

теплопереноса в системах с явным изменением агрегатного состояния, где важна скорость и положение границы.

Классическая задача Стефана имеет дело с материалами с постоянными теплофизическими свойствами (обычно независимо от фазы), постоянной температурой фазового перехода и мгновенным переходом от начальной температуры к определенному значению на границе. На практике теплофизические свойства могут изменяться и всегда меняются при изменении фазы. Дисбаланс сил плавучести и гравитации, вызывает термоконвекционное движение. Термоконвекция приводит к изменению механизма теплопереноса в жидкой фазе вследствие неоднородности температурного поля и, следовательно, плотности жидкости.

Наличие течения и конвекционного теплопереноса в жидкой фазе усложняет классическую задачу Стефана, добавляя зависимость температуры границы от потока тепла и скорости движения среды. Это краевая задача с подвижной границей, требующая решения уравнения теплопроводности в двух фазах и уравнения движения и неразрывности в жидкой фазе для определения положения фронта фазового перехода с учетом конвекции на его поверхности.

Источник тепловой энергии, инициирующий фазовый переход, может характеризоваться параметрами, распределёнными в пространстве и времени, в связи с чем задача Стефана должна быть сформулирована как задача нестационарного распределенного теплопереноса с подвижной границей разделения фаз с учетом течений жидкой фазы и конвекционного переноса тепла, а также с нестационарным по мощности и локализации источником тепловой энергии.

Для решение поставленной задачи необходимо выполнить два условия:

1. Создать модель – сопряженную, учитывающую твердо-жидкий характер тела и перемещающуюся границу фаз, а также параметры источника тепловой энергии.
2. Разработать методику поиска оптимальных параметров источника тепловой энергии (мощность, локализация и траектория перемещения).

Для оптимизации процесса расчётов и исключения необходимости отслеживать границу фазового перехода, менять геометрию и перестраивать сетку, предлагается использовать метод прогонки с использованием параметров, одновременно описывающих свойства жидкой и твёрдой фаз (плотность, теплоемкость, теплопроводность и вязкость) одной функцией. В этом случае можно использовать общие уравнения для обеих фаз, а условие Стефана реализовать изменением теплоемкости на границе фазового перехода

Допущения при моделировании – несжимаемость среды, параметры зависят только от температуры, отсутствие течения в твердой фазе имитируется вязкостью на несколько порядков превышающую вязкость жидкой фазы, на границе фазового перехода разрывные коэффициента сглаживаются логистической функцией (2), которая одновременно выступает индикатором одной из фаз [3]:

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

где $(\theta_{Up}, \theta_{Low})$ – верхнее и нижнее значения параметра в точке разрыва, s – ширина транзитного перехода, $1/T$, T^* – температура перехода, К.

Основные уравнения модели (3):

$$\begin{aligned} \rho(T) \left[\frac{\partial u}{\partial t} + (u \cdot \nabla)u \right] &= -\nabla \cdot PI + 2\nabla \cdot \mu(T)D; \\ \frac{\partial \rho(T)}{\partial t} + \nabla \cdot [\rho(T)u] &= 0; \end{aligned} \quad (3)$$

$$\rho(T)c(T) \frac{\partial T}{\partial t} + \rho(T)c(T)u \cdot \nabla T = \nabla \cdot \lambda(T)\nabla T + Q(x^*, y^*, z^*);$$

где ρ – плотность, кг/м³; u – вектор скорости, м/с; P – давление, Па; I – единичный тензор T , T – температура, К; c – удельная теплоемкость, Дж/(кг·К); λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К); $T = 2\mu_l D$ – тензор вязких напряжений, Па; D – тензор скоростей деформации, $D = \frac{1}{2}(\nabla u + (\nabla u)^T)$; μ – динамическая вязкость жидкости, Па·с; $Q(x^*, y^*, z^*)$ – удельная мощность источника тепловой энергии, Вт/м³; x^*, y^*, z^* – программируемые координаты источника тепловой энергии, м.

Условие Стефана моделируется функцией теплоемкости. Поглощение теплоты, затрачиваемой на фазовый переход, оценивалось с помощью эффективной теплоемкости среды $c_{p,eff}(T)$, задающей скачок теплоемкости при температуре фазового перехода:

$$c_{p,eff}(T) = c_p(T) + Q_L \delta(T - T^*), \quad (4)$$

где Q_L – удельная скрытая теплота кристаллизации, Дж/кг; δ – дельта-функция, $1/T$. Для сглаживания δ -функции использовалась аппроксимация с помощью функции Гаусса (5):

$$\tilde{\delta}(T) = \frac{k_{norm}}{d\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(T-T^*)^2}{2d^2}} \cdot \text{sgn}(T - T^*) \quad (5)$$

где d – интервал температур фазового перехода, К, k_{norm} – коэффициент нормировки, $\text{sgn}(x) = (1, x < 0; 0, x = 0; -1, x > 0)$ [5].

Начальные условия: $u|_{t=0} = 0$, $P|_{t=0} = 0$, $T|_{t=0} = T_0$, где T_0 – начальная температура системы.

Граничные условия на $\Gamma 1$ (рис. 1): $u = 0$; $\nabla T = 0$,

На $\Gamma 2$: $u = 0$, $T = T_{hot}$.

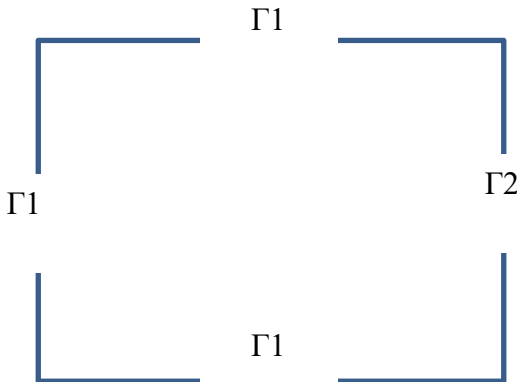


Рисунок 1 – Расчетная схема

Решение поставленных задач позволяет описывать процесс фазового перехода в среде с учетом конвективного теплопереноса

в жидкой фазе при наличии источника тепловой энергии с параметрами, распределенными во времени и пространстве

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Савельев, И. В. Курс общей физики : учебное пособие : в 3 т. Т. 3. Молекулярная физика и термодинамика / И. В. Савельев. – Москва : КноРус, 2022. – 240 с. – ISBN 978-5-406-09370-4.2

2. Карташов Э.М. Аналитические методы решения краевых задач нестационарной теплопроводности в областях с движущимися границами // Аналитический обзор, посвященный 275-летию РАН. Известия РАН, Энергетика, 1999, №5, с.3-32.

3. Волков И. К., Канатников А. Н. Интегральные преобразования и операционное исчисление: Учеб. для вузов / Под ред. В. С. Зарубина, А. П. Крищенко. — 2-е изд. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. — 228 с. — (Математика в техническом университете; Вып. XI). — ISBN 5-7038-1273-9.

УДК 517, 519.6, 519.8

МОЖНО ЛИ СТАБИЛИЗИРОВАТЬ ОБРАТНЫЙ МАЯТНИК: РАССИНХРОНИЗАЦИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Семенов М. Е., Борзунов С. В.

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

Аннотация. На основе метода простых итераций и свойств произведений стохастических матриц продемонстрировано, что малые стохастические изменения параметров обратного маятника приводят к невозможности стабилизации колебаний в окрестности верхнего положения.

Модель маятника с колеблющейся точкой подвеса в изменяющихся внешних условиях иллюстрирует такие физические явления, как параметрический резонанс, появление резонансов высших порядков, динамическую стабилизацию (в случае отклонения от маятника от вертикали, он может испытывать относительно медленные колебания относительно неустойчивого положения равновесия), дестабилизацию перевернутого положения маятника при достаточно больших амплитудах вибрации точки подвеса. Модель перевернутого маятника с осциллирующей точкой подвеса была предложена в работах П. Л. Капицы [1, 2]. В предположении, что ускорение точки подвеса постоянно по абсолютной величине, но меняет знак при изменении направления движения, то уравнение движения является известным уравнением Мейснера.

На основе метода простых итераций и свойств произведений матриц рассмотрены эффекты, к которым приведут малые стохастические изменения параметров маятника.

Показано, что малые стохастические изменения параметров приводят к невозможности стабилизации колебаний в окрестности верхнего положения. Если рассматриваемая система содержит даже очень слабую неопределенность, формализуемую случайной

величиной, она не может быть стабилизирована в принципе. При этом время, в течение которого фазовые координаты маятника находятся в малой окрестности верхнего положения равновесия, гиперболически зависит от дисперсии стохастической неопределенности амплитуды колебаний.

Список источников

1. Капица П. Л. Динамическая устойчивость маятника при колеблющейся точке подвеса / *Журнал экспериментальной и теоретической физики*. – 1951. – Т. 21, вып. 5. – С. 588-597.
2. Капица П. Л. Маятник с вибрирующим подвесом / *Успехи физических наук*. – 1951. – Т. 44. – С. 7-20. DOI: 10.3367/UFNr.0044.195105b.0007
3. Semenov M. E., Borzunov S. V., Meleshenko P. A. Inverted pendulum with stochastic suspension / *Nonlinear Dynamics*. – 2024. – V. 112. – Pp. 18685-18699. – <https://doi.org/10.1007/s11071-024-10090-3>

**МЕТОД КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ ДЛЯ СЛАБОЙ
РАЗРЕШИМОСТИ ЗАДАЧИ О НАПРЯЖЕННО-
ДЕФОРМИРОВАННОМ СОСТОЯНИИ СЛОИСТОЙ
КОМПОЗИЦИОННОЙ СРЕДЫ**

Провоторов В.В., Гусельникова И. В.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

г. Воронеж, Россия

*ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого»*

г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. В работе указаны принципы построения сходящихся разностных схем и соответствующий ему метод конечных разностей для анализа эллиптического уравнения в классе суммируемых функций с сетеподобным носителем. При этом существование слабого решения краевой задачи не предполагается, слабая разрешимость ее будет установлена с помощью метода конечных разностей.

1. Сетеподобные области. Связная сетеподобная область $\mathfrak{Z} \subset \mathbb{R}^3$ ($\partial\mathfrak{Z}$ --- граница \mathfrak{Z}) представляет собой совокупность ограниченных подобластей \mathfrak{Z}_j , $j = 0, 1, 2, \dots, N$ ($\partial\mathfrak{Z}_j$ --- границы подобластей) и совокупность поверхностей $S_j \subset \partial\mathfrak{Z}_j$, $j = 1, 2, \dots, N-1$, являющихся общими границами смежных подобластей (S_j --- двухсторонние поверхности взаимного примыкания подобластей, через S_j^+ , S_j^- обозначены эти стороны). Таким образом, сетеподобная область \mathfrak{Z} структурирована по типу геометрического графа:

$$\mathfrak{z} = \left(\bigcup_{j=0}^N \mathfrak{z}_j \right) \cup \left(\bigcup_{j=1}^{N-1} S_j \right), \quad \partial\mathfrak{z} = \left(\bigcup_{j=0}^N \partial\mathfrak{z}_j \right) \setminus \left(\bigcup_{j=1}^{N-1} S_j \right).$$

Везде далее предполагается, что поверхности S_j гладкие, каждая подобласть \mathfrak{S}_j звездная относительно шара из \mathfrak{S}_j .

2. Основные понятия. Используются классические пространства действительных, измеримых по Лебегу функций $u(x)$, $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in \Omega$, $\Omega \subset \mathbb{R}^n$:

$L_2(\Omega)$ --- пространство (классов) вещественных функций $u(x)$, измеримых на Ω , скалярное произведение и норма определены соотношениями

$$(u, v)_\Omega = \int_{\Omega} u(x)v(x)dx, \|u\|_\Omega = \sqrt{(u, u)_\Omega}; \quad (1)$$

$L_\infty(\Omega)$ --- пространство (классов) измеримых, существенно ограниченных функций $u(x)$ на Ω , $\|u\|_\Omega = \text{vrai max}_{x \in \Omega} |u(x)|$;

$W_2^1(\Omega)$ --- соболевское пространство функций $u(x) \in L_2(\Omega)$ с обобщенными производными $\frac{\partial u(x)}{\partial x_i} \in L_2(\Omega)$ ($i = 1, 2, 3$), скалярное произведение и норма определены соотношениями

$$(u, v)_\Omega^1 = \int_{\Omega} \left(u(x)v(x) + \sum_{i=1}^3 \frac{\partial u(x)}{\partial x_i} \frac{\partial v(x)}{\partial x_i} \right) dx, \|u\|_\Omega^1 = \sqrt{(u, u)_\Omega^1}, \quad (2)$$

$W_{2,0}^1(\Omega) = \{u : u \in W_2^1(\Omega), u|_{x \in \partial\Omega} = 0\}$ --- ядро $W_2^1(\Omega)$.

Для сетеподобной области \mathfrak{S} имеет место $\int_{\mathfrak{S}} u(x)dx = \sum_{j=0}^N \int_{\mathfrak{S}_j} u(x)dx$, скалярные произведения и нормы пространств $L_2(\mathfrak{S})$, $L_\infty(\mathfrak{S})$, $W_2^1(\mathfrak{S})$, $W_{2,0}^1(\mathfrak{S})$ определяются формулами

$$(u, v)_{\mathfrak{Z}} = \sum_{j=0}^N \int_{\mathfrak{Z}_j} u(x)v(x)dx, \|u\|_{\mathfrak{Z}} = \sqrt{(u, u)_{\mathfrak{Z}}}, \quad (3)$$

$$(u, v)_{\mathfrak{Z}}^1 = \sum_{j=0}^N \int_{\mathfrak{Z}_j} \left(u(x)v(x) + \sum_{i=1}^3 \frac{\partial u(x)}{\partial x_i} \frac{\partial v(x)}{\partial x_i} \right) dx, \quad (4)$$

$$\|u\|_{\mathfrak{Z}}^1 = \sqrt{(u, u)_{\mathfrak{Z}}^1} = \left(\sum_{j=0}^N \int_{\mathfrak{Z}_j} \left(u^2(x) + \sum_{i=1}^3 \left(\frac{\partial u(x)}{\partial x_i} \right)^2 \right) dx \right)^{1/2}, \quad (5)$$

аналогичными (1) и (2), причём (3) для $L_2(\mathfrak{Z})$ и (4), (5) для $W_2^1(\mathfrak{Z})$, $W_{2,0}^1(\mathfrak{Z})$, $\|u\|_{\mathfrak{Z}} = \text{vrai max}_{x \in \mathfrak{Z}} |u(x)|$ для $L_{\infty}(\mathfrak{Z})$.

Рассмотрим дифференциальное выражение

$$Au := - \sum_{\kappa, i=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_{\kappa}} \left(a_{\kappa i}(x) \frac{\partial u}{\partial x_i} \right),$$

которое определяет эллиптический оператор (линейный положительный оператор) краевых задач математических моделей тепловых и волновых процессов в сетевом носителе, описываемом сетеподобной областью \mathfrak{Z} ; здесь $a_{\kappa i}(x)$ ($\kappa, i = 1, 2, \dots, n$) --- ограниченные функции пространства $L_2(\mathfrak{Z})$ (необходимые пояснения приведены ниже).

Условия примыкания будут определяться соотношениями

$$u(x)|_{S_j^+} = u(x)|_{S_j^-}, \quad \int_{S_j^+} \frac{\partial u(x)}{\partial \nu_{\Lambda}} dS + \int_{S_j^-} \frac{\partial u(x)}{\partial \nu_{\Lambda}} dS = 0 \quad (6)$$

на сторонах S_j^+ и S_j^- каждой поверхности примыкания S_j . Здесь

$$j = \overline{1, M}, \quad \frac{\partial u(x)}{\partial \nu_{\Lambda}} = \sum_{\kappa, i=1}^n a_{\kappa i}(x) \frac{\partial u(x)}{\partial x_i} \cos(\bar{n}, x_{\kappa}) \text{ на } S_j^+ \text{ или } S_j^-,$$

$\cos(\bar{n}, x_{\kappa})$ -- κ -й направляющий косинус внешней нормали $\bar{n} := \bar{n}(x)$ к границе $S_j \subset \partial \mathfrak{Z}_j$ (т. е. S_j^+ или S_j^- соответственно).

3. Исследования краевых и начально-краевых задач, проведенное в работах [1,2], существенно опирались на некоторые факты, касающиеся оценки норм слабых решений этих задач в пространствах $\tilde{W}^1(\mathfrak{Z})$, $\tilde{W}_0^1(\mathfrak{Z})$. Теперь, используя метод конечных разностей для получения достаточных условий слабой разрешимости задачи Дирихле с эллиптическим оператором, описываемым дифференциальным выражением Au относительно функции $u(x)$, строится устойчивая разностная схема. .

Рассматривается задача Дирихле для функции $u(x) \in \tilde{W}_0^1(\mathfrak{Z})$:

$$Au := -\frac{\partial}{\partial x_k} \left(a_{ki}(x) \frac{\partial u}{\partial x_i} \right) = f(x), f(x) \in L_2(\mathfrak{Z}), \quad (7)$$

$$u(x)|_{\partial\mathfrak{Z}} = 0. \quad (8)$$

Будем формировать устойчивую разностную схему, используя представленную соотношением (5) энергетическую норму $\|u\|_{\mathfrak{Z}}^1$ пространства $\tilde{W}_0^1(\mathfrak{Z})$, и за основу возьмем энергетическую оценку

$$\|u\|_{\mathfrak{Z}}^1 \leq \|f\|_{\mathfrak{Z}} \quad (9)$$

для слабого решения $u(x) \in \tilde{W}_0^1(\mathfrak{Z})$ задачи (7), (8)

Определение. Слабым решением задачи (7), (8) является функция $u(x) \in \tilde{W}_0^1(\mathfrak{Z})$, для которой справедливо тождество

$$\rho(u, \eta) := \int_{\mathfrak{Z}} \left(\sum_{k,i=1}^n a_{ki}(x) \frac{\partial u(x)}{\partial x_i} \frac{\partial \eta(x)}{\partial x_k} \right) dx = \int_{\mathfrak{Z}} f(x) \eta(x) dx \quad \forall \eta(x) \in W_{2,0}^1(\mathfrak{Z}). \quad (10)$$

Замечание. Неравенство (9) следует из тождества (10) при $\eta = u$ с использованием условий (8). Разностная схема при этом будет использовать конечномерный аналог (9).

Следуя [3], разобьем сетеподобную область \mathfrak{Z} изменения переменной $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ на элементарные ячейки

$\omega_{(kh)} = \{x : k_i h_i < x_i < (k_i + 1)h_i\}$ плоскостями $x_k = mh_k$,
 $k = 1, 2, \dots, n$, $m = 0, 1, 2, \dots$, $h_k > 0$ (каждой ячейки $\omega_{(kh)}$
соответствует только одна ее вершина $x = (kh)$,
 $(kh) = (k_1 h_1, k_2 h_2, \dots, k_n h_n)$, $h = (h_1, h_2, \dots, h_n)$). Получим
соответствующие области \mathfrak{S} множество (сетка) \mathfrak{S}_h . Интегралы по
области \mathfrak{S} следует заменить суммами интегралов по $\omega_{kh} \subset \mathfrak{S}$, а
функции u , η при x из каждой ячейки ω_{kh} --- кусочно-
постоянными функциями u_h , η_h , производные $\frac{\partial u}{\partial x_i}$, $\frac{\partial \eta}{\partial x_i}$ ---
какими-либо однотипными разностными отношениями u_{x_i} , η_{x_i} ,
аппроксимирующим эти производные. Условия (18) можно
заменить равенством нулю сеточных функций для u_h , η_h на $\partial \mathfrak{S}_h$.

Для сеточной функции u_h , заданной на \mathfrak{S}_h , используется
простейшая (кусочно-постоянная) интерполяция

$$\hat{u}_h(x) = u_h |$$

для $x \in \omega_{kh}$, а также полилинейная интерполяция.

Таким образом, (10) в терминах сеточных функций
заменяется соотношением

$$\rho(u_h, \eta_h) := \Delta_h \sum_{\mathfrak{S}_h^+} a_{\kappa i h} u_{x_i} \eta_{x_\kappa} = \Delta_h \sum_{\mathfrak{S}_h^+} f_h \eta_h. \quad (11)$$

где $\Delta_h = h_1 h_2 \dots h_n$, а \mathfrak{S}_h^+ --- множество вершин ячеек
 $\omega_{kh} \subset \mathfrak{S}$.

Заметим, что сеточные функции $a_{\kappa i h}$ в вершине (kh) равны
усреднению $\frac{1}{\Delta_h} \int_{\omega_{(kh)}} a_{\kappa i}(x) dx$.

Используя формулу суммирования по частям ([4]), применительно к дискретному аналогу \mathfrak{S}_h сетеподобной области \mathfrak{S} несложно привести соотношение (11) к виду

$$\Delta_h \sum_{\mathfrak{S}_h} (a_{\kappa t h} u_{x_t})_{\bar{x}_\kappa} \eta_h = \Delta_h \sum_{\mathfrak{S}_h} f_h \eta_h.$$

Учитывая произвольность сеточной функции η_h в \mathfrak{S}_h , приходим к системе разностных уравнений

$$(a_{\kappa t h} u_{x_t})_{\bar{x}_\kappa} = f_h, \quad (12)$$

к которому следует присоединить граничное условие

$$u_h |_{\partial \mathfrak{S}_h} = 0. \quad (13)$$

Соотношения (12), (13) определяют разностную схему, образующую алгебраическую систему относительно неизвестных значений сеточной функции u_h .

Теорема 1. Пусть коэффициенты $a_{\kappa t}(x)$ ($\kappa, t = 1, 2, \dots, n$) в уравнении (7) являются ограниченными измеримыми функциями пространства $L_2(\mathfrak{S})$, удовлетворяющие условиям (8), а $f(x) \in L_2(\mathfrak{S})$.

Тогда разностная схема (12), (13) устойчива в энергетической норме (5) пространства $\tilde{W}_0^1(\mathfrak{S})$.

Теорема 2. Пусть выполнены условия теоремы 1.

Тогда интерполяции $\hat{u}_h, u'_h(x)$, построенные по решениям (приближениям) u_h системы (12), (13), сходятся сильно в $L_2(\mathfrak{S})$

к слабому решению $u(x) \in \tilde{W}_0^1(\mathfrak{S})$ задачи (7), (8), а $\frac{\partial \hat{u}_h}{\partial x_\kappa}, \frac{\partial u'_h(x)}{\partial x_\kappa}$

сходятся слабо в $L_2(\mathfrak{S})$ к $\frac{\partial u(x)}{\partial x_\kappa}$, $t = 1, 2, \dots, n$.

Список источников.

1. Zhabko A. P., Provotorov V. V., Shindyapin A. I. Optimal control of a differential-difference parabolic system with distributed

parameters on the graph. Vestnik of Saint Petersburg University. Applied Mathematics. Computer Science. Control Processes, 2021, vol. 17, iss. 4, pp. 433–448. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu10.2021.411>

2. Provotorov V. V., Sergeev S. M., Hoang V. N. Point control of a differential-difference system with distributed parameters on a graph. Vestnik of Saint Petersburg University. Applied Mathematics. Computer Science. Control processes, 2021, vol. 17, iss. 3, pp. 277–286. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu10.2021.305>

3. Ладыженская О.А. Краевые задачи математической физики. М.: Наука, 1973. 407 с.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ОЦЕНКИ ЛАВИННОЙ ОПАСНОСТИ

Б. А. Крынецкий¹, А. В. Калач^{1,2}, К. А. Кузнецова³

¹*МИРЭА - Российский технологический университет,
г. Москва, Российская Федерация*

²*Воронежский государственный университет инженерных
технологий, г. Воронеж, Российская Федерация*

³*Воронежский институт ФСИН России, г. Воронеж, Российская
Федерация*

Аннотация. Предложен прогнозно-аналитический программный комплекс, реализующий конвейер обработки изображений горной территории для прогнозирования лавинной опасности с применением методов почти периодического анализа, формирующего оценки пространственных ритмов в исследуемых данных, и гидродинамики сглаженных частиц, позволяющий рассчитать траекторию движения снежной массы (лавины). Структура комплекса включает пять взаимосвязанных модулей последовательной обработки данных, обеспечивая сквозное преобразование системы входных данных. Выходные данные одних модулей являются входными данными для других, что позволяет модернизировать модули независимо друг от друга.

Ключевые слова: лавинная опасность, почти периодический анализ, гидродинамика сглаженных частиц, моделирование опасных природных явлений.

Современные тренды развития человеческой деятельности в горных районах обуславливают необходимость разработки комплексов мер, обеспечивающих безопасность от лавинной активности. Традиционные методы прогнозирования лавинной опасности основываются на данных полевых наблюдений, анализе метеорологических условий и исторических данных, что ведет к субъективной интерпретаций результатов, огромными

временными затратами. Развитие технологий дистанционного зондирования и компьютерных методов анализа данных привело к возникновению статистических моделей прогнозирования лавинной опасности. Такие модели сталкиваются с задачами определения потенциальных зон схода снежных масс [1, 2].

Применение современных методов анализа данных, основанных на достижениях технологий искусственного интеллекта, осложняется краткосрочностью протекания снежных лавин, что обуславливает разрозненность и нерегулярный характер данных в обучающих выборках. Так же модели на основе нейронных сетей, регулярно сталкиваются с проблемой «чёрного ящика», что ведет к получению прогнозов с трудноинтерпретируемым характером [2].

Решение данных недостатков возможно за счет применения методов, позволяющих выявлять устойчивые, воспроизводимые паттерны в анализируемых данных низкой размерности. Одним из таких методов является почти периодический анализ, хорошо зарекомендовавший себя в исследованиях для идентификации скрытых, но устойчивых ритмов (почти периоды) в нерегулярных и зашумленных данных [3]. Применительно к оценке лавинной опасности, предлагаемый подход предполагает переход от анализа разрозненных точек к оценке структурной целостности снежного массива, рассматривая склон как целостную динамическую систему, что позволит создать физически обоснованные объективные критерии лавинной опасности.

Предлагаемый прогнозно-аналитический программный комплекс оценки лавинной опасности сочетает методы трансформации изображений, почти периодический анализ и моделирование динамики снежных лавин.

Структура комплекса включает пять взаимосвязанных модулей последовательной обработки данных, обеспечивая сквозное преобразование системы входных данных. Выходные данные одних модулей являются входными данными для других, что позволяет модернизировать модули независимо друг от друга. Схема функционирования комплекса приведена на рис. 1.

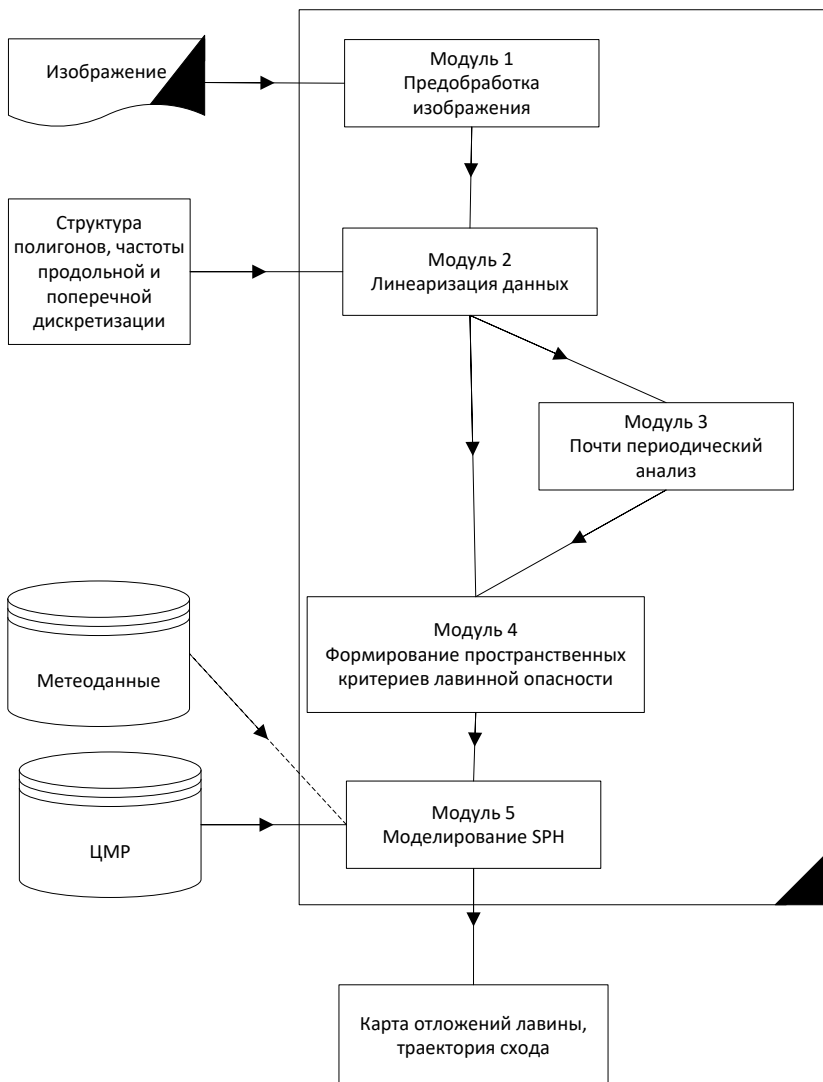


Рис. Схема взаимодействия модулей аналитического комплекса

Таким образом, представленная архитектура аналитического комплекса позволяет преодолеть ключевые ограничения традиционных и современных статистических

методов прогнозирования лавинной опасности. В отличие от подходов, основанных на нейронных сетях, предлагаемое решение обеспечивает высокую степень интерпретируемости результатов на каждом этапе обработки данных. Комплексная обработка данных, включающая разнородные этапы – от предварительной подготовки изображений до гидродинамического моделирования, обеспечивает сквозной анализ лавинной опасности, основанный на физических принципах и геометрии рельефа.

Заключение

Таким образом, разработан программный комплекс, представляющий собой комплексное модульное решение прогнозирования лавинной опасности. Структура комплекса включает пять взаимосвязанных модулей последовательной обработки данных, обеспечивая сквозное преобразование системы входных данных. Выходные данные одних модулей являются входными данными для других, что позволяет модернизировать модули независимо друг от друга.

Список источников

1. Зорина В.В., Михайлюкова П.Г. Применение радиолокационных спутниковых снимков Sentinel-1SAR для мониторинга льдов и снежного покрова в горах Кавказа // Научные исследования: итоги и перспективы. – 2020. – Т. 1, № 4. – С. 3-9.

2. Калач А.В., Соловьев А. С., Лентяева Т. В. Моделирование движения снежной лавины // Технологии техносферной безопасности. – 2025. – № 1(107). – С. 116-133. – DOI 10.25257/TTS.2025.1.107.116-133.

3. Калач А.В., Парамонов А.А., Шкерин А.Л. Оценка опасности зон структуры тропических циклонов на основе почти периодического анализа // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2025. – № 2. – С. 16-28.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ЛАВИН

Калач А.В., Лентяева Т.В.

*ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический
университет»
г. Москва, Россия*

Аннотация. В работе представлено описание программного комплекса трехмерной динамики лавины и ее взаимодействия со зданиями. Комплекс позволяет рассчитывать характеристики снежного потока и распределенное давление на здания с целью обоснования выбора защитных мероприятий в лавиноопасных районах.

Ключевые слова: снежная лавина, метод сглаженных частиц (SPH), распределённое давление, лавиноопасные районы, устойчивость зданий, инженерная защита, поддержка принятия решений.

Снежные лавины относятся к числу наиболее сложных и опасных природных процессов, возникающих в горных районах. В их динамике одновременно проявляется широкий спектр факторов: геометрия рельефа, состояние снежного покрова, погодные условия, механические свойства снега. Прямое наблюдение разрушительного воздействия лавины на сооружения часто невозможно, а экспериментальные исследования имеют значительные ограничения.

Прогноз лавинной активности традиционно опирался на натурные наблюдения, анализ метеорологических данных и эмпирические исследования динамики лавинных процессов [1]. Такой подход остается важным, однако имеет ограничения в точности количественной оценки нагрузок на конкретные сооружения, что затрудняет обоснование инженерных решений.

В этих условиях особенно значимыми становятся методы численного моделирования, позволяющие воспроизводить

динамику снежного потока с детализацией параметров его взаимодействия с объектами инфраструктуры.

Существующие программные комплексы, используемые в практике лавинного прогнозирования, как правило, реализуют одномерные или двумерные модели, в которых динамика снежного потока описывается усредненно [2, 3]. Такие модели позволяют определить дальность выброса лавины и предполагаемую зону поражения, однако они не дают информации о распределенных нагрузках и не позволяют анализировать взаимодействие лавины с конкретным объектом.

Переход к трехмерному моделированию дает возможность учитывать пространственную структуру потока, особенности рельефа и локальные деформационные эффекты при столкновении снежной массы с сооружениями. Особенно эффективным является использование метода сглаженных частиц (SPH), который рассматривает снежную массу как совокупность взаимодействующих элементов.

Проблемно-ориентированный комплекс программ трёхмерного моделирования динамики снежной лавины предназначен для прогнозирования объёма и траектории движения снежной массы, оценки её взаимодействия со строениями и анализа распределения разрушительных нагрузок. Комплекс позволяет проводить вычислительные эксперименты в условиях, приближённых к реальным, и использовать полученные данные с целью последующего инженерного обоснования мер защиты и планирования застройки в лавиноопасных районах [4, 5].

Математическая основа комплекса реализована на основе модифицированного метода гидродинамики сглаженных частиц (SPH). В модели снежная масса представляется совокупностью дискретных частиц одинакового диаметра d_c , для каждой из которых задаются координаты положения через центр частицы (x_i , y_i , z_i) и компоненты скорости в трёхмерном пространстве (v_{xi} , v_{yi} , v_{zi}). Это позволяет отслеживать изменение формы лавинного потока, его ускорение на различных участках склона и характер ударного взаимодействия со зданиями или защитными сооружениями.

Движение частиц определяется уравнениями механики с учётом сил тяжести, трения и внутренних связей между элементами снежной массы. Взаимодействие частиц между собой и с поверхностью склона описывается вязкоупругой моделью за счет включения коэффициента сжатия c_s и коэффициента отталкивания c_o , а также коэффициента внутренней вязкости k_v . Совместное использование этих коэффициентов позволяет корректно воспроизводить локальное уплотнение снега, расслоение, перераспределение плотности и формирование фронтальной ударной волны при движении лавины.

В ходе вычислительного эксперимента пользователь задаёт исходные параметры снежной массы и параметры геометрии склона: диаметр и массу частиц, размер снежного пласта, угол склона, характеристики рельефа и параметры здания.

Программа фиксирует ключевые динамические характеристики лавинного потока, такие как координаты и скорости частиц, распределение давления во времени и по высоте стены, и отображает результаты в виде графиков или таблиц, что обеспечивает возможность оперативной оценки риска разрушений [4-5].

Дополнительно реализован справочный модуль с нормативными значениями допустимых нагрузок для различных типов зданий. В расчётах учитываются три зоны стены — нижняя, средняя и верхняя, для каждой из которых установлены предельные значения давления. Полученные в ходе моделирования фактические нагрузки автоматически сравниваются с этими порогами, после чего программа формирует оценку возможных последствий: от локальных деформаций до частичного или полного разрушения конструкции (Рисунок 1).

Расчет распределенного давления является принципиально важным, поскольку воздействие лавины не является равномерным. Фронт потока может приходиться на разные участки стены, формируя повышенные нагрузки в верхней или средней части здания, в то время как нижняя зона испытывает преимущественно статическое и сдвиговое давление.

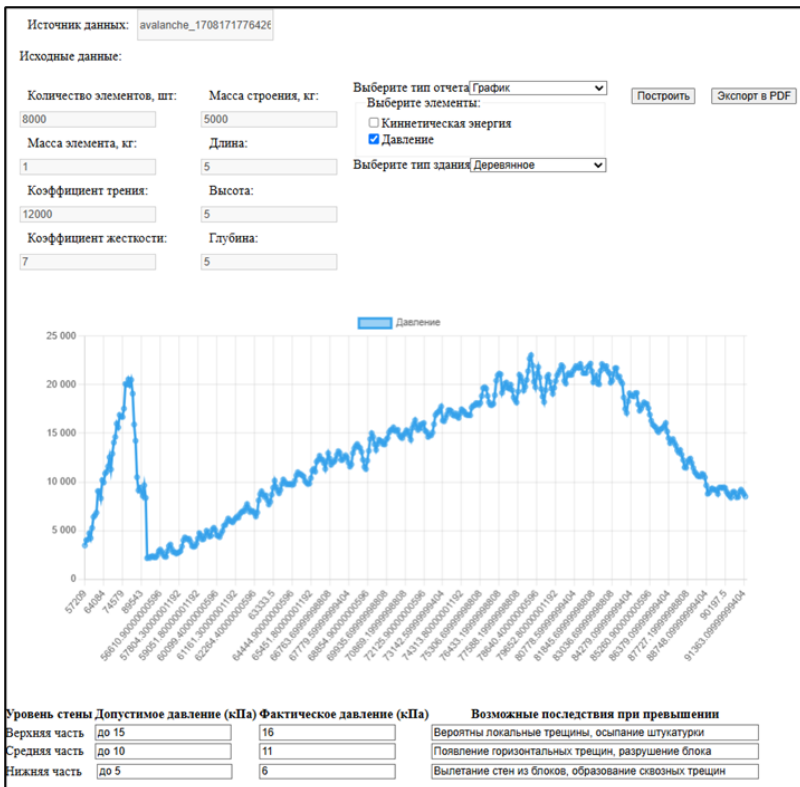


Рисунок 1. Визуализация графика распределённого давления лавины на конструкцию здания

Проведённая серия вычислительных экспериментов показала, что характер воздействия лавины на здание определяется не только величиной давления, но и его распределением по высоте стены при повышенных нагрузках в нижней части сооружение, как правило, смещается без опрокидывания; при доминировании давления в средней зоне возникает частичная деформация каркаса и потеря пространственной устойчивости; при максимальной нагрузке на верхнюю часть формируется вращающий момент, приводящий к опрокидыванию здания.

В качестве примера представлены обобщенные данные о распределении давления для зданий различного типа (деревянные и блочные) и массы (Рисунок 2).

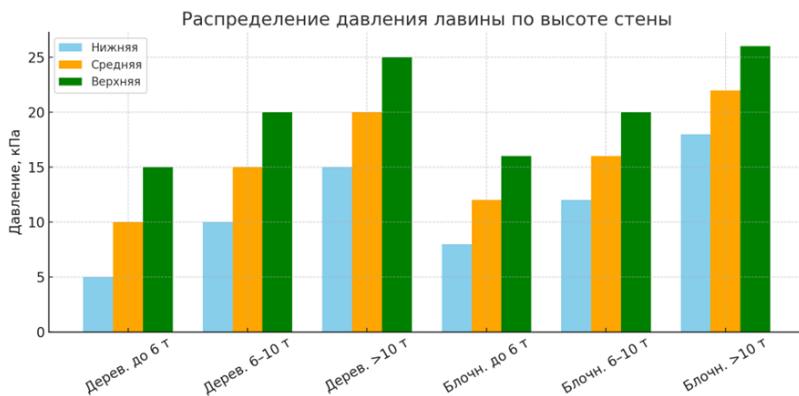


Рисунок 2. Сравнение распределённого давления по высоте стен зданий

Приведённые значения получены по результатам расчётов в разработанной модели и отражают изменения нагрузки по высоте стены при взаимодействии лавины с сооружением.

На основании полученных данных были сделаны следующие выводы: давление в нижней части стены определяет риск сдвига и потери устойчивости здания относительно основания; давление в средней зоне приводит к деформации каркаса и разрушению стен; давление в верхней части формирует вращающий момент, который вызывает опрокидывание и повреждение стропильной системы.

Распределённое давление является ключевым параметром при оценке устойчивости сооружений к лавинным нагрузкам. При этом степень разрушений зависит от абсолютного значения давления: при низком уровне (менее 5 кПа) повреждения минимальны и могут быть компенсированы пассивными мерами, такими как ориентация здания относительно склона или использование естественных преград; при среднем уровне давления (5–20 кПа) возрастает риск локальных разрушений, эффективными становятся локальные инженерные средства защиты — отбойные стенки, лавинные барьеры; при высоком

давлении (более 20 кПа) динамическое воздействие достигает значений, приводящих к возможному обрушению или опрокидыванию здания, что требует применения активных защитных сооружений, укрытий или переноса объектов за пределы зоны поражения.

Численное моделирование на основе трёхмерных методов позволяет получить детализированное представление о воздействии лавины на конкретные сооружения и участки территории. Распределённые значения давления и параметры движения потока повышают обоснованность выбора защитных сооружений и планировочных решений. Таким образом, модель служит практическим инструментом поддержки принятия решений при проектировании и эксплуатации объектов в лавиноопасных районах.

Список источников

1. Благовещенский, В.П. Определение лавинных нагрузок / В.П. Благовещенский. – Алма-Ата: Гылым, 1991. – 115 с.
2. Christen, M. AVAL-1D: an avalanche dynamics program for the practice / M. Christen, P. Bartelt, U. Gruber // Proceedings of the International Congress «Interpraevent 2002 in the Pacific Rim». Matsumoto, Japan, 2002. – V. 2. – P. 715–725.
3. Sampl, P. Avalanche simulation with SAMOS / P. Sampl, T. Zwinger // Annals of Glaciology. – 2004. – V. 38. – P. 393–398.
4. Калач, А.В. Модель и алгоритм взаимодействия снежной лавины со строениями / А.В. Калач, А.С. Соловьев, Т.В. Лентяева // Технологии техносферной безопасности. – 2024. – № 1(103). – С. 152–163. – DOI 10.25257/TTS.2024.1.103.152-163.
5. Калач, А. В. Компьютерное моделирование воздействий снежной лавины на объекты инфраструктуры в условиях чрезвычайной ситуации / А. В. Калач, А. С. Соловьев, Т. В. Лентяева // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2025. – № 1(73). – С. 30-40. – DOI 10.61260/1998-8990-2025-1-30-40.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
ФОРМООБРАЗОВАНИЯ КРУТОИЗОГНУТЫХ
ПАТРУБКОВ ИЗ РАСКАТНЫХ ТРУБНЫХ ЗАГОТОВОК**

Васечкин М.А., Давыдов О.Ю., Дощечников С.А., Егоров В. Г.

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

В современной промышленности широко используются тонкостенные элементы трубопроводов, к которым предъявляются повышенные требования к ресурсу, геометрической точности и надёжности при эксплуатации. Такие трубопроводы зачастую работают в условиях высоких давлений и температур в средах с повышенной коррозионной активностью, поэтому для таких элементов недопустимы большие отклонения по толщине стенки и диаметру, а также локальные неоднородности свойств материала. Повышенные требования к изделиям увеличивают трудозатраты на изготовление. Следовательно, особое значение приобретает моделирование процессов при производстве, позволяющее прогнозировать распределение деформаций и напряжений, сокращая объём дорогостоящих серийных испытаний.

Для изготовления крутоизогнутых патрубков используют трубные заготовки из цельнотянутых (бесшовных) труб, но такие трубы имеют ограниченный размерный ряд. Решением может стать получение трубных заготовок, путём сворачивания плоского листа с последующей сваркой продольного шва. Этот способ изготовления позволяет перекрывать большой диапазон диаметров и толщин, гибко адаптируясь к требуемым размерам будущих изделий. Ограничения в применении таких сварных труб обусловлены тем, что сварной шов и околошовная зона отличаются по структуре от основного металла и являются концентраторами напряжений. Это приводит к ухудшению

эксплуатационных характеристик и возрастанию риска появления дефектов при дальнейших операциях формообразования.

Для уменьшения отрицательного влияния сварного соединения применяют ротационную раскатку [1] (вытяжку с утонением стенки), которая способствует выравниванию механических свойств по всему объему трубной заготовки. Благодаря контролируемому утонению стенки при пластическом течении металла снижается влияние концентраторов, обеспечивается необходимая толщина и повышается однородность структуры материала трубной заготовки [2]. Однако раскатка сопряжена с накоплением интенсивности пластической деформации и расходом ресурса пластичности материала. Это напрямую влияет на поведение заготовки в последующих операциях формообразования и повышает вероятность появления брака. Вследствие этого требуется увеличивать количество изделий в партии, чтобы компенсировать количество забракованных деталей, что существенно снижает энергоэффективность процесса изготовления. Решением проблемы является моделирование технологических процессов, которое обеспечивает равномерное распределение ресурса пластичности между операциями. Это приводит к сокращению времени на изготовление, уменьшению процента брака и снижению энергозатрат.

Для крутоизогнутых патрубков рациональное распределение ресурса пластичности между операциями достигается, в том числе, за счёт правильного выбора степени деформации при ротационной раскатке.

В работе [3] сообщается, что при формообразовании крутоизогнутых патрубков разрушение происходит вследствие исчерпания ресурса пластичности:

$$1,155 \frac{t_0 - t}{t_0} + \frac{\beta}{2\sqrt{3}} \leq D \ln(1 + \delta), \quad (1)$$

где t_0 - толщина стенки заготовки до раскатки; t - толщина стенки трубной заготовки после раскатки, β - уголгиба крутоизогнутого патрубка, D - коэффициент, учитывающий

жёсткость схемы напряженного состояния [4]; δ - относительное удлинение при разрыве материала трубы.

Из выражения (1) можно вывести условие допустимой величины интенсивности деформации при раскатке:

$$1,155 \frac{t_0 - t}{t_0} \leq D \ln(1 + \delta) - \frac{\beta}{2\sqrt{3}}. \quad (2)$$

Подставив в правую часть выражения (2) известные величины для сплава ВТ1-0 при $\beta = \frac{\pi}{2}$ получим интенсивность деформации при раскатке:

$$1,155 \frac{t_0 - t}{t_0} \leq 0,56. \quad (3)$$

Отсюда следует, что для обеспечения оптимального баланса расхода ресурса пластичности между раскаткой и последующими операциями необходимо соблюдение условия, при котором интенсивность деформации при раскатке должна быть не более 0,56.

Однако экспериментальные исследования в работе [5] выявили существенное ограничение механических характеристик сплава ВТ1-0, которые не позволяют полностью использовать доступную интенсивность деформации. Предпочтительным является интервал $e_m^p = 0,1 - 0,23$, при таких значениях раскатки выполняется выравнивание свойств сварного шва с основным металлом при незначительных структурных изменениях. Интервал $e_m^p = 0,23 - 0,3$ допустимый для применения, но наблюдается снижение относительного удлинения при разрыве и прочности, следовательно, возрастает риск появления дефектов при изготовлении, что требует дополнительного контроля готового изделия. Интервал $e_m^p = 0,3 - 0,56$ – начало нежелательных структурных изменений металла. При $e_m^p = 0,56$ происходит чрезмерное исчерпание ресурса пластичности, что ограничивает дальнейшее использование заготовки для гибки крутоизогнутых патрубков.

Чтобы определить интервалы толщины стенки исходной заготовки, в зависимости от требуемой толщины стенки после раскатки, преобразуем формулу (3).

$$t = t_0 \left(1 - \frac{X}{1,155} \right), \quad (4)$$

где X – граница интервалов интенсивности деформации.

Полученные интервалы интенсивности накопленной деформации позволяют графически показать допустимую толщину стенки трубной заготовки для конкретного режима раскатки.

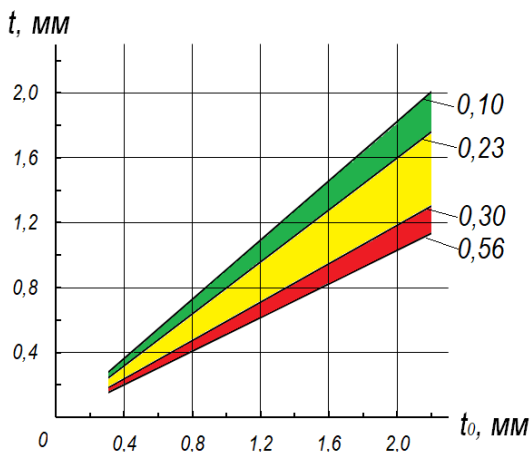


Рисунок. Зависимости интервалов раскатанной толщины стенки заготовки t от исходной t_0 и интенсивности деформации при раскатке.

Выводы.

1. Установлены технологические ограничения на величину накопленной интенсивности деформации при ротационной раскатке труб из сплава ВТ1-0, обеспечивающие достижение оптимального баланса между выравниванием свойств сварного шва с основным металлом и сохранением достаточного ресурса пластичности для последующих операций формообразования.

2. Снижение энергопотребления процесса возможно за счёт рационального выбора степени деформации при раскатке.

3. Сохранённый ресурс пластичности может быть использован при гибке крутоизогнутых патрубков, обеспечивая стабильное формообразование, снижая риск появления бракованных изделий.

Список источников

1. Давыдов О.Ю., Егоров В.Г., Коломенский А.Б., Хрулев А.М. Повышение качества тонкостенных прямошовных труб ротационной раскаткой сварного шва // Сварочное производство. 2015. № 2. С. 29-33.

2. Васечкин М.А., Егоров В.Г., Маслов И.Н. Малоцикловая усталость тонкостенных труб, полученных с применением ротационной раскатки // Проблемы и перспективы развития двигателестроения: материалы докладов Международ. науч.-техн. конф., 12-14 сентября 2018 г. – Самара: Изд-во «Самарский университет», 2018. – С. 186-187.

3. Дощечников С.А., Васечкин М.А., Егоров В.Г., Кудрявцев Г.В. Определение предельных возможностей гибки проталкиванием крутоизогнутых патрубков из раскатных трубных заготовок // Заготовительные производства в машиностроении. - 2025. - Т. 23, № 9. - С. 421-425.- DOI: 10.36652/1684-1107-2025-23-9-421-425.

4. Смирнов-Аляев Г.А. Сопротивление материалов пластическому деформированию. - 3-е изд., перераб. и доп. - Л.:Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1978. - 368 с.: ил.

5. Vasechkin M.A., Egorov V.G., Maslov I.N., Kolomenskiy A.B. Determination of the Optimum Conditions at the Processing of High-Strength Corrosion-Proof Pipelines // Research Journal of Applied Sciences. - 2016. - Vol. 11, No. 4. - P. 85-87. - ISSN 1815-932X

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГЕБРАИЧЕСКОГО МЕТОДА И ГИБРИДНОГО НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СИГНАЛОВ

А.А. Брусова¹, А. В. Калач²

¹МИРЭА - Российский технологический университет,
г. Москва, Российская Федерация

²Воронежский государственный университет инженерных
технологий, г. Воронеж, Российская Федерация

Аннотация. Рассмотрен вариант решения задачи восстановления одномерного сигнала из зашумлённых наблюдений, представляющих собой результат свёртки истинного сигнала с известным оператором. Приведены результаты сравнения двух подходов – классический метод регуляризации Тихонова с априорным условием неотрицательности и гибридный нейросетевой метод residual-MLP, использующий решение Тихонова в качестве базового приближения. Проведён численный эксперимент, демонстрирующий, что гибридный метод обеспечивает точное восстановление при сохранении устойчивости к шуму.

Совершенствование существующих подходов к восстановлению сигналов представляет собой актуальную научную задачу в связи с необходимостью извлечения полезной информации из различных источников, включая устранение шума, реконструкцию поврежденных данных и их адаптацию для дальнейшей обработки. Метод регуляризации Тихонова относится к классическому подходу к решению некорректных задач, стабилизируя решения и повышая их устойчивость к шумам. Актуальность метода сохраняется благодаря простоте и эффективности в качестве основы для более сложных методов, например, L2-регуляризации в машинном обучении, которая помогает предотвратить переобучение, уменьшая коэффициенты модели [1, 2].

1. Постановка задачи восстановления сигнала

Пусть истинный сигнал $x(t)$ наблюдается в зашумлённой форме:

$$y(t) = \int K(t,s)x(s)ds + \varepsilon(t), \quad (1)$$

где $K(s,t)$ — известное ядро оператора (в данной работе — гауссово), а $\varepsilon(t)$ — аддитивный гауссов шум.

В дискретном виде это можно записать как:

$$y = Kx + \varepsilon, \quad (2)$$

где K — матрица оператора, x — вектор истинного сигнала, y — вектор наблюдений.

Матрица K плохо обусловлена, поэтому применяется регуляризация Тихонова, задающая задачу минимизации функционала [1]:

$$\min_x \left\{ \|Kx - y\|^2 + \alpha \|x\|^2 \right\}, \quad (3)$$

где $\alpha > 0$ — параметр регуляризации.

Её аналитическое решение имеет вид:

$$x_\alpha = (K^T K + \alpha I)^{-1} K^T y, \quad (4)$$

С учётом априорной информации о неотрицательности сигнала, решается задача:

$$\min_{x \geq 0} \left\{ \|Kx - y\|^2 + \alpha \|x\|^2 \right\}, \quad (5)$$

эквивалентная задаче квадратичного программирования [2].

Решение выполнялось в среде MATLAB стандартными алгоритмами.

Для корректного выбора параметра регуляризации используется эмпирическая зависимость:

$$\alpha = k\sigma_\varepsilon, \quad (6)$$

где σ_ε — среднеквадратичное отклонение шума, $k = 2$ — подбираемый коэффициент.

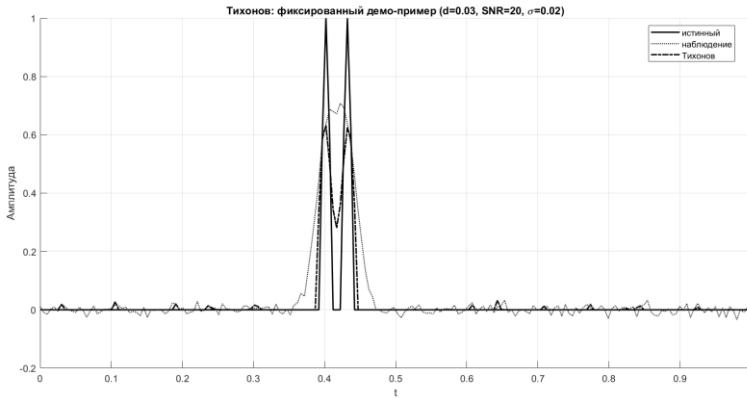


Рис. 1. Восстановление сигнала методом Тихонова

Метод Тихонова с априорной неотрицательностью демонстрирует стабильное восстановление формы сигнала и подавление шума. Такой подход является надёжным и интерпретируемым решением для задач, в которых известен оператор K и допустимо использовать априорную информацию.

2. Гибридный нейросетевой метод residual-MLP

Для повышения точности использовали гибридный подход, сочетающий устойчивость регуляризации и адаптивность нейросетевой аппроксимации. Вначале вычисляется базовое решение x_{Tikh} по формуле (4), затем сеть MLP (многослойный перцептрон с параметрами θ , обучаемый по синтетическим данным) предсказывает остаточную поправку r_θ :

$$x_{MLP} = \text{softplus}\left(x_{Tikh} + r_\theta\left([y, x_{Tikh}]\right)\right), \quad (7)$$

где функция $\text{softplus}(x) = \ln(1 + e^x)$, обеспечивающую неотрицательность результата.

Функция потерь:

$$L = \|x_{MLP} - x_{true}\|^2 + \beta TV(x_{MLP}), \quad (8)$$

где $TV(x_{MLP})$ — вариационный штраф для подавления шумовых колебаний, $x_{true} = x_{Tikh} + MLP_\theta(y, x_{Tikh})$, $\beta = 5 \times 10^{-3}$ — эмпирически подобранный параметр в процессе обучения.

Обучение проводится методом Adam в течение 150 эпох с постепенным уменьшением скорости обучения [3-7].

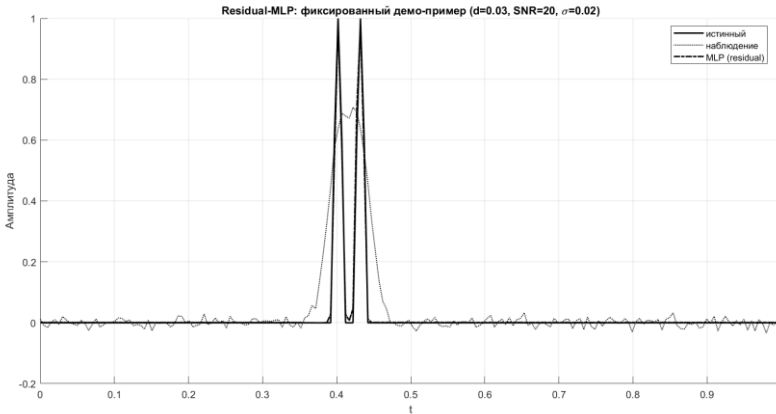


Рис. 2. Восстановление сигнала методом residual-MLP

Предложенная архитектура residual-MLP использует априорные свойства метода Тихонова и обучается на распределении сигналов, улучшая точность без потери устойчивости.

3. Сравнительный анализ результатов

В обоих подходах — как при регуляризации Тихонова, так и в гибридной модели residual-MLP — расчёты проводились в единых экспериментальных условиях. Используется равномерная сетка $t \in [0,1]$ из $N = 200$ узлов. Истинный сигнал — сумма двух гауссовых пиков с центрами $t_1 \in [0.35, 0.45]$ и расстоянием $d \in [0.02, 0.04]$, которое выбирается случайно в данном диапазоне. Оператор K — гауссов с фиксированным $\sigma = 0.02$. Уровень шума 20-30 дБ. Тестирование выполнялось на 600 примерах. Такой диапазон параметров отражает типичные условия восстановления в практических задачах и обеспечивает корректное сравнение методов по устойчивости и точности. Для объективного сравнения введена средняя относительная ошибка восстановления:

$$er_i = \frac{\|x^{(i)} - \hat{x}^{(i)}\|}{\|x^{(i)}\| + \delta}, \quad (9)$$

Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение методов восстановления сигнала

Метод	Средняя относительная ошибка	Ограничения	Устойчивость к шуму	Визуальное качество
Алгебраический (Тихонова)	0.3854	Да	Средняя	Среднее
Гибрид (Residual-MLP)	0.0614	Да	Высокая	Высокое

Необходимо отметить, что предлагаемый гибридный подход уменьшает ошибку примерно в шесть раз и более точно воспроизводит пики сигнала при сохранении априорных свойств метода Тихонова.

4. Заключение

Метод Тихонова обеспечивает устойчивое восстановление сигнала и прост в реализации, но склонен к сглаживанию. Гибридный подход residual-MLP позволяет компенсировать этот недостаток, улучшая разрешающую способность без потери устойчивости.

Оба подхода обладают своими ограничениями: метод Тихонова чувствителен к выбору параметра регуляризации и приводит к сглаживанию тонких деталей сигнала, тогда как нейросетевая модель требует значительного объема обучающих данных и вычислительных ресурсов. Кроме того, высокая точность нейросетевого подхода достигается преимущественно в пределах диапазона параметров, использованных при обучении, что ограничивает его способность к обобщению на новые типы сигналов или условия шума.

Таким образом, комбинация классической регуляризации и нейросетевой аппроксимации является перспективным направлением развития алгоритмов восстановления сигналов и решения некорректных обратных задач.

Список источников

1. Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. Методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1979. – 288 с.
2. Хансен П. К. Регуляризация дискретных инверсных задач. — М.: Физматлит, 2011. – 304 с.
3. Гудфеллоу И., Бенджио Й., Курвиль А. Глубокое обучение. — М.: Диалектика, 2018. – 800 с.
4. Arridge S. R., Maass P., Öktem O., Schönlieb C.-B. Solving inverse problems using data-driven models // *Acta Numerica*. – 2019. – Т. 28. – С. 1–174. — DOI: 10.1017/S0962492919000059.
5. Adler J., Öktem O. Learned primal–dual reconstruction // *IEEE Transactions on Medical Imaging*. – 2018. – Т. 37, № 6. – С. 1322–1332. – DOI: 10.1109/TMI.2018.2799231.
6. Li H., Schwab J., Antholzer S., Haltmeier M. NETT: Solving inverse problems with deep neural networks // *Inverse Problems*. – 2020. – Т. 36, № 6. – 065005. – DOI: 10.1088/1361-6420/ab6d57.
7. Ruthotto L., Haber E. Deep neural networks motivated by partial differential equations // *Journal of Mathematical Imaging and Vision*. – 2019. – Т. 62, № 3. – С. 352–364. – DOI: 10.1007/s10851-019-00903-1.

УДК: 519.8:664.1

НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ СУХИХ ВЕЩЕСТВ И КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕСЫЩЕНИЯ НА СТАНЦИИ ВЫПАРИВАНИЯ САХАРНОГО ЗАВОДА

Гуринова Д.В.¹, Арапов Д.В.^{1,2,3}

¹ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)», г. Москва, Россия

²ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия

³ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж, Россия

Высокой результативностью объясняется рост применения методов искусственного интеллекта и нелинейного программирования в медицине, социальной сфере, народном хозяйстве [1-7]. Однако в сахарном производстве эти методы пока мало распространены. Применим методы искусственного интеллекта к процессу сгущения очищенного сахарного сока, которое проводят в два этапа: в многокорпусной выпарной установке и в вакуум аппаратах. На первом этапе воду выпаривают в многокорпусной выпарной установке до состояния близкого к насыщенному. При этом концентрацию сухих веществ на выходе выпарной установки доводят до 60-65% масс. На основе литературных данных числом 1048 опытов [8] по зависимости концентрации сухих веществ

Таблица 1. Фрагмент выборки исходных данных

№№ опытов	Чистота, %	Температура кипения воды, °С	Температурная депрессия, °С	Ранг свойства	Содержание, СВ, % или Коэф. пересыщения
1	2	3	4	5	6
1	100	100	0,21	1	15
2	100	100	0,33	1	20

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
17	100	100	4,2	1	67
18	100	100	4,44	1	68
91	100	120	4,8	1	67
95	100	120	6,04	1	71
125	90	100	3,63	1	61
126	90	100	3,77	1	62
188	90	110	17,7	1	87
189	90	110	18,8	1	88
198	90	120	2,4	1	50
212	90	120	7,18	1	72
216	90	120	9,23	1	76
217	90	120	9,84	1	77
288	80	110	6,4	1	69
289	80	110	6,77	1	70
348	80	120	23,9	1	89
349	80	120	25,5	1	90
382	70	100	16,3	1	83
395	70	110	1,88	1	40
434	70	120	1,56	1	35
435	70	120	2,01	1	40
473	100	95	6	100	62
474	100	95	7	100	70
595	95	105	17	100	133
597	95	110	4	100	30
610	95	110	17	100	118
620	95	115	11	100	64
654	90	95	13	100	102
682	90	105	12	100	79
730	90	120	12	100	56
731	90	120	13	100	60
732	90	120	14	100	65
733	90	120	15	100	70
810	85	115	12	100	56
811	85	115	13	100	60
812	85	115	14	100	65
813	85	115	15	100	69
814	85	115	16	100	74
815	85	115	17	100	79
816	85	115	18	100	84
903	80	110	19	100	85
904	80	110	20	100	90
999	75	110	7	100	31
1000	75	110	8	100	35
1047	75	120	19	100	57
1048	75	120	20	100	60

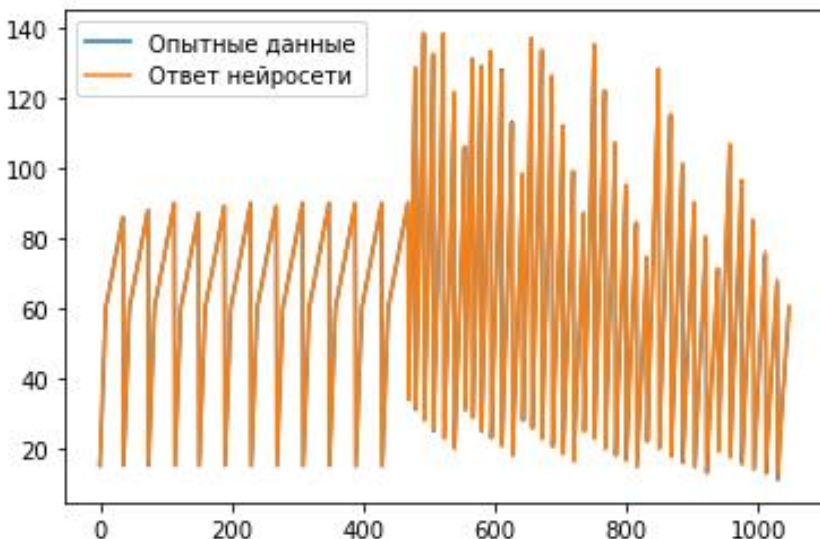
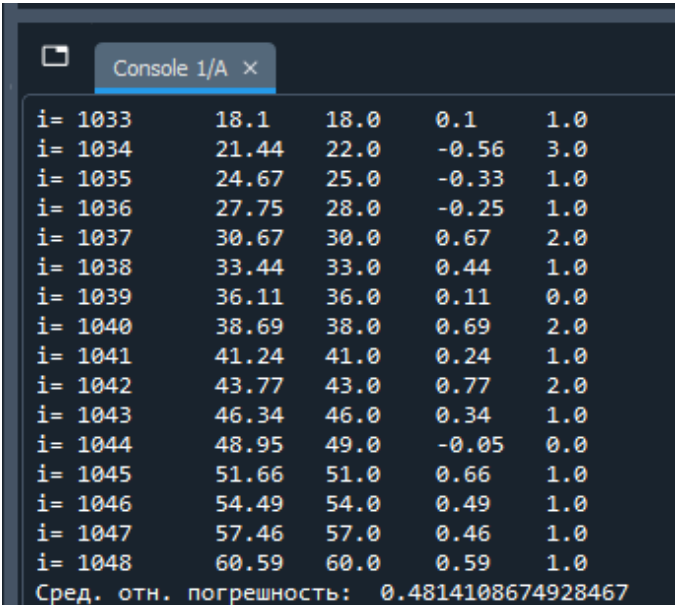


Рисунок 1. Результаты нейросетевого совместного моделирования концентрации сухих веществ и коэффициента пересыщения ($\times 100\%$) на выпарной установке

и коэффициента пересыщения от чистоты раствора, температуры кипения чистой воды и температурной депрессии проведено нейромоделирование этого объема данных (при чистоте 70-100%, температуре воды 90-120 °С). Для выравнивания данных по содержанию сухих веществ и пересыщению (столбец 6) введен ранг свойства, равный 1 для свойства «сухие вещества» и 100 для свойства «коэффициент пересыщения» (столбец 5, табл. 1). На рис. 1 показан графический результат проведенного нейромоделирования.

На рис. 2 показан фрагмент результата расчета погрешности моделирования. Программа разработана на языке Python версии 3.11.7 с использованием библиотек Numpy, ThensorFlow, Matplotlib.Pyplot. Тип модели нейронной сети: Sequential, общее число слоев равно 6, число скрытых слоев 4, входной и скрытые слои имеют по 12 нейронов, выходной слой состоит из 1 нейрона. В качестве функции активации использовали разработанную

компанией Google функцию Свиша – Silu. Оптимизатором служил алгоритм Adam, в качестве функции потерь выбрали Loss='mse' (Mean Squared Error – среднеквадратичная ошибка). Время обучения сети составляло 10 минут на ноутбуке с процессором Intel(R) Core(TM) i3-3110M с 16 Гб ОЗУ при числе эпох обучения 2000.



```
Console 1/A x
i= 1033    18.1    18.0    0.1    1.0
i= 1034    21.44   22.0   -0.56   3.0
i= 1035    24.67   25.0   -0.33   1.0
i= 1036    27.75   28.0   -0.25   1.0
i= 1037    30.67   30.0    0.67   2.0
i= 1038    33.44   33.0    0.44   1.0
i= 1039    36.11   36.0    0.11   0.0
i= 1040    38.69   38.0    0.69   2.0
i= 1041    41.24   41.0    0.24   1.0
i= 1042    43.77   43.0    0.77   2.0
i= 1043    46.34   46.0    0.34   1.0
i= 1044    48.95   49.0   -0.05   0.0
i= 1045    51.66   51.0    0.66   1.0
i= 1046    54.49   54.0    0.49   1.0
i= 1047    57.46   57.0    0.46   1.0
i= 1048    60.59   60.0    0.59   1.0
Сред. отн. погрешность: 0.4814108674928467
```

Рисунок 2. Вывод в консоль результатов расчета

Таким образом, на основе измерений доброкачественности очищенного сахарного сока, температуры кипения чистой воды, температурной депрессии в каждом корпусе выпарной установки разработанный шестислойный персептрон позволяет одновременно рассчитать концентрацию сухих веществ и коэффициент пересыщения на выходе каждого корпуса.

Проведенное исследование доказывает на практике, что методы нейросетевого моделирования позволяют преодолеть существующий разрыв в уровне автоматизации сахарной отрасли по сравнению с другими сферами народного хозяйства. Внедрение разработанной модели может стать основой для создания систем

автоматического управления процессом выпаривания, что в перспективе приведет к повышению точности контроля, стабилизации качества готовой продукции и оптимизации энергозатрат на производстве.

Список источников

1. Бураков, М.В. Нейронные сети и нейроконтроллеры: учебное пособие. – С-Петербург: ГУАП, 2013. – 284 с.
2. Арапов Д.В., Курицын В.А., Скоробогатов С.А. Автоматизированная мобильная система принятия решений для использования в специальной медицине// Моделирование систем и процессов. 2024. Т.17. № 3. С. 7-16.
3. 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.
4. 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.
5. Arapov D.V., Cherednikov E.F., Skorobogatov S.A., Polubkova G.V., Belozertsev A.S., Gladkich T.V., Korobova L.A., Borodina E.A., Chikunov S.V., Kuritsyn V.A. Program development for choosing a surgical treatment option and mathematical prediction of findings in patients with postoperative median abdominal hernias. *International Journal of Biomedicine*, 2022, vol. 12, no. 2, pp. 303-307. DOI: 10.21103/Article12(2)_OA19
6. Arapov D.V., Kuritsyn V.A., Petrov S.M., Podgornova N.M. Simulation of the rate of dissolution of sucrose crystals. *Journal of Food Engineering*, 2022, 318: 110887. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2021.110887
7. Kuritsyn V.A., Arapov D.V., Goril'chenko R.L. Optimization of circulation water cooling process in forced-draft towers. *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*, 2012, vol. 48, no. 2, pp. 97–108. DOI: 10.1007/s10553-012-0344-1
8. Сапронов, А. Р. Технология сахарного производства: учебник для вузов / А. Р. Сапронов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Колос, 1999. — 495 с.

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЩЕНИЯМИ КЛИЕНТОВ НА ОСНОВЕ DFD-МОДЕЛИ И АЛГОРИТМОВ ПРИОРИТИЗАЦИИ

Ермаков И.С.¹, Аранов Д.В.^{1,2}

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

²ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж, Россия

С ростом цифровизации банковских услуг и расширением каналов коммуникации с клиентами (таких как контакт-центры, сайты, приложения и онлайн-чаты) компании сталкиваются с резким увеличением числа входящих запросов [1, 2]. В этих условиях особую важность приобретает выполнение стандартов качества обслуживания (SLA), обеспечение прозрачности в работе с заявками и объективный мониторинг деятельности отделов [5]. Без четкой системы управления процессами распределение задач становится субъективным, что вызывает задержки в обработке и снижение лояльности клиентов.

Эффективным инструментом для изучения и проектирования таких систем служат диаграммы потоков данных, которые позволяют визуализировать ключевых участников, основные операции и базы хранения информации [3, 4].

Задачей исследования стало создание и анализ модели обработки клиентских обращений с использованием DFD диаграммы нулевого и первого уровней, а также предложение улучшить математическую модель отбора заявки с наивысшим приоритетом для назначения исполнителю.

DFD диаграмма нулевого уровня предназначена для обзорного представления системы. В предлагаемой модели ключевым элементом является процесс «Управление обращениями клиентов», объединяющий все входы и выходы данных.

Внешними компонентами модели являются:

- клиент как инициатор запроса;
- каналы поступления (голосовые и цифровые) для регистрации обращения;
- отдел «Работа с обращениями» для основной обработки;
- смежные отделы для разрешения специализированных задач;
- руководители для мониторинга и анализа;
- отдел операционной поддержки для корректировки и развития информационной системы.

Центральным хранилищем служит база данных обращений, где фиксируются сведения о заявках, их состоянии, сроках и итогах. Процесс «Управление обращениями клиентов» обеспечивает регистрацию, распределение, мониторинг и анализ, поддерживая обмен информацией с каждым компонентом.

В итоге контекстная модель демонстрирует полный цикл обработки запросов, ориентированный на соблюдение стандартов SLA и достижение ключевых показателей эффективности.

На рис. 1 приведена контекстная диаграмма потоков данных существующей системы.

Для более детального анализа основной процесс был декомпозирован на шесть взаимосвязанных подпроцессов, представленных на DFD первого уровня.

Процесс 1 «Регистрация обращения» включает приём данных из каналов взаимодействия, первичную обработку и сохранение заявки в реестр обращений. На данном этапе формируются базовые данные: дата создания, тип обращения, по какому продукту и тематике происходит обращение, сотрудник, создавший обращение, плановый срок исполнения и источник поступления.

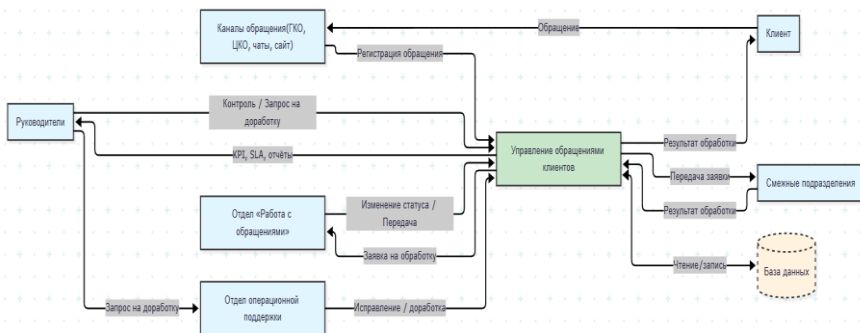


Рисунок 1. Контекстная диаграмма потоков

Процесс 2 «Расчёт коэффициентов и приоритета» реализует формализованную оценку срочности и значимости обращения. Используются данные из реестра и атрибутов заявок, на основе которых рассчитываются коэффициенты, влияющие на итоговый приоритет.

Процесс 3 «Распределение и взятие в работу» отвечает за назначение заявки конкретному сотруднику. Распределение может выполняться автоматически по рассчитанному приоритету либо вручную руководителем. Все действия фиксируются в журнале событий.

Процесс 4 «Обработка обращения» включает анализ заявки, взаимодействие со смежными подразделениями, изменение статусов и формирование комментариев. Данный этап является наиболее ресурсоёмким и критичным с точки зрения соблюдения сроков.

Процесс 5 «Закрытие обращения и ответ клиенту» завершает жизненный цикл заявки. Результат обработки фиксируется в системе, а клиенту направляется официальный ответ по выбранному каналу.

Процесс 6 «Формирование отчётности» агрегирует данные из хранилищ и формирует управленческую отчётность по KPI, SLA, загрузке сотрудников и качеству обработки обращений.

Декомпозиция позволяет явно выделить зоны ответственности, точки контроля и хранилища данных, что повышает прозрачность и управляемость системы.

На рис. 2 изображена DFD диаграмма декомпозиции:

Ключевым элементом предлагаемой модели является алгоритм автоматизированного выбора заявки с максимальным приоритетом при взятии её в работу сотрудником. Данный алгоритм представлен в виде диаграммы последовательности и реализуется в рамках информационной системы.

Процесс инициируется действием сотрудника, который запрашивает систему предоставить следующую заявку для обработки. Backend-компонент системы формирует выборку всех открытых заявок, удовлетворяющих условиям обработки (отсутствие назначенного сотрудника, допустимый статус).

Для каждой заявки вычисляется набор коэффициентов:

- коэффициент по дате исполнения, отражающий близость или факт просрочки;
- коэффициент сложности, определяемый типом обращения;
- коэффициент статуса, учитывающий текущий этап жизненного цикла заявки;
- коэффициент подразделения, основанный на статистике среднего времени обработки.

Итоговый приоритет определяется как произведение указанных коэффициентов. Заявки, не соответствующие правилам обработки, исключаются из выборки. После сортировки по убыванию приоритета система автоматически назначает заявку с максимальным значением текущему сотруднику и фиксирует изменение статуса в базе данных.

Данный подход минимизирует влияние человеческого фактора, обеспечивает объективность распределения нагрузки и повышает вероятность своевременного выполнения обязательств перед клиентами.

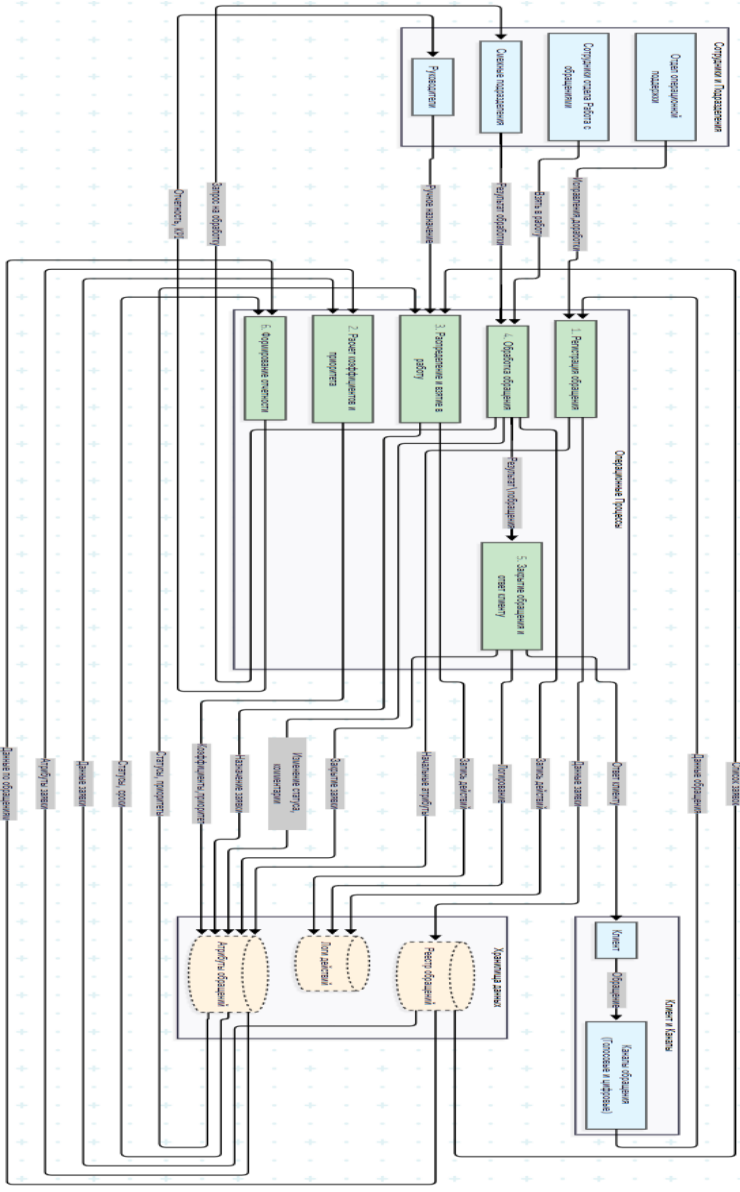


Рисунок 2. Декомпозиция диаграммы потоков

На рис. 3 изображена диаграмма последовательности алгоритма определения приоритета заявок:

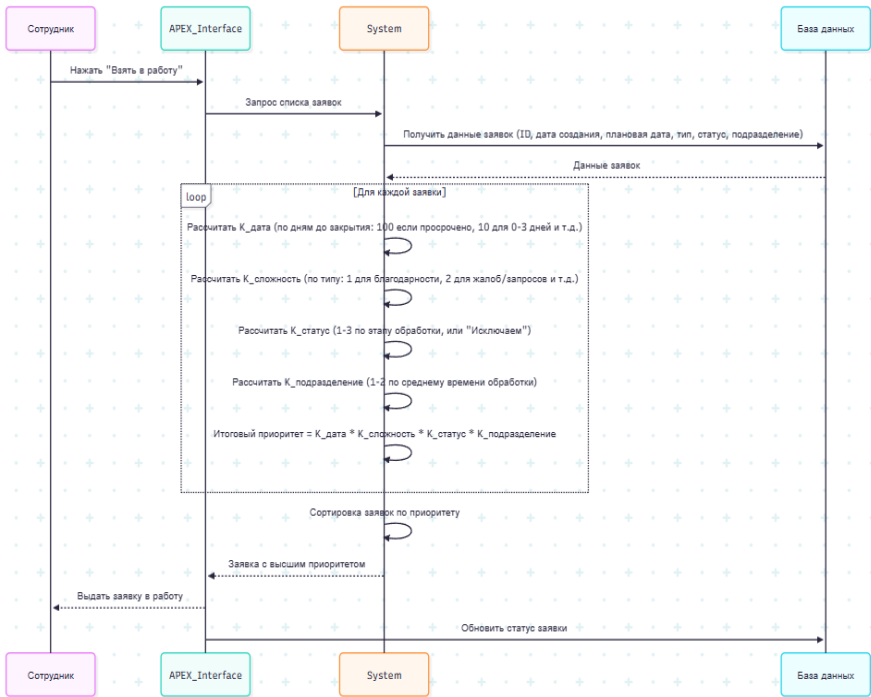


Рисунок 3. Диаграмма последовательности алгоритма определения приоритета заявок

Для формализации процесса выбора заявки с максимальным приоритетом введём математическую модель, позволяющую количественно оценивать относительную срочность и значимость каждого обращения.

Пусть имеется множество обращений:

$$Z = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}, \quad (1)$$

находящихся в статусе, допускающем обработку. Для каждого обращения z_i рассчитывается итоговый приоритет P_i .

Базовый приоритет обращения определяется как произведение системы коэффициентов:

$$P_i = K_{date,i} \times K_{type,i} \times K_{status,i} \times K_{dept,i}, \quad (2)$$

где:

K_{date} – коэффициент срочности по плановой дате исполнения;

K_{type} – коэффициент сложности, зависящий от типа обращения;

K_{status} – коэффициент текущего статуса обращения;

K_{dept} – коэффициент подразделения, отражающий среднее время обработки.

Коэффициент срочности по дате определяется на основе разности между плановой датой исполнения и текущей датой:

$$\Delta di = d_{plan,i} - d_{cur}. \quad (3)$$

Тогда коэффициент K_{date} задаётся:

$$K_{date,i} = \begin{cases} 100, \Delta di < 0; \\ 10, 0 \leq \Delta di < 3; \\ 6, 3 \leq \Delta di < 5; \\ 3, 5 \leq \Delta di < 10; \\ 1, \Delta di \geq 10. \end{cases} \quad (4)$$

Коэффициент сложности K_{type} определяется категорией обращения:

$$K_{type,i} = \begin{cases} 1, \text{благодарность;} \\ 2, \text{жалоба, требование, запрос;} \\ 10^6, \text{тип не определён.} \end{cases} \quad (5)$$

Коэффициент статуса K_{status} учитывает этап жизненного цикла обращения:

$$K_{status,i} = \begin{cases} 1, \text{передано в подразделение,} \\ 2, \text{ответ предоставлен в контакт – центр;} \\ 3, \text{требуется дополнительный запрос;} \\ 0, \text{обращение исключается из обработки.} \end{cases} \quad (6)$$

Если $K_{status,i} = 0$, обращение z_i исключается из дальнейшего рассмотрения.

Коэффициент подразделения $K_{dept,i}$ определяется на основе статистики среднего времени обработки:

$$K_{dept,i} = \begin{cases} 2, & \text{кредитные операции, работа с обращениями, СИБ,} \\ 1, & \text{прочие подразделения.} \end{cases} \quad (7)$$

После расчёта приоритетов для всех обращений выполняется сортировка по убыванию P_i , и в работу передаётся обращение с максимальным приоритетом.

5. Расширение модели за счёт прогнозирования

Для повышения точности приоритизации базовую модель можно расширить с использованием методов машинного обучения. Итоговый приоритет заявки корректируется с учётом вероятности просрочки, вычисленной с помощью логистической регрессии.

Вероятность просрочки для заявки z_i задаётся сигмоидной функцией от линейной комбинации признаков:

$$P = \frac{1}{1 + e^{-z}}, \quad (8)$$

Где z – это взвешенная сумма признаков:

$$z = \beta_0 + \sum_{j=1}^m \beta_j x_{ij} \quad (9)$$

где x_{ij} – значение j -го признака заявки, β_j – соответствующий вес, β_0 – смещение, а m – количество признаков.

Категориальные признаки (тип обращения, подразделение, статус) кодируются методом one-hot encoding [6]. Например, тип обращения «Жалоба» кодируется бинарным признаком Тип_Жалоба = 1, остальные 0.

Множитель от прогноза, корректирующий базовый приоритет P_i , определяется как:

$$M_{ML} = 1 + \alpha \times P \quad (10)$$

где α – коэффициент доверия к прогнозу ML (например, 1.5).

Итоговый приоритет с учётом ML-компоненты вычисляется по формуле:

$$P_{final} = P_i \times M_{ML} = P_i \times \left(1 + \alpha \times \frac{1}{1 + e^{-z}}\right) \quad (11)$$

В работе предложена формализованная модель управления обращениями клиентов. Контекстная и детализированная диаграммы позволяют чётко определить границы системы, роли участников и потоки данных, а диаграмма последовательности – формализовать ключевой алгоритм распределения заявок.

Практическая значимость предложенного подхода заключается в возможности его использования при проектировании и модернизации корпоративных систем обслуживания клиентов. Реализация описанной модели позволяет повысить прозрачность процессов, снизить долю просроченных обращений и обеспечить устойчивое выполнение SLA.

Список источников

1. Тренды цифровизации банкинга в 2025 году: основные направления развития и технологии [Электронный ресурс] // *Dynamika*. – 2025. – URL: <https://dynamika.ru/trendy-tsifrovizatsii-bakinga-v-2025/> (дата обращения: 13.12.2025).

2. Цифровизация банковской сферы в России [Электронный ресурс] // *DigitalRosatom*. – 2025. – URL: <https://digitalrosatom.ru/blog/222> (дата обращения: 13.12.2025).

3. Киселёв, Д.Ю. Структурный анализ потоков данных (Data Flow Diagrams – DFD): метод. указания / Д.Ю. Киселёв. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2021. – 48 с.

4. Что такое диаграмма DFD и как её создать? [Электронный ресурс] // *Lucidchart*. – 2025. – URL: <https://www.lucidchart.com/pages/ru/диаграмма-dfd> (дата обращения: 13.12.2025).

5. Стандарты обслуживания клиентов: Что такое SLA и зачем оно нужно [Электронный ресурс] // *СовкомБлог*. – 2025. – URL: <https://journal.sovcombank.ru/biznesu/chto-takoe-sla> (дата обращения: 13.12.2025).

6. One hot encoding: что это такое и как применять в машинном обучении [Электронный ресурс] // *Skypro*. – 2025. – URL: <https://sky.pro/wiki/analytics/one-hot-encoding-chto-eto-takoe-i-kak-primenyat-v-mashinnom-obuchenii/> (дата обращения: 13.12.2025)

УДК: 519.8:664.1

НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕСЫЩЕНИЯ И КОНЦЕНТРАЦИИ СУХИХ ВЕЩЕСТВ В ВАКУУМ-АППАРАТЕ САХАРНОГО ЗАВОДА

Арапов Д.В.^{1,2,3}, Скрыпников А.А.³

¹ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)»,
г. Москва, Россия

²ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия

³ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж, Россия

Для управления процессом кристаллизации сахарозы в вакуум-аппаратах в реальном времени необходим точный мониторинг ключевых параметров, таких как коэффициент перенасыщения и содержание сухих веществ, измерение которых напрямую затруднено. В данной работе представлен новый виртуальный датчик (Soft sensor) на основе шестислойной нейронной сети типа многослойный перцептрон для одновременного прогнозирования перенасыщения и концентрации сухих веществ. Модель использует три легко измеряемых входных параметра: расчетную чистоту межкристалльного раствора, температуру кипения чистой воды и температурную депрессию. Чистота оценивается путем комбинации микроволновых и рефрактометрических измерений содержания кристаллов в utfеле с данными о чистоте исходного сиропа. Обучение сети проводилось на обширном наборе литературных данных (общее число опытов 866) с использованием алгоритма оптимизации Adam. Разработанная модель продемонстрировала исключительную точность, достигнув средней относительной ошибки 0,2 % в диапазоне чистоты 70–100% и температуры уваривания 60 – 90 °С. Сравнительный анализ показал улучшение точности прогноза в 2,1–7,0 раз по сравнению с альтернативными методами. Высокой

результативностью объясняется рост применения методов искусственного интеллекта и нелинейного программирования в медицине, социальной сфере, народном хозяйстве [1-7]. Однако в сахарном производстве эти методы пока мало распространены. Применим методы искусственного интеллекта к процессу сгущения очищенного сахарного сока в вакуум-аппаратах. Процесс сгущения состоит из 4 стадий: сгущение сиропа до заводки кристаллов, заводка кристаллов сахара, наращивание сахарных кристаллов и окончательное сгущение и выгрузка утфеля.

Таблица 1. Фрагмент выборки исходных данных

№ № опытов	Чистота, %	Температура кипения воды, °С	Температурная депрессия, °С	Ранг свойства	Содержание, СВ, % или Коэф. перенасыщения
1	2	3	4	5	6
1	100	60	1,39	1	50
7	100	60	2,74	1	64
8	100	60	2,87	1	65
27	100	70	2,82	1	63
28	100	70	2,95	1	64
36	100	70	4,57	1	72
37	100	70	4,87	1	73
51	100	80	3,16	1	64
61	100	80	5,57	1	74
87	100	90	6,37	1	75
88	100	90	6,81	1	76
89	100	90	7,27	1	77
105	90	60	3,4	1	66
106	90	60	3,58	1	67
183	90	90	5,87	1	72
234	80	80	4,25	1	65
290	80	60	4,07	1	67
293	80	60	4,79	1	70
297	80	60	6,08	1	74
399	70	90	5,21	1	65
436	100	70	3	100	55
437	100	70	4	100	71

438	100	70	5	100	85
592	90	90	12	100	108
593	90	90	13	100	118
701	80	75	4	100	43
707	80	75	10	100	93
744	80	90	4	100	32
767	75	90	10	100	61
768	75	90	11	100	66
769	75	90	12	100	71
814	75	75	4	100	38
815	75	75	5	100	46
864	75	60	11	100	116
865	75	60	12	100	125
866	75	60	13	100	135

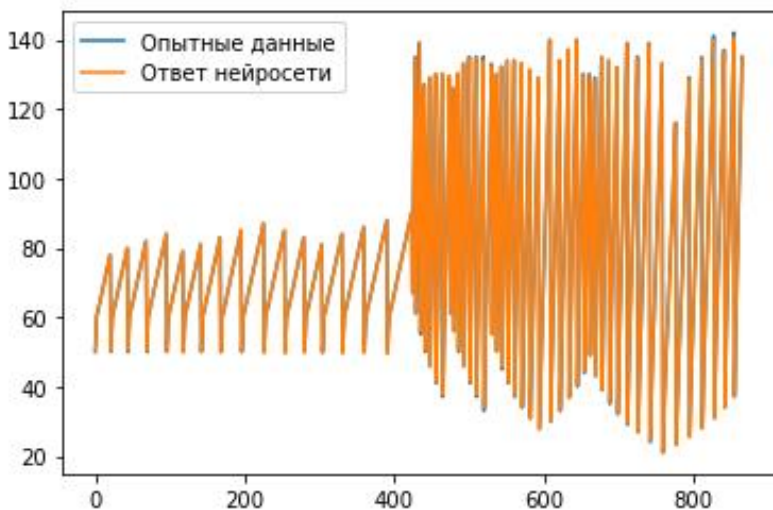
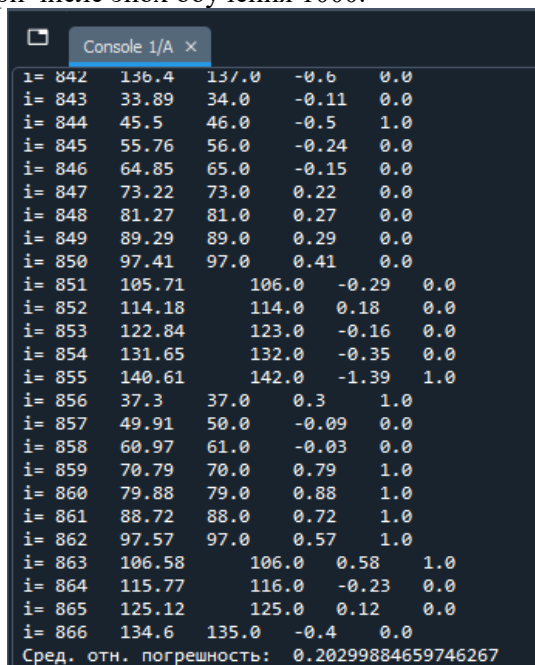


Рисунок 1. Результаты нейросетевого совместного моделирования концентрации сухих веществ и коэффициента пересыщения ($\times 100\%$) в вакуум-аппарате (чистота: 70-100%, температура уваривания: 60-90 °С)

Для выравнивания 866 данных [8] по перенасыщению и содержанию сухих веществ введен ранг свойства (столбец 5, табл. 1), равный 1 для свойства «сухие вещества» и 100 для свойства

«коэффициент перенасыщения». На рис. 1 показан графический результат проведенного нейросетевого моделирования.

На рис. 2 показан фрагмент результата расчета погрешности моделирования. Программа разработана на языке Python версии 3.11.7 с использованием библиотек Numpy, ThenzorFlow, Matplotlib.Pyplot. Тип модели нейронной сети: Sequential, общее число слоев равно 6, число скрытых слоев 4, входной и скрытые слои имеют по 12 нейронов, выходной слой состоит из 1 нейрона. В качестве функции активации использовали функцию Свиша – Silu. Оптимизатором служил алгоритм Adam, в качестве функции потерь выбрали Loss='mse' (Mean Squared Error – среднеквадратичная ошибка). Время обучения сети составило 4 минуты на ноутбуке с процессором Intel(R) Core(TM) i3-3110M с 16 Гб ОЗУ при числе эпох обучения 1000.



```
Console 1/A x
i= 842 136.4 137.0 -0.6 0.0
i= 843 33.89 34.0 -0.11 0.0
i= 844 45.5 46.0 -0.5 1.0
i= 845 55.76 56.0 -0.24 0.0
i= 846 64.85 65.0 -0.15 0.0
i= 847 73.22 73.0 0.22 0.0
i= 848 81.27 81.0 0.27 0.0
i= 849 89.29 89.0 0.29 0.0
i= 850 97.41 97.0 0.41 0.0
i= 851 105.71 106.0 -0.29 0.0
i= 852 114.18 114.0 0.18 0.0
i= 853 122.84 123.0 -0.16 0.0
i= 854 131.65 132.0 -0.35 0.0
i= 855 140.61 142.0 -1.39 1.0
i= 856 37.3 37.0 0.3 1.0
i= 857 49.91 50.0 -0.09 0.0
i= 858 60.97 61.0 -0.03 0.0
i= 859 70.79 70.0 0.79 1.0
i= 860 79.88 79.0 0.88 1.0
i= 861 88.72 88.0 0.72 1.0
i= 862 97.57 97.0 0.57 1.0
i= 863 106.58 106.0 0.58 1.0
i= 864 115.77 116.0 -0.23 0.0
i= 865 125.12 125.0 0.12 0.0
i= 866 134.6 135.0 -0.4 0.0
Сред. отн. погрешность: 0.20299884659746267
```

Рисунок 2. Вывод в консоль результатов расчета

Предложенная архитектура персептрона, интегрированная в усовершенствованную систему управления процессом, преодолевает ограничения традиционных косвенных методов и обеспечивает надежное высокоточное решение для мониторинга в реальном времени, что крайне важно для автоматизации и оптимизации сахарной промышленности. В работе обоснована необходимость разработки и внедрения виртуальных датчиков (Soft Sensor) для точного мониторинга ключевых параметров процесса кристаллизации сахарозы в вакуум-аппаратах в реальном времени. В качестве решения предложена высокоточная модель на основе шестислойного персептрона, способная одновременно прогнозировать коэффициент перенасыщения и содержание сухих веществ.

Таким образом, интегрирование предложенной нейросетевой архитектуры в систему управления позволит создать надежное и высокоточное решение для мониторинга процесса в реальном времени. Данная разработка является важным шагом на пути к автоматизации и оптимизации технологических процессов в сахарной промышленности, где методы искусственного интеллекта до сих пор применяются недостаточно широко.

Список источников

1. Бураков, М.В. Нейронные сети и нейроконтроллеры: учебное пособие. – С-Петербург: ГУАП, 2013. – 284 с.
2. Арапов Д.В., Курицын В.А., Скоробогатов С.А. Автоматизированная мобильная система принятия решений для использования в специальной медицине// Моделирование систем и процессов. 2024. Т.17. № 3. С. 7-16.
3. 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.
4. 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.

5. Arapov D.V., Cherednikov E.F., Skorobogatov S.A., Polubkova G.V., Belozertsev A.S., Gladkich T.V., Korobova L.A., Borodina E.A., Chikunov S.V., Kuritsyn V.A. Program development for choosing a surgical treatment option and mathematical prediction of findings in patients with postoperative median abdominal hernias. *International Journal of Biomedicine*, 2022, vol. 12, no. 2, pp. 303-307. DOI: 10.21103/Article12(2)_OA19

6. Arapov D.V., Kuritsyn V.A., Petrov S.M., Podgornova N.M. Simulation of the rate of dissolution of sucrose crystals. *Journal of Food Engineering*, 2022, 318: 110887. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2021.110887

7. Kuritsyn V.A., Arapov D.V., Goril'chenko R.L. Optimization of circulation water cooling process in forced-draft towers. *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*, 2012, vol. 48, no. 2, pp. 97–108. DOI: 10.1007/s10553-012-0344-1

8. Сапронов, А. Р. Технология сахарного производства: учебник для вузов / А. Р. Сапронов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Колос, 1999. — 495 с.

**ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ В ПРОЦЕССЕ
БИОФЕРМЕНТАЦИИ ЗЕРНА КИНОА С ПРИМЕНЕНИЕМ
НЕРОСЕТЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Муравьев А.С., Домбровская Я.П., Кулигин Д.Р.

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

Аннотация: Работа посвящена разработке системы интеллектуального управления энергопотреблением в процессе биоферментации зерна киноа на основе нейросетевых алгоритмов. Представлены математические модели, описывающие зависимость выхода целевых биологически активных соединений от параметров ферментации (температура, pH, аэрация). Экспериментальные данные и результаты моделирования показывают возможность снижения энергетических затрат на 23-28 % при сохранении качественных показателей продукции. Предложенная система управления может быть адаптирована для промышленных масштабов производства.

Одной из актуальных задач современной пищевой промышленности является повышение энергоэффективности биотехнологических процессов. Ферментация зерновых культур, в частности квиноа, представляет собой перспективное направление получения функциональных пищевых продуктов с улучшенными технологическими и органолептическими показателями [1]. Вместе с тем, биопроцессы характеризуются значительным энергопотреблением, обусловленным необходимостью поддержания оптимальных условий для развития микроорганизмов.

Современные подходы к управлению энергоинтенсивными производствами предполагают применение математических моделей и систем искусственного интеллекта. Использование

нейросетевых алгоритмов позволяет выявить нелинейные зависимости между параметрами процесса и целевыми показателями качества, что невозможно при традиционных методах анализа [2,3].

Цель исследования - разработка и валидация системы нейросетевого управления энергопотреблением в процессе биоферментации киноа с обеспечением целевых показателей выхода биологически активных соединений.

В качестве объекта исследования использовалось зерно киноа сорта *Altiplano* с влажностью 11,2 % и зольностью 2,8 %. Поверхностная ферментация осуществлялась с использованием консорциума микроорганизмов: *Lactobacillus plantarum* DSM 10577 и *Bifidobacterium animalis subsp. lactis* BB-12.

Экспериментальная работа включала серию из 47 ферментационных циклов, проводившихся в климатической камере с программным управлением параметрами микроклимата. Варьируемыми факторами являлись: температура ферментации (25–40 °С), величина рН (4,0–7,0), интенсивность аэрации (0–15 л/мин), длительность ферментации (24–168 часов)

Измеряемыми параметрами служили: объемная энергоемкость процесса (кВт·ч/кг), накопление молочной кислоты (%), активность амилазы и протеазы (мкмоль/мин·мл), визуальные показатели качества (цветность, структура).

Энергопотребление в процессе ферментации описывается многомерной функцией отклика:

$$E = f(T, pH, V, t) + \varepsilon$$

где:

- E - удельная энергоемкость (кВт·ч/кг);
- T - температура (°С);
- pH - водородный показатель;
- V - объемный расход воздуха (л/мин);
- t - продолжительность ферментации (ч);
- ε - случайная ошибка моделирования.

Выход целевых соединений (молочная кислота) описывается полиномиальной моделью второго порядка:

$$X = \beta_0 + \sum \beta_i x_i + \sum \beta_{ii} x_i^2 + \sum \beta_{ij} x_i x_j$$

На основе экспериментальных данных построена искусственная нейронная сеть архитектуры многослойный персептрон (МЛП) с топологией 4-8-6-1, обученная методом обратного распространения ошибки с использованием алгоритма Левенберга–Маркардта. Функция активации скрытых слоев - гиперболический тангенс, выходного слоя - линейная.

На рисунке 1 представлена поверхность отклика, описывающая зависимость энергоемкости процесса от температуры и интенсивности аэрации при оптимальном рН (5,8) и продолжительности ферментации 72 часа.

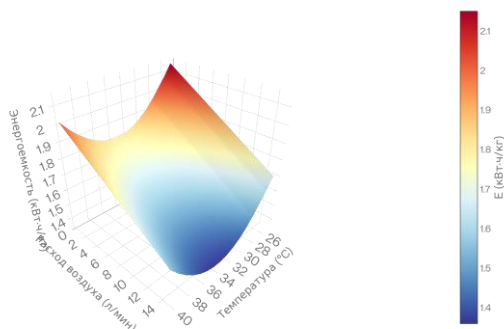


Рисунок 1. Поверхность отклика энергоемкости ферментации киноа в зависимости от температуры и аэрации

Анализ полученных данных показывает, что минимальное энергопотребление (1,24 кВт·ч/кг) достигается при температуре 32 °С и скорости аэрации 4,5 л/мин. Повышение температуры на 5 °С сверх оптимума приводит к увеличению энергетических затрат на 8-12 % вследствие необходимости активного охлаждения и отвода избыточного тепла.

Избыточная аэрация (выше 10 л/мин) неэффективна, поскольку возрастает энергопотребление компрессорного оборудования при отсутствии значимого улучшения выхода целевых метаболитов. Оптимальным диапазоном является 3,5–5,5 л/мин, обеспечивающим баланс между энергоэффективностью и

скоростью ферментации.

Затем обученная нейронная сеть была протестирована на независимом наборе данных (12 экспериментов, не использовавшихся при обучении). Средняя абсолютная ошибка (MAE) прогнозирования энергоемкости составила 0.087 кВт·ч/кг, что соответствует относительной ошибке 7.1 %.

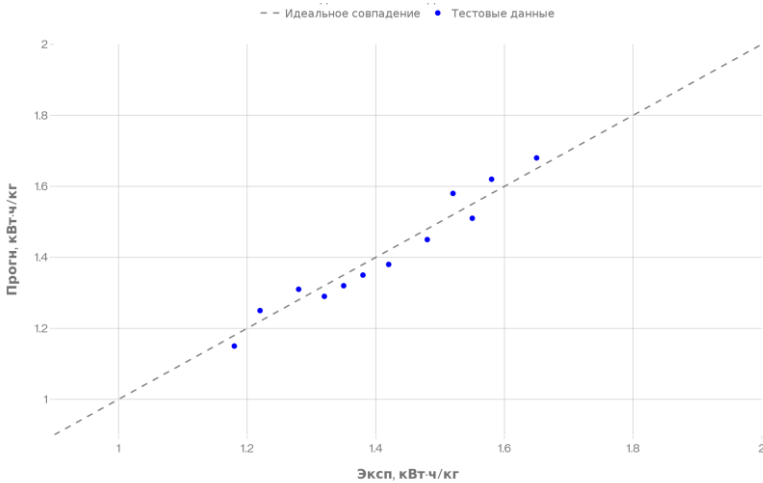


Рисунок 2. Сравнение прогнозируемых и экспериментальных значений энергоемкости на тестовой выборке

Система управления, основанная на нейронной сети, реализует многокритериальную оптимизацию согласно целевой функции:

Оптимальные параметры, рассчитанные нейронной сетью, приведены в Таблице 1.

Таблица 1. Оптимальные параметры процесса, определенные нейронной сетью

Параметры	Оптимальные значение	Интервал уверенности (95 %)
Температура, °С	31,8	30,2–33,4
pH	5,82	5,71–5,93
Аэрация, л/мин	4,47	4,12–4,82
Продолжительность, ч	71,4	68,5–74,3
Прогнозируемая энергоёмкость, кВт·ч/кг	1,234	1,156–1,312
Прогнозируемый выход ЛК, %	4,82	4,58–5,06

Сравнение предварительной схемы управления (основанной на типовых рекомендациях) с нейросетевым подходом показало следующие результаты при производстве 1000 кг ферментированного киноа

Таблица 2. Сравнение энергопотребления традиционного и оптимизированного процессов

Показатели	Традиционное управление	Нейросетевое управление	Сокращение (%)
Общее энергопотребление, кВт·ч	1625	1247	23,3
Затраты на охлаждение, кВт·ч	486	312	35,8
Затраты на аэрацию, кВт·ч	542	418	22,9
Выход молочной кислоты, %	4,64	4,81	+3,7
Расчетная стоимость электроэнергии, руб	19500	14950	23,3

Качественные показатели продукции (органолептические свойства, микробиологическая безопасность, профиль биологически активных веществ) остались в пределах нормативных требований.

Разработанная система управления может быть реализована средствами программируемых логических контроллеров (ПЛК) серии Siemens S7-1200 или аналогичных устройств. Алгоритм нейронной сети экспортирован в формат ONNX (Open Neural Network Exchange) для обеспечения кроссплатформенной

совместимости.

Для биореакторов промышленного масштаба (объемом 100–500 л) требуется повторная валидация параметров модели с учетом особенностей масштабирования (изменение коэффициентов массопередачи, гидродинамических условий). Предварительные расчеты, основанные на теории подобия, указывают на возможность прямого масштабирования предложенного алгоритма управления без существенных корректировок весовых коэффициентов нейронной сети.

Список источников

1. Мешалкин В.П., Беркович А.Я. Системный анализ и математическое моделирование процессов в пищевой промышленности. — М.: Издательство РХТУ им. Менделеева, 2018. — 298 с.
2. Podolski P., Wiza P., Stachura J. Neural network prediction of energy consumption in fermentation processes // *Chemical Engineering & Processing*. — 2020. — Vol. 156. — P. 108–117.
3. Dubey V.P., Singh R.P., Pandey S.K. Optimization of fermentation parameters for enhanced production of lactic acid using response surface methodology // *Applied Microbiology and Biotechnology*. — 2018. — Vol. 85. — № 4. — P. 945–957.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В СИСТЕМАХ ДИАГНОСТИКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В МЕДИЦИНЕ

Матыцина И.А., Скиданов А.А.

*Воронежский филиал
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»
г. Воронеж, Россия*

Развитие искусственного интеллекта за последние десятилетия радикально изменило подход к диагностике и лечению заболеваний. Рост объема медицинских данных, от изображений до генетической информации, сделал традиционные методы анализа недостаточно эффективными и открыл путь к использованию алгоритмов машинного обучения. В этих условиях системы ИИ становятся важным инструментом для врача, позволяя ускорить постановку диагноза, повысить точность прогнозов и персонализировать терапию.

Цель данной статьи — рассмотреть роль искусственного интеллекта в системах диагностики и прогнозирования в медицине, показать основные области применения, преимущества и ограничения подобных технологий. Задачи статьи включают краткое описание принципов работы ИИ в медицине, анализ примеров применения в диагностике и прогнозе, а также обсуждение этических и организационных вызовов.

В медицинской практике под искусственным интеллектом понимают класс технологий, способных анализировать большие объемы разнородных данных, выявлять скрытые закономерности и предлагать рекомендации для диагностики, лечения и профилактики заболеваний. В эту группу входят методы машинного и глубокого обучения, алгоритмы обработки естественного языка, а также системы поддержки принятия врачебных решений, интегрированные в информационные системы клиник.

Важной особенностью ИИ в медицине является его ориентация на работу с реальными клиническими данными: электронными медицинскими картами, результатами лабораторных и инструментальных исследований, изображениями, сигналами и генетической информацией. Такие данные часто неполные, шумные, содержат противоречия, что требует специальных методов очистки, нормализации и анонимизации для последующего обучения моделей.

Современные системы ИИ в здравоохранении можно условно разделить на несколько ключевых классов. К первому относятся системы компьютерного зрения, анализирующие медицинские изображения и помогающие выявлять патологические изменения на рентгенограммах, КТ, МРТ и других видах визуализации. Ко второму — алгоритмы обработки естественного языка, которые извлекают значимую информацию из текстовых записей, выписок, протоколов обследований и жалоб пациентов, автоматически структурируя ее для последующего анализа.

Третий класс — системы поддержки принятия врачебных решений, которые на основе накопленных клинических данных и встроенных моделей прогнозируют риски, предлагают диагностические и лечебные тактики, а также помогают стандартизировать подходы к ведению пациентов. Такие решения могут, например, подсказать врачу, какие дополнительные исследования целесообразно назначить, оценить вероятность того или иного диагноза или предложить оптимальные схемы терапии с учетом коморбидности.

Отдельное направление составляет использование ИИ в управлении медицинскими организациями и ресурсами. Алгоритмы помогают прогнозировать нагрузку на поликлиники и стационары, оптимизировать расписание, маршрутизацию пациентов, распределение диагностического оборудования и медицинского персонала. Это опосредованно влияет на качество помощи, сокращая время ожидания и повышая доступность исследований и консультаций.

При этом во всех определениях подчеркивается вспомогательный характер ИИ: он не заменяет врача, а расширяет

его возможности, беря на себя рутинный анализ больших массивов информации и предлагая статистически обоснованные подсказки. Окончательное решение о диагнозе и тактике лечения остается за специалистом, который учитывает клинический контекст, индивидуальные особенности пациента и собственный опыт.

Одним из наиболее развитых направлений является использование ИИ для анализа медицинских изображений. Системы компьютерного зрения способны автоматически обнаруживать на рентгенограммах, КТ и МРТ признаки опухолей, воспалений, кровоизлияний и других патологий с точностью, сопоставимой или иногда превышающей показатели человеческих экспертов. Особенно активно такие решения применяются в онкологии, радиологии и маммографии для раннего выявления новообразований.

Помимо изображений, алгоритмы анализируют функциональные и лабораторные данные: ЭКГ, ЭЭГ, показатели крови, биохимические маркеры. На основе совокупности признаков модели могут классифицировать состояние пациента, распознавать аритмии, признаки ишемии, метаболические нарушения и предлагать врачу вероятные диагнозы. Однако истинная ценность этих технологий заключается не в простой автоматизации, а в создании нового класса интеллектуальных ассистентов — систем поддержки принятия решений (СППР). Они выступают в роли «когнитивного усилителя», обрабатывая информацию с беспристрастной точностью и страхуя специалиста от ошибок, вызванных усталостью или информационной перегрузкой. СППР систематически выявляют аномалии и многофакторные корреляции, малозаметные при рутинном анализе, что позволяет минимизировать риск пропуска критически важных, но слабо выраженных диагностических сигналов.

Наиболее революционный потенциал ИИ раскрывается в сфере доклинической и ранней диагностики. Когда патологические изменения минимальны и находятся ниже порога восприятия даже опытного специалиста, алгоритмы глубокого обучения демонстрируют уникальную способность детектировать субвизуальные паттерны. Они анализируют не отдельные пиксели на снимке или изолированные значения в анализе, а выявляют

комплексные, нелинейные взаимосвязи между тысячами признаков. Эта способность позволяет идентифицировать зачаточные признаки онкологических изменений в тканях, доклинические маркеры сердечно-сосудистых катастроф или ранние дегенеративные изменения сетчатки, открывая тем самым «терапевтическое окно» для вмешательства с максимальной эффективностью.

Именно эта способность к безостановочному анализу больших данных коренным образом трансформирует массовые скрининговые программы. ИИ-алгоритмы берут на себя роль первичного, непредвзятого и неутомимого фильтра, обрабатывая тысячи исследований с постоянным уровнем внимания. Они автоматически сегментируют случаи по степени риска, фокусируя внимание врача-эксперта на ограниченном числе наиболее сложных и подозрительных образцов. Такой гибридный подход «человек + ИИ» существенно повышает общие показатели чувствительности (снижая число ложноотрицательных результатов) и специфичности (минимизируя ложные тревоги) скрининга, одновременно снижая когнитивную нагрузку и предотвращая профессиональное выгорание персонала.

Логическим развитием диагностических возможностей становится переход к фазе предиктивной аналитики. Искусственный интеллект все активнее используется для построения динамических, персональных профилей риска развития заболеваний. Интегрируя данные анамнеза, генетические предикторы, показатели образа жизни, результаты непрерывного мониторинга и лабораторной динамики, модели прогнозируют индивидуальную вероятность возникновения инфаркта, инсульта, диабета или рецидива онкологического заболевания в заданном временном горизонте. Этот сдвиг знаменует переход от медицины реактивной к медицине превентивной, позволяя формировать таргетированные программы раннего вмешательства и коррекции факторов риска на опережение.

В условиях стационара предиктивные модели трансформируются в инструмент управления клиническими исходами. Они помогают оценивать риски послеоперационных осложнений, прогнозировать длительность госпитализации,

вероятность реадмиссии и предполагаемый ответ на конкретные схемы терапии. В онкологии этот подход достигает высочайшей степени персонализации: современные алгоритмы, анализируя гистологический, геномный и транскриптомный профиль опухоли, а также историю предыдущего лечения, способны моделировать вероятную эффективность различных линий терапии и прогнозировать выживаемость. Это дает врачу мощный, обоснованный аргумент для выбора стратегии, а пациенту — более прозрачное и предметное понимание прогноза.

Таким образом, ИИ эволюционирует из инструмента анализа в ключевой драйвер прецизионной медицины. Его фундаментальная роль — интегрировать разрозненные мультиомиксные данные (геномику, протеомику, метаболомику) с клинической фенотипической картиной, создавая целостный цифровой аватар пациента. Алгоритмы становятся вычислительными полигонами для симуляции отклика организма на различные терапевтические воздействия, предлагая нестандартный протокол, а оптимальный вариант лечения, учитывающий уникальные особенности патологии и физиологии пациента, вплоть до расчета персонализированной дозировки для минимизации побочных эффектов. В онкологии это выражается в мгновенном сопоставлении молекулярного профиля опухоли с глобальными базами данных исследований для выбора таргетной или иммунотерапии. Аналогичные принципы развиваются в кардиологии, ревматологии и неврологии, где успех лечения напрямую зависит от учета множества индивидуальных факторов.

Однако за этим впечатляющим технологическим прорывом скрывается комплекс серьезных методологических и этических вызовов. Эффективность и безопасность ИИ критически зависят от качества и репрезентативности исходных данных для обучения. Неполные или демографически смещенные выборки могут не только снижать точность моделей на реальных пациентах, но и воспроизводить, а то и усиливать существующие в здравоохранении системные неравенства. Дополнительную сложность создает проблема «черного ящика», присущая самым мощным алгоритмам глубокого обучения: невозможность легко

интерпретировать логику принятия решений системой подрывает доверие врача и усложняет клиническую верификацию.

Существенное значение имеют вопросы конфиденциальности и защиты персональных медицинских данных. Для обучения алгоритмов требуются большие массивы информации, что требует надежной анонимизации, контроля доступа и соблюдения прав пациентов. Также остаются открытыми правовые вопросы ответственности: кто несет вину при ошибочном решении — разработчик, поставщик ИИ-системы или лечащий врач.

Эффективное внедрение систем искусственного интеллекта в медицине требует не только наличия самих алгоритмов, но и развитой цифровой инфраструктуры на уровне медицинской организации и всей системы здравоохранения. Важнейшим условием является наличие медицинских информационных систем, рабочих мест с доступом к этим системам и устойчивых каналов связи, обеспечивающих передачу больших объемов данных для анализа. Без такой базы невозможно обеспечить ни регулярную подачу данных для обучения и работы моделей, ни их интеграцию в повседневную клиническую практику.

Ключевым техническим требованием выступает стандартизация и качество данных. Медицинские организации должны использовать единые форматы описания исследований, диагнозов и процедур, совместимые с национальными и международными классификаторами, что облегчает объединение информации из разных источников и обучение моделей на больших выборках. Не менее важна организация процессов очистки, проверки и анонимизации данных, поскольку ошибки, дубли и неполнота записей напрямую снижают точность и надёжность ИИ систем.

Интеграция систем ИИ в клинический рабочий процесс требует продуманной архитектуры и следования стандартам, регулирующим системы поддержки принятия врачебных решений. В России для этого разрабатываются специальные нормативные документы, такие как ГОСТ Р 71671-2024, определяющие базовые требования к структуре, функциям и безопасности подобных решений. Соблюдение этих стандартов

помогает обеспечить совместимость систем с существующими медицинскими информационными системами, управляемость алгоритмов и прозрачность выдаваемых рекомендаций для врача.

Организационная составляющая включает выработку стратегии внедрения ИИ на уровне медицинской организации и региона. Необходимо определить приоритетные клинические задачи (например, диагностика по изображениям, прогнозирование осложнений), этапность внедрения, источники финансирования и систему оценки эффективности. Важную роль играет управление изменениями: нужно адаптировать регламенты работы, маршруты пациентов и обязанности персонала так, чтобы использование ИИ действительно экономило время и снижало нагрузку, а не создавало дополнительные барьеры.

Отдельный блок требований связан с подготовкой и обучением кадров. Эффективное внедрение требует формирования новой грамотности — цифровой компетентности медицинских работников. Врачи и средний медицинский персонал должны приобрести не только навыки работы с интерфейсом системы, но и понимать базовые принципы её работы, вероятностную природу её выводов и границы применимости. Ключевым становится умение критически интерпретировать рекомендации алгоритма, интегрируя их с клинической картиной и собственным опытом, а не слепо им следовать. Параллельно руководителям клиник и ИТ-специалистам необходимы компетенции в области управления жизненным циклом медицинских данных, обеспечения их безопасности и знания правового поля, регулирующего применение ИИ в медицине. Это позволяет не просто «купить программу», а грамотно встроить её в клиничко-организационные процессы, обеспечивая устойчивую эксплуатацию и измеряемую отдачу.

Наконец, внедрение невозможно без создания прочной рамки безопасности, этики и правового регулирования. На институциональном уровне это означает внедрение строгих протоколов защиты конфиденциальности персональных данных пациентов, определение четких прав доступа к информации и установление прозрачной ответственности за её использование при разработке и валидации алгоритмов. На государственном

уровне ответом становятся национальные стратегии и «дорожные карты» по развитию ИИ в здравоохранении. Эти документы формируют общее видение, задают долгосрочные ориентиры для стратегического планирования и распределения ресурсов, а также стимулируют необходимое межведомственное и межотраслевое взаимодействие.

Искусственный интеллект последовательно трансформируется из узкоспециализированного инструмента в инфраструктурный компонент современной системы здравоохранения, особенно в диагностике и прогностике. Его интеграция позволяет не просто ускорить обработку изображений, но и осуществить смысловой синтез разрозненных клинических данных, выявляя комплексные паттерны, что ведет к принципиально новому уровню точности диагностических заключений и оценок индивидуального риска. Для пациентов эта эволюция напрямую означает смещение акцента на более ранние, пресимптоматические стадии выявления патологий, доступ к персонализированным терапевтическим стратегиям и, как следствие, снижение угрозы развития тяжелых осложнений.

Параллельно с технологическим внедрением растет осознание, что его устойчивость невозможна без опережающего развития нормативно-правовой и этической инфраструктуры. В фокусе внимания оказываются задачи обеспечения объяснимости (Explainable AI, XAI) и клинической интерпретируемости алгоритмов, создания надёжных механизмов защиты данных, предотвращения алгоритмических предубеждений и дискриминации уязвимых групп, а также юридически ясного распределения ответственности между всеми участниками процесса — от разработчиков ПО до лечащих врачей.

Перспективы ИИ в медицине связаны не только с совершенствованием отдельных алгоритмов, но и с формированием комплексных цифровых экосистем, объединяющих клиники, лаборатории, исследовательские центры и системы удаленного мониторинга. В таких экосистемах ИИ будет выступать связующим звеном, обеспечивая анализ данных в реальном времени, поддержку профилактики и непрерывное сопровождение пациента на всех этапах оказания медицинской

помощи. При условии ответственного внедрения эти технологии способны сделать медицинскую помощь более точной, доступной и устойчивой к растущим нагрузкам на систему здравоохранения.

Список источников

1. Гинсбург, О. Е. Клиническое применение алгоритмов машинного обучения в медицине / О. Е. Гинсбург, А. М. Смирнов. — Медицина, 2021. — 256 с.

2. Лившиц, Л. П. Нейросети для анализа медицинских данных / Л. П. Лившиц, И. Н. Попов. — Сциенс Пресс, 2022. — 384 с.

3. Морозов, В. О. Искусственный интеллект в здравоохранении: инновации и вызовы / В. О. Морозов, М. А. Пономаренко. — МЕДПРЕСС, 2023. — 320 с.

4. Павлов, Н. П. Персонализированная медицина и генетическое потенцирование / Н. П. Павлов // Московский медицинский журнал. — 2022. — № 3. — С. 45-52.

5. Семенов, А. В. Современные методы клинического диагноза с использованием глубокого обучения / А. В. Семенов // Клиническая практика. — 2024. — № 1. — С. 78-85.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ИС ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ МЕДИЦИНСКОЙ КЛИНИКИ

Карпенко Н.Н., Чикунов С.В.

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

В условиях активного развития медицины современным клиникам требуется использовать программные продукты, способные ускорять обработку данных, обеспечивать точность процедур и улучшать взаимодействие с пациентами. Внедрение единой автоматизированной системы позволяет решить множество проблем: от планирования записей на приём и обработки лабораторных результатов до контроля финансовых транзакций и формирования аналитических отчётов. Соблюдение отраслевых стандартов безопасности гарантирует целостность и конфиденциальность медицинской информации.

Масштаб деятельности клиник и интенсивность информационных потоков (многочисленные обращения пациентов, высокие требования к качеству услуг) делают традиционные ручные методы работы неэффективными. Специализированное программное решение, ориентированное на комплексное управление ключевыми аспектами (запись на приём, учёт финансов, лабораторные исследования), помогает сократить сроки обслуживания, снизить операционные расходы и повысить прозрачность учёта данных. Все эти факторы способствуют повышению конкурентоспособности медицинского учреждения и качеству обслуживания пациентов.

Анализ существующих решений для реализации бизнес-процессов медицинских клиник позволил выявить существующие недостатки и разработать требования, которые должен выполнять разрабатываемый программный комплекс.

Функциональные требования:

- централизованное хранение и управление записями на приём (включая электронные мед. карты, расписание врачей);
- интеграция с внешними лабораторными сервисами, платёжными шлюзами и внутренними подсистемами (учёт расходных материалов, аптечным пунктом);
- отчетность и аналитическая обработка данных (статистика по загрузке врачей, анализ задержек приёма, финансовый учёт, прогнозирование потребностей в ресурсах).
- интеграция с электронными медицинскими книжками (ЭМК).

Нефункциональные требования: высокая производительность, масштабируемость, безопасность, удобство интерфейса, надежность, отказоустойчивость, мобильная поддержка.

Важной целью служит соблюдение отраслевых стандартов (GDPR, HIPAA), соответствие локальным нормативным требованиям [1, 2], поддержка принятия решений [3, 4].

Итоговый программный продукт состоит из набора микросервисов, объединяемых общей базой данных. Это снижает риски отказа и упрощает интеграцию с уже существующими решениями.

Архитектурное решение программного комплекса основывается на паттерне Model-View- Controller (MVC), который обеспечивает разделение логики приложения, пользовательского интерфейса и управления данными. Этот подход способствует модульности, масштабируемости и облегчает поддержку системы.

В качестве серверной технологии выбран Java Spring MVC, который широко применяется для построения корпоративных приложений благодаря своей гибкости, мощным средствам конфигурации и огромному сообществу. PostgreSQL выступает в роли реляционной базы данных, обеспечивая надежное хранение и быстрый доступ к информации. Фронтенд системы реализован с использованием React, обеспечивая динамичный и отзывчивый пользовательский интерфейс.

На рисунке 1 приведена схема архитектуры разрабатываемого программного комплекса, которая отображает взаимодействие компонентов в стиле MVC, включая

дополнительные элементы для обеспечения безопасности, масштабируемости и интеграции.

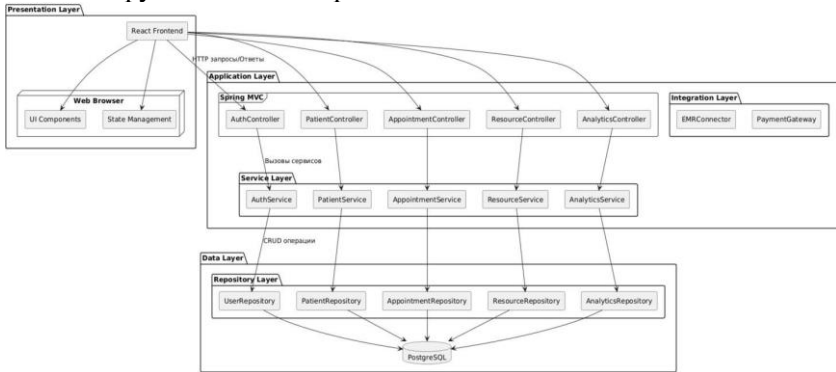


Рисунок 1 – Архитектурная схема программного комплекса

Схема отображает многоуровневую архитектуру, разделенную на четыре основных слоя:

- **Presentation Layer**: представлен фронтендом на React, который взаимодействует с UI компонентами в браузере, управляет состоянием приложения и отправляет HTTP-запросы к серверу.

- **Application Layer**: содержит Spring MVC контроллеры, разделенные по функциональным направлениям (аутентификация, управление пациентами, запись на прием, управление ресурсами, аналитика), а также сервисный слой, который инкапсулирует бизнес-логику; дополнительно включен слой интеграции для подключения к внешним системам, таким как ЭМК и платёжные шлюзы.

- **Data Layer**: включает репозитории для доступа к данным и реляционную базу данных PostgreSQL; слой репозитория обеспечивает взаимодействие с базой данных, выполняя CRUD-операции и абстрагируя детали доступа.

Взаимодействие компонентов начинается с запросов от фронтенда к контроллерам, далее контроллеры передают запросы в соответствующие сервисы, которые взаимодействуют с репозиториями для работы с базой данных. Дополнительно сервисный слой взаимодействует с внешними системами через специальные коннекторы.

После внедрения программного комплекса процессы станут более автоматизированными и эффективными. На рисунке 2 показана схема основных бизнес-процессов после внедрения программного продукта в медицинской клинике.



Рисунок 2 – Схема бизнес-процессов после внедрения программы

Пациенты в обновленном процессе записываются на прием самостоятельно через интернет или приложение на мобильном телефоне. Это убирает часть работы с регистратурой. Система автоматически создает и поддерживает учетные записи на пациентов, отправляет анализы в лабораторию и формирует медицинские акты. Таким образом, количество ручной работы снижается, количество ошибок уменьшается и прозрачность процессов увеличивается.

Система, реализующая комплексное управление процессами клиники, предполагает встроенные по смыслу модули: семь ключевых временных модулей работают параллельно, один за другим, каждый решает поставленный в области определенной функциональности вопрос. Подробнее схема работы и функционирования модулей приведена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Схема микросервисной архитектуры комплекса

Схема демонстрирует структуру основных модулей системы и их подкомпонентов, отражая особенность микросервисной

архитектуры, где каждый модуль разбит на более мелкие части, выполняющие свою отдельную задачу:

- модуль аутентификации включает модули регистрации, входа пользователя в систему, а также сессий;

- модуль управления информацией о пациентах отвечает за их регистрацию, обновление истории болезни и хранение данных о пациентах;

- модуль записи на прием предоставляет клиентам возможность записаться на встречу, хранит и планирует время встречи, а также несет обязанность по уведомлениям о назначенной встрече;

- модуль управления ресурсами отвечает за планирование встреч врачей и занятости лечебных кабинетов и технического оборудования;

- модуль анализа статистики занимается накоплением аналитических данных и созданием отчетов на основе этих данных;

- модуль интеграции с ЭМК отвечает за интерфейс с электронными медкнижками пациентов и за синхронизацию данных этих книжек в систему клиники;

- модуль администрирования отвечает за регистрацию пользователями клиники, а также за настройку и обновление программной части системы.

Интеграция с существующими системами клиники, такими как ЭМК, лабораторные информационные системы, CRM и ERP осуществляется с использованием API и веб-сервисов, стандартов обмена данными HL7, FHIR и DICOM для передачи медицинских административных данных.

Таким образом, реализация единого программного комплекса для клиники позволит значительно повысить качество управления ресурсами, сократить временные затраты на выполнение рутинных процедур и сформировать прочную основу для будущих улучшений, отражающих растущие требования современной медицины и рынка IT-решений.

Список источников

1. General Data Protection Regulation (GDPR). Регламент ЕС 2016/679 [Электрон. ресурс] URL: <https://gdpr.eu>.
2. Health Insurance Portability and Accountability Act (HIPAA). Официальный портал [Электрон. ресурс]. URL: <https://www.hhs.gov/hipaa>.
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.
4. Bugaev Yu.V., Chikunov S.V., Muzalevskii F.A. Search for C-Optimal Routes in Graphs // Automation and Remote Control. 2017. Vol. 78, No. 11, pp. 2039 - 2050.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДСИСТЕМА "ОБРАБОТКА ЗАЯВОК" В УПРАВЛЯЮЩЕЙ КОМПАНИИ

Бакланов Г.В., Чикунов С.В.

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

Производственные процессы управляющей компании (УК) напрямую связаны с выполнением комплекса работ по эксплуатации, обслуживанию и ремонту многоквартирного жилого фонда. Основной целью этих процессов является обеспечение бесперебойной и качественной эксплуатации жилых домов, поддержание инженерных систем и благоустройство прилегающих территорий.

На данный момент на предприятии существует ряд проблем, характерных для предприятий данной области. Высокая трудоемкость обработки заявок жильцов является одной из ключевых проблем – процесс приема, регистрации и отслеживания выполнения заявок от собственников жилья зачастую осуществляется с использованием устаревших методов, что приводит к ошибкам, потере данных, задержкам в обработке заявок, отсутствию прозрачности при выполнении работ и снижению качества обслуживания [1].

Проведенный обзор существующих на рынке решений позволил выделить ключевые критерии для оценки программных продуктов: функциональность, соответствие требованиям управляющей компании, стоимость внедрения и обслуживания, интеграция с существующими системами и удобство использования. Ни одно из этих решений не является полностью универсальным – каждый продукт имеет как сильные, так и слабые стороны. Это подчеркивает необходимость разработки индивидуальной системы, максимально соответствующей

внутренним бизнес-процессам и специфике работы конкретной УК [2].

В условиях увеличения объемов обслуживаемого жилого фонда и роста требований со стороны жильцов интеграция разрабатываемой информационной подсистемы позволит повысить качество обслуживания, автоматизировать прием, обработку и контроль исполнения заявок, исключить дублирование действий. Встроенная статистика предоставит руководству данные о работе подразделений, эффективности сотрудников, помогая принимать управленческие решения.

Разрабатываемая подсистема ИС построена на клиент-серверной архитектуре с использованием Flask, PostgreSQL, Bootstrap, HTML, JavaScript и CSS. Они позволяют сделать удобный интерфейс, надежное хранение данных и автоматизировать некоторые функции. В качестве архитектуры использовался монолит с Flask сервером, обрабатывающим HTTP запросы, бизнес логика и взаимодействие с PostgreSQL происходит через SQLAlchemy. HTML шаблоны с Bootstrap и CSS формируют адаптивный интерфейс, а JavaScript добавляет интерактивность через AJAX, PostgreSQL хранит данные о пользователях, клиентах, объектах недвижимости, заявках, комментариях и вложениях (рисунок 1).

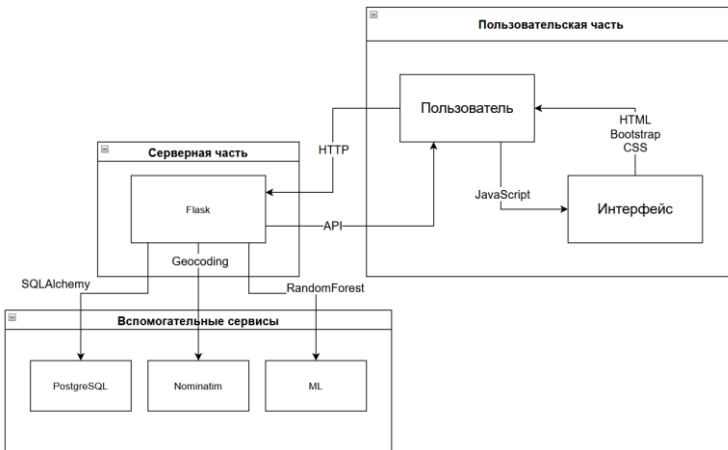


Рисунок 1 – Архитектура информационной подсистемы

Подсистема представляет собой веб-приложение со страницами для клиентов, сотрудников и администраторов. Интерфейс состоит из страниц, которые открываются через общий шаблон с меню, стилями и скриптами. В системе есть три вида ролей использования. После авторизации в системе пользователь попадает на главную страницу, представленную на рисунке 2.

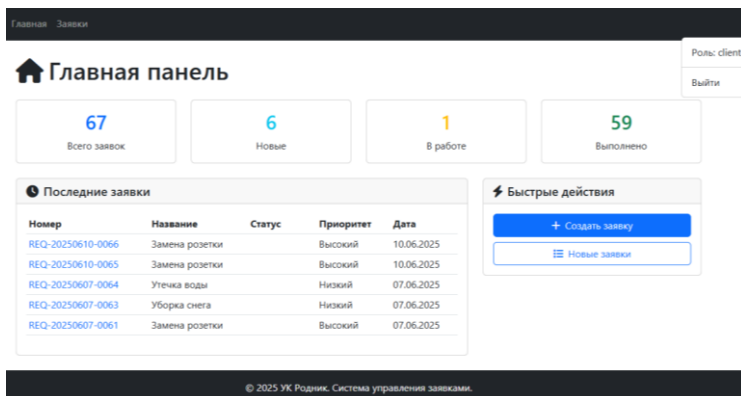


Рисунок 2 – Главная страница

В разделе заявки клиент может просматривать статусы своих заявок и их детали, делать новые (рисунок 3).

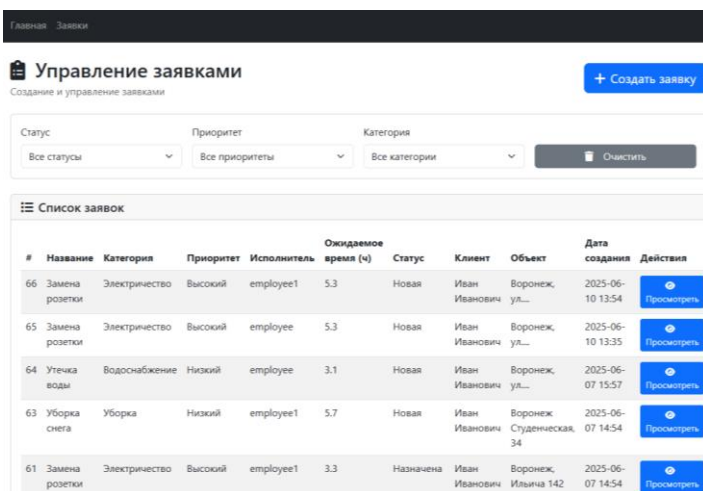


Рисунок 3 – Список заявок

После создания заявки на нее автоматически назначается сотрудник, выставляется приоритет и ожидаемое время выполнения заявки. Страница с оформленной заявкой помимо деталей о заявке так же показывает, где находится работник в данный момент (рисунок 4). У работника на странице с заявками есть вкладка Мои задачи. На ней отображаются назначенные заявки. Есть возможностью взять задачу в работу. Статус заявки изменится в работе только после того, как работник будет в радиусе заявки. После этого появится возможность завершить или отметить, как невыполненную заявку. После изменения статуса система автоматически рассчитывает затраченное время на заявку [3, 4].

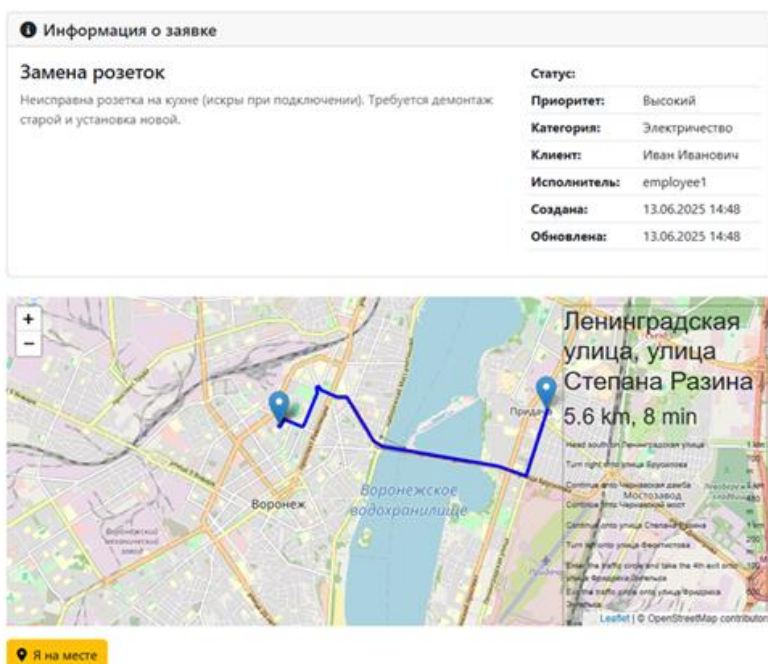


Рисунок 4 – Детали заявки

Страница управления объектами недвижимости дает возможность добавить новые объекты и их параметры. К объектам привязываются пользователи и географическое расположение.

Вкладка карта заявок показывает новые и заявки в работе. Также показывает местоположение работников (рисунок 5).

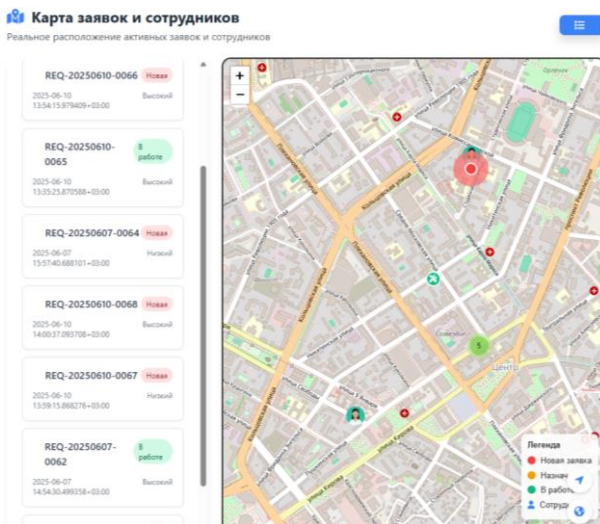


Рисунок 5 – Карта заявок

Страница аналитики показывает статистику по разным категориям и параметрам. Есть фильтры по датам, категориям, приоритетам и картам (рисунок 6).

У администратора системы также есть функция добавления новых пользователей и редактирование нагрузок сотрудников.

Таким образом, внедрение информационной подсистемы позволит автоматизировать процесс обработки обращений, сократить время их обработки и повысить качество обслуживания клиентов. Внедрение такой системы обеспечит более эффективную работу всех служб компании, что актуально для поддержания конкурентоспособности конкретной УК на рынке жилищно-коммунальных услуг.

Аналитика и отчёты

Статистика и анализ работы системы

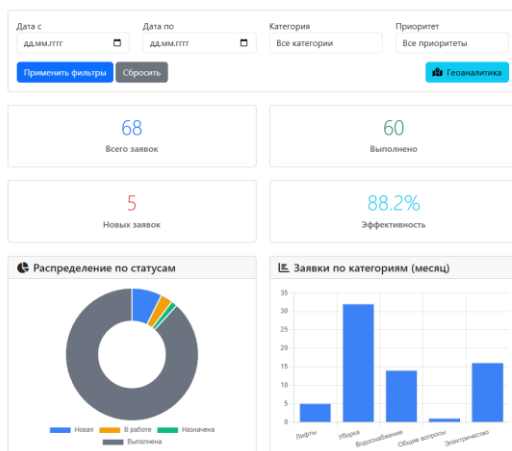


Рисунок 6 – Страница аналитики с фильтром

Список источников

1. Иванов А. В. Автоматизация управления недвижимостью: современные тенденции и перспективы / А. В. Иванов, Е. С. Петрова // Управление недвижимостью. – 2022. – Т. 14, №2. – С. 45-58.

2. Вакорин М. П. Разработка проекта по внедрению информационной системы в деятельность организации / М. П. Вакорин, А. С. Тайлакова // Молодой ученый. – 2023. – № 9 (456), ч.1. – С. 12-16.

3. Bugaev Yu.V., Chikunov S.V., Muzalevskii F.A. Search for C-Optimal Routes in Graphs // Automation and Remote Control. 2017. Vol. 78, No. 11, pp. 2039 - 2050.

4. 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.

ИНТЕГРАЦИЯ ВИДЕОКОММУНИКАЦИИ И ТЕКСТОВОГО ЧАТА В ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯХ ДЛЯ МАЛЫХ ГРУПП

И.С. Толстова, А.Ю. Фомин

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

В условиях стремительной цифровизации общества и роста потребности в удалённом взаимодействии разработка веб-приложений видеокommunikации приобретает особую значимость. После глобальных изменений, связанных с переходом к дистанционным форматам работы и обучения, сервисы видеосвязи стали неотъемлемой частью повседневной деятельности пользователей [1-3].

Существующие решения (такие как Zoom, Microsoft Teams, Google Meet) ориентированы преимущественно на корпоративный сегмент и крупные группы пользователей. При этом наблюдается дефицит лёгких, настраиваемых веб-приложений, предназначенных для малых групп, где важны низкая задержка, простота использования и возможность интеграции дополнительных функций, таких как текстовый чат.

Разработка собственного решения, поддерживающего синхронную видеокommunikацию и обмен сообщениями, а также ориентированного на малые группы является актуальной задачей.

Ключевым элементом разрабатываемого решения является использование технологии WebRTC, обеспечивающей прямую передачу аудио- и видеоданных между клиентами (peer-to-peer) без необходимости использования промежуточных серверов для медиапотокa [4-5]. Это позволяет существенно снизить задержки, уменьшить нагрузку на серверную инфраструктуру и повысить качество связи.

Дополнительно применяется технология WebSocket, которая обеспечивает постоянное двустороннее соединение между клиентом и сервером. В рамках разрабатываемого приложения WebSocket используется для передачи текстовых сообщений в режиме реального времени, а также для сигнализации при установлении WebRTC-соединения.

В качестве средств разработки клиентской части выбраны технологии React и TypeScript благодаря модульности, типизации и управлению состояниями [6]. Для серверной же части выбраны платформа Node.js с библиотекой Socket.IO. Этот выбор обусловлен тем, что библиотека Socket.IO предоставляет отличный API для работы с WebSocket и автоматической синхронизацией между клиентами. Клиентская часть включает в себя пользовательский интерфейс React UI, в котором отображаются видеопотоки, а также панель с инструментами, которыми являются чат, настройки, кнопка выхода, включение/выключение микрофона и камеры. Также включает модуль WebRTC, который обеспечивает установление P2P-соединений, обмен SDP-описаниями и ICE-кандидатами, а также работу с медиапотоками. Socket.IO Клиент отвечает за сигнальное взаимодействие с сервером, запросы на подключение, обмен событиями и сообщениями чата. Chat Module отвечает за логику отправки и получения текстовых сообщений, ограничение истории сообщений в 100 условных единиц. Media Controls управляет состояниями медиаустройств (вкл/выкл камеры/микрофона), выбором устройств, обработкой ошибок. Socket.IO Сервер принимает события от клиентов, передает данные между участниками, обеспечивает постоянную синхронизацию состояний. Peer Manager применяется для создания и поддержки RTCPeerConnection, обработки сигналов и координации подключений. Chat History Storage – временное хранение истории сообщений чата.

В системе видеоконференций сигнальное взаимодействие играет ключевую роль в установлении соединений между участниками. Оно отвечает за обмен метаданными, такими как SDP-описания и ICE-кандидаты, которые необходимы для создания P2P-соединения через WebRTC. В приложении

сигнализация реализована с помощью WebSocket-протокола и библиотеки Socket.IO.

Процесс сигнализации состоит из нескольких этапов:

1. Подключение клиента к комнате.
2. Обмен информацией о доступных участниках.
3. Инициация предложения (offer).
4. Передача SDP-описания (session description).
5. Обмен ICE-кандидатами.
6. Установление устойчивого соединения.

Чтобы построить чёткую логику взаимодействия соединений, каждое действие представлено с определёнными событиями, которые были заранее определены в константах (ACTIONS), чтобы избежать ошибок при написании кода и упростить расширение системы.

Таблица 1 — Список событий сигнального взаимодействия и их источники

Событие	Назначение	Источник инициации
1	2	3
JOIN	подключение пользователя к комнате	клиент
LEAVE	пользователь покидает комнату	клиент
ADD_PEER	уведомление о новом участнике	сервер
RELAY_SDP	передача sdp-описания	клиент
RELAY_ICE	передача ice-кандидата	клиент
SESSION_DESCRIPTION	получение sdp-описания от другого участника	сервер
ICE_CANDIDATE	получение ice-кандидата	сервер
CHAT_MESSAGE	отправка текстового сообщения	клиент
REQUEST_CHAT_HISTORY	запрос истории сообщений чата	клиент
FILE_ATTACHED	прикрепление файла к чату	клиент

Действия, представленные в таблице, формируют основу взаимодействия между пользователями и сервером. Допустим, ситуация, когда пользователь подключается к комнате, то он инициирует событие JOIN. Затем, сразу после этого сервер

отправляет уведомление всем участникам о новом пользователе через событие ADD_PEER. Это действие позволяет каждому пользователю начать процесс установления прямого соединения с новым участником.

Следует отметить, что сам сервер не передает медиапотoki. Его функция заключается в маршрутизации сигналов между пользователями, что напрямую уменьшает нагрузку на сервер и дает возможность масштабировать систему даже на бюджетных хостингах с минимальными мощностями.

Для наглядного представления подобного процесса подключения нового пользователя была создана диаграмма взаимодействия (рисунок 1).

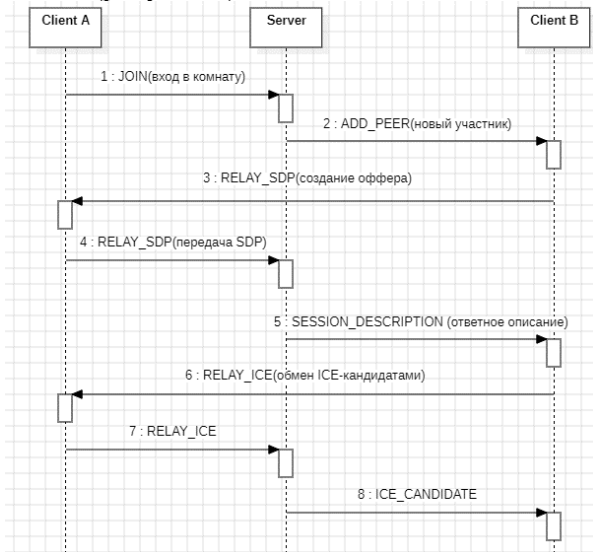


Рисунок 1 — Диаграмма последовательности сигнального взаимодействия

На данной диаграмме представлен процесс соединения двух участников через сервер. При подключении первого клиента к комнате, второй получает уведомление и формирует SDP-предложение. После этого происходит обмен описаниями и ICE-кандидатами, что в итоге приводит к установлению P2P-

соединения. На этом доля работы сервера окончена до тех пор, пока не придет третий участник процесса.

Такой метод организации сигнализации обеспечил создание надежной и эффективной системы, способной функционировать в реальном времени с минимальными задержками. Помимо этого, он открывает возможности для дальнейшего развития, такие как добавление TURN-серверов для повышения качества связи в сложных сетях или интеграция дополнительных функций, например, запись конференций или демонстрация экрана.

В ходе исследования и разработки обоснована модель использования WebRTC в сочетании с WebSocket для повышения эффективности передачи данных и устойчивости соединения в условиях ограниченных ресурсов. Разработан механизм интеграции видеосвязи и текстового чата в рамках единого веб-интерфейса, обеспечивающий синхронное взаимодействие пользователей, а также предложена архитектура веб-приложения видеокommunikации, ориентированная на малые группы пользователей, учитывающая особенности peer-to-peer взаимодействия и минимизации задержек.

Список источников

1. Кропанина, А. А. Коммуникация в контексте цифровизации и медиатизации / А. А. Кропанина, П. А. Шиян // Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики (ПКМ-2023) : Всероссийская научно-техническая и научно-методическая конференция магистрантов и их руководителей. Сборник лучших докладов: в 2-х томах, Санкт-Петербург, 05–07 декабря 2023 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2024. – С. 495-497. – EDN OOVZNI.

2. Василевский, С. В. Описание функциональных требований предъявляемых к программному обеспечению для проведения видеоконференций при дистанционном формате обучения / С. В. Василевский, Н. А. Герасименко // Современное образование: содержание, технологии, качество. – 2023. – Т. 1. – С. 261-264. – EDN KYACZT.

3. Тагиров, В. К. Совершенствование сети видеоконференц связи в организации / В. К. Тагиров, А. А. Преснов // Проблемы и перспективы внедрения инновационных телекоммуникационных технологий : Материалы X Международной научно-практической конференции, Оренбург, 22 марта 2024 года. – Оренбург: Оренбургский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики", 2024. – С. 178-181. – EDN BFWTLH.

4. Комаров, Д. С. Создание видеочат-приложения с использованием WebRTC и JavaScript / Д. С. Комаров, Г. В. Коваленко, И. В. Соколов // Тенденции развития науки и образования. – 2024. – № 111-8. – С. 50-53. – DOI 10.18411/trnio-07-2024-450. – EDN ABAFPQ.

5. Толстова, И. С. Архитектура и реализация P2P-системы видеосвязи на базе webrtc / И. С. Толстова, А. Ю. Фомин, К. В. Шорина // Инженерные технологии. – 2025. – № 4(12). – С. 17-23. – EDN UOIFDS.

6. 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.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫБОРА
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
ОБЩЕРАЗВИВАЮЩИХ ПРОГРАММ ОБУЧАЮЩИМИСЯ
МБУДО ЦДО «РЕАЛЬНАЯ ШКОЛА»**

Даценко Н.В., Вегера П.А.

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

В настоящее время учреждения дополнительного образования выполняют не только образовательную, но и профориентационную функцию. Однако обучающимся, как правило, достаточно сложно самостоятельно определить степень выраженности у себя тех или иных профессионально значимых качеств, что может привести к выбору дополнительной образовательной общеразвивающей программы (ДООП), не соответствующей их возможностям и психологическим особенностям, следствием чего, в свою очередь, является снижение мотивации к обучению.

В настоящее время в муниципальном бюджетном учреждении дополнительного образования Центр дополнительного образования (МБУДО ЦДО) «Реальная школа» г. Воронежа реализуются несколько ДООП - «Аэромоделирование и основы беспилотных летательных систем», «Компьютерный дизайн и основы цифрового творчества», «Клуб инновационных технологий и инженерных решений», «Моделирование и 3D-проектирование в современном цифровом пространстве», «Робототехника и программирование интеллектуальных устройств» и др. При этом будущие ученики могут воспользоваться информацией, представленной на сайте учреждения, и самостоятельно выбрать интересующую их ДООП. Процесс выбора ДООП обучающимися МБУДО ЦДО «Реальная школа» (AS-IS) в нотации BPMN 2.0 представлен на рисунке 1.

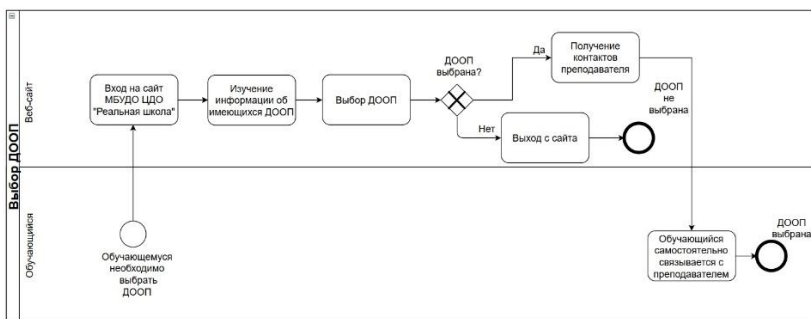


Рисунок 1 – Моделирование процесса выбора ДООП обучающимися МБУДО ЦДО «Реальная школа» (AS-IS)

Однако, как указано выше, такой способ выбора ДООП не позволяет учесть способности, склонности и психофизиологические возможности обучающегося и может привести к потере интереса к обучению и недостатку вовлеченности в учебный процесс. Для решения этой проблемы предлагается использовать методы цифровой психодиагностики, позволяющие определить склад мышления и личностные особенности тестируемого, а также провести всесторонний анализ полученных данных. Учитывая наличие веб-сайта образовательного учреждения предлагается интегрировать в него модули цифровой психодиагностики. Процесс выбора ДООП обучающимися МБУДО ЦДО «Реальная школа» с использованием разработанных модулей показан на рисунке 2.

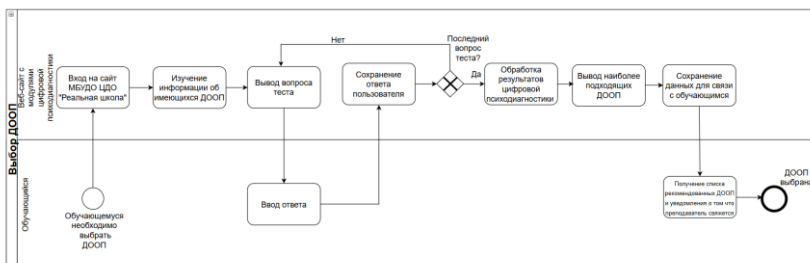


Рисунок 2 – Моделирование процесса выбора ДООП обучающимися МБУДО ЦДО «Реальная школа» (TO-BE)

После прохождения тестирования обучающемуся предоставляется его карта интересов и рекомендации по выбору ДООП, как показано на рисунке 3.

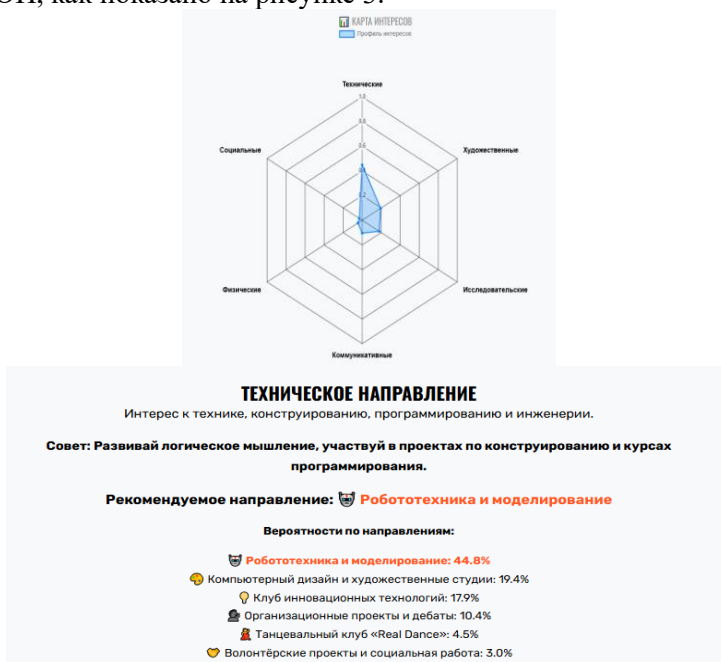


Рисунок 3 – Результаты цифровой психодиагностики обучающегося (пример)

В результате моделирования текущего процесса выбора ДООП обучающимися МБУДО ЦДО «Реальная школа» были выявлены недостатки, которые могут привести к снижению мотивации к обучению. Использование модулей цифровой психодиагностики, интегрированных с существующим веб-сайтом образовательного учреждения, позволяет осуществить выбор ДООП с учетом психофизиологических особенностей будущих учеников.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ТЕРРИТОРИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Казанин А.А., Даценко Н.В.

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

С ростом грузоперевозок и усложнением логистических цепочек наиболее актуальным становится применение технологий автоматизации и управления в логистической сфере. Особенно это заметно на высоко нагруженных логистических направлениях и промышленных объектах с большим потоком транспортных средств. При отсутствии специализированного программного обеспечения управление логистическими цепочками становится неэффективным, если вообще возможным. Для решения подобных логистических задач существует ряд специализированных программных продуктов, а именно: система управления транспортом (TMS – Transport management system), система управления двором (YMS – Yard management system), система управления складом (WMS – warehouse management system). TMS – система управления перевозками, которая предназначена для обработки заказов, планирования рейсов, построения маршрутов, подбора перевозчиков, а также для осуществления взаиморасчетов с контрагентами и анализа рентабельности сделок [1]. YMS – это класс систем, предназначенных для управления движением транспортных средств на территории производственно-складских комплексов и распределительных центров. Основная цель внедрения информационной системы YMS заключается в оптимизации процессов, связанных с управлением прилегающей к складскому комплексу территорией [2]. WMS – это программное обеспечение, которое помогает компаниям управлять ежедневными складскими операциями с

момента поступления товаров и материалов в центр распределения или выполнения заказов до момента их ухода [3]. Каждая из этих систем решает свою специализированную задачу, но при этом зачастую они работают вместе для достижения максимальной эффективности в управлении логистикой на крупном предприятии.

Согласно исследованию, проведенному ассоциацией разработчиков программных продуктов «Отечественный софт» [4], на российском рынке представлено недостаточно информационных систем управления двором, покрывающих все нужды производственных объектов, а также являющихся отечественной импортнезависимой разработкой [5]. Так как данный класс систем является ключевым в обеспечении уменьшения издержек на территориях промышленных объектов, связанных с логистикой, было принято решение проанализировать типовые процессы работы промышленных объектов, а именно движение транспортных средств (ТС) по технологическим маршрутам.

Таким образом, было проведено моделирование бизнес-процесса в нотации BPMN 2.0 «AS-IS», описывающего управление движением ТС на территории производственного объекта (рисунок 1). Представленный процесс описывает движение транспортного средства на всем этапе жизненного цикла рейса на территории промышленного объекта, начиная с планирования рейса, заканчивая его завершением. Процесс начинается в том случае, если рейс был запланирован, тогда его прибытия ожидают на территории двора промышленного объекта. Когда транспортное средство прибывает на территорию предприятия, оно обязано пройти через контрольно-пропускной пункт (КПП), где оператор этого пункта должен провести проверку документов и зафиксировать факт прибытия, оповестить об этом диспетчера, а транспортное средство отправить на стоянку. Затем диспетчеру необходимо определить следующий шаг, на который должно отправиться ТС. При этом ему нужно дождаться момента времени, когда освободится следующий шаг, и только после этого отправлять ТС.

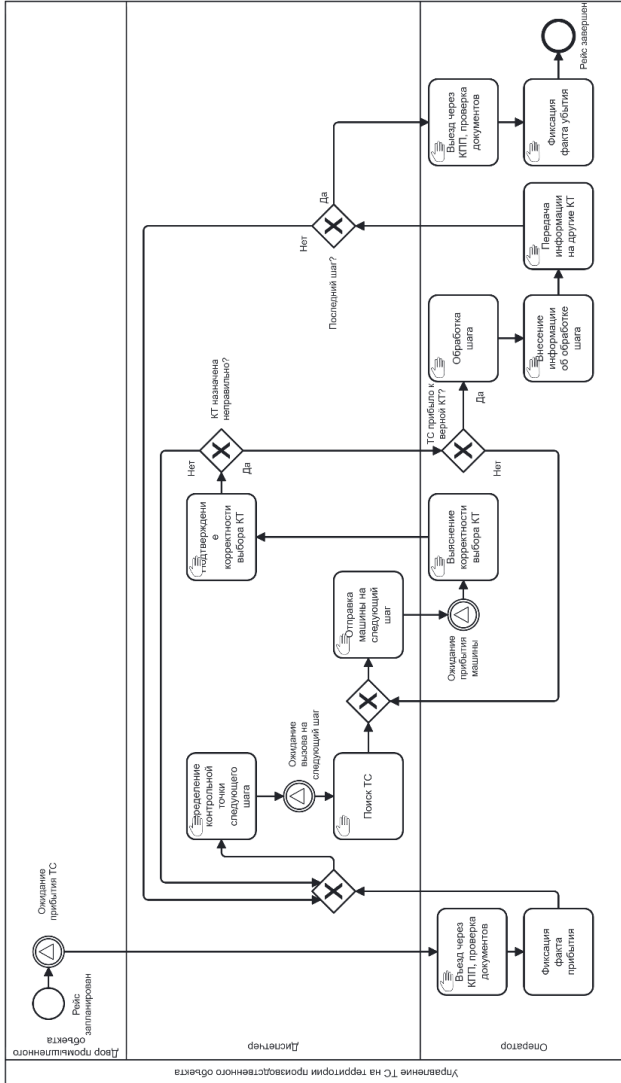


Рисунок 1 - Моделирование бизнес-процесса управления движением ТС на территории производственного объекта («AS-IS»)

Перед отправкой ТС диспетчеру или его помощникам необходимо найти ТС на территории объекта, и только после этого его можно будет направить на следующий шаг.

По прибытии ТС на контрольную точку (КТ) оператор должен убедиться, что ТС находится на верной КТ, что происходит путем уточнения этой информации у диспетчера. Если ТС находится на неправильной точке, действия должны повториться, начиная с определения КТ следующего шага. Также может случиться ситуация, когда КТ назначена правильно, но ТС прибыло на неверную КТ, тогда ТС отправляют к диспетчеру для отправки на корректную КТ. Если ТС прибыло на правильную КТ, оператор может начать выполнение своих должностных обязанностей. Затем оператор фиксирует при необходимости, какие-либо данные, полученные на этом шаге. Также оператор должен оповестить об успешном выполнении шага других операторов, чье решение по поводу данного ТС может зависеть от прошлых шагов. Если данный шаг не является последним, диспетчер должен снова определить следующий шаг и отправить ТС по аналогичной цепочке. Если это был последний шаг, ТС покидает территорию промышленного объекта через КПП, где оператор снова проверяет документы и фиксирует убытие ТС. После этого рейс на территории предприятия фактически завершается.

Анализ данного бизнес-процесса показывает, что диспетчеру требуется большое количество временных ресурсов для правильного распределения ТС по территории предприятия, кроме того, он должен быть высококвалифицированным специалистом, иначе возникает риск ошибок из-за человеческого фактора, а именно неправильное назначение КТ для ТС, что приводит к существенному увеличению времени пребывания ТС на территории двора. Еще одним недостатком рассмотренного бизнес-процесса является отсутствие информационной системы, с помощью которой можно было бы сразу получать необходимые данные о рейсах, добавлять данные о текущем шаге, прикреплять документы и т.п.

Для решения указанных проблем было проведено моделирование процесса управления движением ТС на

территории производственного объекта «ТО-ВЕ» с применением информационной системы управления двором (рисунок 2). Когда рейс запланирован, его необходимо создать в YMS, обычно это происходит через интеграцию с мастер-системой управления рейсами, но при необходимости это также можно сделать в пользовательском интерфейсе YMS. После этого происходит ожидание прибытия ТС. Оператору контрольно-пропускного пункта также необходимо проверить документы, но он уже заранее обладает информацией о пребывающем ТС, а также прибытие ТС фиксируется информационной системой автоматически, не требуя от оператора дополнительных действий. Затем YMS определяет следующую контрольную точку для ТС; когда выбранная ранее КТ освободится, ТС автоматически вызовется на нее с подробным указанием пути и описанием предстоящей КТ. В данном процессе исключен человеческий фактор, из-за которого КТ могла быть назначена неправильно. Поэтому в этом случае возможно прибытие ТС на неправильную КТ, но даже если это произойдет, необходимо будет только переместить ТС на нужную КТ без переназначения новой КТ. По прибытии ТС оператор сразу может приступить к выполнению своих обязанностей, так как заранее знает какое ТС должно к нему прибыть. В процессе обработки шага оператор взаимодействует с информационной системой управления двором, получает из нее необходимые данные, вносит информацию о своем шаге, после чего она автоматически сохраняется и становится доступной для всех последующих шагов. Затем определяется является ли данный шаг последним, если нет, YMS автоматически определяет следующий шаг и направляет на него ТС. Если шаг последний, ТС может покинуть территорию промышленного объекта, пройдя проверку оператором контрольно-пропускного пункта с автоматической фиксацией убытия.

Таким образом, при использовании информационной системы не возникает необходимость участия диспетчера в данном процессе, и существенно повышается удобство работы операторов. Тем самым, сокращаются издержки на логистику, а также время пребывания ТС на территории производственного объекта, что приводит в конечном итоге к экономии ресурсов

предприятия и повышению эффективности его функционирования.

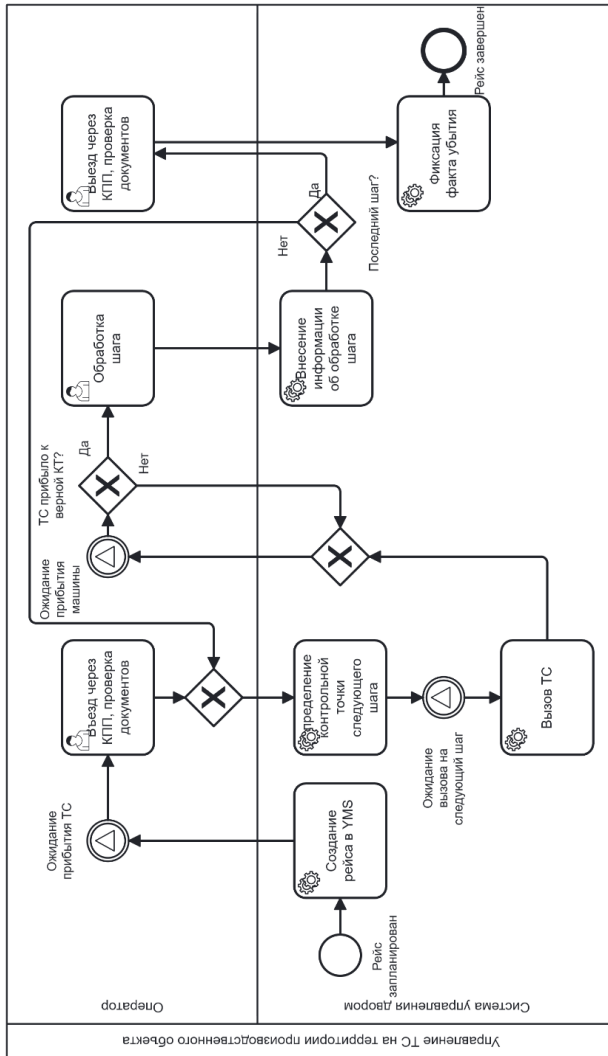


Рисунок 2 - Моделирование бизнес-процесса управления движением ТС на территории производственного объекта («ТО-ВЕ»)

Список источников

1. Система «Управление логистикой» [Электронный ресурс]. URL: <https://rarus.ru/1c-transport/article-sistema-upravlenie-logistikoy-transport-management-system-tms-1c-uat/> (дата обращения: 22.11.2025).
2. Для чего нужна система Yard Management System [Электронный ресурс]. URL: https://www.ant-tech.ru/company/pc/news/dlya_chego_nuzhna_sistema_yard_management_system_yms/ (дата обращения: 22.11.2025).
3. Что такое система управления складами [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sap.com/central-asia-caucasus/products/scm/extended-warehouse-management/what-is-a-wms.html> (дата обращения: 23.11.2025).
4. Обзор рынка ИТ-решений для управления логистикой двора [Электронный ресурс]. URL: <https://arppsoft.ru/news/review/11957/> (дата обращения: 23.11.2025).
5. Исследование рынка систем управления двором [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gartner.com/reviews/market/yard-management> (дата обращения: 24.11.2025).

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ НАГРУЗКИ НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Литвиненко Л.В. Коробова Л.А.

¹ ФГБОУ ВО "Воронежский государственный университет инженерных технологий", г. Воронеж, Россия

² ООО «Компания «Технопарк - В», г. Воронеж, Россия

В данном исследовании представлена разработанная методика интеграции метода регрессионного анализа с инженерной интерпретацией, т.е. показан системный подход к анализу производительности API под нагрузкой [1, 2].

Систематизация пар метрик и их комбинация в виде целенаправленных зависимостей для регрессии позволяет научно объективно выбирать и интерпретировать математические результаты в терминах архитектуры и поведения системы, принимать обоснованные инфраструктурные решения, масштабирование, оптимизация, лимитирование [3]. Исследование посвящено разработке программного средства для анализа зависимостей метрик производительности при нагрузочном тестировании. Суть разработанного решения в создании автономной программной системы автоматизированного регрессионного анализа зависимостей между аппаратными ресурсами вычислительных систем (CPU, RAM) и ключевыми метриками их производительности (TPS, время отклика, доля успешных запросов). Основная цель проекта — преодолеть разрыв между сырыми данными, получаемыми при нагрузочном тестировании, и практическими инженерными решениями, такими как выбор оптимальной конфигурации инфраструктуры, оценка предела масштабируемости или обоснование необходимости дополнительных замеров [4].

Система обеспечивает загрузку данных полученных в ходе нагрузочного тестирования из CSV-файла, далее опционально

(при выборе пользователем) производит предварительную фильтрацию выбросов методом межквартильного размаха (IQR), построение и сравнение регрессионных моделей (линейной, экспоненциальной, логарифмической и полиномиальных до 4-й степени) на основе статистической значимости уравнения регрессии и скорректированного коэффициента детерминации [5]. Учитывая известные ограничения автоматического отбора регрессионных моделей, в частности склонность полиномиальных зависимостей высоких степеней к переобучению при малом объёме выборки, система не ограничивается выбором одной «лучшей» модели. Для обеспечения физической и предметной интерпретируемости она визуализирует графики всех статистически значимых моделей и выводит в таблицу коэффициент детерминации, скорректированный коэффициент детерминации, несмещенную оценку дисперсии остатков (выборочную остаточную дисперсию) и статистическую значимость уравнения регрессии [5, 6]. Это позволяет инженеру визуально оценить форму кривой, поведение остатков и принять обоснованное решение, опираясь не только на статистику, но и на предметную логику.

Приложение совместимое с основными операционными системами (Windows, Linux, macOS) разработано с учётом принципов, характерных для ресурсоограниченных систем: минимизация внешних зависимостей, эффективное использование памяти и отказ от избыточной функциональности в пользу целевой задачи — регрессионного анализа производительности [5]. Программный код разработан с использованием модульной архитектуры на чистом Java SE, без привязки к тяжеловесным фреймворкам. Для построения пользовательского интерфейса применён Swing — легковесная и надёжная библиотека, гарантирующая стабильность на различных платформах. Визуализация регрессионных моделей реализована с помощью JFreeChart, а численные расчёты — с использованием Apache Commons Math, что обеспечивает баланс между точностью, производительностью и простотой развёртывания. Приложение не требует подключения к серверу, базы данных или облачных

сервисов — все вычисления выполняются локально, что повышает безопасность и автономность.

В рамках реализации программного средства был применён многоуровневый (послойный) архитектурный подход, дополненный элементами компонентной архитектуры и паттерном проектирования «Стратегия». Паттерн проектирования «Стратегия» — это шаблон проектирования, который позволяет определять семейство алгоритмов, инкапсулировать каждый из них и обеспечивать их взаимозаменяемость [6].

Архитектура включает в себя [1, 2]:

1. Слой данных (`org.example.data`), который отвечает за чтение исходных данных из CSV-файлов и их представление в виде типизированных объектов (`CSVData`) и обеспечивает унификацию входных данных для последующих этапов.

2. Уровень бизнес-логики (`org.example.regression`), который содержит иерархию классов регрессионных моделей, объединённых общим интерфейсом через абстрактный базовый класс `RegressionModel`. Благодаря паттерну «Стратегия» выбор конкретной модели (линейной, полиномиальной и т. д.) осуществляется динамически во время выполнения, что обеспечивает расширяемость без изменения существующего кода.

3. Слой представления (`org.example.ui`) который обеспечивает взаимодействие с пользователем, включая выбор параметров анализа, отображение статистических показателей и визуализацию графиков подобранной регрессионной зависимости. Такая структура гарантирует слабую связанность между слоями и высокую внутреннюю связанность внутри модулей, что напрямую соответствует принципам SOLID и способствует долгосрочной поддержке, масштабированию и повторному использованию кода.

На рисунке 1 представлена диаграмма пакетов, иллюстрирующая реализованную архитектуру.

Основные цели диаграммы пакетов:

— Модульная декомпозиция системы — позволяет разбить крупную систему на управляемые подсистемы, каждая из которых отвечает за определённую функциональную область (например: `core`, `ui`, `data-access`, `security`, `reporting`).

— Визуализация зависимостей между модулями — стрелки зависимостей показывают, какие пакеты используют функциональность других. Это критически важно для анализа связанности и предотвращения циклических зависимостей, которые усложняют сопровождение и тестирование.

— Поддержка принципов чистой архитектуры — диаграмма пакетов активно используется при проектировании архитектурных стилей, таких как шестиугольная (порты и адаптеры), чистая архитектура, многоуровневая архитектура, где ключевыми требованиями являются чёткое разделение уровней и направление зависимостей.

— Управление пространствами имён — это особенно актуально для языков программирования, в которых пространства имён напрямую соответствуют пакетам, таким как Java. Диаграмма помогает спланировать иерархию имён и избежать конфликтов.

Проектирование диаграммы пакетов помогает избежать архитектурной эрозии, заложить основу для масштабируемости, упростить рефакторинг и миграцию модулей, обеспечить соответствие стандартам современной архитектуры, что позволяет спроектировать структурированную модель объектно-ориентированной системы, предназначенной для автоматизированного анализа данных с использованием различных моделей регрессии [7].

Таким образом, архитектура приложения — гибкая, масштабируемая. Реализация в виде автономного десктопного приложения на Java обеспечивает независимость от облачных сервисов, простоту развёртывания и конфиденциальность данных. Таким образом, работа носит прикладной, инженерно-ориентированный характер и может быть полезна в практиках команд, занимающихся нагрузочным тестированием.

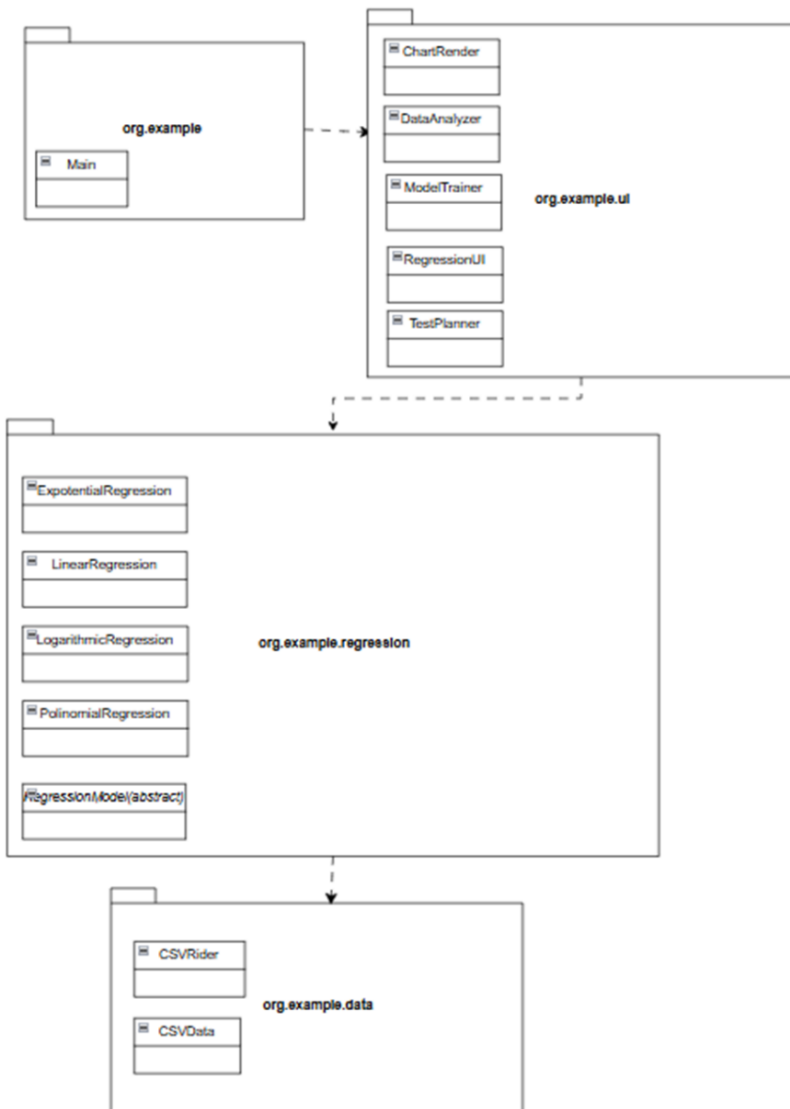


Рисунок 1 — Диаграмма пакетов

Список источников

1. Литвиненко, Л. В. Моделирование процесса нагрузки API специализированного программного обеспечения в ограниченной среде / Л. В. Литвиненко, Л. А. Коробова // Инженерные технологии. – 2025. – № 3(11). – С. 64-70. – EDN BHMSIE.
2. Литвиненко, Л. В. Подход к анализу возможной нагрузки на специализированное программное обеспечение без существенной деградации системы / Л. В. Литвиненко, Л. А. Коробова, И. С. Толстова // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2025. – № 4(38). – С. 157-161. – EDN PSPBNT.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие / В.Е. Гмурман. — 12-е изд., перераб. и доп. — М.: Высшее образование, 2006. — 479 с.
4. Кремер Н.Ш., Пугко Б.А. Эконометрика. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. — 315 с.
5. Бугаев, Ю. В. О статистической устойчивости оптимального решения, найденного по уравнению регрессии / Ю. В. Бугаев, Л. А. Коробова, И. Ю. Шурупова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2024. – Т. 86, № 2(100). – С. 48-55. – DOI 10.20914/2310-1202-2024-2-48-55. – EDN IYNADI.
6. Implementation of the Extrapolation Method of Expert Assessments in Selection Problems / S. Chernyaeva, L. Korobova, M. Ivliev [et al.] // High-Performance Computing Systems and Technologies in Scientific Research, Automation of Control and Production, Barnaul / Vladimir Jordan Nikolay Filimonov Ilya Tarasov Vladimir Faerman (Eds.). Vol. 1304. – Barnaul: Springer, 2020. – P. 147-161. – DOI 10.1007/978-3-030-66895-2_10. – EDN HINSXG.
7. Хныкин, Д. Е. Методология и результаты применения обратного инжиниринга / Д. Е. Хныкин, Л. А. Коробова // Инженерные технологии. – 2025. – № 1(9). – С. 30-35. – EDN UVTHPV.

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СФЕРЕ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: ОБЗОР ТЕНДЕНЦИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ

Ходяков В.А.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

г. Воронеж, Россия

Природно-техногенная безопасность представляет собой комплексную область, охватывающую риски, возникающие от взаимодействия природных факторов, таких как землетрясения, наводнения и лесные пожары, и антропогенных воздействий, включая аварии на промышленных объектах и утечки вредных веществ. Традиционные rule-based системы уступают место интеллектуальным платформам, интегрирующим искусственный интеллект (ИИ), машинное обучение (МО) и анализ больших данных (Big Data). Согласно отчетам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) и ООН, эффективные СППР могут снизить ущерб от катастроф на 30-50%. Мы сосредоточимся на ИИ-интеграции, включая символьный и субсимвольный подходы (как обсуждалось ранее), и их реализации в России и мире.

Современные СППР строятся на гибридных архитектурах, сочетающих субсимвольные, data-driven подходы и символьные, knowledge-based подходы к ИИ. Субсимвольный ИИ, опирающийся на нейронные сети и глубокое обучение, обеспечивает обработку неструктурированных данных из сенсорных сетей, спутниковой съемки и социальных медиа. Символьный ИИ использует правильно-ориентированные системы обеспечивая логическую обработку и интерпретируемость решений. Гибридные системы, известные как Neuro-Symbolic AI, интегрируют преимущества обоих парадигм. Например, нейронные сети предсказывают вероятности событий, а символические правила интерпретируют выводы для генерации рекомендаций. Фреймворки реализации включают TensorFlow и

PyTorch для глубокого обучения (DL), а также CLIPS или Drools для правил в экспертных системах.

Интеграция с IoT, облачными платформами, такими как AWS и Azure, и цифровыми двойниками, на базе Unity или Unreal Engine, обеспечивает реальное время обработки. Дополнительные технологии включают Big Data и аналитику с платформами типа Apache Kafka для потоковой обработки данных о вибрациях, температуре и концентрациях веществ, а также квантовые вычисления и блокчейн для оптимизации сложных симуляций и обеспечения целостности данных. Стандарты в России включают ГОСТ Р 22.0.02-2016 и нормативы МЧС РФ для СППР в чрезвычайных ситуациях, а международные - стандарты ISO 22301 (бизнес-континуитет), FEMA (США) с ИИ для предиктивного анализа. Эмпирические данные показывают, что гибридные СППР повышают точность прогнозирования на 20-40% по сравнению с моно-подходами.

СППР применяются на всех этапах управления рисками, включая предиктивный анализ, мониторинг, реагирование и пост-анализ. В части прогнозирования и предупреждения машинно-обучающие модели, такие как LSTM для временных рядов, анализируют метеоданные и исторические записи для оценки вероятностей событий. Примером является предупреждение о лавинах в Альпах с использованием DL на данных спутников. Для мониторинга в реальном времени IoT-сети интегрируются с СППР для детекции аномалий, таких как химические утечки или сейсмическая активность, а в техногенной сфере - для нефтедобывающих платформ, например, в Арктике. Реагирование и координация оптимизируются ИИ для координации спасательных операций. Пост-анализ использует машинное обучение для выявления паттернов в инцидентах с целью обновления баз знаний. В России СППР интегрированы в национальные системы. МЧС использует платформы с ИИ для мониторинга пожаров в сибирской тайге, а Роспотребнадзор - для предсказания вспышек инфекций в техногенных зонах (например, после аварий на заводах).

Несмотря на прогресс, СППР сталкиваются с барьерами, включая качество и доступность данных, где шум и редкость событий приводят к переобучению машинно-обучающих моделей. Интерпретируемость и этика остаются проблемами, так как "черный ящик" субсимвольного ИИ требует explainable AI для

соответствия регуляциям, таким как EU AI Act 2024 года. Масштабируемость и безопасность предполагают сложности интеграции с legacy-системами и защиты от киберугроз по стандартам NIST 2023 года. Решения включают федеративное обучение для приватности данных и стандартизацию по нормам МЧС РФ.

Глобальный рынок СППР в безопасности прогнозируется на уровне 50 млрд долларов к 2030 году по данным Gartner 2024 года. Ключевые тенденции включают генеративный ИИ на базе моделей, подобных GPT, для симуляции сценариев и зелёные технологии для устойчивости. Среди эмпирических кейсов международных можно отметить программу Copernicus Европейского Космического Агентства с ИИ для экологического мониторинга, снижающую ущерб от катастроф на 25% по данным ESA 2023 года, и работу FEMA 2024 года по предиктивному анализу ураганов в США. В России примеры включают цифровые двойники Росатома для ядерной безопасности с точностью 85% в 2023 году и систему мониторинга Байкала с машинным обучением для предотвращения техногенных загрязнений по данным Росгидромета 2024 года.

Гибридные СППР на базе ИИ представляют собой мощный инструмент для управления природно-техногенными рисками. Они позволяют не только реагировать, но и предотвращать катастрофы, спасая жизни и ресурсы. Анализ литературы подчеркивает необходимость дальнейших исследований в области интерпретируемости и интеграции с новыми перспективными технологиями. Однако успех зависит от этичного внедрения и международного сотрудничества.

Список источников

1. Bessiere, P., et al. (2021). Neuro-symbolic AI: The next frontier. *Artificial Intelligence Review*, 54(3), 1745–1770.
2. EU AI Act. (2024). Regulation on Artificial Intelligence. European Parliament.
3. FEMA. (2023). AI in Disaster Management. U.S. Federal Emergency Management Agency.
4. Floridi, L., et al. (2018). AI4People—An ethical framework for a good AI society. *Minds and Machines*, 28(4), 689–707.

**ПРИМЕНЕНИЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ
ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

Ходяков В.А.

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет
инженерных технологий»*

г. Воронеж, Россия

Природно-техногенные чрезвычайные ситуации (ЧС), такие как пожары, наводнения или аварии на инфраструктуре, часто развиваются стремительно, требуя не только оперативного реагирования, но и превентивных мер. Традиционные методы анализа рисков зачастую не справляются с масштабами и динамикой потенциальных угроз. Из-за этого особую роль приобретают системы поддержки принятия решений (СППР), интегрированные с технологиями обработки больших данных (Big Data). Суть подхода заключается в систематическом сборе и анализе колоссальных массивов разнородной информации для прогнозирования рисков и предотвращения катастроф. Это включает данные от сенсоров, спутников, социальных сетей, исторических архивов и реального времени, обработанные с помощью аналитики на базе ИИ.

Ключевое преимущество больших данных в контексте предотвращения ЧС - возможность выявлять скрытые закономерности и аномалии, которые остаются незамеченными при традиционных методах мониторинга. Например, незначительное изменение сейсмической активности, зафиксированное десятками датчиков, могут стать ранними индикаторами грядущих катастроф. СППР, оснащённые алгоритмами машинного обучения, способны распознавать такие предвестники и своевременно сигнализировать о нарастающей угрозе.

Большие данные в СППР интегрируют четыре V - Volume (объем), Variety (разнообразие), Velocity (скорость) и Veracity (достоверность) - для создания моделей прогноза. Обработка больших данных в системах принятия решений строится на сложной технологической инфраструктуре. Данные аккумулируются из разнородных источников, проходят этапы очистки и нормализации, затем распределяются по хранилищам, оптимизированным для быстрой выборки. СППР используют эти данные для визуализации рисков, симуляции сценариев и рекомендации действий. На этапе анализа применяются передовые методы: нейронные сети для распознавания образов на спутниковых снимках, алгоритмы кластеризации для выявления очагов потенциальной опасности и рекуррентные сети для прогнозирования динамики развития событий.

СППР предоставляют интерфейсы для операторов, где аналитика визуализируется на дашбордах (например, тепловые карты рисков). Таким образом системы прогнозирования, например лесных пожаров, позволяют обнаруживать очаги возгораний на самых ранних стадиях, а при мониторинге опасности данные симуляций "что-если" помогают принимать решения, что критически важно для своевременной эвакуации населения.

Это важно при моделировании сложных сценариев развития ЧС. Симуляции могут учитывать множество факторов: рельефа местности, плотности застройки, погодных условий, состояния инфраструктуры, что позволяет не только предсказывать вероятные последствия, но и разрабатывать оптимальные стратегии реагирования.

Однако для внедрения технологий больших данных существуют технические сложности связанные с необходимостью обработки колоссальных объёмов информации в режиме, близком к реальному времени. Так же возникают проблемы сложности интерпретации результатов работы алгоритмов машинного обучения, когда не всегда понятно на основании каких именно признаков система делает тот или иной прогноз, и отсутствия единых стандартов обмена данными между различными ведомствами и службами. При этом существуют как правовые так

этические аспекты. Чёткого регулирования и соблюдения норм конфиденциальности требует использование данных из социальных сетей и других источников персональной информации требует.

Перспективные направления для развития связаны с интеграцией новых технологий: гибридных моделей, объединяющие физические симуляции и машинное обучение, обещают повысить точность прогнозов, распределённые системы обработки на периферийных устройствах позволяющих сократить задержки при анализе данных с удалённых датчиков и применение концепция цифровых двойников в городах для детального моделирования сценариев ЧС в виртуальной среде перед их реализацией в реальном мире. Системы поддержки принятия решений интегрированные с технологиями обработки больших данных позволяют кардинально изменить подход к управлению рисками от реактивного реагирования к предотвращению ЧС.

Для дальнейшего развития необходимо внедрение единых стандартов обмена данными и созданию единой информационной инфраструктуры и подготовке квалифицированных специалистов. Интеграция передовых методов анализа данных с практическим опытом специалистов по ЧС формирует новый уровень защищённости общества перед лицом природных и техногенных угроз. Большие данные улучшают СППР, делая прогнозирование и предотвращение ЧС более точным и эффективным. Они не заменяют человеческую экспертизу, но усиливают ее, снижая риски для общественной безопасности

Список литературы

1. Chen M. et al. (2022) Big Data for Natural Disaster Management // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing
2. МЧС России (2023) Концепция развития системы мониторинга и прогнозирования ЧС до 2030 года
3. UN Office for Disaster Risk Reduction (2022) Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction
4. Kankanamge N. et al. (2021) Social media and disaster management // International Journal of Information Management

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССА ПОЛИМЕРИЗАЦИИ

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*

Сегодняшнее положение в информационных технологиях изменяет традиционные представления о ведении бизнеса и организации производственных процессов. Каждая организация и предприятие может и должна иметь информационную систему контроля и оперативного управления, которая позволит автоматизировать производственный процесс и связанный с ним документооборот, снизив, таким образом, себестоимость выпускаемой продукции и повысив конкурентоспособность предприятия [1].

Целью данной работы являлась разработка информационной подсистемы визуализации процесса полимеризации бутадиена в производстве каучука СКД для разработки на ее основе информационно-управляющей системы данного процесса.

В процессе выполнения работы решены задачи.

1. Изучена технологическая схема и регламент процесса, изображенная на рис. 1 [2].

2. Выявлены технологические узлы и аппараты, процессы в которых существенно влияют на качество получаемой продукции.

3. В среде программирования Visual Studio/C++ [3, 5] с применением Windows Forms разработан программный продукт, осуществляющий визуализацию технологического процесса с указанием основных аппаратов и узлов, материальных и тепловых потоков, значений технологических параметров.

Как известно, наиболее важной стадией в производстве синтетического каучука является стадия полимеризации бутадиена [4]. Важнейшим показателем качества процесса полимеризации является вязкости по Муни. О ее величине можно косвенно судить по значениям конверсии мономера и температуре в зоне реакции.

Контроль таких параметров как конверсия и молекулярно-массовое распределение физически труднореализуем. Поэтому целесообразно использование математического моделирования с целью расчета неизвестных параметров процесса по известным, т.е. тем параметрам, значения которых можно получить с помощью контрольно-измерительных приборов и отразить в окне визуализации процесса (рис. 2). На схему могут быть выведены значения основных параметров (значения температур, расходов, давлений, плотности, вязкости, уровня и т.п.).

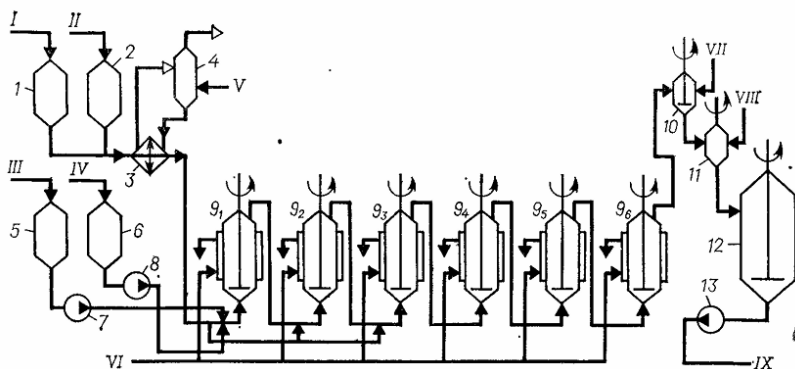


Рис. 1. Технологическая схема полимеризации в производстве СКД (1, 2, 5, 6 - мерники, 3 - холодильник, 4 - сепаратор, 7, 8 - дозирующие насосы, 9(1)-9(6) - полимеризаторы, 10, 11 - интенсивные смесители, 12 - усреднитель, 13 - насос, I - бутадиен, II - толуол, III - катализатор, IV - сокатализатор, V - жидкий пропан, VI - рассол, VII - стоппер, VIII - стабилизатор, IX - полимеризат на выделение каучука)

При разработке программного обеспечения использовались следующие компоненты:

- форма Windows Forms; метка Label;

- рисунок PictureBox;
- текстовое поле TextBox;
- контейнер GroupBox;
- кнопка Button;
- вкладка TabControl;
- таблица dataGridView;
- график Chart.

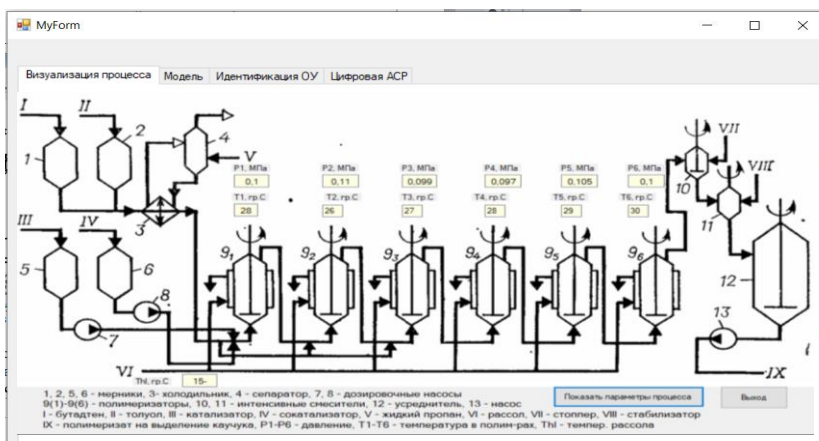


Рис. 2. Визуализация схемы технологического процесса и параметров процесса полимеризации в производстве каучука СКД (P1-P6 - давление, T1-T6 - температура в полимеризаторах, Th1 – температура рассола)

Часто просто визуализации процесса недостаточно, необходимо осуществлять моделирование технологического процесса и проводить на основе анализа результатов моделирования управление процессом. Поэтому создан программный модуль, содержащий несколько вкладок, осуществляющих данные операции (рис. 3, 4).

С помощью первой вкладки оператор-технолог или аппаратчик может осуществлять мониторинг процесса, с помощью второй вкладки осуществлено моделирование процессов в химическом реакторе идеального смешения, т.к.

полимеризационный реактор относят к аппаратам данного типа [4].

Структура второй вкладки представлена на рис. 3. Для организации расчетов использованы массивы с динамическим выделением памяти, для расчета модели с использованием численных методов [6] – функции. Для хранения рассчитанных значений концентраций и времени пребывания смеси веществ реактора использованы одномерные массивы.



Рис. 3. Структура второй вкладки для моделирования реактора

Для вывода значений массивов использован элемент dataGridView. Настройка данного элемента под обработчик нажатия кнопки button_Raschet_Click выглядит так:

```
//Очистка строк в таблице DataGridView
dataGridView1->Rows->Clear();
// Добавление строк в DataGridView
for (int f = 0; f <= tau_max; f++) {
    dataGridView1->Rows->Add();
}
// Заполнение ячеек значениями из массива
for (int f = 0; f <= tau_max; f++) {
    dataGridView1->Rows[f]->Cells[0]->Value = f;
    dataGridView1->Rows[f]->Cells[1]->Value = xa[f];
    dataGridView1->Rows[f]->Cells[2]->Value = xb[f];
    dataGridView1->Rows[f]->Cells[3]->Value = xp[f];
    dataGridView1->Rows[f]->Cells[4]->Value = xs[f];
    dataGridView1->Rows[f]->Cells[5]->Value = s[f];
}
}
```

Для вывода графиков использован элемент Chart. Настройка данного элемента под обработчик нажатия кнопки `button_Raschet_Click` выглядит так:

```
//Очистка графиков
this->chart->Series[0]->Points->Clear();
this->chart->Series[1]->Points->Clear();
this->chart->Series[2]->Points->Clear();
this->chart->Series[3]->Points->Clear();
this->chart->Series[4]->Points->Clear();

//Добавление графиков
for (int f = 0; f <= tau_max; f++) {
    this->chart->Series[0]->Points->AddXY(f, xa[f]);
    this->chart->Series[1]->Points->AddXY(f, xb[f]);
    this->chart->Series[2]->Points->AddXY(f, xp[f]);
    this->chart->Series[3]->Points->AddXY(f, xs[f]);
    this->chart->Series[4]->Points->AddXY(f, s[f]);
}
}
```

Результаты работы второй вкладки представлены на рис. 4.

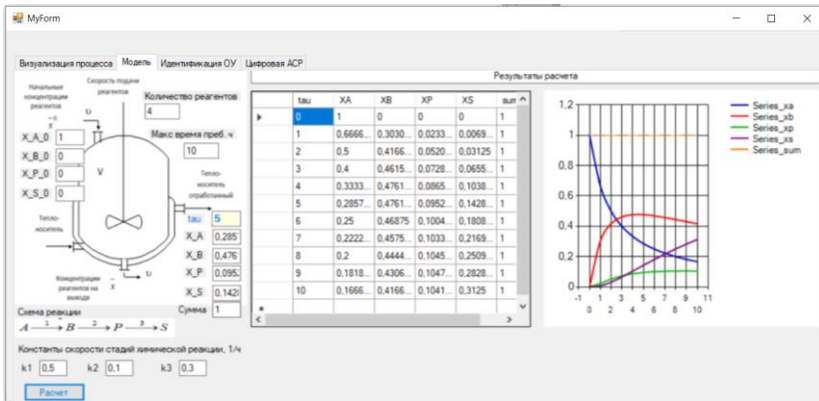


Рис. 4. Результаты моделирования реактора

При нажатии на кнопку `Расчет` осуществляется расчет модели реактора, при этом высвечиваются результаты расчета в виде таблиц и графиков.

В рамках работы проанализировано как изменение скорости подачи веществ, их начальные концентрации, а также изменение констант химических реакций влияют на процесс. Для этого осуществлен многократный перерасчет модели при различных

исходных данных с применением разработанного ПО. Сделаны выводы о проделанном исследовании.

Расчеты проведены корректно, т.к. сумма концентраций реагентов при любом значении времени пребывания их в аппарате составляет 1-цу. Одни вещества превращаются в другие, о чем свидетельствует характер графиков, но общий материальный баланс сохраняется.

Разработанное программное обеспечение позволит улучшить контроль параметров процесса полимеризации и обеспечить оперативное управление процессом.

Список источников

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.— Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/533823>.

2. Кирпичников, П.А. Альбом технологических схем основных производств промышленности синтетического каучука [Текст]: учеб. пособие для вузов / П.А. Кирпичников, В.В. Береснев, Л.М. Попова. – 2-е изд., перераб. – Л.: Химия, 1986. – 224 с.

3. Огнева, М. В. Программирование на языке C++: практический курс : учебное пособие для вузов / М. В. Огнева, Е. В. Кудрина, А. А. Казачкова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 342 с.— Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/555533>.

4. Гармонов, И.В. Синтетический каучук [Текст] / Под ред. И.В. Гармонова. – Л.: Химия, 1976. – 752 с.

5. The Best C++ IDEs of 2024 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.incredibuild.com/blog/best-c-ides>. – Загл. с экрана.

6. Битюков, В. К. Использование численных методов в решении задач АСУТП (теория и практика) [Текст] : учеб. пособие / В. К. Битюков, С. Г. Тихомиров, Е. А. Хромых [и др.]; Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж : ВГТА, 2008. – 251 с.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ

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*

Современные информационные технологии прочно вошли в практику многих предприятий, в том числе и предприятий пищевой и нефтехимической промышленности [1]. Они используются при разработке автоматизированных информационно-управляющих систем (АИУС), которыми оснащаются многочисленные цеха, лаборатории, отделы, подразделения [2]. Исследования показывают, что работа многих аппаратов, используемых в рамках указанных производств, осуществляется в стационарном режиме. Например, константы скоростей химических реакций существенно зависят от температуры, поэтому для правильного ведения процесса необходимо поддерживать температуру в реакторах на заданном уровне [1]. Для этого применяются автоматические системы регулирования (АСР). В рамках разработки АИУС ранее разработано программное обеспечение, предназначенное для визуализации технологического процесса и моделирования реактора. В этой работе проведена доработка программного обеспечения в виде АСР по каналу регулирования температура в аппарате – расход теплоносителя в аппарат.

На первом этапе разработан модуль для проведения идентификация параметров модели аппарата [3]. Структура вкладки представлена на рис. 1. Результаты работы модуля приведены на рис. 2. Программа использует файл, содержащий экспериментальные данные, имеющий формат *.dat и содержащий

данные, полученные при нанесении на аппарат воздействия в виде ступенчатого изменения расхода теплоносителя.

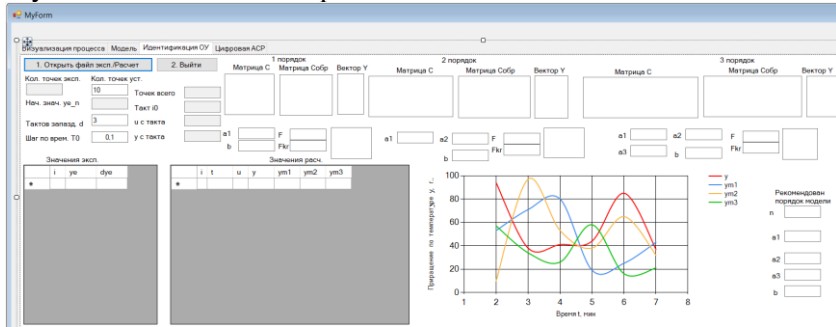


Рис. 1. Структура вкладки для идентификации объекта управления

При нажатии на кнопку «Открыть файл эксперимента/Расчет», считывающий данные из файла и выполняющий расчеты по идентификации объекта управления (ОУ). В качестве модели объекта рассмотрены апериодические звенья 1-го, 2-го и 3-го порядка с запаздыванием. Для нахождения параметров модели использован метод наименьших квадратов, определяющий параметры по минимуму интегрального квадратичного критерия [3]. Для расчета коэффициентов моделей использован метод обращения матриц [4], промежуточные результаты приведены в виде исходных и обратных матриц. Также представлены рассчитанные коэффициенты для каждой модели.

Экспериментальные данные и результаты моделирования выводятся в виде численных массивов и графиков. Адекватность моделей проверяется с использованием критерия Фишера [3]. Все три варианта модели адекватны исследуемому объекту. В качестве модели выбираем модель 3-го порядка, т.к. она обеспечивает максимальное значение критерия Фишера. Программа сама осуществляет выбор порядка модели и сообщает его пользователю.

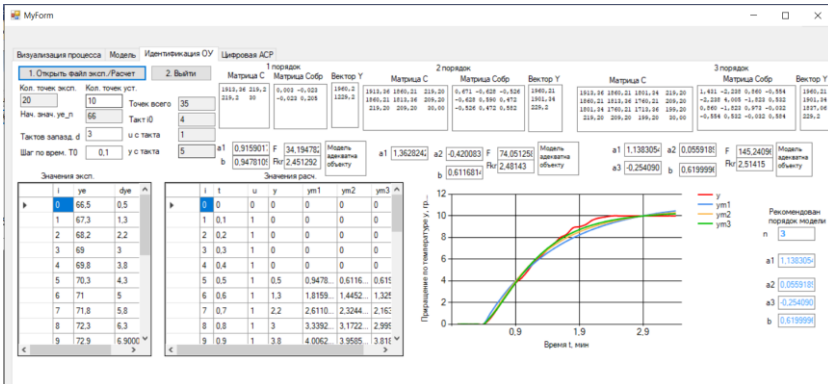


Рис. 2. Результаты идентификации объекта управления

Результаты представлены в одном окне для удобства их сравнения и анализа. При желании можно осуществить вывод результатов по каждой модели в отдельное окно, предусмотрев возможность их одновременного просмотра пользователем. При выводе результатов (коэффициентов модели) предусмотрено не менее 6-ти знаков после запятой. Программа разработана в среде Microsoft Visual Studio/C++ с применением Windows Forms [5].

На втором этапе разработан модуль для расчета цифровой АСР по каналу регулирования температура в аппарате – расход теплоносителя в аппарат. Структура вкладки представлена на рис. 3. Результаты работы модуля приведены на рис. 4.

При запуске программы необходимо нажать кнопку «Считать параметры ОУ», при ее нажатии произойдет заполнение полей, относящихся к объекту управления, значениями, которые были получены и выбраны на этапе идентификации ОУ. Предусмотрен вариант работы программы, когда идентификация еще не проводилась, т.е. пользователь не выполнял никаких действий с вкладкой «Идентификация ОУ». Тогда параметры ОУ задаются по умолчанию. Далее пользователь нажимает кнопку «Задать параметры регулятора», которая применяет введенные настройки ПИ- и ПИД-регуляторов. Рекомендуется также задать начальные значения полей начальных настроек по умолчанию.

Нажатие на кнопку «Расчет АСР» запускает расчет модели системы управления и выдает результат (рис. 4). Рассчитываются переходные процессы АСР при подаче единичного задающего и возмущающего воздействий для систем с ПИД- и ПИ-регулятором. Они представляются пользователю в виде массивов и графиков. Отражаются изменения температур и расходов, а также задающее и возмущающее воздействия. Предусмотрена возможность корректировки настроек регуляторов и мгновенного отражения полученных результатов пересчета (рис. 4, 5). Благодаря этому аппаратчик имеет возможность осуществить предварительную настройку системы управления, оценить и проанализировать полученные варианты воздействия.

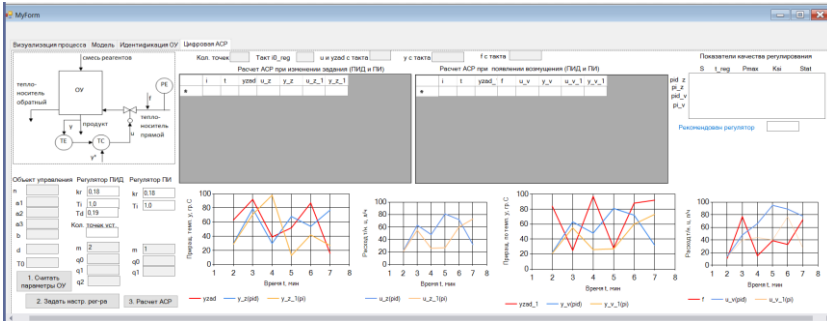


Рис. 3. Структура вкладки для реализации цифровой АСР

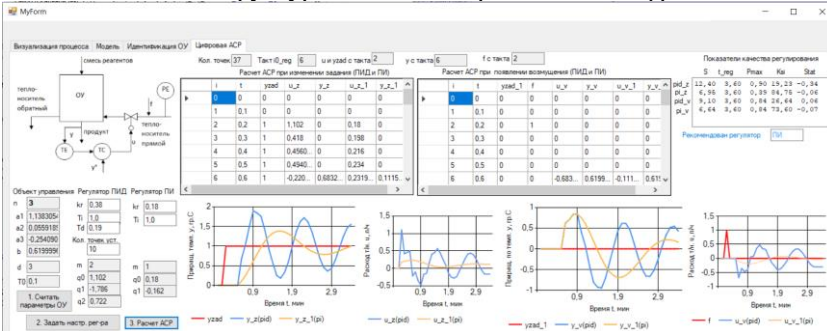


Рис. 4. Результаты расчета цифровой АСР с 1-ым набором настроек регуляторов

2. Кузубов, В. Н. Основы автоматизированных информационных систем : Автоматизированные информационные системы (АИС): учебное пособие для вузов / В. Н. Кузубов. – М. : Совр. Гум. Ун-т, 2020.

3. Кудряшов, В. С. Синтез цифровых систем управления технологическими объектами [Текст] : учеб. пособие / В. С. Кудряшов, В. К. Битюков, М. В. Алексеев, С. В. Рязанцев. ВГУИТ. – Воронеж, 2005. – 336 с.

4. Битюков, В. К. Использование численных методов в решении задач АСУТП (теория и практика) [Текст] : учеб. пособие / В. К. Битюков, С. Г. Тихомиров, Е. А. Хромых [и др.]; Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж : ВГТА, 2008. – 251 с.

5. The Best C++ IDEs of 2024 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.incredibuild.com/blog/best-c-ides>. – Загл. с экрана.

УДК 629.7.036.54-63.062.3-533:007

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ
АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ
ТУРБОРЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПУТЕМ ЕЁ
МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Ярославцев С.В., Ширимов М.А.

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

Аннотация: В данном исследовании рассматривается возможности повышения быстродействия системы автоматического управления турбореактивного одноконтурного двигателя штурмового самолета, путем моделирования и модернизации составных частей функциональной схемы гидравлического контура. Модернизация схемы происходит за счет изменения геометрических параметров корректирующего устройства. При этом расчет функциональной схемы производится при помощи программы для ЭВМ.

Развитие силовых установок влекло за собой существенное усложнение их схем, а, следовательно, и существенное усложнение законов и систем управления. Достаточно давно сделан вывод о том, что для возможности переработки больших потоков информации и решения сложных алгоритмов законов управления двигательными установками с одновременным решением задач диагностики и прогнозирования целесообразно применять счетно-решающих устройств на базе электронных элементов [1]. Однако двигатели с гидромеханическими САУ продолжают широко использоваться в процессе практического применения, а современные методы моделирования с развитием электронного оборудования позволяют находить более эффективные способы реализации работы системы автоматического управления.

Для модернизации САУ ТРД был выбран самолет военного назначения Су-25, но моделирование системы автоматического управления турбореактивным двигателем можно произвести для самолета любого назначения(рис. 1 и рис.2).



Рис. 1 Самолет Су-25 на стоянке



Рис.2 Самолет Су-25 в воздухе

На данном самолете используется двигатель Р-95Ш или его модификация Р-195. Автоматическое управление двигателем осуществляется посредством насоса регулятора расположенного на коробке приводов с низу (рис. 3).



Рис. 3 Двигатель Р-95Ш

Упрощенная принципиальная конструктивно-компоновочная схема ТРД представлена на рис. 4.

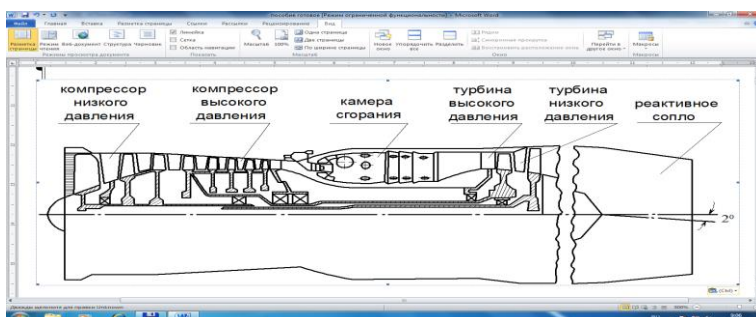


Рис. 4. Принципиальная конструктивно-компоновочная схема ТРД

Конструктивно силовая установка состоит из:

- 1) Входное устройство
- 2) Компрессор
- 3) Камера сгорания
- 4) Газовая турбина
- 5) Выходное устройство

САУ включает в себя двигатель с приводным топливным насосом-регулятором и регулятор постоянного перепада давления, которые взаимодействуют для обеспечения точного контроля и регулирования скорости вращения ротора двигателя. Ниже

приведена принципиальная схема системы автоматического управления двигателем Р-95Ш (рис. 5).



Рис. 5 Принципиальная схема системы автоматического управления двигателем

Упрощенная принципиальная схема гидромеханического САУ частоты вращения ротора низкого давления (система автоматического регулирования по принципу отклонения) с корректирующим устройством (КУ) представлена на рис. 6.

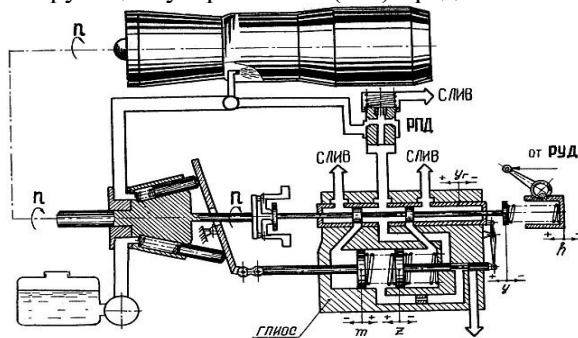


Рис. 6 Принципиальная схема контура регулирования

На основе принципиальной схемы контура регулирования была построена модель данной схемы в программе MATLAB. Полученная модель представлена на рис. 7.

справой стороны и совершает осевое перемещение штока вправо. На функциональной схеме золотник выполняет роль усилительного и сравнительного устройств. Поршень механически связан с регулирующим органом-наклонной шайбой. Угол наклона которой на прямую влияет на производительность плунжерного насоса. Отклонение наклонной шайбы в сторону против часовой стрелки вызывает повышение производительности насоса, и следовательно повышение расхода топлива качаемого насосом.

Далее топливо поступает на дозирующее устройство, на принципиальной схеме ДУ является форсунка. Повышения расхода топлива в камере сгорания вызывает рост температуры в камере сгорания и соответственно повышение мощности турбины. Частота вращения ротора увеличивается, а вместе с ней увеличивается частота вращения грузиков в МЦИУ вместе с ней увеличивается действительного сигнала. Воздействия на золотник вызывая его перемещение в осевом направлении и закрытия сливов топлива с левой и правой магистрали. Корректирующее устройство от РО через шток гидропоршня воздействует на нижнюю часть рычага вызывая его вращение против часовой стрелки вокруг точки опоры. При этом верхняя часть рычага воздействует на гильзу золотника тем самым корректируя воздействия от грузиков МЦИУ. По завершению процесса, а именно выходу двигателя на повышенный режим система приходит в исходное состояние. Структурная схема САУ частоты вращения ротора высокого давления с корректирующим устройством в виде обратной связи которая непосредственно использовалась при расчетах представлена на рис.8.

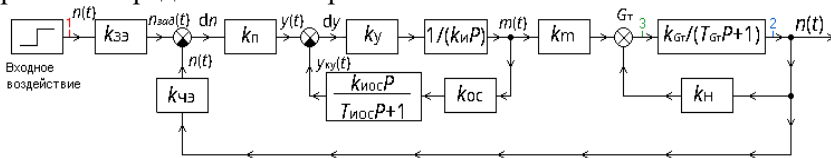


Рис.8 Модель контура регулирования

Таким образом из принципиальной схемы САУ ТРД была получена функциональная модель, при этом каждый элемент

данной системе поддается математическому описанию, а элементы схемы изменению посредством изменения величины коэффициентов.

Традиционно при классическом подходе нестационарные процессы в контурах регулирования ГТД описываются системой линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами, получаемых разложением в ряд Тейлора исходной нелинейной системы уравнений процессов. Как правило, это низкочастотные процессы. Математические модели внутриводвигательных процессов должны адекватно обеспечивать:

1. Степень достоверности и обоснованности результатов расчетов на стационарных режимах точность совпадения с экспериментальными данными 3-5%.

2. Степень достоверности и обоснованности результатов расчетов на переходных режимах точность совпадения с экспериментальными данными 10-15%.

Элементом подлежащим модернизации выбрано корректирующее устройство. Которое представляет с собой рычажный механизм. Путем изменения длины плеча, изменяется величина коэффициента усиления функционального звена. Отношения длина плеча а к длине плеча б названо коэффициентом жесткости Кжос (рис.9).

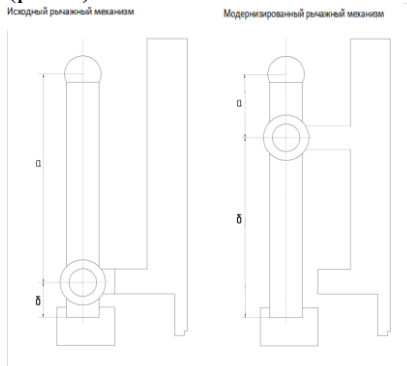


Рис.9 Рычажный механизм

На рис. 10 показана модель, которая непосредственно применялась при расчетах в программе MATLA.

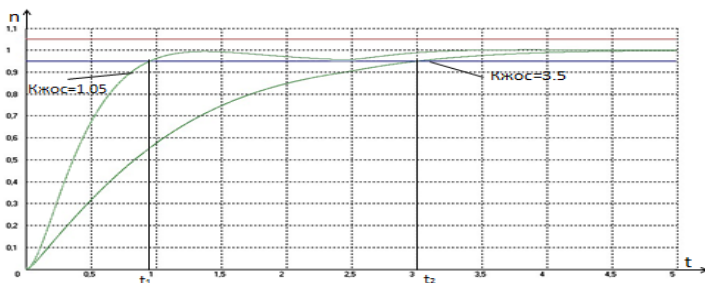


Рис.12 Совмещенный график переходных процессов по частоте вращения

Совмещенный график переходных функций по расходу топлива в основную камеру сгорания до и после модернизации рычажного механизма корректирующего устройства при плавной перекладке РУД представлен на рис.13.

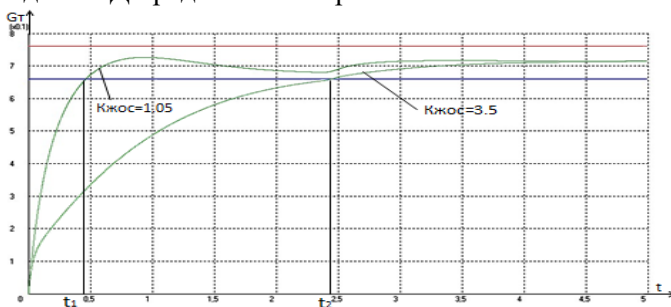


Рис. 13 Совмещенный график переходных процессов по расходу топлива

Экономический и сравнительный анализ:

В таблице 1 представлены показатели сравнительного и экономического анализа результатов модернизации конструкции контура регулирования частоты вращения ротора низкого давления при резкой перекладке РУД.

Таблица 1 Параметры переходных процессов по расходу топлива при различных значениях передаточного числа рычажного

Вид механизма	t_p	$K_{жос}$	$\int_0^{t_p} G_T dt$
Оптимальный	0,815	1,05	0,577
Штатный	2,489	3,5	0,614
ΔG	0,0602		6,02%

где $\Delta G = (\int_0^{t_p} G_{шт} dt - \int_0^{t_p} G_{оп} dt) / \int_0^{t_p} G_{шт} dt$ (2)

Таким образом, предложенная модернизация позволяет повысить экономичность двигателя на одну переключку РУД в режиме слежения за счет повышения быстродействия САУ на 6,02 %.

Данное исследование продемонстрировало потенциал повышения эффективности двигателя за счёт разработки улучшенной системы автоматического управления частотой вращения ротора низкого давления средствами классических частотных методов теории автоматического регулирования. Предлагаемая система управления не использует никаких новых алгоритмов управления. Однако при этом позволяет системе автоматического управления более точно и стабильно контролировать частоту вращения ротора, сокращая время регулирования. При этом затрачивается меньшее количество дополнительного топлива на одну переключку РУД. Причём оценка экономии топлива при использовании модернизированной САУ на изменение крейсерских режимов работы ТРД на одну переключку РУД по сравнению с штатной (серийной) САУ составляет $\approx 62.1\%$. Улучшенная производительность системы оказывает прямое влияние на общую производительность маневренного дозвукового штурмовика, поскольку она обеспечивает более эффективную и отзывчивую работу двигателя [7].

Список источников

1. Системы управления авиационных силовых установок. Учебное пособие / А.Н. Черкасов, Т.В. Грасько, – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2018. – 202 с. У-4753
2. Теория автоматического управления силовыми установками летательных аппаратов. Управление ВРД. Под редакцией А.А. Шевякова. М.: Машиностроение, 1976, - 300 с.
3. А.А. Шевяков. Автоматика авиационных и ракетных силовых установок. М. : Машиностроение, 1970, - 600 с.
4. Конструкция авиационных силовых установок. Турбореактивный двигатель Р-95Ш: учебное пособие/ Айсин А.К., Корень Г.П., Беловзоров А.В.- Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2022, - 114с. У-5256.
5. Техническая эксплуатация летательных аппаратов. Турбореактивный двигатель Р-95Ш: учебное пособие/Небелов Е.В., Потоцкий М.В., Рогов Н.В. - Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2014, - 94с. У-3788.
6. Руководство по эксплуатации.
7. Техническая кибернетика. Теория автоматического регулирования. В 4 т. под редакцией В.В. Солодовникова. М.: Машиностроение, 1967.
8. Грасько Т.В., Маяцкий С.А. Система автоматического управления регулируемой высокотемпературной основной камерой сгорания многорежимного газотурбинного двигателя маневренного летательного аппарата. Научный вестник МГТУ ГА. 2014, №206 (8). С. 68-75.
9. Ярославцев С.В. К вопросу синтеза регуляторов турбореактивных двигателей транспортных летательных аппаратов / Ярославцев С.В., Повекевчных С.А. //Насосы. Турбины. Системы.-2024.-№2(51).-С.45-58.

УДК. 621.74

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЗАЛИВКИ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ И КРИСТАЛЛИЗАЦИИ МЕТАЛЛА В ФОРМАХ С АНТИПРИГАРНЫМ ПОКРЫТИЕМ

Тихонов Н.Ф., Королев А.В.

*ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия*

Аннотация.

Рассматривается моделирование технологических процессов заливки и кристаллизации с применением систем автоматизации, а также интеграция автоматизированных методов контроля параметров литья для повышения качества конечной продукции. Это позволит сформировать комплексный подход к решению проблемы пригара в литейном производстве через синтез технологий материаловедения и автоматизации.

Введение

Для комплексного анализа и оптимизации производственных процессов необходимо применение систем автоматизации и моделирования. Моделирование объектов систем автоматизации и управления в литейном производстве дает возможность предсказать поведение материалов и технологических параметров в реальном времени, что снижает количество брака и обеспечивает стабильность качества продукции [1]. Разработка моделей включает симуляцию процессов заливки жидкого металла, теплового поля в литейной форме, а также механических взаимодействий между покрытием и металлом.

Постановка задачи (Цель исследования)

Исследование взаимодействия противопригарных покрытий с процессами кристаллизации металла. Включение моделей автоматизированного контроля параметров процесса литья для мониторинга и регулирования ключевых факторов, таких как

температура, скорость заливки и давление, что важно для предотвращения пригара и других дефектов [2].

Методы и материалы исследования

Моделирование процесса кристаллизации металла в формах с антипригарным покрытием

Свойства противопригарного покрытия [3] оказывают прямое влияние на тепловой режим в зоне кристаллизации металла, что становится ключевым фактором при моделировании процесса затвердевания внутри литейных форм. Покрытие изменяет коэффициенты теплопередачи на границе металл–форма, влияя на скорость отвода тепла и распределение температурных градиентов. Благодаря своим термофизическим характеристикам: теплопроводности, теплоёмкости и пористости материалы покрытия могут локально замедлять или ускорять охлаждение металлического расплава, что отражается на форме и скорости роста кристаллов.

Пористая структура и химический состав противопригарного слоя задают не только тепловые параметры, но и условия для формирования межфазной границы между металлом и формой. Такая граница способствует модификации теплообмена за счёт локального изменения контактной проводимости и способности удерживать твердые или газообразные продукты взаимодействия. Эти эффекты вводятся в модель в виде граничных условий с учётом дифференцированного сопротивления теплопередаче. В результате покрытие становится активным элементом, регулирующим локальное переохлаждение: возникновение зон задержек затвердевания и распределение зон с различными кристаллическими ориентациями.

Особое внимание при моделировании уделяется фазовым переходам и кинетическим параметрам затвердевания, поскольку покрытие влияет на формирование и рост зародышей кристаллов [4]. Изменение теплового поля под воздействием покрытия влияет на скорость зарождения новых фаз и может способствовать либо равномерному кристаллизационному росту, либо формированию дефектных зон с внутрикристаллическими напряжениями. Для адекватного описания процесса используются модели, основанные на уравнениях теплообмена с фазовым переходом и

кинетическими законами роста зерен, которые интегрируются с параметрами поверхности покрытия.

Результаты моделирования показывают, что правильно подобранные противопопригарные покрытия способствуют формированию более однородной микроструктуры отливок и минимизации внутренних дефектов, таких как пористость и трещины. Неправильные или некачественные покрытия могут, напротив, приводить к локальному нагреву, ускоренному или замедленному затвердеванию, что негативно сказывается на механических свойствах изделия и повышает риск брака.

Использование комплексного моделирования процесса кристаллизации с учётом свойств противопопригарного покрытия имеет большое значение для контроля качества отливок. Оно позволяет прогнозировать структуру и свойства изделий, оптимизировать состав покрытий и технологические параметры литья, сокращая время и ресурсы на экспериментальную отработку режимов. Такой подход интегрируется в автоматизированные системы управления литейным производством, обеспечивая стабильность качества продукции и снижение количества дефектов за счёт точного управления тепловыми процессами в зоне затвердевания металла.

Полученные результаты

Моделирование процессов заливки литейных форм

Современное компьютерное моделирование процесса заливки литейных форм позволяет комплексно анализировать динамику течения металлического расплава в полостях форм с учётом множества факторов, включая геометрию формы, физические свойства расплава, режимы заливки и характеристики противопопригарных покрытий. В широком спектре программных средств, применяемых для таких задач, наиболее распространены специализированные многоплатформенные комплексы, такие как LVMFlow, POLIGONSOFT, MAGMASOFT, FLOW-3D Cast, ProCAST и ANSYS Fluent [5, 6]. Эти системы интегрируют моделирование гидродинамики, тепловых процессов и фазовых переходов, обеспечивая детализированный прогноз поведения металла в литейной форме.

Использование описанных программных комплексов дополнено аппаратными решениями для получения исходных данных: трёхмерного сканирования форм, термодинамического мониторинга температурных полей и сенсорных систем контроля давления и скорости расплава. Интеграция реальных параметров заливки и материалов форм позволяет создавать виртуальные прототипы технологических процессов с высокой степенью достоверности, что существенно сокращает время отработки режимов и испытаний в условиях производства.

В процессе моделирования учитываются гидродинамические характеристики расплава, включающие вязкость, плотность и поверхностное натяжение, а также взаимодействие потока с поверхностью формы, покрытой защитным слоем. Параметры покрытия влияют на граничные условия, в частности, на коэффициенты теплопередачи и адгезии, что становится фактором, определяющим скорость охлаждения и распределение температуры в заполненной форме. Моделирование позволяет визуализировать маршруты распространения расплава, выявлять зоны возможного завоздушивания, турбулентности и неоднородности заполнения.

Особое значение при моделировании придаётся параметрам заливки: скорости вливания, частоте пульсаций потока, оптимальной высоте выпуска и точкам входа расплава. Высокая скорость может вызвать завоздушивание и образование окалин, тогда как слишком малое значение снижает производительность и способствует образованию неоднородных кристаллических структур. Влияние параметров заливки отражается также на уровне напорных потерь и распределении теплового потока, которые во взаимодействии с характеристиками формы и покрытия определяют конечное качество литого изделия [7].

Результаты моделирования демонстрируют, что оптимизация процесса заливки требует точного регулирования технологических параметров с учётом взаимосвязи гидродинамических и тепловых процессов. Точечный контроль этих параметров позволяет снизить риски образования дефектов, таких как пригар, пористость и усадочные раковины. Виртуальное тестирование изменений режимов и конфигураций форм

обеспечивает усиление стабильности производственного процесса и сокращение числа браков.

Выводы

Компьютерное моделирование заливки создает фундамент для последующего анализа процессов кристаллизации металлического расплава, поскольку результаты по температурным распределениям и динамике заполнения форм служат исходными данными для оценки твердения металла и формирования структуры отливок. Переход к моделированию кристаллизационных процессов позволит глубже исследовать взаимосвязь технологических параметров с качеством продукции.

Список источников

1. Разработка и применение цифрового двойника для моделирования литейных процессов в условиях действующего производства / С. В. Коренюгин, М. А. Садоха, С. Д. Шатилло, М. А. Рипинский // Литейное производство. – 2025. – № 10. – С. 33-38. – EDN LANOYT.

2. Чернышев Е.А. Литейные дефекты. Причины образования. Способы предупреждения и исправления / Е.А. Чернышев, А.И. Евстигнеев, А.А. Евлампиев. – М.: Машиностроение, 2008 – 282 с.

3. Современные противопригарные покрытия для литейных форм и стержней / И. Е. Илларионов, И. А. Стрельников, Н. Ф. Тихонов, А. В. Королев // Литейщик России. – 2025. – № 3. – С. 6-12. – EDN LWVILF.

4. Пикунев, М. В. Плавка металлов, кристаллизация сплавов, затвердевание отливок: учеб. пособие для вузов / М. В. Пикунев. – М.: МИСиС, 2005 – 416 с. – ISBN 5-87623-141-X.

5. Монастырский, А. В. PolygonSoft для литейного производства / А. В. Монастырский, Ю. Б. Власов // Литейное производство. – 2022. – № 8. – С. 31-37. – EDN BZUMUI.

6. Анализ параметров SLS- и SLM-технологии для литейного производства / Д. М. Юдин, А. В. Жданова, С. И. Костин, О. Н. Торпищева // Литейное производство. – 2024. – № 7. – С. 36-38. – EDN FRLKHR.

7. Kermanpur A., Eskandari M., Purmohamad H., Soltani M.A., Shateri R. Influence of Mould Design on the Solidification of Heavy Forging Ingots of Low Alloy Steels by Numerical Simulation // Materials and Design. 2010. № 31. P. 10961104.

МОДЕЛИРОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ

Сафонов А.О., Пашинов А.П., Селиванов К.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*

Аннотация. В данной работе представлены результаты моделирования универсального показателя для количественной оценки эффективности вторичной переработки изделий. В условиях роста экологических проблем и снижения объемов ресурсов повышается актуальность разработки устойчивых путей производства и потребления.

Имеющийся значительный дефицит ресурсов и повышающийся потребительский спрос определяют переработку важным звеном сокращения отходов и получения сырья [1]. Сейчас при имеющихся значительных результатах в разработке способов переработки отходов основным сдерживающим препятствием является отсутствие унифицированных, объективных способов оценки и анализа пригодности к переработке использованной продукции разных категорий и составов. При этом без четкого алгоритма производители имеют трудности при анализе продукции, возможности оценки ее вторичной переработки [2]. В работе рассматривается вопрос оценки пригодности использованной продукции к переработке методом, подходящим для различных отраслей.

Чтобы решить эту задачу предлагается универсальный показатель оценки эффективности переработки, позволяющий провести анализ пригодность использованного продукта к дальнейшей переработке. В рассматриваемом вопросе процедуры и способы переработки играют важную роль в решении проблем,

обусловленных особенностями утилизации отходов. Например, во всем мире повышается обеспокоенность по росту необходимости утилизации отходов в период окончания срока эксплуатации бытовой техники.

Расширение ассортимента и объемов производства бытовой техники во всем мире стало причиной разработки нормативных документов, обязывающих производителей перерабатывать отслужившие свой срок устройства. В настоящее время разработаны различные инструменты и показатели для оценки пригодности продукции к утилизации или ремонту. Одним из наиболее известных методов является показатель ремонтпригодности iFixit [3], который анализирует продукцию на основе сложности ремонта. Этот показатель основывается на таких критериях, как руководство по эксплуатации и ремонту, сложность разборки и стоимость запасных частей. Конечно, показатель iFixit дает полезную информацию о ремонтпригодности изделия, он ограничивается только ремонтпригодностью, а не перерабатываемостью в целом. Такой подход оставляет пробел при принятии решения о получении переработанного сырья по окончании периода эксплуатации продукции. Законы некоторых стран Евросоюза о борьбе с отходами обязывают производителей показывать индекс ремонтпригодности, проводить маркировку изделий с информацией об оценке ремонтпригодности. Этот показатель способствует оценке длительности жизненного цикла изделий за счет параметра доступности запасных частей с учетом сложности разборки. В настоящее время показатель ремонтпригодности для электронной техники заменен на показатель долговечности, который ранее использовался для теле- и видеоаппаратуры, а также некоторых видов бытовой техники. Цель такого подхода – информировать потенциальных потребителей о возможностях продления срока эксплуатации приборов, например, путем направления покупательского спроса в сторону техники, которая является более надежной, не сложной при проведении сервисных и ремонтных работ [4].

Аналогичным образом, для получения решения о ремонте применяется показатель устаревания, включающий срок

эксплуатации отдельных компонентов с учетом ограничений по стоимости. С этой целью применялся индекс ремонтпригодности для полнофакторной оценки целесообразности ремонта для некоторых типов бытовых устройств [5]. При этом предложен комплексный алгоритм к согласованию изделий в рамках циклической экономики. Однако, не смотря на указанный подход, его достаточно сложно последовательно применять ко всем продуктам из различных отраслей по причине сложности и необходимости иметь подробные сведения об отдельных компонентах. Рассматриваемая методика направлена на анализ последствий влияния на окружающую среду без учета степени перерабатываемости изделий.

Разработка универсального показателя переработки для полнофакторного анализа пригодности техники к переработке имеет важное значение, так как существующие подходы не стандартизированы и не согласуются между собой. Это обстоятельство приводит к неопределенности с отсутствием информации, как для производителей, так и для потребителей. В этой связи возникла необходимость разработать универсальный стандартизированный подход для анализа пригодности различных видов изделий к переработке с обязательным учетом технических, технологических и экологических параметров.

Системная методика была нужна для того, чтобы разрабатываемый показатель точно оценивал пригодность продукта к дальнейшей переработке. Предлагаемый подход включает несколько основных этапов, а именно: переработка или вторичное использование отдельных компонентов, переработка получаемых материалов и утилизация образующихся отходов. Такой алгоритм показывает общую стратегию переработки изделий от повторного применения отдельных компонентов к переработке получаемых материалов и, в конечном счете, к утилизации отходов, которые невозможно переработать в ценное сырье.

Сама концепция переработки отслуживших свой срок компонентов базируется на принципах проектирования, сложности разборки и последующего восстановления, которые направлены в сторону повторного применения или

восстановления отдельных компонентов по окончании эксплуатации изделия. Так, поврежденные узлы или детали, изготовленные из недолговечных компонентов, направляются на дальнейшую переработку материалов, где происходит их частичное или полное восстановление.

Показатель, оценивающий возможность переработки изделия по принятой шкале от 0 до 10, содержит три основных зависимости в соответствии с предлагаемой иерархией. В этом случае 0 представляет собой наиболее низкий индекс, а 10 – наиболее высокий. Принятая шкала предоставляет достаточно полную информацию с требуемым уровнем значимости из-за сочетания простоты и приемлемой детализации при проведении анализа. Расчет должен быть основан на информации о продукте с подробным описанием компонентов, имеющихся материалов и предъявляемым требованиям к инструментам. Указанные элементы представлены в формулах (1)...(4):

$$N_{\text{общ}} = v_{\text{комп}} \cdot N_{\text{комп}} + v_{\text{мат}} \cdot N_{\text{мат}} + v_{\text{отх}} \cdot N_{\text{отх}}. \quad (1)$$

$$N_{\text{комп}} = v_{\text{комп } 1} \cdot N_{\text{комп } 1} + v_{\text{комп } 2} \cdot N_{\text{комп } 2} + v_{\text{комп } 3} \cdot N_{\text{комп } 3}. \quad (2)$$

Первый элемент формулы (1) описывает объемы переработки $v_{\text{комп}}$ отдельных компонентов $N_{\text{комп}}$, рассчитываемых по формуле (2). Он учитывает части перерабатываемой техники или изделия, которые могут повторно применяться в виде комплектующих для новой продукции. Основными параметрами являются вид разборки, особые требования к инструменту и возможность неразрушающей разборки, которые характеризуются различными весовыми коэффициентами, а именно: неразрушающий тип разборки $N_{\text{комп } 3} = 0,6$, разрушающий тип разборки $N_{\text{комп } 1} = 0,3$ и требования, предъявляемые к инструменту $N_{\text{комп } 2} = 0,1$.

Для переработки отдельных компонентов необходимо их полное извлечение, чтобы была возможность их повторного применения в новой технике. В связи с этим неразрушающий тип разборки $N_{\text{комп } 3}$ оценивается весовым коэффициентом 0,6. Такой

подход отражает его сильное влияние на показатель возможности переработки отдельных компонентов, так как повторное применение реально только в случае, если извлеченные узлы или отдельные детали остаются неповрежденными. Далее важным критерием является тип разборки $N_{комп\ 1}$, которому присвоен коэффициент, равный 0,3. Этот показатель влияет на необходимые затраты и определяет, можно ли разобрать изделие без разрушения, например, винтовые соединения или нет, например, сварка, заклепочное соединение или склеивание. Конечно, тип разборки играет важную роль для возможности повторного использования комплектующих изделия. Критерию, характеризующему требования, предъявляемые к инструменту $N_{комп\ 2}$, присвоено значение 0,1, так как он лишь условно влияет на возможность дальнейшего применения компонента. Однако требования к инструменту определяют уровень сложности разборки. Эти требования не так критичны, чем критерий неразрушающего способа разборки. Показатель повторного применения компонента описывается формулой (2), которая содержит рассмотренные коэффициенты веса и их оценки.

По формуле (3) определяется коэффициент веса $v_{комп\ i}$, который определяет долю данного вида разборки k_i в общем составе этапов разборки $k_{комп}$ для последующей переработки компонентов.

$$v_{комп\ i} = \frac{k_i}{k_{комп}}. \quad (3)$$

При этом коэффициент $N_{комп\ i}$ определяется по формуле (4) путем нахождения суммы частных произведений каждого веса $v_{комп\ i}$ и соответствующего коэффициента для каждого вида разборки:

$$N_{комп\ i} = \sum_{i=1}^3 v_{комп\ i} \cdot N_{отх\ комп\ i}. \quad (4)$$

Следует отметить, что k_i обозначает общее количество конкретных видов разборки и определяется как целочисленное значение. Рассматриваемый процесс повторяется для всех видов разборки, принимающих участие в переработке отдельных

компонентов, где определяемый коэффициент $N_{комп 1}$ находится по таблице 1. Представленные в таблице 1 виды учитывают соединение отдельных компонентов и необходимые усилия. Основными факторами являются требуемое время и сложность демонтажа. Однако продолжительность демонтажа не может применяться в качестве критерия, так как напрямую зависит от объема и общей массы компонента.

Таблица 1 – Вес вида разборки

Вид разборки	Коэффициент $N_{комп 1}$
Без крепления элементов	10
Требуется разборка	9
Необходимо извлечение	8
Необходим демонтаж силовых соединений (экстракция, ослабление растяжением или давлением)	7
Ослабление неразборных соединений (ослабление гвоздей или шурупов или путем давления)	6
Демонтаж компонентов, соединенных методом формования	5
Демонтаж компонентов, соединенных путем сварки	4
Отпайка соединений	3
Ослабление соединений на основе клея	2
Разборка тканевых соединений	1
Неразборные соединения или отсутствует информация о соединении	0

Конечно, демонтаж маленькой детали путем отпайки или откручивания проходить быстрее, чем отсоединение более крупной и массивной детали, даже если способ демонтажа одинаков.

Таким образом, продолжительность демонтажа не является объективным показателем, так как она зависит от размера изделия и не достаточно точно описывает пригодность узла для вторичной переработки. Элементы без креплений будут иметь самый высокий балл, а неразборные соединения или с отсутствующей информацией – самый низкий. Вес вид разборки определяется соотношением рассматриваемых этапов демонтажа к их общему количеству. Требования к составу инструментов учитывают оборудование, необходимое для демонтажа соединительных элементов. Решение принимается по оценочной таблице 2, по трем критериям, а именно: отсутствие инструментального оборудования или стандартный

инструмент, специальные приспособления, уникальный инструмент или отсутствует информация. Весовой критерий требований к этому показателю определяется отношением числа необходимых инструментов к количеству этапов демонтажа.

Таблица 2 – Вес требований к инструментам

Наименование показателя	Коэффициент веса инструмента
Стандартный инструмент	10
Специальные инструмент	5
Уникальный инструмент или отсутствует информация	0

Результат демонтажа показывает состояние узла или изделия после разборки и может быть как неразрушенный (узел сохраняет функциональность), частично демонтированный (узел работоспособен, но содержит частичные повреждения) или полностью разрушенный.

Указанные критерии также оцениваются по рейтинговой таблице 3 с учетом веса, определяемого отношением числа результатов разборки к суммарному количеству этапов разборки. При этом показатель переработки узла или изделия рассчитывается по формуле (4).

Таблица 3 – Оценка результата демонтажа

Наименование показателя	Коэффициент веса демонтажа
Неразрушенный	10
Частично разрушенный	5
Полностью разрушенный или отсутствует информация	0

Вторая часть указанной выше формулы (1) учитывает переработку материалов, предполагая переработку отслужившего изделия без сохранения его работоспособности. Основными показателями переработки являются: свойства материал, вид демонтажа и критерии инструментов.

Они классифицируются по важности, как и переработка отдельных компонентов: свойства материала $N_{mat1} = 0,5$, вид демонтажа $N_{mat2} = 0,3$ и характеристики инструмента $N_{mat3} = 0,2$. Весовые коэффициенты для материалов сформированы по аналогичному принципу, что и для компонентов с учетом

потенциала к последующей переработке. Они определяются по формулам (5)...(7):

$$N_{\text{мат}} = v_{\text{мат } 1} \cdot N_{\text{мат } 1} + v_{\text{мат } 2} \cdot N_{\text{мат } 2} + v_{\text{мат } 3} \cdot N_{\text{мат } 3} \cdot \quad (5)$$

$$v_{\text{мат } i} = \frac{m_i}{k_{\text{мат}}}. \quad (6)$$

$$N_{\text{мат } i} = \sum_{i=1}^3 v_{\text{мат } i} \cdot N_{\text{отх мат } i} \cdot \quad (7)$$

Таким образом, полученные результаты моделирования универсального показателя для оценки эффективности вторичной переработки изделий позволяют проводить анализ с достаточно достоверной информацией. При этом обеспечивается полное понимание его применимости к различным изделиям. Конечно, таблицу материалов при необходимости можно детализировать, расширив виды материалов. Например, термопластики можно разделить на различные подвиды: полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид и так далее. В перспективе методы демонтажа, требуемые инструменты можно уточнять, что сделает показатель переработки более универсальным и детализированным. Также целесообразно оптимизировать рассматриваемый показатель для предварительной оценки сбора и дальнейшей сортировки отходов, а затем учитывать его в общем расчете. В перспективе можно определить другие весовые коэффициенты, например, учитывающие объем или массу демонтируемого изделия.

Список источников

1. Сафонов, А.О. Направления утилизации отходов агропромышленного комплекса при производстве биотоплива [Текст] / А.О. Сафонов, А.Е. Бондарев // Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2025»). Секция: «Теоретические и практические вопросы транспорта» Сборник статей Международной научно-практической конференции. – Воронеж: филиал РГУПС в г. Воронеж, 2025. – С. 152 - 155.

2. Safonov, A.O. Global trends in the development of the biofuel industry and its impact on the Russian economy [Text] / A.O. Safonov, Zhou Dingguo, Zhang Yang // Актуальные проблемы

воспроизводства, переработки и утилизации природных полимеров с использованием возобновляемых источников энергии: мат. международного молодежного научного форума, 03-07 октября 2016 г. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронеж. гос. лесотехн. ун-т имени Г.Ф.Морозова», – 2016. Том № 1. С. 21-27.

3. Hsing, L. Reverse system planning for recycling different equipment and computers / L. Hsing // *Process of Recycling*. – 2021. – №7. – P. 1104 – 1112.

4. Choug, L. Optimizing reverse costs for recycling lifecycles electronic products / L. Choug, D. Ling // *Systems with recycling*. – 2023. – №6 (148). – P. 322 – 329.

5. Cao, B. Recycling in China: generation and treatment / B. Cao, Y. Cheng, B. Shee, L. Liu, X. Xihang // *Journal of Cleaner Production*. – 2020. – №11 (74). – P. 189 – 200.

**СТРУКТУРНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ (ПО ГОСТ Р
57193-2016) ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ**

Ражик И.Н.

*ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова»,
г. Белгород, Россия*

Аннотация

В работе предложен подход к формализации процесса управления качеством на основе ГОСТ Р 57193-2016. Разработана трехуровневая структурно-алгоритмическая модель, включающая контуры планирования, контроля и корректировки. Модель предназначена для проектирования автоматизированных систем управления жизненным циклом.

Ключевые слова: управление качеством, структурное моделирование, алгоритм, ГОСТ Р 57193-2016, автоматизация, жизненный цикл.

Введение В современных условиях цифровизации промышленности ключевым фактором конкурентоспособности является эффективность процессов жизненного цикла систем (ЖЦС). Базовым нормативным документом, регламентирующим данные процессы в Российской Федерации, является ГОСТ Р 57193-2016 (ISO/IEC/IEEE 15288:2015) «Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем». Данный стандарт устанавливает общую терминологию и структуру процессов, включая критически важный процесс управления качеством (п. 6.2.5).

Однако стандарт представляет собой текстовое описание «целей» и «выходных результатов», что создает существенный разрыв между нормативными требованиями и их практической реализацией в автоматизированных системах управления (АСУ). Текстовая форма описания допускает неоднозначность трактовок и затрудняет прямое программирование алгоритмов контроля

качества. Для интеграции требований ГОСТ в программный код информационных систем (ERP, QMS) необходима их строгая математическая и структурная формализация.

В связи с этим, актуальной научной и практической задачей является преобразование вербального описания стандарта в формализованную алгоритмическую модель. Целью данной работы является разработка нормативной алгоритмической модели процесса управления качеством, пригодной для использования в качестве логической основы при проектировании систем автоматизации.

Методология

В основу исследования положен метод структурно-автоматного моделирования сложных технических систем, разработанный профессором Н.Г. Малышевым. Данный подход позволяет представить организационно-технический процесс как иерархическую систему дискретных конечных автоматов, функционирование которых описывается каноническими уравнениями переходов и выходов.

В качестве объекта моделирования выбран процесс «Управление качеством» (п. 6.2.5), регламентированный стандартом ГОСТ Р 57193-2016 [1]. Процедура синтеза модели включала три этапа:

Структурная декомпозиция: Текстовое описание стандарта (цели, выходы, действия) было разбито на элементарные функциональные операции, обозначенные как операторы действия Q_i^k (где k – уровень иерархии, i – индекс операции).

Логическая формализация: Условия перехода между операциями (критерии успеха, выявление несоответствий, риски) формализованы в виде логических предикатов P_j , принимающих значения $\{0, 1\}$.

Топологический синтез: на основе выявленных причинно-следственных связей построена граф-схема алгоритма (ГСА), объединяющая операторы и предикаты в единую сетевую структуру с контурами обратной связи.

Реализация метода позволила преобразовать линейное текстовое описание стандарта в разветвленный алгоритм, содержащий контуры автоматического регулирования (циклы

обратной связи), что соответствует принципам кибернетического управления (цикл PDCA).

Результаты исследования В ходе структурного синтеза была сформирована единая нормативная алгоритмическая модель процесса управления качеством, представленная на Рисунке 1. Модель имеет иерархическую структуру и состоит из трех взаимодействующих контуров (уровней), каждый из которых выполняет специфические функции в соответствии с требованиями ГОСТ Р 57193-2016.

I. Уровень планирования и установки нормативов Первый контур модели (верхняя часть Рис. 1) реализует требования п. 6.2.5.3 а) стандарта. Алгоритм данного уровня обеспечивает инициализацию системы качества: от анализа контекста до утверждения ресурсного плана. Спецификация элементов первого уровня приведена в Таблице 1.

Таблица 1. Спецификация элементов уровня планирования (Planning Loop)

Обозначение	Наименование элемента	Связь с ГОСТ (п. 6.2.5.3)	Описание операции
Q1 1	Анализ контекста	а) 1)	Анализ стратегии организации и внешних требований.
Q2 1	Политика качества	а) 1)	Формирование Политики и процедур управления качеством.
Q3 1	Целеполагание (KPI)	а) 1)	Установление измеримых целей по качеству.
P1	Проверка целей	–	Цели достижимы и непротиворечивы? (1 – Да, 0 – Нет).
Q4 1	Распределение ролей	а) 2)	Назначение ответственных и владельцев процессов.
Q5 1	Выбор метрик	а) 3)	Определение показателей для измерения (продукта/услуги).
Q6 1	Методология оценки	а) 3)	Выбор методов контроля (аудит, тест, инспекция).
Q7 1	Пороговые значения	а) 3)	Установление границ допуска (критерии приемки).
Q8 1	Анализ ресурсов	а) 4)	Определение потребности в оборудовании и ПО.
Q9 1	Информационное обеспечение	а) 4)	Настройка каналов сбора данных.
Q10 1	Обучение персонала	а) 4)	Планирование квалификации сотрудников.

Q11 1	Сборка Плана	а)	Формирование итогового "Плана обеспечения качества".
P2	Утверждение плана	–	Ресурсов достаточно для старта? (1–Переход на Ур. II, 0 – Пересмотр).

II. Уровень реализации и контроля Второй контур (средняя часть Рис. 1) моделирует оперативную деятельность по оценке качества согласно п. 6.2.5.3 б). Для реализации требования одновременного контроля модель использует узел разветвления, запускающий четыре параллельных потока мониторинга (Линии А, В, С, D). Описание элементов представлено в Таблице 2.

Таблица 2. Спецификация элементов уровня реализации и контроля (Assessment Loop)

Поток / Линия	Код	Наименование	Описание операции
Вход	Fork	Запуск цикла	Старт параллельных процессов мониторинга.
Линия А	Q1 2a	Регистрация поставки	Идентификация входящих материалов/ресурсов.
(Ресурсы)	Q2 2a	Инструментальный контроль	Замеры физических параметров сырья.
	Q3 2a	Сверка со спец.	Сравнение с контрактными требованиями.
	p3	Входной контроль	Сырье пригодно? (0 – Возврат поставщику/Брак).
	Q4 2a	Допуск в работу	Передача ресурсов в производство.
Линия В	Q5 2b	Выборка процесса	Определение участка для аудита.
(Процессы)	Q6 2b	Мониторинг параметров	Снятие телеметрии процесса (время, T°, скорость).
	Q7 2b	Проверка SOP	Контроль соблюдения персоналом инструкций.
	Q8 2b	SPC Анализ	Статистический контроль стабильности процесса.
	p4	Стабильность	Процесс управляем? (0 – Наладка процесса).
	Q9 2b	Аттестация этапа	Фиксация успешного завершения этапа.
Линия С	Q10 2c	Отбор проб	Взятие образцов готовой продукции.
(Продукт)	Q11 2c	Испытания (Lab)	Разрушающий/неразрушающий контроль.
	Q12 2c	Сверка с ТУ	Сравнение результатов с эталоном.
	p5	Качество ОК?	Соответствует спецификации? (0 – Изолятор брака).

	Q13 2с	Сертификация	Выпуск паспорта качества на партию.
Линия D	Q14 2d	Сбор отзывов	Мониторинг обращений в поддержку/отзывов.
(Заказчик)	Q15 2d	Расчет индексов	Расчет CSI / NPS (удовлетворенность).
	Q16 2d	Валидация треб.	Проверка актуальности требований заказчика.
	P6	Претензии?	Есть жалобы? (0 – Регистрация инцидента).
Финал	Q17 2	Агрегация	Сбор данных со всех 4-х линий в единую базу.
(Анализ)	Q18 2	План-Факт	Оценка достижения целей Уровня I.
	Q19 2	Тренды	Анализ тенденций ухудшения качества.
	P7	Глобальный статус	Риски или отклонения найдены? (1 – Переход на Ур. III).
	Q20 2	Отчетность	Формирование отчета для руководства.

III. Уровень корректировки и улучшения Третий контур (нижняя часть Рис. 1) реализует цикл обработки несоответствий согласно п. 6.2.5.3 с). Модель описывает алгоритм поиска коренной причины (RCA) и выбор стратегии коррекции. Полный перечень элементов приведен в Таблице 3.

Таблица 3. Спецификация элементов уровня корректировки (Action Loop)

Обозначение	Наименование элемента	Связь с ГОСТ (п. с)	Описание операции
Q1 3	Регистрация	с) 1)	Запись несоответствия (Инцидент/Риск) в журнал.
Q2 3	Классификация	с) 1)	Определение типа проблемы (Техническая/Орг.).
Q3 3	Анализ RCA	с) 1)	Поиск коренной причины (Root Cause Analysis).
Q4 3	Стратегия решения	с) 1)	Выбор метода: исправить, переделать или принять.
P8	Причина ясна?	–	Найдена коренная причина? (0 – Повторный анализ).
Q5 3	Разветвитель мер	с) 2)	Запуск веток реализации (Коррекция / Превенция).

Q6 3a	Изоляция (Продукт)	с) 3)	Блокировка бракованной партии.
Q7 3a	Rework (Продукт)	с) 3)	Доработка или утилизация продукции.
Q8 3b	Правка процедур	с) 3)	Внесение изменений в регламенты/код.
Q9 3b	Инструктаж	с) 3)	Переобучение персонала новым методам.
Q103b	Замена ресурсов	с) 3)	Обновление инструмента/ПО.
Q11 3	Оценка рисков	с) 2)	Анализ рисков от внедряемых изменений.
Q12 3	Внедрение контроля	с) 2)	Установка новых контрольных точек (Preventive).
P9	Внедрено?	–	Меры реализованы?
Q13 3	Верификация мер	с) 1)	Проверка эффективности (проблема ушла?).
Q14 3	Валидация решения	с) 1)	Подтверждение у заказчика (если применимо).
P10	Проблема решена?	–	Критерий закрытия выполнен? (0 – Возврат в начало).
Q15 3	Закрытие	с) 3)	Архивация, обновление базы знаний (Lessons Learned).

Теоретический прогноз эффективности внедрения модели

Разработанная структурно-алгоритмическая модель создает теоретический базис для перехода от «лоскутной» автоматизации отдельных задач качества к созданию комплексных систем управления качеством (QMS) класса Enterprise. Внедрение предложенной модели в IT-ландшафт предприятия позволит достичь следующих результатов:

1. Устранение семантической неоднозначности стандарта.

Перевод текстовых требований ГОСТ Р 57193-2016 [1] в формат дискретных автоматов ($Q \rightarrow P$) исключает возможность двойной трактовки процедур персоналом. Алгоритмизация условий перехода (например, P_3 – входной контроль, P_4 – стабильность процесса) делает процедуру принятия решений детерминированной и прозрачной.

2. Снижение латентности (задержек) управления.

За счет распараллеливания процессов мониторинга на II уровне модели (одновременный запуск линий А, В, С, D через узел разветвления) теоретическое время цикла оценки качества (T_{cycle}) сокращается на 30–40% по сравнению с последовательной схемой контроля. Это позволяет перейти от реактивного управления (исправление брака) к предиктивному (реагирование на тренды Q_{19}^2 до появления дефектов).

3. Обеспечение сквозной прослеживаемости (Traceability).

Иерархическая структура модели с жесткими обратными связями гарантирует, что ни один инцидент (зарегистрированный в Q_1^3) не будет закрыт без прохождения верификации (Q_{13}^3) и валидации (Q_{14}^3). Это создает цифровой след каждого решения, что критически важно при сертификационных аудитах (ISO 9001).

4. Основа для «Цифрового двойника» системы качества.

Формализованная матрица связей между блоками позволяет использовать модель для имитационного моделирования (например, в среде AnyLogic). Это дает возможность прогнозировать поведение системы качества при изменении входных параметров (смена поставщиков, ужесточение допусков) без натуральных экспериментов на производстве.

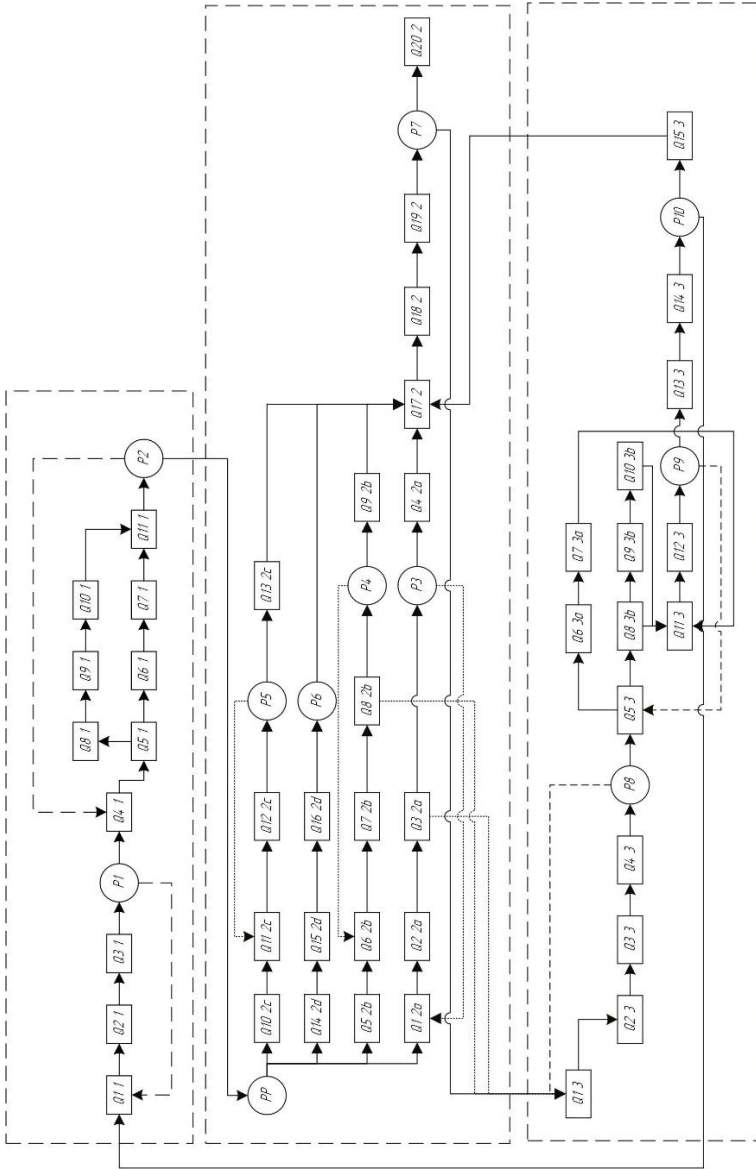


Рисунок 1. Нормативная алгоритмическая модель процесса управления качеством

Таким образом, предложенная модель не только систематизирует требования стандарта, но и служит готовым техническим заданием (ТЗ) для разработки микросервисов автоматизированной системы управления качеством.

Заключение. В результате проведенного исследования решена задача формализации процесса управления качеством для целей автоматизации. На основе структурно-автоматного подхода построена нормативная алгоритмическая модель, обладающая следующими характеристиками:

Полнота: Модель включает 75 элементов (58 функциональных блоков и 10 логических условий), что обеспечивает детальное покрытие требований ГОСТ Р 57193-2016.

Связность: Реализована сложная топология с четырьмя параллельными потоками мониторинга и многоуровневыми обратными связями, что позволяет моделировать нелинейную динамику реальных производственных процессов.

Универсальность: Декомпозиция на уровни «Планирование», «Контроль» и «Корректировка» позволяет использовать модель как унифицированный шаблон (pattern) при проектировании корпоративных информационных систем (КИС) и модулей QMS (Quality Management System).

Список источников

1. ГОСТ Р 57193-2016. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем. — М.: Стандартинформ, 2016. — 94 с.

2. Малышев, Н.Г. Структурно-автоматные модели технических систем / Н.Г. Малышев. — М.: Радио и связь, 1986. — 166 с.

3. Федорова, В. В. Управление качеством в проектировании и производстве автоматизированных систем : монография / В. В. Федорова, А. С. Климов. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 224 с. – ISBN 978-5-8114-3501-7.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ АНАЛИЗА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОДУКЦИИ

Сафонов А.О.

*ФГКВОВУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
г. Воронеж, Россия*

Аннотация. Точные и достоверные данные жизненного цикла (ДЖЦ) определяют надежность и необходимую точность результатов его анализа. Зачастую ДЖЦ неполны, что снижает точность получаемых результатов анализа жизненного цикла (АЖЦ). Для исключения этой проблемы представлен метод генерации данных ДЖЦ, включающий нейронные процессы в совокупности с активным обучением.

Анализ жизненного цикла достаточно широко применяется в методах оценки влияния продуктов и процессов на экологию в период их жизненного цикла [1]. В связи с интересом к устойчивому развитию и охране окружающей среды АЖЦ получил распространение в промышленности, образовательной деятельности и стратегических исследованиях [2].

Полученный ДЖЦ составляют основу АЖЦ, предоставляя необходимые сведения о входных и выходных параметрах различных производственных процессов. Обычно ДЖЦ структурируют в форме матрицы, в которой строки определяют входные и выходные данные, а столбцы определяют имеющиеся единичные процессы. Отдельная запись в такой матрице количественно содержит данные конкретного потока, определяющего конкретный процесс. Проблема формирования ДЖЦ возникает в случае, когда набор полученных данных не достаточно полный и может содержать пропущенные или

некорректные записи. Такие записи надо спрогнозировать. Формально, если имеется набор пар «процесс-поток»:

$$N = \{(x_i, y_j)\}, \quad (1)$$

где x_i - характеристика процесса; y_j - значение расхода.

Целью исследований является определение функции, которая будет прогнозировать любое отсутствующее значение расхода y_j для рассматриваемой характеристики процесса x_i :

$$z = f(N, y_j), \quad (2)$$

где N представляет собой имеющиеся пары «процесс - поток».

Следует отметить, что x_i обычно содержит описание в формате естественного языка, что затрудняет его применение в качестве входных значений для создаваемых уравнений. При этом значение потока y_j представляет собой значение, которое проще использовать в процессе машинного обучения.

Группа ученых решала эту задачу, применяя алгоритм XGBoost, содержащий метод обучения, содержащий дерево решений [3]. Чтобы решить задачу применения описаний процессов, их метод не предполагает использование значения x в качестве входных характеристик и полагается на уже известные значения потока. Пусть для всех процессов j будет множество значений отсутствующих потоков p_j и множество индексов рассматриваемых потоков. Функцию прогнозирования для исследуемого процесса j можно выразить формулой:

$$z_1 = f_j(\{y_{kj} : k \in q_j\}, i). \quad (3)$$

Примененный метод XGBoost не предполагает учет взаимного влияния потоков и процессов, имеющийся в реальных матрицах данных [3]. Кроме того, этот подход не обеспечивает комплексной количественной оценки неопределенности, критически важной для количественной оценки неопределенности каждого прогнозируемого значения данных ДЖЦ. Такой метод не

учитывает важную информацию о параметрах процесса x , которая повышает точность прогнозирования.

В выполненной работе для решения задачи формирования ДЖЦ применялись нейронные процессы. Их архитектура содержит 3 основные части:

1) Кодировщик h_i , который отображает все используемые пары «процесс-поток» в d -мерное пространство. Кодирование позволяет фиксировать существенные особенности всех отношений пар «процесс-поток».

2) Агрегатор генерирует отдельные представления в общее глобальное представление. Это дает возможность модели фиксировать зависимости между рассматриваемыми процессами и потоками.

3) Декодер применяет глобальное представление для имеющихся целевых процессов, производя прогнозные значения потока с учетом неопределенностей. Так, каждая имеющаяся пара «процесс-поток» (x_i, y_i) , учитывается как:

$$r_i = h_1(x_i, y_j) \quad (4)$$

где r_i - определяет основные показатели пары «процесс-поток».

Исследуя эти представления, разработанная модель может определять различные зависимости в ДЖЦ без практической необходимости «ручного» формирования функций. Такая характеристика особенно важна для анализа ДЖЦ, где зависимости между процессами и соответствующими потоками могут быть достаточно сложными в силу специфики конкретной области знаний.

Указанные представления затем аккумулируются в глобальную переменную:

$$z = a(r_1 \dots r_n). \quad (5)$$

Глобальная переменная z генерирует информацию обо всех объектах или анализируемых пар «процесс-поток». Это дает

возможность модели фиксировать взаимосвязи между определенными процессами и потоками.

При этом декодер генерирует прогнозные значения для целевых процессов:

$$y_j = g(x_i, z). \quad (6)$$

С целью учета неопределенности, выходные параметры моделируются как функции гауссовых распределений, а именно:

$$p(x_i, z) = N(y_j, \mu_j, \sigma_j^2), \quad (7)$$

где μ_j, σ_j^2 рассчитываются с помощью декодера.

Такая математическая интерпретация позволяет определять сложные зависимости между процессами и потоками. При этом наблюдается неопределенность оценки достоверности, которая содержит ограничения предыдущих оценок. Имеющаяся стохастическая природа нейронных процессов дает возможность моделировать потенциальные «пробелы» в данных. Это обстоятельство имеет большое значение для вероятностной оценки влияния на окружающую среду.

В сравнительном анализе с XGBoost, применяемые учеными методы, основанные на регрессии нейронных зависимостей, предлагают ряд значимых достоинств для полноты ДЖЦ. Нейронные процессы учитывают глобальные связи в процессах и потоках путем учета переменной z , дающей полное представление данных. При этом XGBoost обрабатывает каждую переменную по независимому принципу. Глобальный контекст дает возможность лучше понимать и применять зависимости в ДЖЦ. Также нейронные процессы делают качественный анализ неопределенности, который оказывается критическим для определения точности и правдоподобности предварительно определенных значений, в то время как XGBoost будет требовать дополнительных этапов для количественного анализа неопределенностей. Свойство высокой адаптивности нейронных

процессов также является ключевым преимуществом, оно позволяет легко добавлять новые сведения без соответствующего предварительного анализа. Это делает адаптивность весьма привлекательным свойством для ДЖЦ, которые могут периодически обновляться. Полученные обновления могут значительно изменить результаты АЖЦ.

При этом для XGBoost необходимо переобучение для учета новой информации, что может сопровождаться большим объемом вычислений и их значительной продолжительностью.

Конечно, нейронные процессы преуспевают в машинном обучении, совершенствуя гибкость возможного изменения процессов и потоков. Такой подход может захватить более сложные зависимости, чем выраженные фиксированными функциями, применяемыми в XGBoost. Следует отметить, что кодировщик и декодер реализованы в виде многоступенчатых функций. Многоступенчатые первичные модели предназначены для процесса аппроксимации сложных функций, что делает их необходимыми для учета сложных зависимостей в данных ДЖЦ.

Агрегатор применяет инвариантный к изменению данных средний оператор:

$$z = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i . \quad (8)$$

Применение агрегатора обусловлено обеспечением генерации модели независимо от организации входных данных. Это имеет огромное значение для свойств надежности, а также воспроизводимости результатов АЖЦ.

Применяемое обучение проводится с применением вариационного вывода. Этот вывод используется для функции аппроксимации истинного распределения. Метод позволяет сбалансировать соотношение разработанной модели наблюдаемым значениям с ее неопределенностью, что обеспечивает точность данных для оптимизации, содержащей два основных элемента.

1) Логарифм правдоподобия, который показывает адекватность модели по отношению к наблюдаемым данным

$$L_q[\log p(y_j, z)] \quad .$$

(9)

2) Функция Кульбак-Лейблера, которая определяет регуляризацию, предотвращая переобучение.

Такое представление позволяет обучать разработанную модель с заданной точностью и необходимым обобщение, что очень важно в ДЖЦ, где функция переобучения неполным наблюдениям может являться причиной не достаточно достоверных результатов.

Таким образом, базы д ДЖЦ постоянно совершенствуются, появляются новые методы и обновленные способы измерения, которые являются доступными спустя некоторое время. Чтобы учесть динамические процессы и максимизировать эффективность получения данных необходимо применять стратегию активного обучения.

Применяемый подход дает возможность проводить пошаговое моделирование с совершенствованием создаваемой модели и алгоритмом процесса генерирования данных, акцентируя внимание на наиболее информативных блоках данных. В проведенном исследовании показан новый подход на основе нейронных процессов для качественного улучшения формирования ДЖЦ. Он предполагает значительное увеличение точности по сравнению с традиционными методами при меньших затратах времени. При этом рассмотренный подход представляет собой способ выборочного получения данных в неизвестных парах «процесс-поток» путем активного обучения, что позволяет получить высокую точность прогнозирования со снижением объема пропущенных данных. Полученные результаты будут иметь значение для задач проектирования и анализа жизненного цикла. Решая задачу неполноты ДЖЦ, проектируемый подход создает масштабируемое решение, которое уменьшает зависимость от необходимости полного сбора данных. При этом АЖЦ становится более доступным и достоверным для промышленного использования при оценке различных массивов данных.

Список источников

1. Сафонов, А.О. Экологические предпосылки создания мобильных биотопливных установок / А.О. Сафонов, А.Е. Бондарев, С.В. Манохин // Прогнозирование инновационного развития национальной экономики в рамках рационального природопользования [Электронный ресурс]: материалы X Международной научно-практической конференции (11 ноября 2021 г.) / Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2021. – 5,0 Мб ; 453 с. – Режим доступа <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/prognozirovanie-innovacionnogo-razvitiya-nacionalnoy-economiki-2021.pdf>. – Заглавие с экрана. С. 445 - 452.
2. Fineden, P. Developments in life cycle / P. Fineden, M. Haushech, T.Ekwall, E.Heijungers // Journal of Environmental Science. – 2024. – №9. – P. 254–259.
3. Robither, G. Life cycle assessment: Part1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications / G. Robither, T. Ekwall, R. Frisnecht, D. Nunkeler // Environment Int. – 2022. – №14 (45). – P. 114–121.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПО РЕМОНТУ И ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ ТРУБОПРОВОДОВ В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

Шерстюков И.Д., Назина Л.И., Клейменова Н.Л.

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

Обеспечение качества предоставления работ и услуг для атомной отрасли, в частности ремонт, монтаж и техническое обслуживание оборудования, трубопроводов, механизмов является важнейшей задачей в организациях, которые осуществляют деятельность по поддержанию работоспособности атомных электростанций.

Согласно годовому отчету Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору за 2024 год в организациях по виду деятельности "Производство электроэнергии атомными электростанциями, в том числе деятельность по обеспечению работоспособности электростанций" наиболее востребованы работы по ремонту и техническому обслуживанию трубопроводов.

ООО «АтомИнфо» является конкурентоспособной организацией на рынке предоставления работ и услуг для атомной отрасли. Организация сформирована из профессионалов с большим опытом организации и производства ремонтных работ, разработки различной документации, выполнения научно-исследовательских работ. Основная деятельность ООО «АтомИнфо» заключается в ремонте и техническом обслуживании оборудования, трубопроводов, механизмов. В ходе проведения работ за 2023 год были выявлены следующие виды несоответствий (рис. 1).

Наиболее значимыми несоответствиями являются дефекты сварных соединений, которые могут помешать безопасному

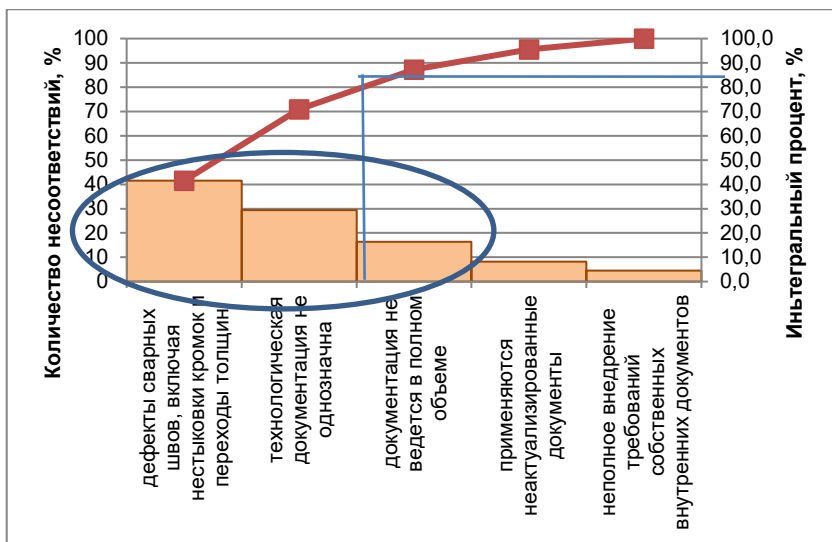


Рис. 1. Диаграмма Парето по количеству несоответствий, выявленных в 2023 году

пропуску очистных или диагностических снарядов, включая нестыковки кромок и переходы толщин [1].

Также можно отметить, что примерно 80 % всех несоответствий приходится на три самых значимых вида несоответствий. Дефекты сварных соединений трубопроводов подразделяются на: наружные (подрезы, наплывы, кратеры); внутренние (поры, трещины, свищи, посторонние включения) и сквозные (прожоги и др.). В процессе опроса сотрудников было выявлено следующее количество дефектов за последние 5 лет (рис. 2). Наиболее часто встречающимся дефектом сварного соединения являются поры.

При проверке сварных швов радиографическим методом допустимыми дефектами считаются поры и включения, размеры которых не превышают максимально допустимых по ГОСТ 23055-78 для 7-го класса сварных соединений. Для стальной трубы диаметром 100 мм и толщиной стенки 4,5 мм допускаются поры шириной (диаметром) 1,2 мм и длиной 6 мм.

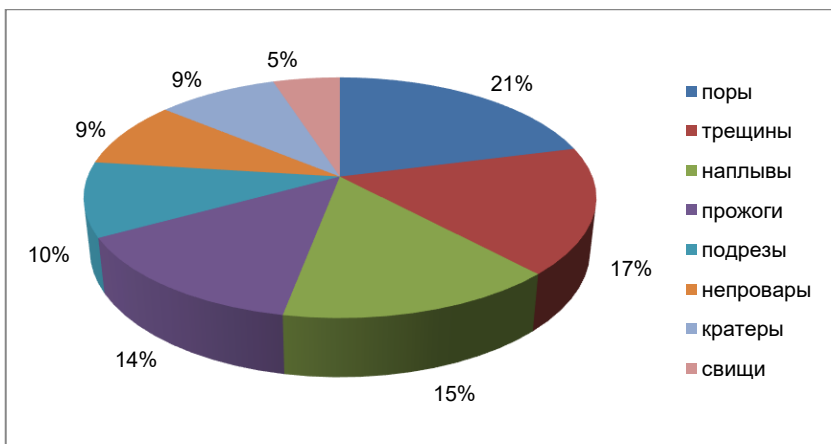


Рис. 2. Процентное содержание дефектов, выявленных за последние 5 лет

Анализ данных контроля диаметра пор сварных соединений показал, что процент сварных соединений, в которых размер пор больше допустимого значения, равен 1,1 %. На появление дефектов влияют разнообразные факторы, связанные с материалами, оборудованием, технологиями, работниками. Для выявления всех возможных причин появления дефектов в виде пор, построим диаграмму Исикавы (рис. 3).

При этом выделяют следующие причины образования дефектов [2]: использование некачественных расходных материалов для сваривания элементов; несоблюдение сварочных технологий; низкое качество металла, из которого создаются конструкции; некачественное или неисправное оборудование; неправильный режим сварки; технологические ошибки, вызванные низкой температурой нагрева. Наибольшее влияние на воздушные поры в сварном шве при ремонте трубопроводов оказывает повышенное содержание водорода в сварочной ванне. Водород, который может присутствовать в металле шва из-за воздействия водородосодержащих газовых и жидкостных сред во время эксплуатации трубопроводов, вызывает образование пор при сварке.

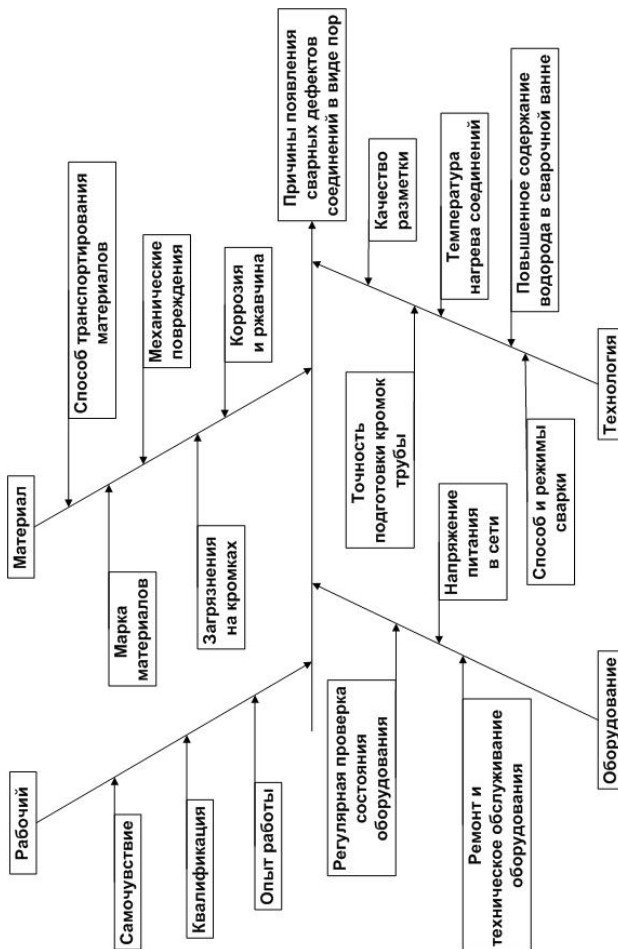


Рис. 3. Диаграмма Исикавы по причинам возникновения дефектов сварных соединений в виде пор

Кроме влияния водорода, на пористость шва влияют и другие факторы, например: загрязнённая металлическая поверхность [3]. Ржавчина, грязь и масла выделяют газы во время сварки; некачественные или отсыревшие электроды. Влага в покрытии электрода выделяет газы при нагреве; недостаточная газовая защита. Защитный газ предотвращает контакт шва с

окружающей средой, и его отсутствие или недостаток приводит к проникновению других газов; неправильный угол наклона электрода. Если электрод расположен неправильно, защитный газ или флюс не закрывают сварочную зону полностью; слишком высокая или низкая сила тока. Неправильные настройки сварочного аппарата могут привести к недостаточному проплавлению шва или излишнему выделению газов; неправильная скорость сварки. Слишком медленная сварка может привести к перегреву зоны и образованию излишков газов, а слишком быстрая — к недостаточному проплавлению и защите шва.

Для предотвращения образования пор рекомендуется:

- перед сваркой необходимо удалить с металла ржавчину, грязь и масла;
- прокалить электроды перед их применением;
- обеспечить корректную технику сварки: применять короткую дугу, начинать и завершать шов на выводных планках, а также исключить влияние сквозняка и ветра на дугу.
- применять сварочные технологии с меньшим содержанием водорода, добавлять раскислители в сварочные материалы и увеличивать объем защитного газа.

Список источников

1. Ломанова, А. В. Сравнительный анализ требований к качеству сварных соединений в различных нормативных документах / А. В. Ломанова, Л. И. Назина // Материалы студенческой научной конференции за 2016 год, Воронеж, 01 января – 31 2016 года. Том Часть I. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2016. – С. 472.

2. Мигачева, Г. Н. Анализ дефектов сварки трубопроводов / Г. Н. Мигачева // Достижения науки и образования. 2021. №3 (25). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-defektov-svarki-truboprovodov> (дата обращения: 29.05.2025).

3. Кудояров, Р. У. Повышение выявляемости дефектов сварных швов труб большого диаметра в условиях заводоизготовителей / Р. У. Кудояров, А. С. Багин, Л. Ю. Могильнер // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2016. – № 4(24). – С. 78-83.

ОБРАБОТКА ВИДЕОКАДРОВ I-ТИПА И СТАТИЧНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ДВУХКОНТУРНОЙ МОДЕЛИ

Стеценко О.Н., Колесник С.И.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова,
г. Белгород, Россия*

Аннотация. Рассматривается подход к кодированию опорных видеокадров и статичных изображений высокой разрешающей способности с использованием предобученной модели обработки. В рамках этого изображения, на основе предварительной оценки массива информативных признаков, ставится в соответствие первичный набор опций кодирования. При необходимости такой набор опций корректируется. В случае невозможности обеспечения таким путем требований по необходимому количеству бит для описания изображения и итоговому значению ошибки, дальнейшая обработка выполняется с учетом характеристик фрагментов изображения.

Ключевые слова: квантование; семантическая сложность; вносимая погрешность; опорный кадр; предобученная модель обработки.

1. ВВЕДЕНИЕ

Следствием продолжающегося процесса цифровизации, помимо очевидных преимуществ, таких, как повышение эффективности бизнес-процессов, появление новых услуг, способствование развитию инноваций, является постоянный рост объема данных. В свою очередь, это ведет к необходимости расширения емкости хранилищ данных, а также к необходимости обеспечения роста продуктивности сетевой инфраструктуры.

Игнорирование данного факта, в конечном итоге, создает условия для ухудшения качества предоставления сетевых сервисов, а в ряде случаев – к невозможности их функционирования. На фоне этого подходы, подразумевающие исключительно постоянное расширение дата-центров и выделение дополнительных физических высокоскоростных каналов, являются экстенсивными, требующими постоянных финансовых затрат и не способными существенно изменить ситуацию. В таких условиях важная роль принадлежит технологиям кодирования данных, способных снизить объем генерируемой информации путем ее компактного представления. На сегодня, согласно исследованиям Cisco [1], наибольший вклад в общий массив данных вносит видеoinформация. Помимо всего, именно этот тип данных требует наибольшей пропускной способности для обеспечения функционирования сервисов, которые его используют, с требуемым уровнем качества.

Учитывая же доминирующую роль видеоданных, можно констатировать, что их эффективное кодирование позволяет не только способствовать росту продуктивности как, собственно, видеосервисов, так и сервисов, в рамках которых видеoinформация является ключевой составляющей. Это позволяет создать условия, в которых прочие сетевые сервисы смогут функционировать эффективно [2].

В то же время, в условиях постоянного роста объема трафика в сети, возможности механизмов стандартных кодеков в плане обеспечения требуемого соотношения скорости/искажения достигли предела. Ситуацию усугубляет то, что со стороны пользователей видеосервисов наблюдается рост требований касательно качества, включая как разрешающую способность, так и качество по визуальной оценке. Кроме того, увеличивается доля графических данных высокой разрешающей способности, требующих обработки без внесения заметной задержки. В таких условиях требуется разработать новые подходы, позволяющие обеспечить кодирование видеокадров и графических данных в оперативном режиме с необходимым уровнем качества [4].

2. ОСНОВНОЙ ТЕКСТ

Статичные изображения, как и видеокadres, в общей случае, на отдельных этапах кодирования подвергаются аналогичным процедурам обработки в рамках технологии JPEG. За счет этого вносится существенный вклад в результирующий коэффициент сжатия.

При этом, общей задачей кодирования является обеспечение минимизации количества B бит (либо поддержки на требуемом уровне B_{tr} для представления изображения, одновременно с тем, что уровень итоговой ошибки D не будет превышать некое допустимое значение D_{th} . В рамках же постоянного роста разрешающих способностей изображений/кадров видео, дополнительным актуальным требованием является возможность кодирования с внесением минимальной задержки. В связи с этим, предлагается рассмотреть метод, представляющий собой надстройку относительного базового механизма внутрикадрового кодирования на основе JPEG [2,3,7].

Данный метод использует предобученную модель, позволяющую выбирать для кодирования первичный набор настроек базового кодека, исходя из совокупности особенностей содержания кодируемого изображения таким образом, чтобы обеспечить минимизацию значения B без существенного роста величины D . В результате этого множеству всех возможных комбинаций информативных признаков кадра, выявленных на этапе анализа особенностей содержания, ставится в соответствие первичный набор опций кодека, гипотетически способный обеспечить максимальную компрессию данных без существенного уменьшения итогового качества.

Общая схема предложенного метода обработки видеокadres и статичных изображений на основе двухконтурной модели представлена на Рисунке 1. Данный метод подразумевает функционирование в режиме предобучения, а также в основном режиме. Как было сказано ранее, здесь предполагается, что первый контур обработки представляет собой конфигурирование опций кодека в базовом режиме работы. В свою очередь, второй контур обработки задействуется в случае, когда за счет манипулирования

стандартными опциями кодека не обеспечивает необходимых величин B и D .

До этапа непосредственной обработки, вместе с отправкой кадра (статичного изображения) в систему передаются сведения о необходимом уровне результирующего количества бит B_{tr} и допустимой ошибке D_{th} .

В рамках предложенной модели предполагается, что исходное изображение (кадр) на первом этапе обработке подвергается анализу особенностей содержания. Это реализуется в модуле извлечения признаков. В ходе такого анализа для кадра формируется комбинация информативных признаков. Такими информативными признаками, к примеру, могут быть следующие параметры:

- уровень насыщенности (семантическая сложность) C ;
- тип I, P или B (если рассматривается видеокادر) T ;
- источник данных (фото, векторное изображение, компьютерная графика, комбинированный) S ;
- формат цветового представления L .

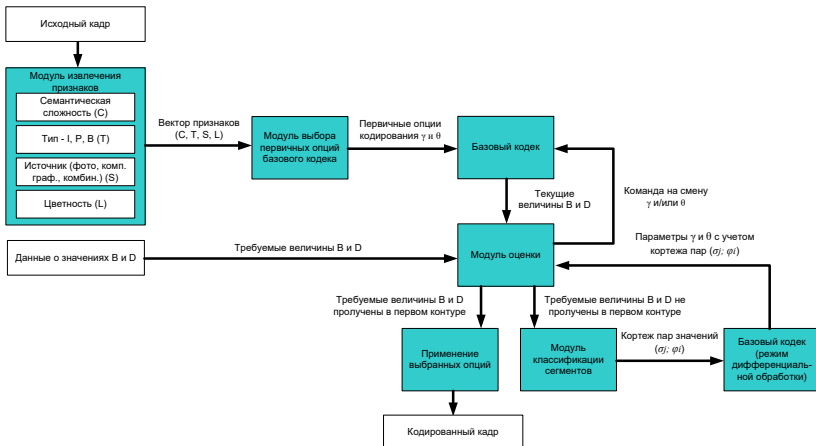


Рисунок 1 - Общая схема предложенного метода обработки видеокладов и статичных изображений на основе двухконтурной модели

При этом, формат цветового представления изображения определяется однозначно. Это также касается выявления принадлежности кадра к определенному типу (или выявления

факта того, что рассматривается статичное изображение). В то же время, процедура классификации кадра, как относящегося к тому или иному источнику, как и выявление семантической сложности, выполняется на основе пороговых методов. Иначе говоря, на этапе, предшествующему непосредственному кодированию изображений, предварительно выполняется обучение модели обработки путем тестирования соответствия.

В ходе операций предварительного (первого) контура обработки, по результату анализа изображения, исходя из полученной комбинации информативных признаков в виде вектора (C, T, S, L) , выбирается предварительный уровень γ квантования и предварительная модель θ цветовой субдискретизации. Далее для изображения, закодированного на основе выбранных таким образом параметров γ и θ , выполняется оценка полученных значений B и D . В итоге, если в результате применения данных параметров, закодированное изображение удовлетворяет требованиям по значениям ошибки D_{th} и количеству B_{tr} бит для его описания, обработка считается успешной. В противном случае, выполняется итерационный поиск необходимых параметров кодека в рамках предобученной модели, исходя из того, какой из показателей - количество бит B для представления изображения, или величина ошибки D – требуют коррекции. В то же время, набор комбинаций информативных признаков изображения, а также соответствующих им комбинаций опций кодека в рамках предобученной модели являются ограниченным множеством малой размерности. В следствие этого процесс итеративного поиска требуемого сочетания комбинации признаков/опций требует ограниченного временного ресурса, не вносящего существенной задержки в общий процесс обработки.

В случае же, если путем обработки в первом контуре кодирования, обеспечить требуемые значения объема бит B и величины ошибки D не удалось, дальнейшая обработка выполняется во втором контуре, где учитывается сложность структурных единиц изображения меньшей размерности. В общем случае, такими структурными единицами могут быть, к примеру, сегменты (соответствующие классической идеологии JPEG) изображения/кадра, фрагменты изображения/кадра

(представляющие собой участки кадра размерностью $M\mu \times N\mu$, где $M \times N$ – базовый размер сегмента; μ – целое натуральное число), или логические фрагменты кадра, объединяющие в себе некое множество сегментов на основе тех или иных признаков.

Рассмотрим случай, когда в качестве основных структурных единиц изображения, на уровне которых выполняется обработка, выступает сегмент σ_j размером 8×8 , где j – идентификатор сегмента в кадре. В этом случае модуль классификации сегментов выполняет их оценку на основе одного из показателей, позволяющих оценить уровень насыщенности (сложности). Такие показатели могут фиксироваться, к примеру, как на уровне частотного, так и на уровне визуального описания сегмента, либо использовать комбинацию обоих подходов. На выходе модуля классификации формируется кортеж пар значений $(\sigma_j; \varphi_i)$ ассоциирующий каждый сегмент σ_j изображения с неким уровнем φ_i сложности.

Стоит отметить, что оценку сложности сегмента целесообразно выполнять на основе порогового подхода. Следовательно – как в случае уровня частотного описания, так и в случае визуального – предварительно требуется экспериментально установить, как эффективные метрики принадлежности сегментам к множеству насыщенных/ненасыщенных, так и необходимое количество уровней между сегментами, относящимися к множеству сложных (насыщенных) так и таковых, которые являются простыми с учетом всех используемых метрик.

Далее, после того как сегменты кадра дифференцированы по некому уровню φ_i сложности (насыщенности), для каждого из уровней используется отдельный набор настроек базового кодека, т.е. кодек переводится в режим дифференциального кодирования. Здесь i – количество заданных уровней сложности. При этом наивысшие уровни компрессии соответствуют наименее сложным сегментам, что обеспечивает для них наибольший коэффициент сжатия. В свою очередь, насыщенные сегменты подвергаются сжатию гораздо менее существенно [5,6]. В общем, такой подход позволяет создать условия для кодирования изображения с

обеспечением необходимого уровня ошибки, а также объема бит, с минимальной задержкой.

3. ВЫВОДЫ

Сформулирована общая концепция кодирования видеок кадров *i*-типа, а также статичных изображений на основе двухконтурной модели обработки. В рамках предложенной концепции предполагается, что кодирование выполняется на основе предобученной модели. При этом, в зависимости от особенностей содержания изображения, к нему применяется первичный набор опций сжатия. При необходимости, если полученный результат не удовлетворяет либо по количеству бит, либо по уровню внесенной ошибки, итеративно подбирается необходимый набор опций. Поскольку возможные сочетания опций кодека представляют собой множества малой размерности, данная процедура не оказывает существенного влияния на время обработки.

В случае невозможности обеспечения необходимого числа бит и допустимой ошибки обработка продолжается во втором контуре. Здесь опции кодирования подбираются для каждого сегмента изображения отдельно, с учетом их семантической сложности. В рамках развития концепции далее предполагается экспериментально определить зависимость между насыщенностью, набором семантических характеристик кадра и признаком его принадлежности к семантически сложным или несложным. Также необходимо исследовать вклад в снижение количества бит и вносимую ошибку отдельных инструментов кодирования на примере тестовых изображений различной семантической сложности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Cisco Visual Networking Index: Forecast and Trends, 2017–2022 // branden.biz. - Электронный ресурс. - URL: https://branden.biz/wp-content/uploads/2018/12/Cisco-Visual-Networking-Index_Forecast-and-Trends_2017_2022.pdf (04.09.25).

2. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео / Д. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин. – М.: ДИАЛОГ–МИФИ, 2003. – 384 с.

3. Bobashev, Georgiy, Zule, William, Root, Elizabeth, Wechsberg, Wendee, Borshchev Andrei, and Filippov, Alexei. 2004 Geographically-Enhanced Mathematical Models of HIV Dynamics. NIDA Symposium on AIDS, Cancer and Related Problems, St. Petersburg, Russia.

4. N. Rozhentsova, O. Regir, A. Kotsubinski and L. Fetisov. Development of a Multi-Agent Model of Electric Power Consumer/ 2019 International Conference on Electrotechnical Complexes and Systems (ICOECS), 2019, pp. 1-4.

5. Иванов Ю.А. Некоторые проблемы сжатия и передачи видео в реальном времени в беспроводных сетях // Электротехнические и информационные комплексы и системы. — 2009 — Т. 5 — № 1 — С. 62—64.

6. Gonzalez R. Digital image processing / R. Gonzalez, K. Woods. — Kyiv: Tekhnosfera, 2018. — 1104 p.

7. Стеценко О.Н., Хлопов В.В., Акиншин Д.И., Минченко Е.С. Разработка концепции мультиагентного подхода к кодированию видеоданных // Научный результат. Информационные технологии. — Т.10, №2, 2025. С. 25-37.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ НАНЕСЕНИЯ КОМПОЗИТНОГО ПОКРЫТИЯ

*Ведищев С.М., Глазков Ю.Е., Трифонов Г.И.,
Муатаз Мохаммед Али Раззак*

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический
университет», г. Тамбов, Россия*

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

В работе представлены результаты комплексного исследования, направленного на количественную оценку влияния технологических режимов на скорость осаждения композитных покрытий на основе хрома.

Известно, что на скорость осаждения покрытий на основе хрома существенное воздействие оказывает увеличение хода инструмента и уменьшение межэлектродного промежутка [1]. При этом увеличение оборотов инструмента оказывает противоположное воздействие. Экспериментальные исследования в области осаждения покрытий до сих пор изобилуют противоречиями по данному вопросу. Повсеместно сделан вывод о том, что с увеличением температуры электролита происходит уменьшает скорости формирования покрытия. В то же время исследования [2] свидетельствуют о том, что повышение температуры электролита не оказывает воздействия на скорость осаждения хрома.

Делаем вывод о том, что технология гальваномеханической обработки обладает высокой эффективностью и производительностью. Однако, до сих пор необходимо проведение спектра экспериментальных и лабораторных исследований, которые обеспечили бы фундаментальное понимание о степени влияния этого метода на физико-механические и эксплуатационные характеристики получаемых покрытий.

Так, авторами данной работы были проведены эксперименты, направленные на определение факторов, которые оказывают значительное влияние на скорость формирования покрытий, при этом использовался корреляционный анализ. Ниже представлен перечень исследуемых факторов:

X_1 – плотность тока, кА/м²,

X_2 – температура электролита, °С,

X_3 – давление инструмента, МПа,

X_4 – толщина покрытия, мкм,

X_5 – скорость главного движения, м/мин,

X_6 – скорость вспомогательного движения, м/мин.

Затем был проведен регрессионный анализ результатов активного эксперимента [3]. По итогу было получено уравнение в кодированных значениях:

$$y = 2,82 + 0,085X_1 - 0,028X_2 - 0,006X_3 - 0,002X_1X_2 + 0,0008X_1X_3 + 0,0008X_2X_3 + 0,003X_1X_2X_3 \quad (1)$$

После проверки значимости коэффициентов регрессии:

$$y = 2,82 + 0,085X_1 - 0,028X_2 - 0,006X_3 \quad (2)$$

После раскодирования уравнения регрессии получено уравнение регрессии в натуральных единицах:

$$\mu = 2,872 + 0,012i - 0,004t - 0,012p \quad (3)$$

Проверка адекватности уравнения регрессии проведена по критерию Фишера. Условие адекватности имеет вид $F_p < F_T$. Табличное значение F-критерия для уровня значимости $p = 0,05$; составляет $F_T = 3,01$. Расчетное значение: $F_p = 0,44 < F_T = 3,01$. Соответственно, исходя из выше полученного неравенства можно утверждать, что математическая модель (3) является адекватной.

Работоспособность модели оценивали коэффициентом детерминации. Условие работоспособности регрессионной модели имеет вид: $R^2 > 0,75$. Значение коэффициента детерминации составило $R^2 = 0,997 > 0,75$.

Было установлено, что значимыми факторами, влияющими на скорость осаждения покрытий, являются плотность тока, температура электролита и давление инструмента.

По итогу проведенных исследований сделано заключение о том, что все коэффициенты из уравнения (3), отвечающие за эффекты взаимодействия, являются статистически незначимыми.

Список источников

1. Жачкин С.Ю. Восстановление деталей сельхозмашин методом холодного нанесения гальванических композитных хромовых покрытий: специальность 05.20.03 «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Жачкин Сергей Юрьевич. Москва. 2005. – 367 с.

2. Баранчиков В.И. Обработка специальных материалов в машиностроении / В.И. Баранчиков, А.С. Тарапанов, Г.А. Харламов // М.: КолосС. 2004. – 264 с.

3. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – Издание второе, переработанное и дополненное. М.: Наука. 1976. – 279 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАНЕСЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ЛАЗЕРНОГО НАПЫЛЕНИЯ

Сафонов А.О.

*ФГКВООУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
г. Воронеж, Россия*

Аннотация. В проведенной работе анализируются факторы, оказывающие воздействие на эффективность использования сырья с целью определения взаимозависимостей между параметрами. Полученные результаты могут быть полезны для оптимизации эффективности применения металлического сырья и уменьшения влияния рассматриваемого процесса на окружающую среду.

Высокоскоростное лазерное напыление является известной аддитивной технологией, в которой порошковое сырье расплавляется перед процессом напыления. Это создает высокую скорость. Общая эффективность применения металлического материала имеет индивидуальные особенности для конкретной аддитивной технологии и оказывает значительное воздействие на окружающую среду. Процесс высокоскоростного лазерного напыления имеет отличия от подобных процессов энергетического напыления по причине высокой скорости и значительного расхода порошкового сырья [1, 2].

Аддитивные технологии часто представляют как ресурсосберегающий процесс, так как они предполагают минимальный расход сырья для производства деталей. Такой подход позволяет снизить влияние процесса на окружающую среду, обусловленное добычей и получением сырья с последующей утилизацией образующихся отходов. При этом эффективность использования сырья в каждой аддитивной

технологии различна, имеются его потери, особенно в процессах производства с применением порошков [3]. Проведенные исследования показывают, что эффективность технологий направленного осаждения (ТНО) не достаточно высока [4]. При этом металлический порошок легко собирается для повторного применения. Однако, качественные показатели порошка и изготовленной из него детали, снижаются в процессе повторного использования.

Относительно перспективной технологией в аддитивном производстве различных металлических порошков является высокоскоростное напыление с применением лазерного луча. В таком процессе для получения детали металлический порошок подвергается расплавлению с помощью лазерного луча. В высокоскоростном лазерном напылении (ВЛН) излучение формирует емкость расплавленного материала на подложке. В это место подается порошок. В ВЛН действие лазерного луча и подача порошка происходит над поверхностью подложки. Это позволяет расплавить металлическое сырье в лазерном луче, а не в самой емкости расплава. В результате уменьшается продолжительность расплавления частиц сырья, что дает возможность значительно повысить как скорость подачи, так и скорость осаждения порошка. Такая аддитивная технология позволяет быстро изготавливать металлические детали сложных форм.

По причине высоких скоростей подачи, а также быстрого перемещения платформы сборки, значительная часть сырья, используемого в процессе, не попадает в производимую деталь. Следует отметить, что выработка порошка для аддитивных технологий характеризуется высокой энергоемкостью и значительной стоимостью. При этом потери сырья оказывают значительное влияние не только на окружающую среду, но и повышают себестоимость производимых деталей. В результате проведенного исследования выполнен анализ факторов, оказывающих влияющих на потери сырья в процессе ВЛН. Этот анализ дает возможность для выработки решений, направленных на повышение общей эффективности использования сырья и уменьшения влияния технологий ВЛН на окружающую среду.

В системе ВЛН геометрические параметры детали формируется в результате перемещения платформы по определенной траектории относительно узла осаждения. Движение платформы осуществляется тремя двигателями в трех направлениях. При этом скорости подачи могут достигать до 200...250 м/мин, а скорости напыления материала до 550...600 см³/ч [5].

Для постоянства высоты слоя необходимы постоянные значения параметров напыления материала и неизменная скорость перемещения платформы. При высоких скоростях движения платформы сборки необходимо ее плавное замедление при изменении направления с последующим ускорением. Лазерный луч периодически выключается на участках траектории движения платформы, чтобы не допустить осаждение порошка. Однако порошок продолжает перемещаться и, как следствие, не идет для производства детали. Аналогично процессам ТНО, в период осаждения порошка имеются такие эффекты, как его испарение при высокой температуре. Отсутствие взаимодействия частиц в ванной расплава, являются причиной осаждения порошка в ВЛН, что уменьшает эффективность использования материала.

Потери происходят по следующим основным причинам.

Тепловые потери наблюдаются во время включения лазерного луча в период осаждения порошкового материала по причине испарения и большого отскока частиц.

Кинематические потери происходят по причине достаточно высоких скоростей подач. При этом ВЛН требует как участков ускорения, так и замедления на траектории движения, во время которых используемая платформа разгоняется до заданной скорости или замедляется непосредственно перед сменой направления. В этот период материал не напыляется по причине высокой задержки потока сырья, которому необходимо несколько секунд для обеспечения однородности в зависимости от скорости процесса. Перемещение порошка продолжается по окончании выключения лазерного луча.

Рассмотрим особенности моделирования эффективности применения материалов методом ВЛН. Общая кинематическая эффективность использования металлического порошка K_{Σ} для

ВЛН определяется как массовое отношение его количества, перемещаемого по всей траектории обработки на участке без осаждения материала m_l к общему количеству m_o , по следующей формуле (1):

$$K_э = \frac{m_l}{m_o}. \quad (1)$$

Общий объем транспортируемого металлического порошка m_o определяется из массового расхода m_{l_o} в период t_{o1} изготовления детали по формуле (2):

$$m_o = t_{o1} \cdot m_{o1}. \quad (2)$$

Определение объема порошка m_l осуществляется на основе общего расхода и разности между продолжительностью изготовления t_{o1} и продолжительностью перемещения по участкам обработки без осаждения порошка, в течение которого он непосредственно наносится, то есть при воздействии лазерного луча t_L :

$$m_{o1} = (t_{o1} - t_L) \cdot m_{o1}. \quad (3)$$

При этом t_L определяется по формуле (4) в зависимости от длины пути l , количества путей в слое N_l , общего количества слоев N_L и средней скорости подачи V :

$$t_L = \frac{N_l \cdot N_L \cdot l}{V}. \quad (4)$$

Теплоизоляционная эффективность порошка $n_{теп}$ рассчитывается на основе его количества, перемещаемого в период напыления материала $m_{o\text{теп}}$, и полученной весовой доли m_c на основе формулы (5):

$$n_{теп} = \frac{m_c}{m_{o\text{теп}}}. \quad (5)$$

Количество порошка во время напыления материала $m_{тер}$ определяется из его расхода в течение времени t_L при работающем лазерном луче с помощью формулы (6):

$$m_{o\ тер} = t_L \cdot m_{o1}. \quad (6)$$

Безусловно, аддитивная технология ВЛН более чувствительна к изменениям в характеристиках металлического порошка, чем, например, технология ТНО. Так, порошковые материалы с меньшей сферичностью приводят к увеличению пористости конечной детали, так как частицы вносят с собой в ванну газ. Полученный расплав может остыть с образовавшимися порами. В этом случае повторное применение переработанного металлического порошка в технологии ВЛН будет сильно ограничено. Однако пока исследования этой проблемы не проводились. В этой связи для уменьшения потерь металлического порошка целесообразно исследовать параметры процесса, определяющие эффективность использования порошкового материала, и их взаимное влияние.

В дальнейших исследованиях планируется многофакторное комплексное изучение показателей процесса для проведения анализа термической эффективности применяемых порошковых материалов. Это позволит определить пути повышения эффективности их использования с учетом показателей качества деталей. При этом целесообразно проведение опытных исследований повторного применения отходов порошка в ВЛН с анализом их влияния на общую стабильность процесса и показатели качества конечной продукции.

Список источников

1. Сафонов, А.О. Исследование свойств композитных покрытий на основе Ti-B-C [Текст] / А.О. Сафонов, А.Е. Бондарев, С.В. Манохин // Перспективные материалы и высокоэффективные процессы обработки: сб. материалов III Всерос. молодежной конф. Саратов, 22-23 мая 2024 г. / под. общ. ред. д-ра техн. наук, доцента А.А. Фомина. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2024. С. 221 – 223.
2. Сафонов, А.О. Разработка композитных покрытий на основе соединений хрома с заданными характеристиками [Текст]

/ А.О. Сафонов, А.Е. Бондарев // Перспективные материалы и высокоэффективные процессы обработки: сб. материалов III Всерос. молодежной конф. Саратов, 22-23 мая 2024 г. / под. общ. ред. д-ра техн. наук, доцента А.А. Фомина. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2024. С. 223 – 226.

3. Conggue, Z. Comparative research for environmental performances manufacturing and energy deposition processes [Text] / Z. Conggue, Q. Lee, L. Jiang, M. Yhang // Journal of Engineering. – 2020. – №5(77). – С. 415 – 424.

4. Falude, G. Environmental of additive manufacturing with traditional via lifecycle assessment [Text] / G. Falude, C. Bareley, F. Brogal // Rapid Journal. – 2019. – №12(59). – P. 226 – 234.

5. Schainle, J. Development of a speed laser material surface process for additive producing [Text] / J. Schaible, H. Schleipenbaum, C. Hartner // Journal of Laser Appl. – 2021. – №1 (64). – P. 556 – 567.

МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПЛАЗМЕННОГО НАНЕСЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

*Жачкин С.Ю., Трифонов Г.И.,
Иванчура В.И., Петерин Н.К.*

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический
университет», г. Тамбов, Россия*

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

В данной работе изложены результаты исследований, целью которых было оценить и обосновать новый состав для плазменного напыления композитных покрытий.

В соответствии с нынешним положением машиностроительных отечественных предприятий и производств, а также ввиду возникающих технологических задач, направленных на достижения производственного лидерства, существует актуальное направление по разработке новых материалов, технологий и устройств. В частности, все больше увеличивается спрос на порошковые материалы для упрочнения и/или восстановления изношенных агрегатов путем их нанесения (напыления) на рабочие поверхности деталей.

Таким образом создание нового состава порошковых композиций с последующим его научным обоснованием становится весьма актуальным и востребованным направлением деятельности практических всех сфер производств машиностроительной отрасли. Что обусловлено экономической выгодой, возникающей при использовании новых составов при технологии плазменного напыления, наряду с получением высокого уровня физико-механических и эксплуатационных параметров.

Комплексное исследование всех вышеуказанных аспектов и их тщательный анализ являются необходимыми условиями для

успешного решения задачи создания инновационных порошковых композиций, предназначенных для плазменного напыления композитных покрытий.

Проводимые исследования по созданию и обоснованию порошкового материала для плазменного напыления композитных покрытий проводилось на сертифицированном специальном оборудовании – установка плазменного нанесения покрытий УПНС-3040.

Микротвердость сформированного композитного покрытия измерялась на твердомере ПМТ-3 при нагрузке 10 Н [1]. Измерения проводились в поперечном сечении образца, что позволило получить точные данные о исследуемом параметре.

На основе существующих научных изысканий авторов [1-3] было определено, что рациональным составом является порошкообразный материал для плазменного напыления композитных покрытий, который содержит порошок самофлюсующегося сплава на основе железа и порошок карбида титана. Согласно работам [3, 4], повышение качества будет обеспечиваться включением частиц TiC различных форм, поскольку частицы TiC сами по себе являются упрочняющей фазой высокой твердости. Равномерно диспергированные частицы TiC и лепестковидные частицы TiC могут действовать как эффективный барьер для ограничения перемещения дислокаций, тем самым повышая общую микротвердость покрытия.

При этом, на основе проводимых экспериментальных исследований [1], было определено, что соотношении компонентов, мас. %: порошок самофлюсующегося сплава на основе железа фракции 20-63 мкм – 88,7 и порошок карбида титана фракции 43-44 мкм – 11,3.

В результате проведенных измерений было установлено, что среднее значение микро-твердости покрытия составляет 703 ± 17 HV. Для сравнения, твердость подложки оценивается приблизительно в 250 HV.

Достижение необходимого результата объясняется:

во-первых, с добавлением в существующий порошок – самофлюсующийся сплав на железной основе, частиц порошка карбида титана фракционного состава 43-44 мкм в количестве

размере 11,3 % от общей массы материала напыления, достигается повышение микротвердости формируемого покрытия, ввиду того, что Fe, содержащийся в составе сплава на железной основе, при напылении смачивает поверхность карбида титана, исключая его хрупкость при определенных температурных воздействиях, следовательно, возникают перспективные предпосылки для создания износостойкого материала;

во-вторых, при плазменном напылении предлагаемого порошкообразного материала для плазменного напыления композитных покрытий в диапазонах технологических режимов, представленных в работе [3], на стальной основе образца формируется композитное покрытие, которое в сравнении с прототипом характеризуется повышенной микротвердостью.

Полученный состав, предназначенный для напыления на стальные поверхности деталей машин с одновременным формированием на них композитных покрытий, демонстрирует высокие показатели микротвердости – 703 HV. Данный факт указывает на актуальность проводимых исследований, что подтверждается полученными результатами по анализируемому физико-механическому параметру покрытия. Промышленное применение данного состава для плазменного напыления позволит повысить качество и ресурс наносимых функциональных слоев.

Список источников

1. Жачкин С.Ю. Повышение износостойкости композиционного покрытия на основе железа при восстановлении специального оборудования / С.Ю. Жачкин, Г.И. Трифонов, А.В. Пустоветов, П.В. Стрункин // Вестник ВСГУТУ. 2024. № 2(93). – С. 92-99.

2. Кравченко И.Н. Разработка новых составов порошкообразных композиций для плазменного напыления износостойких покрытий на рабочие поверхности деталей машин и оборудования / И.Н. Кравченко, С.Ю. Жачкин, Г.И. Трифонов, П.А. Федюнин // Фундаментальные исследования и инновационные технологии в машиностроении: Научные труды VIII Международной научной конференции, Москва, 19–20

ноября 2024 года. Москва: Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, 2024. – С. 121-123.

3. Трифонов Г.И. Восстановление рабочих поверхностей шнека транспортирующих устройств плазменным напылением износостойкого композитного покрытия: специальность 05.20.03 «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Трифонов Григорий Игоревич, 2022. – 166 с.

4. Жачкин С.Ю. Твердость металломатричного плазмонапыленного композитного покрытия с дисперсной фазой карбида титана / С.Ю. Жачкин, Г.И. Трифонов // Химическая технология. 2025. Т. 26. № 2. – С. 42-48.

**РАЗРАБОТКА РЕГЛАМЕНТА УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ
К ИНФОРМАЦИОННЫМ РЕСУРСАМ
ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ИТ-КОМПАНИИ В
СООТВЕТСТВИИ С ГОСТ Р 7.0.97-2025 И ISO/IEC 27001**

Никульчева О.С., Ведменский Д.А., Беляева К.Е.

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

В условиях цифровизации и перехода к гибридным инфраструктурам вопросы регламентации управления доступом приобретают критическое значение для обеспечения информационной безопасности. Современные системы оперируют колоссальными объёмами данных — интеллектуальной собственностью, персональными данными и коммерческой тайной, что требует строгих формализованных процедур контроля учётных записей. Отсутствие системного подхода создаёт уязвимости, повышает риски внутренних угроз и затрудняет расследование инцидентов. Актуальной задачей становится разработка регламентов на основе ГОСТ Р 7.0.97-2025 и ISO/IEC 27001, обеспечивающих прозрачную и контролируемую среду взаимодействия пользователей с информационными ресурсами.

Фундаментом надёжной системы защиты является централизованная архитектура управления учётными записями на базе служб каталогов (например, Microsoft Active Directory). Реализация «звёздной» модели, где каталог выступает единым доверенным источником информации о пользователях, а все прикладные системы синхронизируются с ним, исключает фрагментарность данных и обеспечивает целостность политик безопасности. Интеграция кадровых систем с механизмами управления доступом позволяет автоматизировать процессы создания, изменения и блокировки учётных записей на основе кадровых событий, минимизируя человеческий фактор и

предотвращая появление «мёртвых душ» — активных записей уволенных сотрудников.

Центральное место в методологии защиты занимает ролевая модель управления доступом (RBAC), обеспечивающая переход от дискреционной раздачи прав к структурированному подходу на основе функциональных обязанностей. Ключевым элементом является разделение обязанностей (Segregation of Duties) через матрицу полномочий: инициатор формирует запрос, утверждающий руководитель подтверждает его обоснованность, владелец ресурса оценивает допустимость прав, администратор выполняет техническую реализацию. Такой подход исключает единоличный контроль над критическими процессами и создаёт условия для взаимного контроля, что соответствует требованиям стандартов безопасности.

Жизненный цикл учётной записи представляет собой непрерывный процесс, включающий этапы инициации, согласования, предоставления доступа, эксплуатации, ресертификации и деактивации. Двойная верификация запроса (административное подтверждение руководством и техническое одобрение владельцем актива) гарантирует предоставление доступа только легитимным пользователям в объёме, необходимом для выполнения служебных задач (принцип минимальных привилегий). Обязательное документирование всех операций в системах управления знаниями создаёт аудиторский след для последующих проверок.

Современные регламенты реализуют принцип нулевого доверия и безопасного управления секретами: категорически запрещается хранение паролей, API-ключей и сертификатов в открытом виде на рабочих станциях, в текстовых файлах или браузерах. Вместо этого применяются специализированные защищённые хранилища (Vault), обеспечивающие шифрование, ротацию секретов и контроль доступа. Требования подкрепляются техническими мерами — DLP-системами и скриптами сканирования файловых систем на предмет незащищённых учётных данных.

Регулярная ресертификация прав доступа борется с накоплением избыточных полномочий, возникающих из-за смены

должностей, закрытия проектов или сохранения временных прав. Автоматизированная сверка текущих прав в Active Directory и прикладных системах с ролевой моделью и кадровой базой позволяет выявлять отклонения и оперативно инициировать корректирующие действия. Это превращает безопасность из разового мероприятия в непрерывный процесс совершенствования.

Регламент должен содержать чёткую классификацию инцидентов ИБ по степени критичности и временные нормативы реагирования (SLA). Для критических инцидентов применяется процедура ускоренного отзыва доступа, позволяющая в течение минут заблокировать учётную запись во всех системах и прервать активные сессии. Восстановление после инцидента включает не только технические действия, но и анализ логов, проверку целостности систем и пересмотр политик безопасности. База знаний по инцидентам становится ценным активом для адаптации защитных мер к меняющемуся ландшафту угроз.

Автоматизация рутинных операций через скриптовые языки (PowerShell, Python) повышает надёжность системы: массовая обработка заявок по шаблонам исключает ошибки ручного ввода, автоматические уведомления об истечении срока действия прав и блокировка неактивных записей реализуют проактивную защиту. Это снижает нагрузку на администраторов и позволяет сосредоточиться на аналитических задачах.

Внедрение регламента требует поэтапного подхода: подготовительный этап (обучение, адаптация инструментария), пилотное внедрение на ограниченном сегменте для выявления узких мест, последующее масштабирование на всю инфраструктуру. Документирование всех аспектов управления доступом в единой базе знаний с разделением на ролевые сегменты обеспечивает единое понимание правил и является обязательным условием для успешного прохождения внешних аудитов.

Таким образом, методологически выверенный регламент управления доступом трансформирует хаотичные практики администрирования в стройную систему, обеспечивающую конфиденциальность, целостность и доступность информации.

Интеграция организационных мер с современными техническими средствами автоматизации формирует устойчивую среду, способную противостоять как внешним атакам, так и внутренним нарушениям в условиях цифровой трансформации.

Список источников

1. Вопросы проведения практических занятий по информационной безопасности. Определение актуальных угроз информационной безопасности / А. В. Скрыпников, В. В. Зиновьева, А. А. Берестовой, И. И. Савченко // Вестник Воронежского института ФСИИ России. – 2024. – № 4. – С. 140-145. – EDN IQBKDQ..

2. Парамонов, М. Е. Анализ различных вариантов организации учета рабочего времени, по отпечаткам, по лицам и с помощью детекции движения / М. Е. Парамонов, А. А. Берестовой, И. И. Савченко // Материалы студенческой научной конференции за 2025 год, Воронеж, 14–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2025. – С. 38-39. – EDN EZCAQD.

АНАЛИЗ ПРОЦЕДУРЫ БЛЭКА

Никитин Б. Е., Карамов Т. А.

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

Существуют различные процедуры агрегирования индивидуальных предпочтений. Одно из таких правил коллективного выбора – процедура Блэка, состоящая из двух этапов. В начале осуществляется поиск победителя по Кондорсе, а при его отсутствии выполняется поиск по правилу Борда.

В рамках данного исследования было разработано программное обеспечение, написанное на языке программирования Java, которое автоматизирует процессы поиска победителя по Кондорсе и по Борда на заданном множестве альтернатив. Программная реализация требует задать параметры: число альтернатив, число экспертов, тип вероятностной модели предпочтений. Далее программа формирует все возможные профили предпочтений по заданным параметрам. На количество генерируемых профилей установлено ограничение сверху 500 миллионов. На следующем шаге для всех полученных профилей определяет победителя по Кондорсе. Далее, независимо от предыдущего шага, для рассматриваемого профиля предпочтений ищется победитель по Борда. Полученные данные сохраняются и выводятся в диалоговое окно (рис.1).

```
=== Статистика IC (полный перебор) ===
Полный перебор профилей (IC, различные судьи)
Режим биллетеней: ТОЛЬКО СТРОГИЕ
Кандидатов: 3
Судей: 10
Вариантов биллетеня у одного судьи: 6
Всего профилей: 60466176

Профилей с победителем по Кондорсе: 35275752 (58,34%)
Профилей без Кондорсе (победитель берётся по Борда): 25190424 (41,66%)
Случаи, где победитель по Кондорсе ≠ победитель по Борда: 304290 (0,86% от профилей с Кондорсе-победителем)
```

Рисунок 1. Результат работы программы

Анализ процедуры Блэка проводился с целью определения того, как часто это правило коллективного выбора находит победителя без парадокса Кондорсе [2]. Исследовались следующие ситуации в рамках вероятностной модели предпочтений IC (Impartial Culture): для каждого числа альтернатив $m = 3, 4, 5$ число экспертов задавалось $n = 3, 4, 5, 10, 15, 20$. При этом, для каждой ситуации рассматривалось два случая:

1. эксперты могут высказывать свои предпочтения в виде строгих линейных порядков (на сравниваемых парах альтернатив допускается только одна оценка “альтернатива x лучше альтернативы y ”);

2. эксперты могут высказывать свои предпочтения в виде нестрогих порядков (на сравниваемых парах альтернатив кроме оценки “альтернатива x лучше альтернативы y ” допускается оценка “альтернативы равны”).

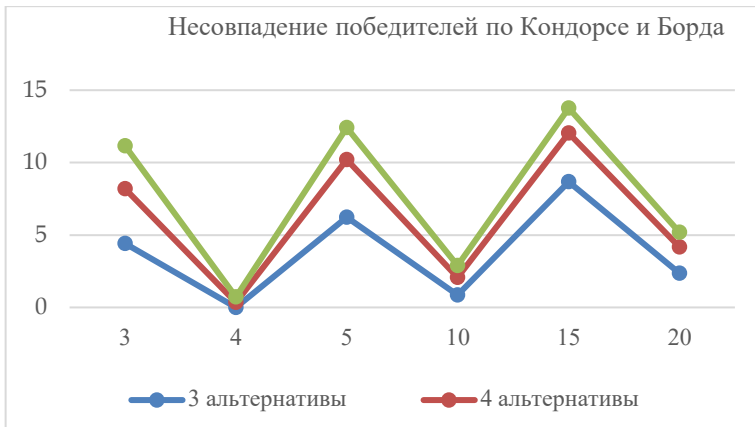


Рисунок 2. Различие победителей по Кондорсе и по Борда (1 случай)

Были получены следующие результаты. Для случая, когда эксперты высказывают свои предпочтения в виде строгих линейных порядков, вероятность существования победителя Кондорсе в сгенерированном профиле предпочтений в рамках

модели ИС зависит от чётности числа экспертов. В частности, для ситуации $m = 3$ и $n = 3$ победитель Кондорсе наблюдался в 94% случаях от всех возможных в данной ситуации профилей предпочтений. При этом победитель Кондорсе отличался от победителя Борда в 4,41% от числа профилей, где существует победитель Кондорсе (рис. 2). А в ситуации $m = 3$ и $n = 10$ победитель Кондорсе наблюдался только в 58,34% случаях от числа всех возможных профилей предпочтений (для данной ситуации их количество составляет 60466176). При этом несовпадение победителей по Кондорсе и по Борда наблюдалось всего в 0,86% от числа профилей, где есть победитель Кондорсе. Полученные результаты исследования для случая, когда эксперты могут высказывать свои предпочтения в виде строгих линейных порядков, позволяют сделать следующий вывод. При фиксированном числе альтернатив нечётное количество экспертов по сравнению с чётным их количеством резко увеличивает число профилей предпочтений, где наблюдается победитель Кондорсе. При фиксированном числе экспертов увеличение количества альтернатив приводит к снижению числа профилей предпочтений, в которых существует победитель Кондорсе. Например, при $m = 4$ и $n = 10$ число таких профилей меньше половины от всех сгенерированных профилей предпочтений для данной ситуации.

Для случая, когда эксперты на сравниваемых парах альтернатив кроме оценки “альтернатива x лучше альтернативы y ” могут использовать оценку “альтернативы равны”, число возможных профилей предпочтений резко возрастает. Например для ситуации $m = 3$ и $n = 3$ количество возможных профилей более чем в 10 раз превышает число профилей для этой же ситуации в условиях строгих предпочтений. Поэтому исчерпывающий анализ был проведён только для пяти ситуаций (для $m = 3$ и $n = 3, 4, 5$; $m = 3$ и $n = 3, 4$). В остальных ситуациях генерировались 50 миллионов профилей предпочтений. Полученные результаты в целом аналогичны результатам, полученных при анализе процедуры Блэка в условиях строгих предпочтений. При фиксированном числе экспертов увеличение количества альтернатив приводит к снижению числа профилей

предпочтений, в которых существует победитель Кондорсе. А чётность числа экспертов влияет на количество профилей, в которых наблюдается несовпадение победителей по Кондорсе и по Борда .

В дальнейшем предполагается продолжить исследования в рамках вероятностной модели ИАС (Impartial Anonymous Culture). Данная модель основана на предположении об анонимности экспертов. В этой модели профили предпочтений становятся эквивалентными с точки зрения перестановки предпочтений экспертов местами.

Список источников

1. Мулен, Э. Кооперативное принятие решений : аксиомы и модели / Э. Мулен ; пер. с англ. О. Р. Меньшиковой ; под ред. И. С. Меньшикова. — Москва : Мир, 1991. — 464 с. : ил. — ISBN 5-03-002131-0.
2. Шилдт, Г. Java : полное руководство : перевод с английского / Г. Шилдт. — 10-е изд. — Москва ; Санкт-Петербург : Диалектика, 2020. — 1488 с. — (Полный справочник). — ISBN 978-5-6040043-6-4.
3. Эрроу, Кеннет Дж. Коллективный выбор и индивидуальные ценности / Кеннет Дж. Эрроу ; пер. с англ. Ю. М. Яновской. — Москва : Изд. дом ГУ ВШЭ, 2004. — 201, [1] с. : ил., табл. — ISBN 5-7598-0250-X.

РАЗРАБОТКА ГИБКОЙ И МАСШТАБИРУЕМОЙ ПЛАТФОРМЫ С ПОЛНЫМ ЦИКЛОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Москалев¹ В. А., Коробова² Л. А.

¹ *ФГБОУ ВО "Воронежский государственный университет инженерных технологий", г. Воронеж, Россия*

² *ООО «Компания «Технопарк - В», г. Воронеж, Россия*

В условиях роста требований к эффективности логистических и транспортных систем актуальной становится задача построения оптимальных маршрутов — классическая NP-трудная задача коммивояжёра. В своей работе я разработал микросервисную архитектуру, в которой три алгоритма — полный перебор (brute force), метод ветвей и границ и имитация отжига — реализованы как независимые сервисы [1]. Такой подход позволяет гибко выбирать стратегию решения в зависимости от размера входных данных и требований к точности и времени выполнения: brute force гарантирует оптимальность для малых задач, метод ветвей и границ — сбалансированное решение для средних, а отжиг обеспечивает приемлемое приближение для крупных наборов за приемлемое время [2]. Микросервисная структура обеспечивает масштабируемость, отказоустойчивость и упрощает интеграцию новых алгоритмов в будущем, что делает систему адаптивной к изменяющимся условиям реального мира [3, 4].

Разработана открытая, гибкая и масштабируемая платформа с полным циклом взаимодействия: от ввода данных пользователем до визуализации результата.

Архитектура системы состоит из: фронтенда и бэкенда.

Фронтенд реализован на HTML/JavaScript с библиотекой Leaflet, который позволяет пользователю интерактивно добавлять точки на карте и отправлять их на бэкенд.

Микросервисный бэкенд - на Spring Boot, реализует три независимых алгоритма решения TSP:

— Brute Force — для до 10 городов — гарантирует оптимальность;

— Метод ветвей и границ — для ~16 городов — это сбалансированное решение по размеру матрицы и времени обработки.

— Имитация отжига для масштабируемых наборов более 16 городов.

REST API как интерфейс обмена между фронтендом и бэкендом. PostgreSQL для хранения маршрутов и метаданных. Docker — для единообразного развёртывания всех компонентов.

Последовательность действий (workflow) по обработке запросов на расчет кратчайшего пути между точками с координатами представлен на рисунке 1 [5]. В системе используется три алгоритма расчета. Ядро составляет сервис с алгоритмами. Он помечен как TSP. Название происходит от английских слов Traveling Sales Problem, при дословном переводе звучит как «проблема путешествия торговца»

Пошаговое описание.

1. Клиент отправляет POST-запрос на эндпоинт /api/points через Gateway. В данном случае это может быть как отдельный сервис- маршрутизатор для единой точки входа, либо как сервис внутри разрабатываемого приложения.

2. Gateway перенаправляет запрос в сервис Auth для проверки токена. В данном случае Auth - бизнес логика нашего приложения. Если токен валиден, возвращается статус 200 OK.

3. Далее запрос попадает в сервис DistanceEv, который занимается расчетом расстояния. Т.е., на вход подаются координаты точек. Сервис рассчитывает между точками расстояние в километрах. Формирует неориентированную матрицу, передает далее на обработку.

4. DistanceEv взаимодействует с сервисом TSP, который решает задачу коммивояжера в зависимости от матрицы расстояния. Варианты выбора алгоритма выбирается по следующей схеме:

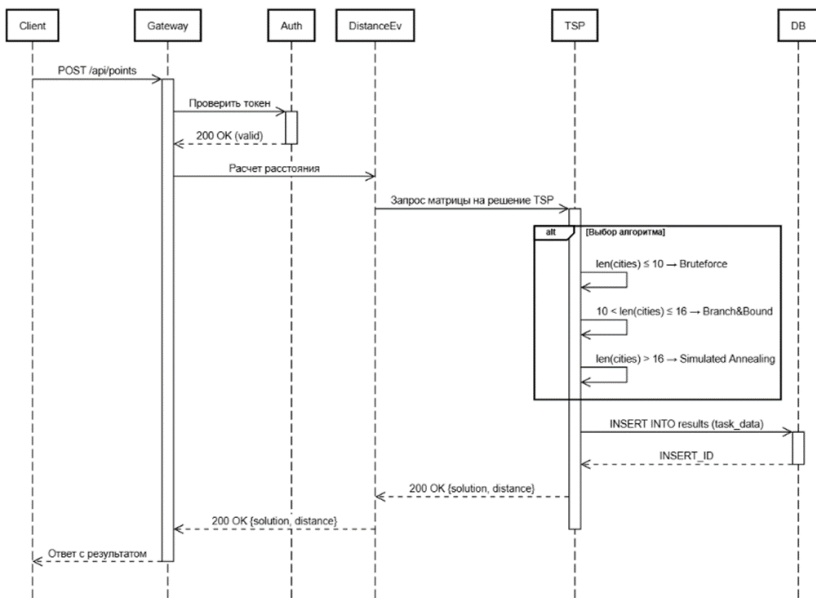


Рисунок 1 - Диаграмма последовательности

- если городов меньше 10-и то метод перебора (Bruteforce);
- если городов от 10 до 16-и то B&B метод (BranchAndBound);
- если городов более 16-и то метод отжига (BranchAndBound).

5. TSP сохраняет данные в таблицы.

- Client - данные о том какой клиент и когда запросил расчет;
- Tasks – задача на расчет с информацией о времени запроса, статуса выполнения, имени алгоритма расчета;
- Points – информации всех точек на расчет с ссылкой на номер задачи. (У одной задачи может быть много точек)
- ResultResponse или Result – данные расчета, включающие минимальное расстояние, время выполнения расчета, json ответа для клиента.

6. Результат решения (маршрут и расстояние) сохраняется в DB через запрос INSERT INTO results (task_data).

7. После сохранения возвращается `INSERT_ID`, и сервис отправляет ответ `200 OK` с решением (`solution`) и расстоянием (`distance`).

8. Gateway возвращает окончательный ответ клиенту.

Данный процесс демонстрирует типичный `pipeline` для обработки запросов, включающий аутентификацию, выбор алгоритма на основе входных данных, сохранение результатов и возврат ответа клиенту.

Научная новизна решения заключается в экспериментальном сравнении эффективности трёх алгоритмов в едином технологическом контексте с измерением `latency`, потребления CPU и памяти.

Создание исследовательской платформы, где пользователь не только получает маршрут, но и может наблюдать, какой алгоритм был выбран и почему (на основе количества точек).

Full-stack реализации — редкость для учебных и даже исследовательских проектов по TSP, где чаще ограничиваются консольными утилитами.

Преимущества перед конкурентами:

- прозрачность — открытый исходный код, метрики, логика выбора алгоритма;

- интерактивность — пользователь сам задаёт точки и мгновенно видит результат на карте через Leaflet библиотеку;

- эволюционная архитектура — легко добавить новый алгоритм как отдельный микросервис без пересборки фронтенда;

- практическая применимость — система готова к развёртыванию в реальных условиях логистика, доставка, туризм, навигация такси

Таким образом, представленное исследование — это не просто реализация алгоритмов, а научно-практическая платформа для анализа, визуализации и масштабируемого решения NP-трудных задач [6, 7], сочетающая современные подходы к архитектуре ПО, открытость и удобство для конечного пользователя.

Список источников

1. Москалев, В. А. Реализация и анализ скорости работы алгоритмов решения задачи коммивояжёра / В. А. Москалев, Л. А.

Коробова // Инженерные технологии. – 2025. – № 3(11). – С. 24-34. – EDN KIPBGX.

2. Москалев, В. А. Исследование выбора архитектуры приложения на качество его функционирования / В. А. Москалев, Л. А. Коробова // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2025. – № 4(38). – С. 219-224. – EDN KPTMAW.

3. Бугаев, Ю. В. Методы оптимизации развозки грузов потребителям несколькими транспортными средствами / Ю. В. Бугаев, Л. А. Коробова, С. В. Гудков // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2021. – Т. 83, № 1(87). – С. 466-472. – DOI 10.20914/2310-1202-2021-1-466-472. – EDN ZDMDXW.

4. Бугаев, Ю. В. Оценки мощности множества решений задач поиска Парето-оптимальных подграфов связного графа / Ю. В. Бугаев, Л. А. Коробова, И. Ю. Шурупова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 1. – С. 114-123. – DOI 10.24412/2071-6168-2024-1-114-115. – EDN BSTIUN.

5. 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.

6. Ладнюк, Е. А. Автоматизация процесса развозки продукции компании к клиентам / Е. А. Ладнюк, С. В. Чикунов, Л. А. Коробова // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение: Сборник научных статей и докладов XI Международной научно-практической конференции, Воронеж, 28–29 ноября 2024 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2024. – С. 571-578. – EDN ZEVFLH.

7. Ладнюк, Е. А. Составление оптимальных маршрутов развозки продукции для водителей компании / Е. А. Ладнюк, С. В. Чикунов, Л. А. Коробова // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2024. – № 3-4(33-34). – С. 250-255. – EDN JYKWAU.

**ЛЕГИТИМНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ОС LINUX ДЛЯ
ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ ОПЕРАЦИОННОЙ
СИСТЕМЫ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ**

*Никульчева О.С., Мельников А.В., Найденова В.А.,
Ткаченко Е.М.*

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

В условиях роста целевых атак и ужесточения требований регламентов ИБ (ГОСТ Р 57580, СТО БР ИББС) возникает противоречие: для расследования инцидентов необходимы диагностические инструменты, однако установка стороннего ПО увеличивает поверхность атаки и нарушает принцип минимальной функциональности. Одним из решений поставленной задачи является использование штатных средств ОС Linux, не требующих дополнительной установки и сертификации. При этом возникает проблема - отсутствие систематизированных методик применения встроенных утилит Linux (ps, lsof, ss, auditd и др.) для комплексного выявления индикаторов компрометации. Существующие подходы фрагментарны: специалисты используют отдельные команды без формализации сценариев корреляции данных из разных подсистем (процессы, сеть, файловая система, журналы). Следовательно, необходима разработка методики выявления признаков компрометации через комбинированное применение легитимных инструментов ОС Linux с минимизацией времени реакции на инциденты.

Предложена четырёхуровневая методика мониторинга: 1. Анализ процессов: корреляция ps/top с lsof для выявления скрытых процессов (например, бинарник в /tmp с исходящими сетевыми соединениями). 2. Сетевой аудит: комбинация ss и tcpdump для обнаружения несанкционированных подключений на

нестандартные порты. 3. Контроль целостности: применение find с последующей верификацией через auditd для фиксации неожиданных изменений критических файлов. 4. Журналирование: интеграция journalctl и dmesg для восстановления хронологии событий при расследовании.

Экспериментальная проверка на тестовом стенде (Ubuntu 22.04 LTS) показала сокращение времени выявления индикаторов компрометации с 15 до 3 минут за счёт автоматизации через bash-скрипты с регулярным сбором диагностических данных.

Использование легитимных инструментов Linux обеспечивает: снижение поверхности атаки за счёт отказа от стороннего ПО; прозрачность процедур расследования при аудите; воспроизводимость результатов благодаря документированности штатных утилит.

Подход рекомендуется к внедрению в регламенты реагирования на инциденты ИБ в организациях с инфраструктурой на базе Linux.

Список источников

1. Ферапонтов, Р.Р. Анализ методов социальной инженерии и разработка способов противодействия / Р. Р. Ферапонтов, А. А. Берестовой, В. А. Хвостов // Материалы студенческой научной конференции за 2025 год, Воронеж, 14–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2025. – С. 42. – EDN SFHKND.

2. Петрунин, А. Д. Системы дифференциальных уравнений для моделирования информационных конфликтов / А. Д. Петрунин, И. Р. Вернидуб, В. А. Хвостов // Материалы студенческой научной конференции за 2025 год, Воронеж, 14–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2025. – С. 37-38. – EDN SHYDLJ.

ДОРОЖНАЯ КАРТА РЕАЛИЗАЦИИ ОБЛАЧНОГО ХРАНИЛИЩА В ИТ-КОМПАНИИ

Дрыгалев¹ А.А., Коробова² Л.А.

¹ ФГБОУ ВО "Воронежский государственный университет инженерных технологий", г. Воронеж, Россия

² ООО «Компания «Технопарк - В», г. Воронеж, Россия

В данной статье представлен разработанный универсальный метод выбора и внедрения суверенного корпоративного облачного хранилища [1]. Метод был успешно применён на практике в реальных условиях ИТ-компании ПАО «Софтлайн». В рамках внутренней инициативы по импортозамещению критически важных ИТ-систем метод стал основой для принятия обоснованного решения о переходе с экосистемы *Microsoft 365* на open-source платформу *Nextcloud* [2, 3].

В компании *Softline* разработка и реализация дорожной карты по внедрению *Nextcloud* [4] заняли три – четыре месяца и включали в себя комплексную подготовку инфраструктуры, миграцию данных, обучение пользователей и поэтапный запуск системы. Проект был спланирован с чётким распределением ответственности: за техническую часть отвечал отдел инфраструктурных решений, за обучение сотрудников – департамент управления информационных технологий (УИТ), общий контроль осуществлялся в рамках единой проектной команды [5]. Общий бюджет миграции составил 300 тыс. рублей и включал затраты на модернизацию серверов, обучение, кастомизацию и поддержку API-интеграций.

Проект миграции на корпоративный *Nextcloud* включает в себя шесть ключевых этапов.

Этап 1. Предпроектная оценка и планирование (2 недели — ТЗ и архитектура). Первый этап миграции – предпроектная оценка и стратегическое планирование – является фундаментом всего последующего перехода. Его цель – не просто собрать

технические метрики, а сформировать целостное понимание текущего состояния цифровой экосистемы компании, определить ключевые требования к будущей платформе и заложить основу для решения, которое будет не только функциональным, но и масштабируемым, безопасным и экономически обоснованным на ближайшие 3–5 лет.

Этап 2. Развертывание пилотной среды (3 недели — подтверждённая архитектура). На втором этапе проекта была развёрнута и протестирована пилотная среда *Nextcloud* с целью комплексной проверки целевой архитектуры, пользовательского опыта и ключевых бизнес-процессов в условиях, максимально приближённых к боевой эксплуатации. Работа началась с полноценного развертывания тестовой инфраструктуры, идентичной запланированной для продакшена: были настроены *HAProxy* в качестве балансировщика, два *application*-сервера, *PostgreSQL* в конфигурации *master-slave*, *Redis*-кластер, *NFS*-хранилище и внешний *LDAP*-каталог. Все компоненты были объединены в выделенный *VLAN*, а весь трафик — зашифрован с использованием *TLS 1.3*, что обеспечило соответствие современным стандартам безопасности.

Этап 3. Подготовка к массовой миграции (3 недели — готовый *pipeline* миграции). Цель — создать автоматизированный, безопасный и контролируемый процесс миграции. Для достижения этой цели был разработан и протестирован специализированный миграционный *pipeline*, сочетающий скрипты на *Python* и *Bash*. Этот конвейер автоматически авторизовывался в *OneDrive* через зарегистрированное приложение с ограниченными правами выполнял полную выгрузку пользовательских данных с сохранением структуры папок и метаданных. Каждый этап — от аутентификации до завершения передачи — сопровождался детальным логированием в централизованную систему мониторинга, а после завершения сеанса автоматически запускалась проверка целостности, что позволяло гарантировать 100% соответствие исходных и перенесённых данных.

Этап 4. Поэтапная миграция по волнам (2 недели — все пользователи переведены). Цель — перевести всех пользователей

без сбоев. Пользователи делились на группы по 500–1000 человек, начиная с малочисленных и самых дальних офисов. За несколько дней до миграции отправлялись уведомления. Сам процесс запускался в ночное время с параллельным переносом 50–100 аккаунтов, мониторингом ошибок и автоматической установкой клиента *Nextcloud*. После миграции *OneDrive* переводился в режим *ReadOnly*. Проводилась верификация данных и организовывалась поддержка через выделенный канал. Риски включали пиковую нагрузку на инфраструктуру и потерю прав доступа. Контрольная точка — успешное завершение миграции каждой группы с отчётом об ошибках.

Этап 5. Финальный переход и отключение *OneDrive* (2 недели — *OneDrive* отключён). Цель — завершить миграцию. Переносятся остатки (неактивные аккаунты, руководство), проводится финальная выборочная проверка и тест восстановления. Затем *OneDrive* блокируется: отзываются токены, удаляются клиенты. Создаётся финальный архивный бэкап на 90 дней и документируется процедура восстановления. Завершается этап отменой лицензий M365 и расчётом экономии. Главный риск — пропуск критичных файлов. Контрольная точка — все пользователи работают в *Nextcloud*, а *OneDrive* полностью отключён.

Этап 6. Пост-миграционная стабилизация (2 недели — система в стабильном «боевом» режиме). Цель — обеспечить стабильную и оптимизированную работу системы. Этап включает мониторинг и оптимизацию производительности, регулярное тестирование бэкапов, сбор обратной связи через опросы и расширение функционала. Завершается всё документированием *runbook*, политик использования и графика обновлений. Риски — быстрый рост данных и уязвимости из-за отсутствия обновлений. Контрольная точка — утверждённые *runbook*, график обновлений и отчёт о стабильности системы.

Такой многоэтапный подход — от автоматизированной выгрузки данных до стресс-тестирования и пентеста — позволил не просто перенести данные, а гарантировать стабильность, безопасность и функциональную полноту новой платформы с первого дня эксплуатации [6, 7]. Благодаря такому тщательному

планированию и тестированию, финальный переход прошёл без простоев, без потери данных и с минимальным влиянием на повседневную работу сотрудников.

Параллельно с технической реализацией миграции была запущена масштабная программа организационной и пользовательской адаптации, призванная минимизировать сопротивление изменениям и обеспечить плавный переход к новой системе [6, 7]. Для этого ИТ-отдел совместно с *HR* и внутренними коммуникациями разработал многоуровневую стратегию обучения, охватывающую сотрудников всех категорий – от рядовых пользователей до руководителей подразделений.

Результаты апробации подтвердили работоспособность и практическую применимость разработанного инструмента. Использование метода компанией «Софтлайн», позволило ей в достаточно быстрые сроки перейти от *OneDrive* и перейти к использованию *Nextcloud*. В результате миграции компания экономит более 500 млн. рублей ежегодно, снизилось количество обращений во внутреннюю техническую поддержку в 20 раз, а также увеличила производительность на 30%, снизив сложность рабочих сценариев.

В целом, полученное решение может служить основой для дальнейшего развития – как с точки зрения методологии, так и в направлении более глубокой интеграции с экосистемой *DevOps*-инструментов. Учитывая актуальность задачи, связанной с созданием возможности для любой российской компании осуществить переход с зарубежного облачного хранилища на отечественное или open-source решение с минимальными затратами по ресурсам и времени, сохранив при этом высокий уровень функциональности, безопасности и удобства использования, подобные инструменты способны внести заметный вклад в повышение эффективности работы компании.

Список источников

1. Стратегия развития информационного общества РФ (2017–2030).
2. Майка, А. Н. Исследование возможностей и преимуществ разработки программного обеспечения для интеллектуального

анализа процессов в Российской Федерации / А. Н. Майка, Л. А. Коробова // Инженерные технологии. – 2024. – № 1(5). – С. 34-40. – EDN JRTKZS.

3. Токарев, Ю. Ю. Одна из особенностей перехода на отечественное программное обеспечение / Ю. Ю. Токарев, Л. А. Коробова // XXV студенческая научно-исследовательская конференция: Материалы Всероссийской научно-исследовательской конференции с международным участием – Воронеж: Издательско-полиграфический центр "Научная книга", 2024. – С. 66-72. – EDN REIKOT.

4. Постановления Правительства РФ о приоритете отечественного ПО (Nextcloud) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nextcloud.com>, свободный. – Загл. с экрана. (07.06.25)

5. Черняева, С. Н. Анализ избыточности соотношений в задачах коллективного выбора / С. Н. Черняева, Л. А. Коробова // Инженерные технологии. – 2023. – № 4(4). – С. 29-35. – EDN NONPYZ.

6. Дрыгалев, А. А. Обоснование выбора облачного хранилища для ИТ-компании на основе сравнительного анализа TCO / А. А. Дрыгалев, Л. А. Коробова // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2025. – № 4(38). – С. 46-53. – EDN DCHTUT.

7. Дрыгалев, А. А. Анализ решений для импортозамещения корпоративного облачного хранилища / А. А. Дрыгалев, Л. А. Коробова, И. С. Толстова // Инженерные технологии. 2025. № 4 (12). С. 43-50.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДЛЯ МОДЕРАЦИИ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Плотников А.В.

ФГБОУ ВО "Воронежский государственный университет инженерных технологий", г. Воронеж, Россия

В последнее время социальные сети играют важную роль в обмене информацией, создании сообществ и развитии бизнеса. Вопрос модерирования контента становится все более актуальным. Развитие интернет - технологий и искусственного интеллекта (ИИ) позволило создать инновационные инструменты для эффективной модерации на социальных платформах [1]. Применение искусственного интеллекта в этой области создает новые перспективы для обеспечения безопасности и удобства пользователей.

Прогресс в области информационных технологий постоянно ускоряется, и фантазии, похожие на научную фантастику, становятся реальностью. Мобильные телефоны начинались как средство связи, но сегодня они превратились в мощный инструмент, способный заменить многие другие устройства [2]. Операционные системы, такие как iOS и Android, открыли двери для создания тысяч приложений, которые улучшают не только повседневную жизнь, но и рабочий процесс компаний

На основе современных технологий и методов машинного обучения предполагается создать высокоэффективный инструмент, способный автоматически обнаруживать и фильтровать контент, нарушающий правила платформы [3].

Преимуществами использования искусственного интеллекта при создании инструментария для модерации социальных сетей следующие:

- эффективность. ИИ может анализировать большие объемы контента в режиме реального времени и, обнаруживать и удалять

нарушающий правила контент быстрее и эффективнее, чем при ручной модерации;

- масштабируемость. Использование ИИ позволяет масштабировать модерацию без существенного увеличения расходов на персонал. Автоматизированные системы обрабатывают большие объемы данных при минимальном вмешательстве человека;

- точность. Модели машинного обучения, обученные на больших объемах данных, могут с высокой точностью выявлять мошенничество. Это помогает снизить количество ложноположительных и ложноотрицательных результатов и является важным фактором для обеспечения качественной модерации [4].

Проведены исследования различных технологий и методов, позволяющих создавать эффективные и точные решения для анализа и фильтрации контента. Основным параметром оценки технологий и инструментов является то, как с помощью них проводить обработку текстовых данных, определение тональности и классификацию текста как вредного (токсичного). Информация о методах машинного обучения приведена в таблице 1.

Выбран подход трансферного обучения и уже обученную модель BERT. Модель BERT является одной из самых передовых и широко используемых моделей для обработки естественного языка [5]. Трансферное обучение позволяет использовать знания, полученные при обучении модели на больших объемах данных, и применить их к нашей конкретной задаче - модерации контента социальных сетей

Далее, решается задача, какая модель предварительного обучения лучше всего подходит для задачи [6]. В таблице 2 перечислены похожие модели BERT и их сравнительные характеристики.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика методов

Метод машинного обучения	Описание	Применимость к задаче модерации социальных сетей	Преимущества	Недостатки
Обучение с учителем	Модель обучается на размеченных данных с метками, чтобы предсказать выходные значения.	Применим для классификации текста на основе обучающих данных.	Высокая точность, возможность использования размеченных данных.	Требует большого объема размеченных данных, неэффективно при недостаточной разметке.
Обучение без учителя	Модель обучается на неразмеченных данных без меток, для обнаружения внутренних закономерностей.	Применим для кластеризации и выявления паттернов в данных.	Не требует размеченных данных, может обнаруживать новые паттерны.	Трудно интерпретируемые результаты, требуется подбор оптимальных гиперпараметров.
Обучение с подкреплением	Модель обучается на основе взаимодействия с окружающей средой и получения обратной связи.	Применим для разработки модели, которая может учиться на основе полученного опыта.	Подходит для задач, требующих принятия последовательных решений.	Требует большого количества взаимодействий с окружающей средой, не всегда эффективен в сложных средах.
Передача обучения	Использует предварительно обученную модель для решения новой задачи или предсказания новых данных.	Применим для использования предварительно обученных моделей для задач модерации.	Эффективное использование обученных моделей, сокращение времени обучения.	Модели могут быть специализированы для других задач, требуется тщательное тестирование на новых данных.

Таблица 2 – Популярные технологии нативной разработки

Название модели	Поддерживаемые языки	Количество классов	Precision	F1-score
s-nlp/russian_toxicity_classifier	Русский	2	0.94	0.93
sismetanin/rubert-toxic-pikabu-2ch	Русский	2	91.91	92.20
cointegrated/rubert-tiny2-cedr-emotion-detection	Русский	8	-	0.6820

Из данной таблицы следует несколько выводов:

1) подходят модели, обученные на русских текстах, т.к. при использовании в бизнес - процессах это дает наилучший результат;

2) при анализе метрик лидирует первая модель, т.е. класс токсичных текстов она определяет лучше остальных;

3) количество классов также важный параметр, т.к. необходима именно бинарная классификация, токсичный комментарий или нет. Лишние классы ухудшают качество в производстве.

Поэтому, выбрана модель «s-nlp/russian_toxicity_classifier». Рассмотрим значения ее метрик (таблица 3).

Таблица 3 – Популярные технологии кроссплатформенной разработки

	precision	recall	f1-score	support
0	0.98	0.99	0.98	21384
1	0.94	0.92	0.93	4886
accuracy			0.97	26270
macro avg	0.96	0.96	0.96	26270
weighted avg	0.97	0.97	0.97	26270

Когда речь заходит о метриках в машинном обучении, эти шесть показателей (precision, recall, F1-score, accuracy, macro avg и weighted avg) являются ключевыми для оценки производительности моделей классификации и определения их эффективности. Давайте рассмотрим каждую из этих метрик подробнее.

- Precision (точность): показывает, насколько точно модель обнаруживает положительные случаи из всех случаев, которые она обнаруживает.

$$\text{PRECISION} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FP}),$$

где TP – истинно положительные случаи, а FP - ложно положительные.

- Recall (полнота). Показывает, насколько успешно модель находит все положительные случаи.

$$\text{RECALL} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FN}),$$

где TP – истинно положительные результаты, а FN - ложноотрицательные.

- F1-score: суммарная мера, объединяющая precision и recall в единый показатель, учитывающий как точность, так и полноту. Это среднее гармоническое значение показателей precision и recall.

$$F1\text{-SCORE} = 2 * (\text{precision} * \text{recall}) / (\text{precision} + \text{recall}).$$

- Overall accuracy (общая точность модели), т. е. процент правильно классифицированных случаев от общего числа случаев.

$$\text{OVERALL_ACCURACY} = (\text{TP} + \text{TN}) / (\text{TP} + \text{TN} + \text{FP} + \text{FN}),$$

где TN - истинный негатив.

- Macro avg (среднее): отображает среднее значение измерений для всех классов, не учитывая дисбаланс всех классов. Сумма измерения для каждого класса и разделите на количество классов.

- Средневзвешенное: отображает среднее значение измерений с учетом дисбаланса классов. При этом учитывается доля каждого класса в общем количестве образцов.

Эти метрики помогают понять, насколько хорошо работает модель для каждого класса и в целом. Они играют важную роль в выборе и оценке моделей машинного обучения.

Таким образом, выбранный инструмент поможет быстро и точно модерировать комментарии в социальных сетях, анализируя их тон и выявляя наличие вредоносного контента, помогая предотвратить распространение вредоносной информации и создать более безопасную и приятную среду для пользователей.

Список источников

1. Москалев, В. А. Исследование выбора архитектуры приложения на качество его функционирования / В. А. Москалев, Л. А. Коробова // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2025. – № 4(38). – С. 219-224. – EDN KPTMAW.

2. Литвиненко, Л. В. Подход к анализу возможной нагрузки на специализированное программное обеспечение без существенной деградации системы / Л. В. Литвиненко, Л. А. Коробова, И. С. Толстова // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2025. – № 4(38). – С. 157-161. – EDN PSPBNT.

3. Майка, А. Н. Приложение виртуальной реальности как инновационный инструмент в сфере образования: VR-симулятор для университетов и школ / А. Н. Майка, Т. А. о. Эйнуллаев, Л. А. Коробова // Материалы студенческой научной конференции за 2024 год, Воронеж, 15–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2024. – С. 64-66. – EDN IQSOLK.

4. Введение в обработку естественного языка [Электронный ресурс] / Заголовок с экрана // URL: <https://monkeylearn.com/blog/introduction-to-natural-language-processing-nlp/> (Дата обращения 30.01.2024)

5. Система мониторинга и аналитики социальных сетей [Электронный ресурс]. / Заголовок с экрана // URL: <https://www.mlg.ru/products/smm/> (Дата обращения 31.01.2024)

6. Орельен, Жерон Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn, Keras и TensorFlow: концепции, инструменты и те / Орельен, Жерон // Издательство. ВИЛЬЯМС. – 2020. 1040 с. – Режим доступа: <https://dk-spb.ru/books/202356>

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТИ-ПАНЕЛИ В СОСТАВЕ КОРПОРАТИВНОЙ КОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

И.С. Толстова, М.С. Сплюхин

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

Управление коммуникациями в современных организациях превратилось в сложную техническую задачу, требующую комплексного подхода. Контакт-центры крупных компаний обрабатывают тысячи звонков ежедневно, при этом операторы должны мгновенно получать информацию о клиентах, видеть полную историю общения и иметь возможность быстро переключаться между различными каналами связи. Время отклика на клиентский запрос стало критическим фактором качества сервиса, а необходимость ведения детальной статистики обращений усложняет рабочие процессы. Старые телефонные системы с этим справиться не могут - они работают изолированно от информационных систем компании, создавая информационные разрывы и замедляя работу операторов. Фрагментированность каналов связи, низкая степень автоматизации обработки обращений и отсутствие централизованного управления коммуникациями приводят к снижению качества обслуживания и росту операционных затрат.

Российские организации столкнулись с острой нехваткой доступных Computer Telephony Integration решений (СТИ-решений). Западные вендоры либо полностью покинули отечественный рынок, либо существенно ограничили поддержку своих продуктов. Отечественные разработчики пока не смогли полностью восполнить образовавшийся пробел, предлагая решения с ограниченной функциональностью или завышенной стоимостью владения.

Практический опыт эксплуатации различных СТИ-систем выявляет критические недостатки существующих подходов. Большинство решений страдает от медленного отклика на телефонные события, сложности интеграции с корпоративными системами и недостаточной гибкости настройки под специфические потребности организаций. Операторы вынуждены работать с интерфейсами, которые замедляют их работу вместо ускорения.

Архитектура современных СТИ-решений основывается на принципах сервис-ориентированной архитектуры. СТИ-сервер выступает посредником между телефонной инфраструктурой и клиентскими приложениями, обеспечивая абстракцию низкоуровневых протоколов телефонии. Такой подход позволяет разрабатывать клиентские приложения без глубокого понимания специфики телекоммуникационного оборудования.

Разработка СТИ-панели как части коммуникационной платформы позволяет интегрировать телефонию с информационными системами предприятия, обеспечивая единый интерфейс управления взаимодействием с клиентами. Использование современных технологий делает возможным создание гибких, масштабируемых и интеллектуальных решений.

Таким образом, исследование, направленное на разработку современной СТИ-панели, является актуальным, поскольку отвечает потребностям бизнеса в повышении эффективности коммуникаций, автоматизации процессов и улучшении клиентского опыта.

Актуальность тематики подтверждается и экономической эффективностью СТИ-внедрений. Организации фиксируют сокращение времени обработки вызовов на 15-25%, снижение количества ошибок операторов на 30-40%, повышение уровня удовлетворенности клиентов на 20-35%. Автоматизация рутинных операций позволяет операторам концентрироваться на решении задач клиентов вместо поиска информации в различных системах.

Развитие облачных технологий открыло новые возможности для СТИ-решений. Облачные платформы снижают барьеры входа для малого и среднего бизнеса, обеспечивают гибкое масштабирование под растущие потребности и исключают

необходимость инвестиций в собственную телекоммуникационную инфраструктуру.

На рисунке 1 представлен бизнес-процесс «Управление коммуникациями оператора», который объединяет все аспекты работы СТИ-панели. Входящие телефонные события трансформируются в визуальную информацию для оператора. Команды пользователя преобразуются в управляющие сигналы для телефонного оборудования. Данные о клиентах извлекаются из внешних систем и отображаются в контексте вызова.



Рисунок 1 - Контекстная диаграмма бизнес-процесса «Управление коммуникациями оператора»

Входящие данные поступают из нескольких источников одновременно. СТИ-сервер генерирует события в реальном времени, пользователь инициирует команды через интерфейс, внешние системы предоставляют информацию о клиентах, конфигурационные файлы определяют поведение системы.

Выходная информация направляется различным получателям. Команды управления отправляются телефонной станции для выполнения. Визуальные обновления отображаются в интерфейсе оператора. Уведомления информируют о важных событиях. Статистические данные накапливаются для анализа эффективности.

Управляющие воздействия определяют правила работы системы. Бизнес-логика диктует последовательность обработки вызовов. Политики безопасности ограничивают доступ к функциям. UI стандарты обеспечивают единообразие интерфейса. Требования интеграции определяют форматы обмена данными.

Механизмы выполнения предоставляют технологическую основу. Electron обеспечивает платформу исполнения. Angular строит пользовательский интерфейс. WebSocket поддерживает связь с сервером. Локальная база данных кэширует критичную информацию.

Декомпозиция первого уровня на рисунке 2 раскрывает внутреннюю архитектуру СТИ-панели через четыре взаимосвязанных процесса, каждый со своей областью ответственности.

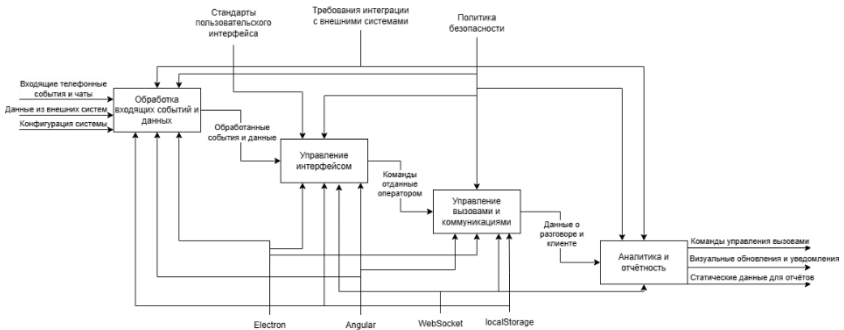


Рисунок 2 - Декомпозиция IDEF0 первого уровня

Современные коммуникационные платформы строятся по многоуровневой архитектуре, обеспечивающей разделение ответственности между различными компонентами системы. Физический уровень включает телефонные станции, медиашлюзы, SBC-устройства и сетевую инфраструктуру. Протокольный уровень реализует стандарты сигнализации и медиа-обмена между компонентами.

Промежуточный слой абстрагирует сложность нижележащих уровней и предоставляет унифицированные API для прикладных приложений. СТИ-сервер выполняет функции центрального координатора, поддерживая одновременные соединения с множественными телефонными ресурсами и клиентскими приложениями. Посредник сообщений обеспечивает надежную доставку событий между распределенными компонентами системы.

Прикладной уровень содержит бизнес-логику обработки коммуникаций. Модули маршрутизации определяют направление входящих вызовов на основе заданных правил. Системы IVR обеспечивают автоматизированное взаимодействие с клиентами на начальном этапе обращения. Системы контактных центров реализуют сложные алгоритмы распределения нагрузки между операторами.

Презентационный уровень представлен клиентскими приложениями для различных ролей пользователей. Консоли операторов предоставляют операторам инструменты для управления вызовами и доступа к информации о клиентах. Доски и мониторы для супервизоров обеспечивают контроль качества обслуживания и управление ресурсами. Административные интерфейсы позволяют настраивать параметры системы и управлять пользователями.

Обработка телефонных событий реализуется через асинхронную модель с использованием event-driven принципов. Каждое изменение состояния генерирует соответствующее событие с метаданными о контексте происходящего. Обработчики событий обрабатывают эти события согласно настроенной бизнес-логике, инициируя необходимые действия в других компонентах системы.

Интеграционный слой обеспечивает взаимодействие с внешними информационными системами через стандартизированные интерфейсы. REST API позволяют получать данные о клиентах из CRM-систем. SOAP-сервисы интегрируются с legacy-системами предприятия. Соединители баз данных обеспечивают прямой доступ к корпоративным базам данных при необходимости.

Обеспечение отказоустойчивости достигается через применение proven patterns enterprise-архитектуры. Балансировщик нагрузки распределяет нагрузку между несколькими серверами. Активно-пассивная кластеризация обеспечивает автоматическое переключение на резервные компоненты при сбоях. Репликация данных гарантирует сохранность критически важной информации.

Мониторинг и управление системой реализуется через специализированные инструменты, обеспечивающие видимость всех компонентов платформы. Информационные панели в режиме реального времени отображают текущее состояние системы и ключевые метрики производительности. Система оповещений уведомляет администраторов о критических событиях. Агрегация журналов централизует сбор и анализ журналов всех компонентов.

Разработка СТИ-панели коммуникационной платформы с использованием современных технологий представляет собой перспективное направление исследований, находящееся на пересечении телекоммуникаций, программной инженерии и анализа данных. Предложенные подходы позволяют не только повысить эффективность бизнес-процессов, но и сформировать основу для создания интеллектуальных систем взаимодействия с клиентами нового поколения.

Список литературы

1) Цифровизация внутрикорпоративных коммуникаций / И. А. Зубцов, П. В. Дерюгин, Д. Ю. Панарин [и др.] // Стратегия и тактика управления предприятием в переходной экономике : сборник материалов XX ежегодного открытого конкурса научно-исследовательских работ студентов и молодых ученых в области экономики и управления, Волгоград, 01–30 апреля 2020 года. Том Выпуск 40. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2020. – С. 42-44. – EDN BTVRCK.

2) Каленикова, С. А. Стандарты: как избегать и как минимизировать последствия ошибок в работе с пользователями / С. А. Каленикова // Вестник Университета Правительства Москвы. – 2024. – № 4(66). – С. 40-43. – EDN HVXOQE.

3) Давлетов, А. Я. Совершенствование коммуникационных процессов в системе управления предприятием / А. Я. Давлетов, Э. Б. Адельсеитова // Актуальные вопросы устойчивого развития современного общества и экономики : Сборник научных статей 4-й Всероссийской научно-практической конференции. В 2-х томах, Курск, 25–28 апреля 2025 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2025. – С. 244-246. – EDN DNPSPH.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CRM СИСТЕМ, ОСНОВАННЫХ НА OPENSOURCE РЕШЕНИЯХ В МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЯХ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА

Крючков А.С.

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

Современные малые и средние медицинские учреждения сталкиваются с комплексом проблем, связанных с организацией информационных потоков и управлением бизнес-процессами. К числу наиболее значимых относятся высокая документальная нагрузка, низкая скорость регистрации и хранения информации о пациентах, неэффективное управление информационными потоками, а также существенные финансовые затраты на коммерческие CRM-системы.

В условиях цифровой трансформации здравоохранения и реализации политики импортозамещения возникает необходимость в разработке экономически эффективных решений для автоматизации деятельности медицинских учреждений малого и среднего бизнеса [1]. OpenSource технологии предоставляют альтернативный подход, сочетающий экономическую целесообразность с возможностью полного контроля над системой и соответствием требованиям информационной безопасности.

Целью исследования является разработка и внедрение CRM-системы на базе OpenSource решений для автоматизации бизнес-процессов медицинских учреждений малого и среднего бизнеса с оценкой экономической эффективности и соответствия требованиям импортозамещения.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи: анализ бизнес-процессов медицинских организаций с выявлением ключевых точек автоматизации; изучение существующих CRM-решений на рынке, включая

коммерческие и открытые платформы; выбор оптимального OpenSource решения с учетом специфики медицинских учреждений; разработка адаптированной CRM-системы под требования стоматологических клиник; оценка экономической эффективности решения в сравнении с коммерческими аналогами [2].

Проведенный анализ рынка CRM-решений для медицинских учреждений выявил доминирование коммерческих платформ [1, 2]. Наиболее распространенными являются Medesk и DentalPro. Medesk представляет собой облачную платформу с доступом с любого устройства и модулем онлайн-записи. DentalPro, специализирующийся на стоматологических клиниках, обеспечивает интеграцию с ЕГИСЗ, однако требует сложного внедрения, обязательного обучения персонала и характеризуется высокой стоимостью внедрения и поддержки. Стоимости внедрения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика решений внедрения

Решение	Особенности	Внедрение	Подписка/год	Ограничения
Medesk	Облачная платформа	100,000 Р	180,000 Р/год	100 записей/мес
DentalPro	Стоматология	160,000 Р	180,000 Р/год	Нет

Анализ показал, что коммерческие решения характеризуются высокой стоимостью и часто избыточным функционалом для малого и среднего бизнеса. OpenSource решения предоставляют альтернативу с существенной экономией средств при сохранении необходимого функционала [1].

В качестве базовой платформы было выбрано OpenSource решение CRM "Руководитель", входящее в реестр отечественного программного обеспечения. Технологический стек включает PHP 8.0.2+ в качестве языка программирования, MySQL для хранения данных и Visual Studio Code как среду разработки [3].

Выбор данного решения обоснован следующими факторами: вхождение в реестр отечественного программного обеспечения обеспечивает соответствие требованиям импортозамещения [3]. Гибкое ядро системы проводит полную адаптацию под специфику медицинского учреждения; хранение данных на собственном сервере гарантирует контроль над информацией; открытая лицензия допускает сертификацию для

работы с персональными данными; универсальность платформы позволяет использовать её для CRM, ERP, HRM и WMS систем; бесплатное использование для некоммерческих целей снижает финансовую нагрузку на учреждение.

Разработанная CRM-система включает комплекс модулей для управления медицинским учреждением. Система управления врачами обеспечивает ведение базы данных сотрудников клиники [4]. Модуль диагнозов содержит справочник типовых диагнозов для быстрого доступа. Ежедневник — это электронная записная книжка для фиксации событий и задач.

Модуль записей на прием обрабатывает заявки от пациентов с автоматическим распределением по врачам. Запланированные приемы и личный календарь врача обеспечивают эффективное планирование рабочего времени. Общее расписание предоставляет единое представление о загрузке клиники. База данных пациентов и электронная картотека позволяют централизованно хранить и оперативно получать информацию о пациентах. Модуль пациента обеспечивает возможность самостоятельной записи на прием и отслеживания статуса заявки.

Преимуществами системы являются интуитивно понятный интерфейс, обеспечивающий быстрое освоение персоналом, внедрение без необходимости длительного обучения и адаптация под специфику стоматологических клиник.

Расчет экономической эффективности выполнен для типичной стоматологической клиники малого и среднего бизнеса со следующими характеристиками: количество сотрудников – 8 человек (3 врача, 2 администратора, 1 медсестра, 1 бухгалтер, 1 руководитель), количество приемов в день – 20-25, рабочих дней в месяце – 22, средний чек – 3 500 рублей, количество пациентов в базе – 500-1000 человек.

Анализ затрат коммерческого решения показывает следующую структуру расходов (таблица 2, рис. 1). Первоначальное внедрение и настройка системы составляет в среднем 130 000 рублей. Ежемесячная подписка при тарифе 15 000 рублей в месяц составляет 180 000 рублей в год. Обучение персонала для 8 сотрудников обходится в 52 000 рублей. Техническая поддержка и обновления составляют 45 000 рублей в

год. Дополнительные модули и интеграции требуют единовременных затрат в размере 55 000 рублей.

Таблица 2 – Данные затрат коммерческого решения

Статья затрат	Сумма (₽)
Первоначальное внедрение и настройка	130,000 ₽
Ежемесячная подписка (15,000 ₽/мес × 12)	180,000 ₽
Обучение персонала (8 чел.)	52,000 ₽
Техническая поддержка (год)	45,000 ₽
Дополнительные модули и интеграции	55,000 ₽
ИТОГО за первый год	462,000 ₽
Второй год (подписка + поддержка + повышение тарифа)	285,000 ₽
Третий год	285,000 ₽
ЗА 3 ГОДА	1,032,000 ₽

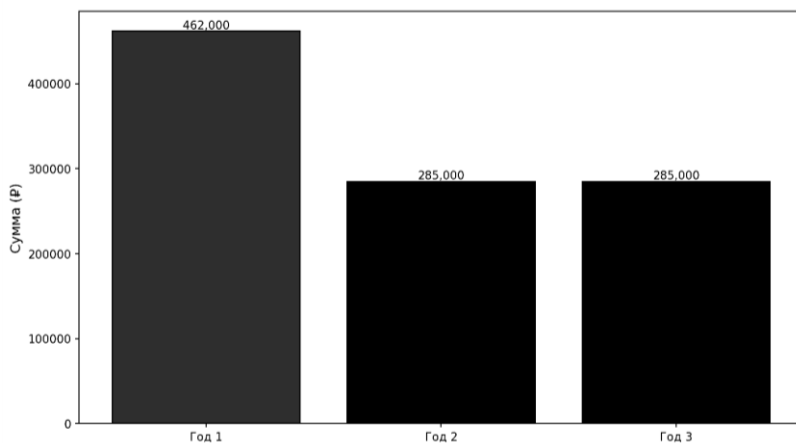


Рисунок 1 – Затраты коммерческого решения по годам

Затраты на OpenSource решение имеют иную структуру. Данные затрат на OpenSource приведены в таблице 3. Диаграмма затрат представлена на рисунке 2.

Таблица 3 – Данные затрат на OpenSource

Статья затрат	Сумма, ₽
Разработка и адаптация системы	115,000 ₽
Аренда VPS сервера (год)	42,000 ₽
Настройка и внедрение	40,000 ₽
Обучение персонала (8 чел.)	32,000 ₽
Техническая поддержка (год)	35,000 ₽
Дополнительные доработки	15,000 ₽
ИТОГО за первый год	279,000 ₽
Второй год (сервер + поддержка + доработки)	92,000 ₽
Третий год	92,000 ₽
ЗА 3 ГОДА	463,000 ₽

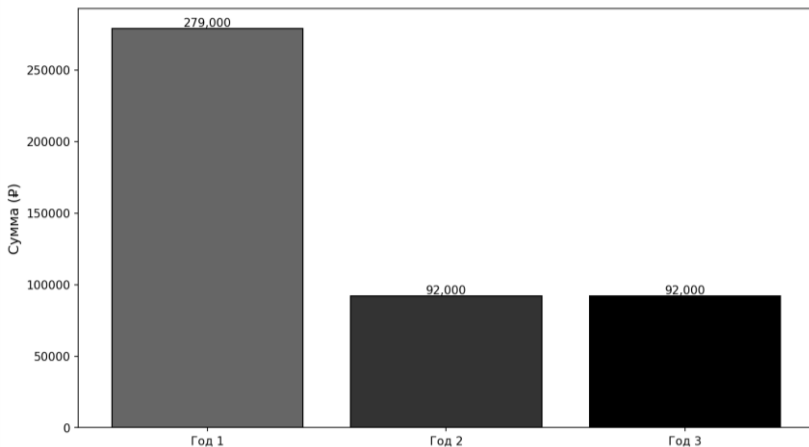


Рисунок 2 – Затраты OpenSource решения по годам

Сравнительный анализ затрат за трехлетний период показывает существенную разницу между коммерческим и OpenSource решениями (таблица 4, рис. 3). Коммерческое решение требует 1 032 000 рублей за три года, в то время как OpenSource решение обходится в 463 000 рублей. Прямая экономия составляет 569 000 рублей, что соответствует 55,1% от стоимости коммерческого решения.

Помимо прямой экономии, внедрение CRM-системы обеспечивает косвенную экономическую выгоду за счет повышения эффективности работы (таблица 5, рис. 4). Экономия времени персонала достигается за счет сокращения времени на прием с 23 до 7 минут, что при 20 приемах в день дает экономию 317 616 рублей в год. Более эффективное планирование позволяет увеличить пропускную способность на 2 приема в день, что при марже 60% приносит дополнительную прибыль в размере 1 108 800 рублей в год.

Таблица 4 – Сводная таблица затрат

Показатель	Значение
Коммерческое решение за 3 года	1,032,000 ₽
OpenSource решение за 3 года	463,000 ₽
ПРЯМАЯ ЭКОНОМИЯ	569,000 ₽
Процент экономии	55.1%

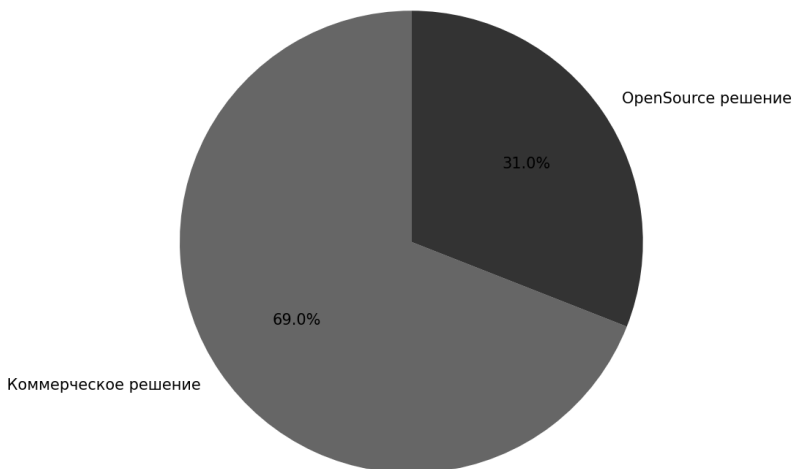


Рисунок 3 – Распределение затрат за 3 года

Снижение ошибок в записях с 5% до 1% позволяет сэкономить 40 000 рублей в год. Улучшение лояльности пациентов за счет быстрой записи через веб-интерфейс увеличивает повторные обращения на 15%, что приносит дополнительную прибыль в размере 252 000 рублей в год. Общая косвенная выгода составляет 1 718 416 рублей в год, или 5 155 248 рублей за три года.

Таблица 5 - Косвенная экономическая выгода

Источник выгоды	Сумма
Экономия времени персонала	317,616 Р/год
Увеличение пропускной способности	1,108,800 Р/год
Снижение ошибок	40,000 Р/год
Улучшение лояльности пациентов	252,000 Р/год
ИТОГО косвенная выгода за год	1,718,416 Р/год
За 3 года	5,155,248 Р

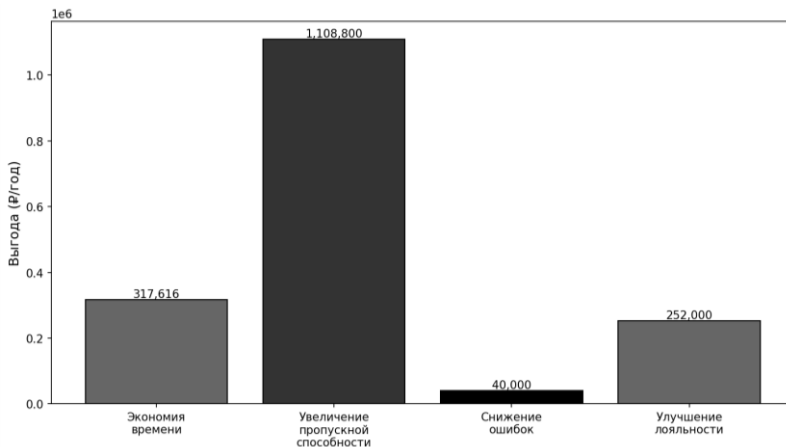


Рисунок 4 – Распределение затрат за 3 года

Суммарная экономическая эффективность внедрения OpenSource CRM-системы включает прямую экономию в размере 569 000 рублей и косвенную выгоду в размере 5 155 248 рублей за три года, что составляет общую выгоду в размере 5 724 248 рублей при инвестициях 463 000 рублей. Показатель ROI (Return on Investment) составляет 1 136%, что означает окупаемость инвестиций в 12,4 раза за трехлетний период. Срок окупаемости системы составляет менее двух месяцев при учете как прямой, так и косвенной выгоды.

Таблица 6 - Суммарная экономическая эффективность для OpenSource решения

Показатель	Значение
Прямая экономия за 3 года	569,000 Р
Косвенная выгода за 3 года	5,155,248 Р
ОБЩАЯ ВЫГОДА за 3 года	5,724,248 Р
Инвестиции в OpenSource решение	463,000 Р
ROI (Return on Investment)	1,136%
Инвестиции окупаются в	12,4 раза
Срок окупаемости	менее 2 месяцев

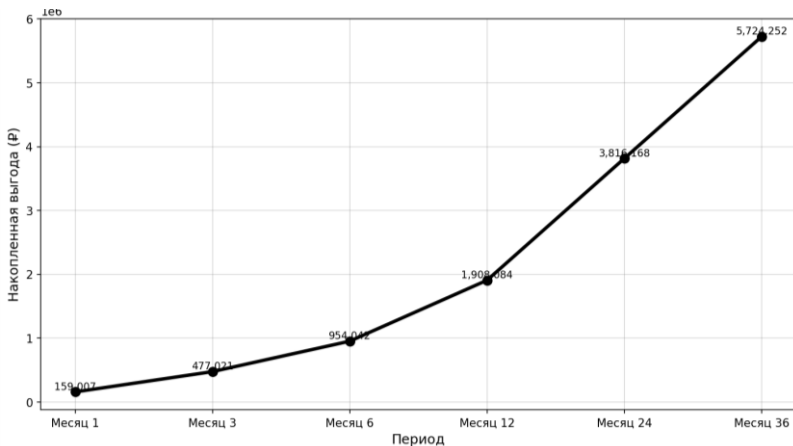


Рисунок 5 – Динамика изменения накопленной выгоды от внедрения OpenSource CRM

Выбранное решение CRM "Руководитель" входит в реестр отечественного программного обеспечения [4, 5], что обеспечивает полное соответствие требованиям политики импортозамещения. Система соответствует требованиям ФСТЭК России и допускает сертификацию для работы с персональными данными. Открытый исходный код позволяет полную локализацию и адаптацию под российские стандарты, а отсутствие зависимости от зарубежных лицензий гарантирует независимость от внешних факторов [6].

Открытый исходный код обеспечивает полный контроль над системой, возможность самостоятельной поддержки и развития без зависимости от внешних провайдеров. Хранение данных на российских серверах гарантирует соблюдение требований законодательства о локализации персональных данных и обеспечивает информационную безопасность.

Система обеспечивает соответствие требованиям Федерального закона № 152-ФЗ "О персональных данных" [5]. Хранение данных на российских серверах, полный контроль над информацией и возможность реализации дополнительных мер безопасности создают надежную основу для работы с конфиденциальной медицинской информацией.

Использование отечественного OpenSource решения способствует развитию российского IT-сектора, созданию рабочих мест для российских специалистов, увеличению налоговых отчислений в российский бюджет и стимулированию развития отечественных технологий в области здравоохранения [7, 8].

Внедрение разработанной CRM-системы показало значительное улучшение ключевых показателей эффективности. Время на прием сократилось с 23 до 7 минут, что составляет снижение на 70%. Количество ошибок в записях уменьшилось с 5% до 1%, что соответствует снижению на 80%. Количество приемов в день увеличилось с 20 до 22, что составляет рост на 10%. Повторные обращения пациентов увеличились на 15% по сравнению с базовым уровнем.

Таблица 7 – Значения для сравнения показателей до и после внедрения CRM

Показатель	До	После	Изменение
Время на прием	23 мин	7 мин	↓ 70%
Количество ошибок	5%	1%	↓ 80%
Приемов в день	20	22	↑ 10%
Повторные обращения	Базовая	+15%	↑ 15%

Экономические результаты внедрения включают экономию времени в размере 317 616 рублей в год, увеличение прибыли от дополнительных приемов на 1 108 800 рублей в год, снижение потерь от ошибок на 40 000 рублей в год и увеличение прибыли от лояльности пациентов на 252 000 рублей в год. Общая косвенная выгода составляет 1 718 416 рублей в год.

Проведенное исследование демонстрирует высокую экономическую эффективность использования OpenSource CRM-систем в медицинских учреждениях малого и среднего бизнеса. Прямая экономия составляет 569 000 рублей за три года (55,1% от стоимости коммерческого решения), косвенная выгода от повышения эффективности – 5 155 248 рублей за три года. Срок окупаемости системы составляет менее двух месяцев, показатель ROI достигает 1 136%, что означает окупаемость инвестиций в 12,4 раза за трехлетний период.

Использование отечественного OpenSource решения полностью соответствует политике импортозамещения, обеспечивает независимость от зарубежных технологий и

способствует развитию российского IT-сектора [4]. Практические результаты внедрения показывают повышение эффективности работы на 25-30%, улучшение качества обслуживания пациентов и снижение операционных затрат на 30-40%.

Разработанное решение демонстрирует доступность и гибкость для малого и среднего бизнеса, обеспечивает быстрое внедрение и окупаемость, а также создает конкурентное преимущество за счет использования современных технологий при существенно более низких затратах.

Перспективы развития OpenSource CRM в медицине включают функциональные улучшения, такие как интеграция с ЕГИСЗ, разработка модуля телемедицины, создание мобильных приложений и интеграция с лабораторными системами. Технологические улучшения предусматривают использование искусственного интеллекта для диагностики, автоматизацию аналитики и улучшение пользовательского интерфейса.

Масштабирование решения предполагает адаптацию для различных медицинских специальностей, создание отраслевых решений и развитие экосистемы разработчиков. Государственная поддержка в виде субсидий на внедрение, программ обучения и развития инфраструктуры может существенно ускорить распространение OpenSource решений в медицинской отрасли.

Список источников

1. Крючков, А. С. Перспективы и инновационные подходы к развитию CRM - систем в здравоохранении / А. С. Крючков, Л. А. Коробова // Моделирование энергоинформационных процессов: Сборник статей XIII национальной научно-практической конференции с международным участием, Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2025. – С. 288-294. – EDN YEFHPQ.

2. Крючков, А. С. Разработка web-CRM для оптимизации бизнес-процессов частных клиник / А. С. Крючков, Л. А. Коробова // Стратегия и тактика управления предприятием в переходной экономике: Сборник материалов XXV юбилейного открытого конкурса научно-исследовательских работ студентов и молодых ученых в области экономики и управления "Зеленый росток" с итоговим этапом в форме Всероссийской (национальной) научной

конференции, Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2025. – С. 326-331. – EDN LRRPXУ.

3. Реестр отечественного программного обеспечения. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации [Электронный ресурс] / Заголовок с экрана // URL: <https://reestr.digital.gov.ru/reestr/> (Дата обращения 21.12.2025)

4. Prototype mobile application definitions fresh products based on neural network / L. A. Korobova, I. S. Tolstova, I. A. Matytsina, M. S. Mironova // Journal of Physics: Conference Series : Current Problems, Voronezh, 2021. – P. 012118. – DOI 10.1088/1742-6596/1902/1/012118. – EDN XIEBCT.

5. Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ "О персональных данных" [Электронный ресурс] / Заголовок с экрана // URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801/ (Дата обращения 21.12.2025)

6. Постановление Правительства РФ от 16.11.2015 № 1236 "Об установлении запрета на допуск программного обеспечения, происходящего из иностранных государств, для целей осуществления закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд" [Электронный ресурс] / Заголовок с экрана // URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71152170/> (Дата обращения 21.12.2025)

7. Приказ ФСТЭК России от 18.02.2013 № 21 «Об утверждении Состав и содержания организационных и технических мер по обеспечению безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных» [Электронный ресурс] / Заголовок с экрана // URL: https://rppa.pro/npa/fstek21_18.02.2013 (Дата обращения 21.12.2025)

8. Приказ ФНС России от 18.01.2018 N ММВ-7-6/24@ «Об утверждении Стратегии ФНС России по импортозамещению ИТ-инфраструктуры и программного обеспечения, применяемых в автоматизированных информационных системах ФНС России, с учетом перехода на преимущественное использование продуктов и решений отечественных производителей» [Электронный ресурс] / Заголовок с экрана // URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_288474/ (Дата обращения 21.12.2025).

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДСИСТЕМА УЧЕТА
ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ
МЧС РОССИИ**

Бородина Е.А., Беликов Д.В., Мачтаков С.Г.

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

Целью работы является автоматизация процессов учета и контроля состояния технических средств в подразделении МЧС России. Это облегчит процесс эксплуатации технического оборудования, контроль обслуживания и списания оборудования, а также повысить оперативность формирования отчетности.

Архитектура должна соответствовать требованиям заказчика, учитывать ограничения инфраструктуры, обеспечивать возможности для будущего развития. При проектировании архитектуры необходимо учитывать специфику работы подразделений МЧС России, требования к информационной безопасности, необходимость интеграции с существующими системами.

Проектирование функциональной модели является одним из этапов создания информационной подсистемы, определяющим структуру, состав и взаимодействие всех функций, реализуемых в системе. Функциональная модель позволяет формализовать требования пользователей, выявить основные бизнес-процессы, определить потоки информации и границы ответственности между различными компонентами системы. Для веб-ориентированной информационной подсистемы учета технических средств подразделения МЧС России функциональная модель становится основой для последующей детализации архитектуры, проектирования интерфейсов и реализации программных модулей.

В процессе проектирования функциональной модели проводится анализ предметной области, выявляются все участники системы (пользователи, администраторы, технические специалисты), а также их роли и задачи. Особое внимание уделяется специфике деятельности подразделения МЧС, где важны не только точность и актуальность учета технических средств, но и возможность быстрого доступа к информации, формирование отчетности, контроль сроков эксплуатации и обслуживания оборудования.

Контекстная диаграмма процесса в методологии IDEF0 в нотации As Is (как есть) на рисунке 1:

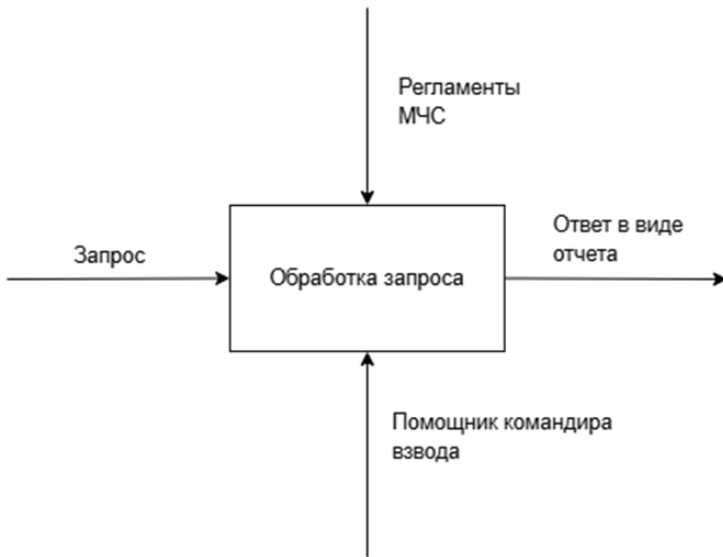


Рисунок 1 – Контекстная диаграмма обработки запроса в нотации As Is

Обработки запроса помощнику командира взвода требуются входные данные в виде запроса. В качестве механизмов для проведения процесса бронирования используются сам помощнику командира взвода, выполняющий работу. Информацией, управляющей действиями работы является шаблон обслуживания,

то есть структура разговора с клиентом, запрос логистом необходимых данных клиента. А результатом процесса обработки запроса является ответ в виде отчета. Декомпозиция процесса обработки запроса в методологии IDEF0 в нотации As Is (как есть) на рисунке 2:

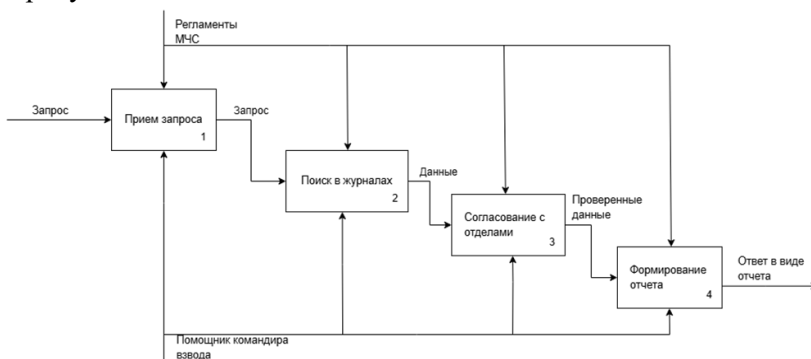


Рисунок 2 – Декомпозиция процесса «Обработка запроса» в нотации As Is

Функциональная модель разрабатываемой подсистемы строится на основе принципов модульности и иерархичности. Каждый модуль системы реализует определённый набор функций, необходимых для решения конкретных задач пользователей. В рамках данной подсистемы можно выделить следующие ключевые функциональные блоки: управление оборудованием, управление категориями, управление подразделениями, управление пользователями, формирование отчетности, а также обеспечение безопасности и разграничения прав доступа.

Таким образом, функциональная модель разрабатываемой информационной подсистемы учета технических средств подразделения МЧС России обеспечивает комплексное описание всех процессов, реализуемых в системе, и служит надежной основой для дальнейшего этапа проектирования и реализации программного продукта. Грамотно спроектированная функциональная модель позволяет создать гибкую, масштабируемую и удобную в эксплуатации систему, способную

эффективно решать задачи учета, контроля и анализа технических средств в условиях деятельности государственных структур.

Для обработки запроса помощнику командира взвода требуются принять запрос. После этого найти информацию в журналах. Потом эти данные необходимо согласовать с отделами. После этих процедур с полученными данными помощник командира взвода может начать формировать отчет.

Обе схемы (рисунки 1 и 2) позволяют сделать выводы о том, что помощник командира взвода выполняет много документационной работы вручную с помощью бумажных носителей, что вызывает ошибки и задержки. Таким образом, было принято решение о разработке информационной системы. В системе должны быть автоматизированы эти процессы, выполняющиеся помощником командира взвода, а также добавлены некоторые другие функции, упрощающие его работу.

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

3. Мачтаков С.Г., Питолин М.В. Единая система информационно-аналитического обеспечения деятельности (ИСОД) МВД России Пожарная безопасность: проблемы и перспективы: Сб. статей по материалам VII Все-российской науч.-практ. конф. с междунар. уч. 29-30 сент. 2016 г.: в 2-х ч. Ч. 1 / ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России. – Воронеж, 2016. – 363

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ
ОБРАЩЕНИЙ ГРАЖДАН ПОСРЕДСТВОМ
ВЕБ-ТЕХНОЛОГИЙ**

И.С. Толстова, К.С. Литвинова

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

В современном мире информационные технологии являются неотъемлемой частью нашего мира. Отдельного внимания требует область государственных учреждений, которая также играет важную роль в нашем обществе. В данной статье будет рассмотрена необходимость проектирования и разработки специализированного веб-сервиса для оптимизации процесса обращения граждан в государственные учреждения.

На ряду с частными компаниями активно трансформируется и аппарат государственного управления. Большинство организаций уже давно перешло на электронный формат обращений, многие используют для этого портал «Госуслуги». Цифровой формат способствует повышению качества и скорости работы сотрудников, доступности и простоте обращений, а также экономии времени. Но, несмотря на активное развитие портала, процесс обращений в конкретные госучреждения зачастую остается неудобным и разобщенным. Граждане сталкиваются с большим количеством проблем и неудобств, например, сложная навигация официальных сайтов, невозможность отслеживания статуса готовности, отсутствие единого формата, отсутствие удобных форм ввода и личного кабинета, в добавок отсутствие структурированности информации и ее недостаточность. Все эти факторы приводят к некачественному оказанию услуг, снижению доверия граждан, вынужденным бумажным форматам, высокой загруженности сотрудников и дублированию информации.

Целью работы является разработка концепции, архитектуры и прототипа веб-сервиса для обеспечения удобного, легкого и быстрого обращения граждан в узконаправленную государственную организацию. Для достижения поставленной цели необходимо сформулировать и решить следующие задачи: провести предпроектное обследование организации, разработать требования к программному продукту, спроектировать модели процесса записи на услуги и разработать программный модуль.

Объектом исследования является администрация района. Это орган местного самоуправления, который занимается приемом граждан по оказанию государственных услуг в различных сферах жизни, а также созданием охраны и здоровья граждан, обеспечением доступа к образованию и культуре и другим. Предметом исследования является автоматизация процесса записи на услугу в администрацию района.

Автоматизация ручного процесса позволяет улучшить качество обслуживания, а также увеличить скорость обработки входящих запросов. Разрабатываемый программный инструмент для автоматизации позволит упростить запись граждан на услуги и работу сотрудников организации.

Рассмотрев на примере госуслуг работу системы записи, было обнаружено, что данная системы не подходят по ряду причин: имеется запутанный, избыточный функционал, а также не избавляет пользователя от поиска дополнительной информации по услуге, например, по телефону. В связи с выше поставленными задачами, учитывая все недостатки, разрабатываемый веб-сервис должен удовлетворять следующим требованиям: простой, удобный и доступный интерфейс для всех пользователей системы с любым уровнем подготовки; хранение данных в своей базе данных; возможность быстрого получения отчетной и статистической информации; возможность изменения и дополнения структуры и функционала системы; возможность записи через личный кабинет пользователя непосредственно через веб-сервис. Также для разрабатываемого веб-сервиса важно учесть ряд проектных требований: отсутствие излишнего функционала; наличие в системе уведомлений пользователю о некорректности ввода данных; адаптивность. К самой среде

заполняет индивидуальные данные о себе, после чего он может непосредственно записаться на услуги и отслеживать статусы всех действий при взаимодействии с веб-сервисом. Для наглядного рассмотрения алгоритма работы граждан с веб-сервисом необходимо рассмотреть диаграмму последовательности записи на услугу (с точки зрения граждан).

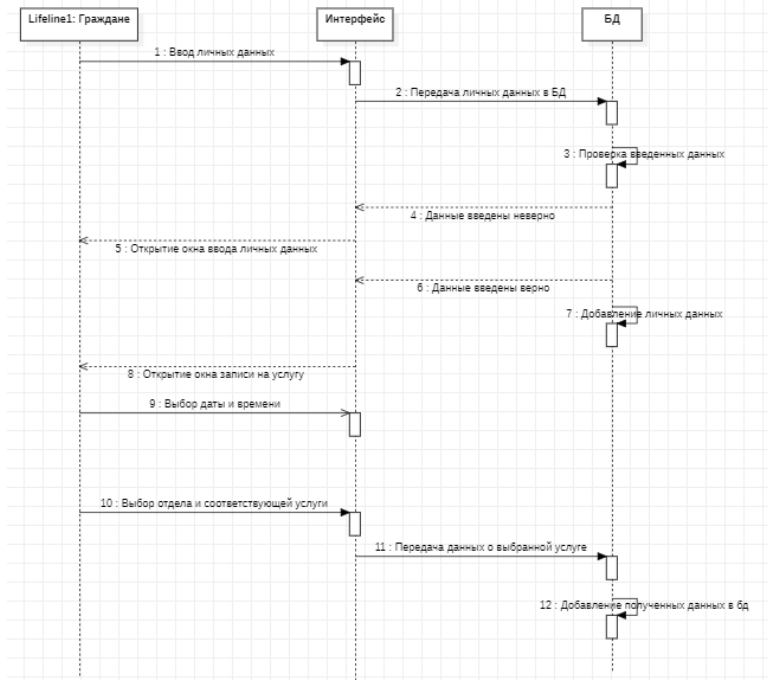


Рисунок 2 – Диаграмма последовательности записи на услугу (с точки зрения граждан)

После записи, текущие заявки отправляются на обработку администратору. Чтобы гражданам отследить статус записи, администратор должен подтвердить или отредактировать данную запись в личном кабинете. Процесс записи граждан на услуги - это сложный процесс, который необходимо рассмотреть с разных сторон. Диаграмма последовательности процесса подтверждения записи с точки зрения администратора представлена ниже.

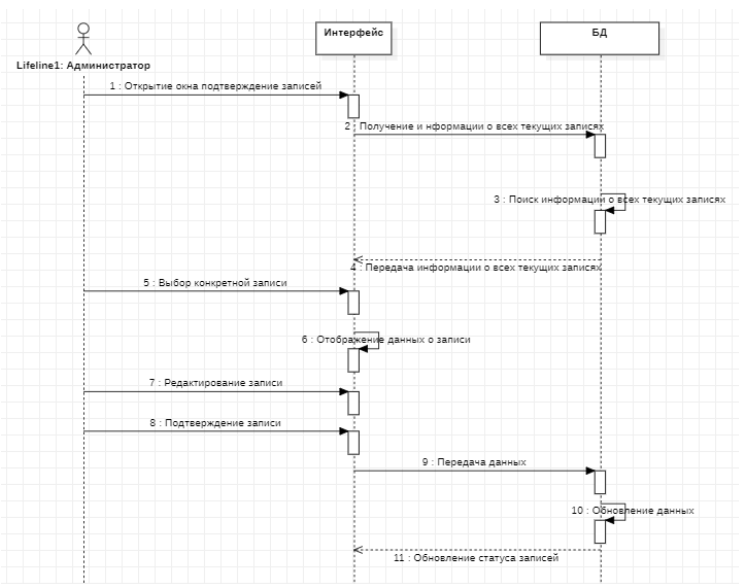


Рисунок 3 – Диаграмма последовательности для подтверждения записи на услугу (с точки зрения администратора)

Также важно учесть один из важнейших этапов системного анализа и проектирования в разработке – это разработка структуры веб-сервиса. Структура позволяет наглядно рассмотреть иерархию системы, сущности и взаимосвязи в БД, отследить безопасность и масштабируемость сервиса и четко разделить код на логические части. Учитывая все требования к программному продукту, структуру можно представить в виде диаграммы классов.

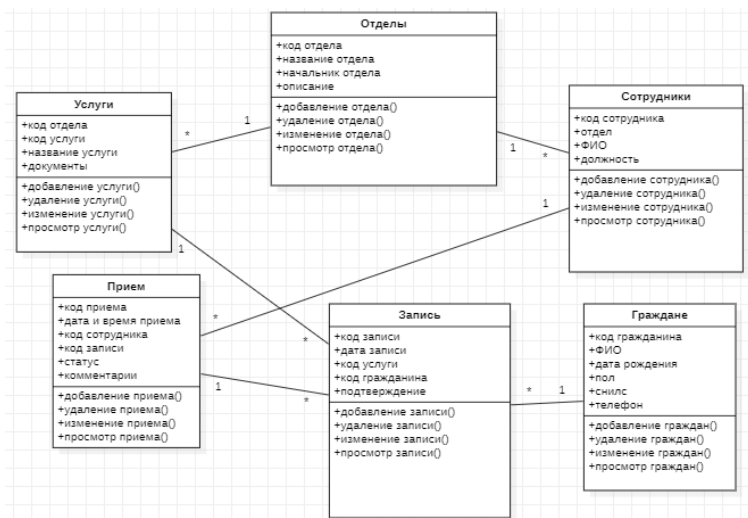


Рисунок 4 – Диаграмма классов для работы веб-сервиса

В результате разработки был создан веб-сервис для автоматизации обращений граждан в государственное учреждение, все поставленные задачи были выполнены, а именно проведено предпроектное обследование организаций, разработаны требования к программному продукту, спроектирована модель процесса записи на услуги и разработан программный модуль. Программное решение не только поможет упростить и улучшить работу сотрудников, но и позволит автоматизировать процесс ведения записи граждан на услуги, а также отслеживать статус записи и статистику оказания услуг в личном кабинете. В результате внедрения сервиса будет сокращено время на выполнение рутинных операций, минимизированы ошибки при обработке записей и улучшено взаимодействие между сотрудниками организации и гражданами. Внедрение данного веб-сервиса способствует повышению уровня обслуживания граждан и увеличению общей производительности организации.

Список источников

1) Изварина, А. А. Практическое применение цифровых технологий в государственном управлении / А. А. Изварина, Н. А. Шишкина // Теоретические и практические аспекты цифровизации российской экономики : Сборник трудов V Международной научно-практической конференции, Ярославль, 08 декабря 2022 года. – Ярославль: Ярославский государственный технический университет, 2022. – С. 666-670. – EDN LTFRMX.

2) Сердюков, Е. Е. Совершенствование системы предоставления государственных услуг / Е. Е. Сердюков // Наука и образование в условиях цифровой трансформации экономики и общества : Сборник лучших докладов X Национальной научно-практической конференции института магистратуры с международным участием, Санкт-Петербург, 19–20 апреля 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2021. – С. 241-244. – EDN TRBKM1.

3) Практика применения цифровых инструментов для оказания государственных услуг / С. Д. Гаврилова, Э. Р. Салахутдинова, М. М. Низамутдинов, Г. Р. Гарипова // Развитие бухгалтерского учета и аудита в условиях цифровой экономики : сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, Казань, 23–24 мая 2023 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 133-141. – EDN OEXHWW.

4) Толстова, И. С. Цифровизация процесса проверки задолженностей по коммунальным платежам с помощью чат-бота / И. С. Толстова, О. С. Захарова, М. Н. Чупринский // Моделирование энергоинформационных процессов : Сборник статей XII национальная научно-практическая конференция с международным участием, Воронеж, 26–28 декабря 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2024. – С. 389-394. – EDN ОНРУКД.

5) Толстова, И. С. Чат-бот как современная цифровая технология в сфере ЖКХ / И. С. Толстова, О. К. Мелешко, С. С. Корчагина // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2024. – № 3-4(33-34). – С. 99-103. – EDN EECNAU.

ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ ГОСТЕПРИИМСТВА В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Асмолова Е. В., Зацепилина Н. П., Ковалева Е. Н.

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

В условиях роста цен на энергоресурсы и усиления экологических требований энергосбережение становится одной из приоритетных задач гостиничного бизнеса. Использование современных технологий позволяет отелям не только существенно сократить эксплуатационные расходы, но и повысить уровень безопасности, что все чаще влияет на выбор гостиницы клиентами.

Рассмотрим особенности внедрения энергосберегающих технологий в гостиничном бизнесе Воронежской области.

Воронежская область представляет собой регион с умеренно-континентальным климатом, характеризующимся достаточно холодной зимой и довольно жарким летом, что оказывает существенное влияние на структуру энергопотребления гостиничных объектов. Значительная часть затрат отелей приходится на отопление в осенне-зимний период и кондиционирование воздуха в летние месяцы. В этих условиях внедрение энергосберегающих технологий приобретает особую актуальность и требует учета региональных климатических и инфраструктурных особенностей.

Одним из приоритетных направлений энергосбережения в гостиницах Воронежской области является модернизация систем теплоснабжения. В условиях длительного отопительного сезона особую эффективность демонстрируют автоматизированные тепловые пункты с погодным регулированием, позволяющие изменять параметры подачи тепла в зависимости от температуры наружного воздуха. Это обеспечивает снижение теплопотерь и

предотвращает избыточный расход тепловой энергии без ухудшения микроклимата в гостиничных помещениях.

Широкие возможности для энергосбережения открывает внедрение систем диспетчеризации и мониторинга энергоресурсов. Использование интеллектуальных систем учета электроэнергии, тепла и воды позволяет гостиницам Воронежской области в режиме реального времени отслеживать потребление ресурсов, выявлять неэффективные участки и оперативно принимать управленческие решения. Анализ накопленных данных способствует оптимизации режимов работы инженерных систем и формированию долгосрочной стратегии энергосбережения.

Существенный потенциал снижения энергопотребления связан с архитектурно-строительными решениями. Для гостиниц региона актуально применение современных теплоизоляционных материалов при реконструкции существующих зданий, особенно построенных в советский период. Утепление фасадов, кровли и цокольных этажей, а также замена устаревших оконных конструкций на энергоэффективные стеклопакеты позволяют значительно сократить теплопотери и снизить нагрузку на системы отопления.

Отдельного внимания заслуживает использование возобновляемых источников энергии. В условиях Воронежской области перспективным направлением является установка солнечных коллекторов для нагрева воды, особенно в гостиницах с развитой инфраструктурой спа-зон, бассейнов и прачечных. Несмотря на сезонные ограничения, такие системы позволяют снизить потребление традиционных энергоресурсов и повысить экологическую устойчивость гостиничных предприятий.

Не менее важным фактором является организационный момент энергосбережения. Повышение квалификации персонала и формирование культуры рационального использования ресурсов способствуют более эффективной эксплуатации энергосберегающего оборудования. Практика показывает, что информирование сотрудников и гостей отеля о принципах ответственного поведения позволяет дополнительно сократить потребление электроэнергии и воды без внедрения капиталоемких технологий.

В условиях развития внутреннего туризма и роста конкуренции на региональном гостиничном рынке использование энергосберегающих технологий становится фактором повышения инвестиционной привлекательности гостиниц Воронежской области. Энергоэффективные объекты демонстрируют более низкие эксплуатационные издержки, стабильность финансовых показателей и соответствие современным международным стандартам.

Внедрение энергосберегающих технологий в сфере гостеприимства в Воронежской области представляет собой комплексный процесс, включающий технические, архитектурные и управленческие решения. Системный подход к энергосбережению позволяет обеспечить устойчивое развитие гостиничных предприятий, повысить качество предоставляемых услуг и снизить негативное воздействие на окружающую среду, что соответствует стратегическим целям социально-экономического развития региона. На сегодняшний день существует широкий спектр энергосберегающих решений, адаптированных специально для гостиничной сферы. Их внедрение способствует оптимизации потребления электроэнергии, тепла и воды без снижения комфорта для гостей.

К числу наиболее эффективных технологий относятся:

- замена традиционных источников света на LED-лампы позволяет снизить потребление электроэнергии на 50–70 % и увеличить срок службы осветительных приборов;
- автоматизированное управление освещением и климатом, использование датчиков движения, присутствия и освещенности обеспечивает включение света и кондиционирования только при необходимости;
- современные теплоизоляционные материалы позволяют сократить теплопотери здания на 20–30 %;
- интеллектуальные системы управления зданием анализируют загрузку гостиницы и автоматически регулируют энергопотребление;
- энергосберегающая бытовая техника с высоким классом энергоэффективности значительно снижают общее потребление энергии;

– вентиляция с рекуперацией тепла, системы очистки и повторного использования воды повышают общую ресурсную эффективность.

Не менее важную роль играют умные системы управления энергопотреблением, которые с помощью датчиков и программного анализа оптимизируют работу инженерных систем. Например, освещение и кондиционирование автоматически отключаются при отсутствии гостей в номере или регулируются в зависимости от температуры окружающей среды.

Дополнительный эффект достигается за счет применения экологичных строительных материалов, качественного утепления фасадов и кровли, что снижает нагрузку на системы отопления и охлаждения.

Использование энергоэффективных устройств, например, терморегуляторов воды, сенсорных смесителей, интеллектуальных зеркал и освещения также способствует значительному снижению потребления ресурсов.

Внедрение современных технологий энергосбережения является важным этапом развития гостиничного бизнеса. Эти меры позволяют снизить эксплуатационные расходы, повысить конкурентоспособность отеля и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

Последовательное использование энергосберегающих решений приводит к повышению экономической эффективности гостиниц и формированию устойчивой модели развития отрасли в целом [1, 2].

Важным моментом внедрения энергосберегающих технологий является их экономическая целесообразность. Несмотря на то, что первоначальные затраты на модернизацию инженерных систем и оборудования могут быть достаточно высокими, в долгосрочной перспективе такие вложения полностью оправдываются. Снижение расходов на электроэнергию, отопление и водоснабжение позволяет гостиницам сократить операционные издержки и повысить рентабельность деятельности. В зависимости от масштаба объекта и уровня внедренных решений срок окупаемости

энергосберегающих технологий, как правило, составляет от двух до пяти лет.

Современные цифровые технологии также играют значительную роль в повышении энергоэффективности гостиниц. Системы мониторинга энергопотребления в режиме реального времени позволяют собирать и анализировать данные о работе всех инженерных коммуникаций здания. На основе полученной информации становится возможным выявление неэффективных участков, оптимизация режимов работы оборудования и предотвращение избыточного потребления ресурсов [3, 4].

Использование аналитических платформ и элементов искусственного интеллекта позволяет гостиницам более точно прогнозировать энергопотребление с учетом сезонных колебаний, уровня загрузки номерного фонда и поведенческих особенностей гостей. Такие решения обеспечивают гибкое управление ресурсами и повышают надежность инженерных систем [5-8].

В перспективе энергосбережение в гостиничном бизнесе будет развиваться в направлении комплексной интеграции инженерных, цифровых и организационных решений. Таким образом, энергосбережение представляет собой системный процесс, включающий технические, экономические и управленческие меры. Комплексный подход к использованию современных энергосберегающих технологий позволяет гостиницам не только снизить затраты, но и обеспечить устойчивое развитие, соответствующее современным экологическим и экономическим требованиям.

Список 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. Успенская М.Е., Зацепилина Н.П., Ковалева Е.Н., Сехниев М.Е., Сандберг А.Б. Системный подход и лизинг в планировании и организации сервисной деятельности в сфере гостеприимства // Лизинг. – 2025. № 1. – С. 33-38.

3. Сандберг А.Б. Применение искусственного интеллекта в управлении туристическими организациями: формирование семантического ядра и перевод контента // Студенческая научно-исследовательская лаборатория: современное состояние и перспективы. Сборник научных статей III Международной студенческой междисциплинарной научно-практической конференции. Краснодар, 2024. – С. 1540-1545.

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. Зацепилина Н.П., Сандберг А.Б., Ковалева Е.Н. Организационное проектирование сервисной деятельности в сфере гостеприимства / Воронежский государственный университет инженерных технологий. Воронеж, – 2025 – 61 с.

6. 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.

7. Сандберг А.Б. Технологии рекламы бизнес-процессов в сфере гостеприимства на основе семантики и перевода текстов // Молодой ученый года 2024. Сборник статей XIV Международного научно-исследовательского конкурса. Пенза, 2024. – С. 25-28.

8. Зацепилина Н.П., Ковалева Е.Н., Сандберг А.Б., Сехниев М.Е., Зацепилина Л.С. Подбор, кластеризация и перевод ключевых слов для продвижения гостиничного бизнеса в интернете // Лизинг. – 2025. № 2. – С. 13-17.

**ФУНКЦИИ АНГЛОЯЗЫЧНОЙ ТЕРМИНОЛОГИИ
В СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ
И ЕСТЕСТВОЗНАНИИ**

Сихарулидзе Д. Х., Ковалева Е. Н.

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

Современная энергетика и сфера энергосбережения переживают период технологической трансформации. В ее основе лежит не только развитие новых инженерных решений, но и формирование нового языка, способного адекватно описать возникающие сложные системы. Внедрение англоязычных терминов в профессиональную речь специалистов является не данью моде или простым заимствованием, а объективной необходимостью, отражающей интеграцию российских разработок и исследований в мировой технологический процесс.

Данный процесс носит системный характер. Прежде всего, английский язык выступает в роли универсального языка для обозначения принципиально новых явлений и технологий, для которых в русском языке зачастую отсутствуют краткие и точные аналоги. Такие понятия, как «смарт-грид» (интеллектуальная энергосеть), «цифровой двойник» (виртуальная динамическая копия физического объекта) или «просьюмер» (активный потребитель, который также производит энергию), не являются простыми кальками. Они несут в себе целостную концепцию, комплексный набор принципов и функций, сформировавшийся в международной практике. Как правило, под термином понимается «специальное слово или словосочетание, принятое в профессиональной деятельности, которое употребляется в особых условиях» [1, с. 14]. Использование оригинального термина позволяет избежать неточностей и длинных описательных

конструкций, обеспечивая концептуальную чистоту и мгновенное понимание сути явления в профессиональном сообществе.

Далее, терминология служит ключом к доступу к передовым знаниям и стандартам. Большая часть актуальной научной литературы, технической документации к оборудованию, протоколов управления и программного обеспечения для моделирования использует именно английские термины. Например, такие показатели, как PUE (Power Usage Effectiveness – эффективность использования энергии в дата-центрах) или LCOE (The Levelized Cost of Electricity – приведенная стоимость электроэнергии), являются стандартными метриками в мировой практике. Владение этой терминологией позволяет инженеру или исследователю свободно ориентироваться в базах данных, работать с профессиональным ПО и применять общепринятые методики расчетов и анализа.

Важнейшим моментом является роль английской терминологии в описании процессов цифровизации, которая сегодня неотделима от энергосбережения. Здесь язык фиксирует слияние двух сфер: энергетической и информационной. Понятия «кибер-физическая система», «интернет вещей» или «анализ больших данных» описывают именно гибридные объекты, где потоки энергии и информации взаимосвязаны. Английский язык, будучи языком универсальных технологий, предлагает для этих междисциплинарных концепций наиболее устоявшиеся и точные дефиниции. Также характерна синонимия, так как по мнению Тененёвой И. В. «любой материальный объект обладает бесконечным многообразием признаков и может быть рассмотрен с различных точек зрения. Несколько сторон восприятия одного и того же объекта обуславливают возникновение нескольких его наименований, в которых фиксируются различные его характерные признаки. Каждое из этих обозначений будет результатом восприятия одного объекта с различных сторон, и каждое из них может одинаково хорошо идентифицировать данный объект с аналогичными объектами и дифференцировать его от сходных и несходных объектов иного рода» [2, с. 9].

Наконец, единый терминологический каркас выступает основой для международного сотрудничества, совместных

проектов и экспорта технологий. Когда российский специалист говорит с иностранным коллегой об интеграции «возобновляемых источников с переменным графиком» или о системах «управления спросом», использование общепринятой лексики снимает коммуникационные барьеры и позволяет сосредоточиться на сути технических решений.

Таким образом, освоение и грамотное применение англоязычной терминологии перестает быть факультативным навыком и становится важнейшим элементом профессиональной компетентности [3]. Это рабочий инструмент, который обеспечивает точность технической мысли, открывает доступ к новым знаниям и позволяет эффективно позиционировать российские разработки и исследования на мировой арене.

Список источников

1. Суперанская А. В., Подольская Н.В., Васильева Н.В. Общая терминология: Вопросы теории. Москва: Либроком, 2012. 248 с.

2. Тененёва И. В. Логико-лингвистический аспект терминологической синонимии // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Лингвистика и педагогика, 2013. № 3. – С. 8-12.

3. Черновец, Т.Е. Основные тенденции терминообразования в английском языке (на материале терминологии предметной области энергетики современного английского языка) / Т.Е. Черновец // Идеи. Поиски. Решения: сборник статей и тезисов XI Междунар. науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов, Минск, 22 ноября 2017 г. В 7 ч. Ч. 3 / БГУ, Филологический фак., Каф. английского языкознания; редкол.: Н. Н. Нижнева (отв. ред.) [и др.]. – Минск: БГУ, 2018. – С. 128-132.

ФУНКЦИЯ ВЛИЯНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ С НЕГЛАДКИМИ РЕШЕНИЯМИ

Бородина Е.А.

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

В данной статье получены достаточные условия существования функции влияния математической модели

$$\begin{cases} Lu \equiv -(pu'''_{xx\mu})'''_{xx\sigma}(x) + (ru''_{xx})''_{x\sigma}(x) - (g(x)u'_x)'_{\sigma}(x) + u(x)Q'_{\sigma}(x) = F'_{\sigma}(x); \\ u(0) = u'_x(0) = u''_{xx}(0) = 0; \\ u(\ell) = u'_x(\ell) = u''_{xx}(\ell) = 0; \end{cases}$$

Математическую модель (1.3.1) 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, (1.3.1) является невырожденной.

В самом деле, если это не так, то найдется нетривиальное решение $\psi(x)$ однородной граничной задачи

$$\begin{cases} -(pu'''_{xx\mu})'''_{xx\sigma}(x) + (ru''_{xx})''_{x\sigma}(x) - (g(x)u'_x)'_{\sigma}(x) + u(x)Q'_{\sigma}(x) = 0; \\ u(0) = u'_x(0) = u''_{xx}(0) = 0; \\ u(l) = u'_x(l) = u''_{xx}(l) = 0; \end{cases}$$

Подставляя $\psi(x)$ в уравнение (1.3.2), умножая обе части полученного тождества на $\psi(x)$, и интегрируя по мере σ по всему отрезку $[0; l]$, будем иметь

$$\begin{aligned} & \int_0^l \left(-(p\psi'''_{xx\mu})'''_{xx\sigma}(x) + (r\psi''_{xx})''_{x\sigma}(x) - (g(x)\psi'_x)'_{\sigma}(x) \right. \\ & \left. + \psi(x)Q'_{\sigma}(x) \right) \psi(x) d\sigma \\ & = 0. \end{aligned} \tag{1.3.3}$$

Разбивая интеграл в левой части равенства (1.3.3) 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 σ). Но функция $p(x)$, по условию, положительна на $[0; l]$. Поэтому $\psi_{xx\mu}'''' = 0$ почти всюду (по мере σ). 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 придем к тождествам

$$\psi_x'(x) \equiv 0 \text{ на } [0; l]$$

и

$$\psi(x) \equiv 0 \text{ на } [0; l].$$

Последнее противоречит нашему предположению.

Для удобства введем следующие обозначения: $l_1 u = u(0)$, $l_2 u = u'(0)$, $l_3 u = u''(0)$, $l_3 u = u_{xx}''(0)$, $l_4 u = u(l)$, $l_5 u = u'(l)$ и $l_6 u = u_{xx}''(l)$

[1-7].

Список источников

1. Достаточные условия разрешимости граничной задачи шестого порядка с негладкими решениями и сильной нелинейностью. Елфимова А.В., Симонова М.А., Давыдова М.Б., Бородин Е.А. Современные методы теории краевых задач материалы международной конференции, посвященной 90-летию В.А.Ильина.2018.С.90-91.

2. Об одной граничной задаче шестого порядка с сильной нелинейностью. Бородина Е.А., Голованева Ф.В., Шабров С.А. Вестник ВГУ . Серия : Физика. Математика .2019.№2. С. 65-69.

3. О числе решений нелинейной граничной задачи четвертого порядка с производными по мере. Шабров С.А., Бородина Е.А., Голованева Ф.В., Давыдова М.Б. Вестник ВГУ . Серия : Физика. Математика .2019.№3. С. 93-100.

4. Математическое моделирование процесса формирования тонких резистивных пленок центрифугированием. Абрамов Г.В., Бородина Е.А.Современные проблемы прикладной математики и математического моделирования материалы II Международной научной конференции . ВГТА.2007.С.3-4.

5. Гидродинамическое описание процесса формирования пленок центрифугированием . Абрамов Г.В., Бородина Е.А.Кибернетика и высокие технологии XXI века IX Международная научно - техническая конференция. 2008 С. 1031-1035.

6. Об одной математической модели шестого порядка с негладкими решениями. Баев А.Д. , Бородина Е.А., Голованева Ф.В., Шабров С.А. Вестник ВГУ . Серия : Физика. Математика 2018.№2. С. 93-105.

7. Исследование дефектов при формировании пленок центрифугированием . Абрамов Г.В., Бородина Е.А. Вестник ВГУ . Серия : Физика. Математика 2018.№1. С. 53-59.

**ИССЛЕДОВАНИЕ АРХИТЕКТУР СВЁРТОЧНЫХ
НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ С ЦЕЛЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ В
МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМАХ**

Геращенко И.Б., Мачтаков С.Г., Трибунских О.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*

Рост распространённости мобильных устройств и развитие технологий глубокого обучения привели к широкому внедрению интеллектуальных систем в сферу персональной медицины и контроля питания. Мобильные приложения для подсчёта калорий являются важным инструментом формирования пищевых привычек и профилактики ожирения, однако большинство существующих решений требуют ручного ввода данных о потребляемых продуктах, что снижает удобство использования, способствует допущению ошибок и уменьшает точность ведения пищевого дневника.

Одним из перспективных направлений является автоматизация ввода данных на основе методов компьютерного зрения и свёрточных нейронных сетей (Convolutional Neural Networks, CNN). Однако изображения пищевых продуктов обладают высокой вариативностью — различаются по освещению, форме, текстуре и составу, что делает задачу классификации существенно более сложной по сравнению с традиционными объектными классами. Дополнительную сложность создаёт необходимость адаптации нейросетевых моделей к условиям мобильных устройств: ограниченная вычислительная мощность, энергопотребление и требования к размеру модели требуют использования компактных и высокоэффективных архитектур. Таким образом, задача выбора

оптимальной архитектуры CNN для классификации изображений пищевых продуктов в мобильных системах является актуальной, практически значимой и научно интересной.

В мировой научной литературе активно исследуются вопросы классификации блюд (Bossard et al., 2014; Chen et al., 2019), оптимизации CNN для edge-устройств (Howard et al., 2019; Tan & Le, 2019) и интеграции моделей в мобильные приложения (Google AI, 2020). Однако сравнительные исследования именно применимости различных архитектур CNN к задаче классификации еды в контексте мобильных систем встречаются редко, что определяет необходимость проведения самостоятельного анализа.

Для разработки компьютерного приложения необходимо определить оптимальную архитектуру свёрточной нейронной сети для классификации изображений пищевых продуктов, обеспечивающую наилучший баланс между точностью, вычислительной сложностью и возможностью использования на мобильных устройствах. Для этого необходимо решить следующие задачи:

Проанализировать современные архитектуры CNN, применяемые в мобильных системах.

Определить ключевые критерии производительности для задач классификации изображений продуктов питания.

Выполнить сравнительный анализ точности, F1-метрики и сложности моделей.

Обосновать выбор оптимальной архитектуры для дальнейшего внедрения в мобильную систему.

Результаты исследования могут быть использованы при разработке:

- мобильных приложений для подсчёта калорий,
- интеллектуальных систем рекомендаций питания,
- систем мониторинга и анализа рациона,
- прикладных решений в сфере e-health.

До широкого распространения методов глубокого обучения задачи классификации изображений решались с использованием методов, основанных на ручном выделении признаков. К таким методам относятся алгоритмы Scale-Invariant Feature Transform

(SIFT), Histogram of Oriented Gradients (HOG), Speeded-Up Robust Features (SURF), а также подходы Bag of Visual Words (BoVW).

Общей особенностью классических методов является необходимость явного проектирования признаков, что требует экспертных знаний и существенно ограничивает способность моделей к обобщению в условиях высокой вариативности изображений. В задаче распознавания пищевых продуктов данные ограничения проявляются особенно остро, поскольку блюда могут иметь схожую цветовую гамму, форму и текстуру, а также значительно различаться по способу приготовления и подаче. Таким образом, классические методы оказываются недостаточно устойчивыми для решения задачи классификации изображений продуктов питания в реальных условиях.

Свёрточные нейронные сети (Convolutional Neural Networks, CNN) представляют собой класс глубоких нейронных сетей, специально разработанных для обработки изображений. Основным принцип CNN заключается в использовании операции свёртки для автоматического извлечения пространственных признаков из входных данных.

Операция свёртки определяется как:

$$y(i, j) = \sum_m \sum_n x(i + m, j + n) * w(m, n) \quad (1)$$

где x — входное изображение, w — ядро свёртки,
 y — выходная карта признаков.

Использование свёрток позволяет модели извлекать локальные признаки, такие как края, текстуры и формы, которые на более глубоких уровнях объединяются в высокоуровневые представления.

Типичная архитектура CNN включает:

- свёрточные слои, выполняющие извлечение признаков;
- функции активации (ReLU), обеспечивающие нелинейность;

- пулинг-слои, уменьшающие размерность данных;
- полносвязные слои, отвечающие за классификацию.

Задача распознавания продуктов питания по изображениям отличается рядом специфических характеристик:

- внутриклассовая вариативность (одно блюдо может выглядеть по-разному);

- межклассовое сходство (разные блюда могут иметь схожий внешний вид);

- многообъектность (на изображении может присутствовать несколько ингредиентов);

- чувствительность к условиям съёмки (освещение, фон, ракурс).

Эти факторы приводят к снижению точности моделей и требуют применения глубоких архитектур с высокой обобщающей способностью.

Архитектура ResNet была предложена для решения проблемы затухающего градиента при обучении глубоких сетей.

Основной особенностью ResNet являются остаточные связи (skip connections). MobileNet использует глубинно-разделимые свёртки (Depthwise Separable Convolutions), что существенно снижает количество параметров и вычислительную сложность. Это делает MobileNet подходящей архитектурой для мобильных устройств.

EfficientNet основана на принципе компаундного масштабирования, при котором глубина, ширина и разрешение масштабируются сбалансированным образом. Эта архитектура обеспечивает высокую точность при меньшем числе параметров по сравнению с аналогами.

Несмотря на высокую эффективность CNN, их применение в мобильных системах сопровождается рядом ограничений:

- ограниченные вычислительные ресурсы;

- высокое энергопотребление;

- требования к размеру модели;

- необходимость быстрого инференса.

В связи с этим особое значение приобретают архитектуры, ориентированные на edge computing и оптимизированные под мобильные устройства.

Анализ архитектур ResNet, MobileNet и EfficientNet показывает, что последние две обладают наибольшим потенциалом для применения в мобильных системах.

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
3. Мачтаков С.Г., Питолин М.В. Единая система инфор-мационно-аналитического обеспечения деятельности (ИСОД) МВД России Пожарная безопасность: пробле-мы и перспективы: Сб. статей по материалам VII Все-российской науч.-практ. конф. с междунар. уч. 29-30 сент. 2016 г.: в 2-х ч. Ч. 1 / ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России. – Воронеж, 2016. – 363

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДСИСТЕМА ОБРАБОТКИ ЗАЯВОК

Лемешкин А.В., Мачтаков С.Г., Мальцев Д.В.

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

Информация играет ключевую роль в организации и функционировании предприятия, являясь основным двигателем бизнеса и его наиболее ценным активом. Это связано как с развитием информационных технологий, так и с изменениями в процессе принятия решений. Объемы информации постоянно растут, и их влияние на нас также постоянно увеличивается.

Инновационный подход к управлению и стремление к постоянному совершенствованию обеспечивают компании устойчивое положение на рынке и способствуют её развитию в условиях конкурентной среды. Квалифицированный коллектив специалистов, применяющих передовые технологии и современное оборудование, позволяет компании достигать высоких стандартов качества обслуживания. ООО «РЖД-ТехСервис» активно сотрудничает с различными партнерами, что расширяет возможности по выполнению сложных проектов. Основными недостатками рассмотренных процессов являются следующие:

- ООО «РЖД-ТехСервис» выполняет огромное количество ремонта, данных которых хранятся в разных документах, соответственно это затрудняет осуществлять поиск;
- хранение огромного количества информации о работниках и заявок;
- сфера деятельности по учету работников, заявок ООО «РЖД-ТехСервис» использует в настоящий момент использует бумажный документооборот;

- хранение данных информации в небезопасном виде;
- ручное формирование документов.

Существует несколько способов приобретения информационной системы. Одним из самых популярных способов является разработка собственной информационной системы. Основные достоинства:

- полный контроль над процессом разработки;
- возможность тонкой настройки системы.

Недостатки:

- требует значительных инвестиций времени и ресурсов;
- наличие высококвалифицированных специалистов.

Другим распространенным способом приобретения информационной системы является покупка готового решения у поставщика ПО. Преимущества:

- низкие затраты времени и ресурсов на разработку
- быстрое внедрение ее в работу организации.

Недостаток - не полностью соответствует требованиям и потребностям компании.

Аренда, как последний способ приобретения. Аренда информационной системы позволяет компаниям использовать все ее функциональные возможности на временной основе, что удобно при временных проектах или экспериментах. Однако при этом организация не имеет полного контроля над системой и может столкнуться с ограничениями в настройке. Исходя из анализа представленной информации разработка собственной информационной системы будет являться актуальной для данной компании. Основные достоинства при использовании ИС:

- автоматизация передачи заявки в технический отдел;
- удобное хранение информации о контроле заявки;
- использование таких систем позволит держать информацию в безопасном виде;
- использование электронных документов.

Информационная модель системы автоматизации учета заявок показана на рисунке 1.

В процессе автоматизации обработки запросов для создания входного оперативного файла используются сведения из

Результатом этого процесса является форма для печати, которая может быть сохранена как в электронном виде, так и на бумажном носителе. Заказ для поставщика содержит аналогичные поля, за исключением строчки с договорами, где указываются номер и дата заключения соглашения, а в табличной части добавляется также сам заказ клиента.

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. МачтаковС.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
3. Мачтаков С.Г., Питолин М.В. Единая система информационно-аналитического обеспечения деятельности (ИСОД) МВД России Пожарная безопасность: пробле-мы и перспективы: Сб. статей по материалам VII Все-российской науч.-практ. конф. с междунар. уч. 29-30 сент. 2016 г.: в 2-х ч. Ч. 1 / ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России. – Воронеж, 2016. – 363

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДСИСТЕМА УЧЕТА СРЕДСТВ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Питолин М.В., Мачтаков С.Г., Моисеенко В.В.

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

Разрабатываемая подсистема нацелена на автоматизацию процесса учёта противопожарного оборудования, нужно чтобы её функционал включал в себя: авторизацию пользователя, управление карточкой организации, управление учётом огнетушителей, автоматических пожарных систем и систем оповещения и управление эвакуацией, генерацией отчётов, также можно дополнить подсистему ведением учёта инструктажей (рисунок 2). Проанализировав область применения, выявлено, что главные пользователи подсистемы – сотрудники организаций, поэтому была составлена диаграмма использования, изображенная на рисунке 1.



Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования

На схеме представлены пользователь информационной подсистемы и задачи, которые были сформулированы в техническом задании. Для автоматизации процесса учёта противопожарного оборудования необходимо создать входной файл, который будет формироваться из первичных документов - журнал учёта и обслуживания огнетушителей, журнал учёта систем АПС и СОУЭ и журнал их обслуживания.

Журнал учёта огнетушителя содержит следующие данные: номер огнетушителя, место установки, название, производитель, серийный номер, дату выпуска, тип вещества, дату начала работы, срок службы в годах, период проверки в месяцах, дату последней проверки, состояние. Обслуживание же это отдельное место в журнале, которое содержит дату проверки, тип проверки, внешний вид, вес, давление или вес газа, состояние колес, выполненные действия, ФИО ответственного.

Журнал учёта систем АПС и СОУЭ включает в себя название системы, инвентарный номер, место установки, тип системы, производителя, серийный номер, дату установки, число датчиков, площадь покрытия, срок службы, период проверки.

Журнал обслуживания систем необходим для документирования проверок. В него вносят данные о результатах этих проверок, а конкретно название системы, дату проверки, тип проверки, состояние системы, состояние датчиков, выполненные действия, ответственное лицо.

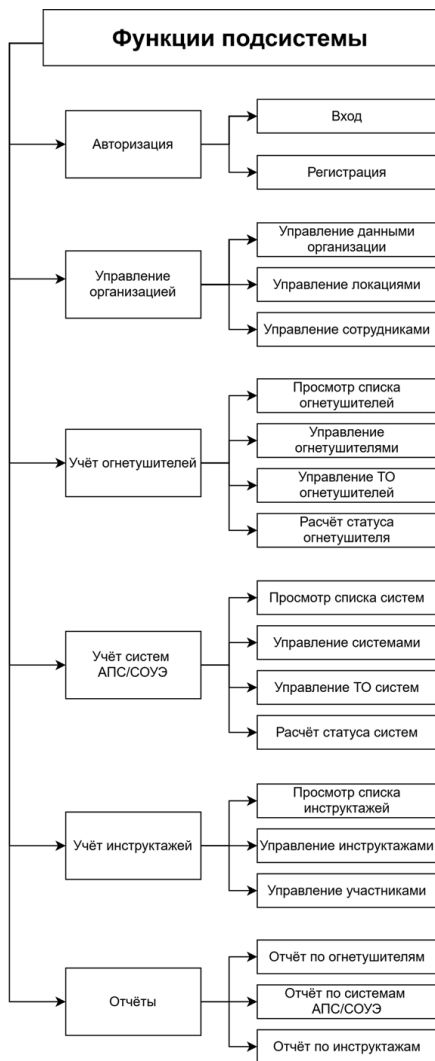


Рисунок 2 – Дерево функций

Для создаваемой информационной подсистемы была разработана база данных, структура которой продемонстрированы на рисунке 3.

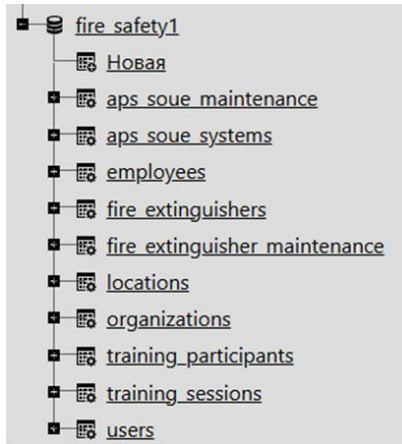


Рисунок 3 – Структура базы данных
 Все таблицы связаны между собой следующим образом (рисунок 4):

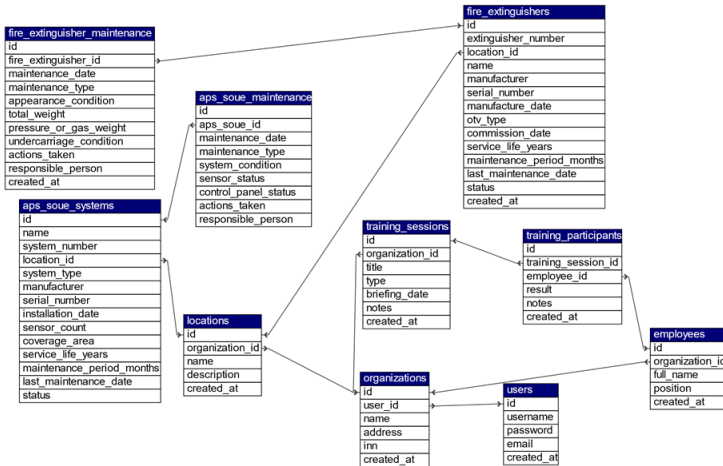


Рисунок 4 – Схема связей таблиц в базе данных
 Разработанная структура базы данных покрывает все задачи, стоящие перед подсистемой.

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

3. Мачтаков С.Г., Питолин М.В. Единая система информационно-аналитического обеспечения деятельности (ИСОД) МВД России Пожарная безопасность: проблемы и перспективы: Сб. статей по материалам VII Все-российской науч.-практ. конф. с междунар. уч. 29-30 сент. 2016 г.: в 2-х ч. Ч. 1 / ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России. – Воронеж, 2016. – 363

**АРХИТЕКТУРА И МАСШТАБИРУЕМОСТЬ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ
ВЕБ-ПЛАТФОРМЫ**

Немцев К.С., Мачтаков С.Г., Трибунских О.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*

Современные медицинские информационные системы являются ключевым элементом цифровизации здравоохранения. Их развитие направлено на повышение эффективности управления медицинскими учреждениями, улучшение качества обслуживания пациентов и оптимизацию внутренних процессов. При этом особую актуальность приобретают системы, способные работать в условиях распределенной инфраструктуры и обслуживать несколько медицинских организаций в рамках единой платформы.

Большинство существующих решений ориентированы на локальное использование в пределах одной клиники, что существенно ограничивает возможности масштабирования, повторного использования и интеграции новых функциональных модулей. В условиях роста количества пользователей и увеличения объема данных такие системы демонстрируют низкую адаптивность и требуют значительных ресурсов для сопровождения. В данной работе предлагается архитектура масштабируемой медицинской веб-платформы, ориентированной на многопрофильное использование и дальнейшее развитие в сторону интеллектуальных сервисов поддержки принятия решений.

Проектирование архитектуры медицинской веб-платформы должно учитывать как функциональные, так и нефункциональные

требования. К основным функциональным требованиям относятся:

- поддержка нескольких медицинских учреждений;
- управление данными о врачах, пациентах и расписаниях;
- возможность расширения функционала без изменения базовой структуры.

Нефункциональные требования включают:

- масштабируемость;
- отказоустойчивость;
- безопасность медицинских данных;
- производительность;
- удобство сопровождения.

Особое внимание уделяется соблюдению принципов модульности и слабой связности компонентов, что позволяет интегрировать аналитические и интеллектуальные модули без существенной переработки системы. Разрабатываемая платформа строится по классической клиент-серверной архитектуре с логическим разделением компонентов. В состав системы входят:

- клиентский веб-интерфейс;
- серверная часть обработки запросов;
- база данных;
- административный модуль управления.

Клиентский уровень отвечает за взаимодействие с пользователем и реализуется с использованием веб-технологий. Серверный уровень обеспечивает бизнес-логику, обработку данных и контроль доступа. Такое разделение позволяет независимо развивать интерфейс и серверную часть системы. Для обеспечения работы с несколькими медицинскими учреждениями в систему вводится сущность «медицинская организация». Все ключевые данные (врачи, расписания, записи на прием) связаны с конкретной организацией. Логическое разделение данных позволяет:

- предотвратить пересечение информации между учреждениями;
- упростить администрирование;
- обеспечить конфиденциальность данных.

При этом используется единая база данных, что снижает издержки на сопровождение и упрощает обновление системы. База данных проектируется с учетом нормализации и обеспечения целостности данных. Основные сущности включают:

- медицинские организации;
- врачи;
- пациенты;
- записи на прием;
- учетные записи пользователей.

Использование реляционной модели позволяет эффективно реализовать связи между сущностями и выполнять аналитические запросы. Дополнительно предусматривается возможность расширения схемы базы данных для хранения аналитической информации. Система поддерживает несколько ролей пользователей:

- пациент;
- врач;
- администратор организации;
- системный администратор.

Каждая роль имеет строго определенные права доступа. Такой подход повышает безопасность системы и предотвращает несанкционированное изменение данных. Разграничение доступа реализуется на серверном уровне и дополняется проверками на уровне интерфейса. Для обеспечения масштабируемости используются следующие подходы:

- модульная архитектура;
- оптимизация запросов к базе данных;
- кэширование часто используемых данных;
- возможность горизонтального масштабирования серверной части.

Данные решения позволяют обеспечить устойчивую работу системы при увеличении количества пользователей и объема данных. Реализация платформы осуществляется поэтапно, начиная с проектирования архитектуры и заканчивая комплексным тестированием. На этапе тестирования оцениваются:

- корректность работы функциональных модулей;

- производительность системы;
- устойчивость к нагрузке.

Результаты тестирования подтверждают возможность использования предложенной архитектуры в реальных условиях.

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

3. Мачтаков С.Г., Питолин М.В. Единая система информационно-аналитического обеспечения деятельности (ИСОД) МВД России Пожарная безопасность: проблемы и перспективы: Сб. статей по материалам VII Все-российской науч.-практ. конф. с междунар. уч. 29-30 сент. 2016 г.: в 2-х ч. Ч. 1 / ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России. – Воронеж, 2016. – 363

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ КОУПЛЕНДА

Фомин А.Ю.¹, Никитин Б.Е.¹, Белокуров С.В.²

*¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», ² ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»,
г. Воронеж, Россия*

В условиях цифровизации процессов управления актуальной задачей является внедрение эффективных алгоритмов для поддержки принятия коллективных решений. Среди наименее манипулируемых процедур агрегирования индивидуальных предпочтений является процедура Коупленда [1]. Статья посвящена разработке двух программных реализаций метода Коупленда: интерактивного веб-приложения и консольной утилиты.

Метод Коупленда ранжирует альтернативы на основе результатов их попарных сравнений. Рассматривается множество альтернатив $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ и группа экспертов $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$, где каждый эксперт предоставляет строгое или слабое упорядочение альтернатив. Предлагаемый алгоритм можно представить в виде трёх последовательных этапов.

На первом этапе выполняются попарные сравнения для всех пар (a_i, a_j) альтернатив. Подсчитывается количество экспертов, предпочитающих одну альтернативу другой. В случае равенства предпочтений каждая альтернатива получает по 0.5 балла, что позволяет учитывать нестрогие предпочтения.

На втором этапе определяется победитель для каждой пары альтернатив. Альтернатива признается победившей, если количество предпочтений в ее пользу превышает аналогичный показатель для альтернативы-оппонента.

Третий этап посвящен расчету итоговых оценок Коупленда для каждой альтернативы. Используются три классических правила.

Правило 1 (U_1). Оценка определяется как разность между количеством альтернатив, которых данная альтернатива побеждает, и количеством альтернатив, которые побеждают ее:

$$U_1(a_i) = |\{x \in A \setminus \{a_i\} : a_i \succ x\}| - |\{x \in A \setminus \{a_i\} : x \succ a_i\}|$$

Правило 2 (U_2). Оценка равна количеству альтернатив, доминируемых данной альтернативой:

$$U_2(a_i) = |\{x \in A \setminus \{a_i\} : a_i \succ x\}|$$

Правило 3 (U_3). Оценка равна количеству альтернатив, доминирующих над данной, при этом меньшие значения считаются более предпочтительными:

$$U_3(a_i) = |\{x \in A \setminus \{a_i\} : x \succ a_i\}|$$

Здесь символ \succ обозначает отношение доминирования, установленное по результатам попарных сравнений. Завершающий этап алгоритма заключается в упорядочении альтернатив по убыванию значения U_i ($i = 1, 2, 3$).

Интерактивное веб-приложение разработано с использованием HTML5, CSS3 и JavaScript (ES6+). Архитектура построена на объектно-ориентированном подходе и включает основной класс CopelandElection, отвечающий за управление состоянием, валидацию ввода и визуализацию результатов, а также класс ProfileGenerator для асинхронной генерации профилей с отображением прогресса. Функциональность приложения включает интерактивный ввод данных через динамическую матрицу предпочтений с поддержкой равенств, расширенную валидацию данных, пошаговую визуализацию всех этапов расчета, построение графа доминирования с использованием SVG, а также генератор профилей с четырьмя режимами формирования пространства решений. Реализован алгоритм автоматического уплотнения матрицы для профилей с равенствами, при котором пустые позиции не отображаются, а занятые ячейки сдвигаются вверх, что повышает наглядность. Генератор профилей поддерживает полный перебор строгих порядков, генерацию уникальных профилей, мультимножеств и профилей с равенствами, основанных на слабых порядках. Приложение

обеспечивает экспорт результатов в форматы XLSX, JSON и TXT с использованием библиотеки SheetJS.

Консольная программа реализована на языке C++ и предназначена для выполнения пакетных вычислений. Ее архитектура основана на классе CopelandCalculator, который инкапсулирует логику генерации профилей и расчетов с использованием рекурсивных алгоритмов и стандартной библиотеки. Программа поддерживает генерацию строгих и слабых порядков, все четыре режима формирования профилей, пакетный расчет результатов с корректной обработкой ничьих, экспорт данных в CSV-формате и формирование детализированных текстовых отчетов. Асинхронное выполнение расчетов реализовано с использованием `std::async`, предусмотрена возможность прерывания вычислений. Оптимизация достигается за счет активного использования STL, минимизации копирования данных и потокового вывода результатов.

Веб-приложение показало удовлетворительную эффективность для задач исследовательского анализа метода Коупленда. Интерфейс позволяет выполнять разовые расчеты и полный перебор профилей, отображая детальные результаты попарных сравнений, значения оценок по всем трем правилам, графы доминирования и прогнозы объема вычислений. Адаптивная визуализация матриц предпочтений для профилей с равенствами существенно повышает читаемость данных. К ограничениям решения относится снижение производительности при обработке больших объемов данных, обусловленное однопоточностью JavaScript и накладными расходами на работу с DOM.

Консольная программа продемонстрировало требуемую производительность при пакетных вычислениях. Для случая с тремя альтернативами и тремя экспертами полный цикл генерации, расчета и экспорта выполняется менее чем за 50 мс. Основными преимуществами являются высокая скорость, эффективное управление памятью и возможность работы с миллионами профилей. Ограничением является отсутствие графического интерфейса и необходимость компиляции.

В результате были разработаны две взаимодополняющие программные реализации метода Коупленда. Перспективным направлением дальнейшего развития является создание гибридной системы, в которой веб-интерфейс будет взаимодействовать с бэкенд-сервисом на C++ для выполнения наиболее ресурсоемких вычислений. Это позволит объединить наглядность и удобство веб-технологий с высокой производительностью нативных вычислений, расширяя возможности анализа коллективных предпочтений.

Список источников

1. Ф. Т. Алескеров, Э. Курбанов. О степени манипулируемости правил коллективного выбора, Автомат. и телемех., 1998, выпуск 10, 134–146.
2. JavaScript MDN Web Docs // Mozilla Developer Network. – 2025. – URL: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript> (дата обращения: 20.11.2025).
3. C++ Reference // CppReference.com. – 2025. – URL: <https://en.cppreference.com/w/> (дата обращения: 20.11.2025).

**КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ОБЪЕКТОВ КРИТИЧЕСКОЙ
ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В
НЕГОСУДАРСТВЕННОМ СЕКТОРЕ СВЯЗИ И
МЕДИЦИНСКОЙ СФЕРЕ**

Никульчева О.С., Насонова М.В., Сохина А.М.

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

В эпоху глобальной цифровизации экономики и общества критическая информационная инфраструктура (КИИ) превратилась в фундаментальный элемент национальной безопасности Российской Федерации. Как отмечает С.В. Смирнов, «цифровая трансформация всех сфер жизнедеятельности привела к тому, что отказ информационных систем может иметь последствия, сопоставимые с техногенными катастрофами» [1, с. 45]. При этом обеспечение безопасности КИИ перестало быть прерогативой исключительно государственных структур: негосударственные организации в стратегически важных отраслях — связи и здравоохранении — становятся полноправными субъектами КИИ, неся ответственность за устойчивость систем, от которых напрямую зависят жизненно важные процессы государства и общества.

Основополагающим нормативным актом в данной сфере является Федеральный закон № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» от 26 июля 2017 г., который закрепляет дефиницию объекта КИИ как информационной системы, информационно-телекоммуникационной сети или автоматизированной системы управления, нарушение функционирования которых может привести к ущербу жизни и здоровью граждан, правам и законным интересам личности, а также безопасности государства [2, ст. 2].

Важно подчеркнуть, что законодатель сознательно не дифференцирует субъектов КИИ по форме собственности, ставя во главу угла именно сферу деятельности. Как справедливо отмечает А.А. Петров, «принципиальным критерием отнесения организации к субъектам КИИ является не государственная принадлежность, а выполняемая функция в критически важной отрасли экономики» [3, с. 112]. Такой подход обеспечивает комплексную защиту национальных интересов независимо от организационно-правовой формы оператора.

Рассмотрим объекты КИИ в негосударственном секторе связи: от абстракции к практической защите

В сфере связи под определение объекта КИИ попадают системы, обеспечивающие целостность и доступность Единой сети электросвязи Российской Федерации. К ним относятся не только классические услуги телефонии, но и современные сервисы: передача данных, доступ в интернет, хранение информации в центрах обработки данных (ЦОД), а также системы биллинга и управления сетями базовых станций [4].

Актуальность выявления объектов КИИ в частном секторе связи обусловлена их де-факто статусом национальной значимости. Так, инфраструктура крупнейших операторов связи (ПАО «МТС», ПАО «ВымпелКом» («Билайн»), ПАО «МегаФон»), обслуживающих десятки миллионов граждан и государственные органы, представляет собой критически важный элемент цифрового суверенитета страны. Отказ таких систем в условиях чрезвычайных ситуаций может парализовать системы оповещения населения, экстренные службы и государственное управление [5].

Значимость превентивного подхода к защите подчеркивается требованиями нормативных документов ФСТЭК России. В частности, приказ ФСТЭК России от 25 июня 2021 г. № 31 «Об утверждении Требований о защите информации, не составляющей государственную тайну, содержащейся в государственных информационных системах...» устанавливает обязательные меры по обеспечению конфиденциальности, целостности и доступности информации на объектах КИИ [6]. Понимание критичности конкретных систем (например, сети базовых станций для оповещения при ЧС или биллинговых систем

для финансовых транзакций) позволяет специалистам по информационной безопасности перейти от абстрактного понятия «защита информации» к конкретным, риск-ориентированным мерам обеспечения устойчивости.

Далее рассмотрим алгоритм категорирования объектов КИИ в медицинской сфере: системный подход к оценке рисков.

Цифровизация здравоохранения превратила медицинские информационные системы в объекты повышенной опасности. Согласно п. 4 ст. 2 ФЗ № 187-ФЗ, к объектам КИИ в здравоохранении относятся ИС, сети и АСУ, функционирование которых критически важно для жизни и здоровья граждан [2]. К ним относятся электронные медицинские карты (ЭМК), системы управления лекарственным обеспечением, системы мониторинга жизнедеятельности пациентов, диагностическое оборудование, подключенное к единой сети, а также системы управления больничной инфраструктурой.

Процесс идентификации и категорирования объектов КИИ строго регламентирован и строится на системном подходе к оценке рисков. Методология, закрепленная в ГОСТ Р 57580.1-2017 «Защита информации. Безопасность критической информационной инфраструктуры. Основные термины и определения», включает пять последовательных этапов [7]:

1. Определение субъекта КИИ — государственной или частной медицинской организации, работающей в критически важной отрасли;

2. Инвентаризация — полное выявление всех ИС и АСУ, поддерживающих бизнес-процессы (сбор, хранение, обработка медицинских данных, управление оборудованием);

3. Категорирование — присвоение каждой системе категории значимости (от I до IV) на основе оценки потенциального ущерба по критериям:

- социальные последствия (количество граждан, чья жизнь или здоровье могут пострадать);
- психологическое воздействие на общество;
- экономические последствия и территориальный масштаб влияния [8];

4. Оценка угроз и уязвимостей — анализ возможных кибератак, технических сбоев, ошибок персонала;

5. Утверждение перечня объектов КИИ — официальное оформление результатов категорирования.

Особую значимость в медицинской сфере приобретают три базовых свойства информации, закрепленные в приказе ФСТЭК России от 11 февраля 2021 г. № 21: целостность (недопущение искажения диагноза или дозировки лекарства), доступность (возможность получения данных врачом в экстренной ситуации) и конфиденциальность (защита персональных данных пациента) [9]. Нарушение любого из этих свойств в системе, классифицированной как объект КИИ, может привести к летальным исходам или тяжкому вреду здоровью, что делает процедуру выявления и категорирования фундаментальной основой безопасности отрасли.

Проведенный анализ демонстрирует, что несмотря на отраслевую специфику (связь, здравоохранение), для всех объектов КИИ характерны общие принципы обеспечения безопасности: превентивный характер защиты, риск-ориентированный подход к категорированию, приоритет защиты жизни и здоровья граждан над формой собственности оператора. Как справедливо отмечает В.И. Лебедев, «универсальность угроз киберпространства требует унификации подходов к защите КИИ при сохранении отраслевой специфики реализации мер безопасности» [10, с. 78].

Список источников

1. Смирнов С.В. Кибербезопасность критической информационной инфраструктуры: вызовы цифровой эпохи // Вопросы кибербезопасности. 2023. № 2. С. 42–51.

2. Федеральный закон от 26.07.2017 № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ. 2017. № 31. Ст. 4629.

3. Петров А.А. Правовые аспекты отнесения негосударственных организаций к субъектам КИИ // Государственная служба. 2022. № 4. С. 110–115.

4. Приказ Минцифры России от 30.11.2020 № 657 «Об утверждении Перечня сведений, составляющих информацию, подлежащую защите в соответствии с ФЗ № 187-ФЗ» // Официальный интернет-портал правовой информации. 2020.

5. Иванов Д.Н., Козлов Р.В. Роль телекоммуникационной инфраструктуры в обеспечении цифрового суверенитета России // Информационные технологии и безопасность. 2024. Т. 12. № 1. С. 33–45.

6. Приказ ФСТЭК России от 25.06.2021 № 31 «Об утверждении Требований о защите информации...» // Зарегистрирован Минюстом России 20.07.2021 № 64321.

7. ГОСТ Р 57580.1-2017. Защита информации. Безопасность критической информационной инфраструктуры. Основные термины и определения. — Введ. 2018-07-01. — М.: Стандартинформ, 2017. — 24 с.

8. Методические рекомендации ФСТЭК России «О порядке определения значимости объектов КИИ» (утв. 15.03.2018). — 48 с.

9. Приказ ФСТЭК России от 11.02.2021 № 21 «Об утверждении Требований к защите информации, не составляющей государственную тайну, содержащейся в информационных системах персональных данных» // Зарегистрирован Минюстом России 12.03.2021 № 62785.

10. Лебедев В.И. Межотраслевые подходы к обеспечению безопасности критической информационной инфраструктуры // Безопасность информационных технологий. 2023. № 3. С. 75–84.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**МАТЕРИАЛЫ
XIV 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. 19,75. 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