

**ISSN 2077-6810**

# **ПЕРСПЕКТИВЫ НАУКИ**

**SCIENCE PROSPECTS**

**№ 4(187).2025.**

*Главный редактор*

**Воронкова О.В.**

*Редакционная коллегия:*

**Шувалов В.А.**

**Алтухов А.И.**

**Воронкова О.В.**

**Омар Ларук**

**Тютюнник В.М.**

**Беднаржевский С.С.**

**Чамсутдинов Н.У.**

**Петренко С.В.**

**Леванова Е.А.**

**Осипенко С.Т.**

**Надточий И.О.**

**Ду Кунь**

**У Сунцзе**

**Даукаев А.А.**

**Дривотин О.И.**

**Запивалов Н.П.**

**Пухаренко Ю.В.**

**Пеньков В.Б.**

**Джаманбалин К.К.**

**Даниловский А.Г.**

**Иванченко А.А.**

**Шадрин А.Б.**

**Снежко В.Л.**

**Левшина В.В.**

**Мельникова С.И.**

**Артюх А.А.**

**Лифинцева А.А.**

**Попова Н.В.**

**Серых А.Б.**

*Учредитель*

**Межрегиональная общественная организация  
«Фонд развития науки и культуры»**

## **В ЭТОМ НОМЕРЕ:**

### **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:**

**Системный анализ, управление  
и обработка информации**

**Автоматизация и управление**

**Математическое моделирование  
и численные методы**

### **СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА:**

**Теплоснабжение, вентиляция, кондицио-  
нирование воздуха**

**Гидротехническое строительство, гидрав-  
лика и инженерная гидрология**

**Технология и организация строительства**

**Архитектура, реставрация и реконструкция**

### **ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ:**

**Теория и методика обучения  
и воспитания**

**Профессиональное образование**

**ТАМБОВ 2025**

Журнал «Перспективы науки»  
зарегистрирован  
Федеральной службой по надзору  
в сфере связи, информационных  
технологий и массовых коммуникаций  
(Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации СМИ  
ПИ № ФС77-37899 от 29.10.2009 г.

**Учредитель**  
Межрегиональная общественная  
организация «Фонд развития науки  
и культуры»

Журнал «Перспективы науки» входит в  
перечень ВАК ведущих рецензируемых  
научных журналов и изданий, в которых  
должны быть опубликованы основные  
научные результаты диссертации на  
соискание ученой степени доктора  
и кандидата наук

Главный редактор  
**О.В. Воронкова**

Технический редактор  
**М.Г. Карина**

Редактор иностранного  
перевода  
**Н.А. Гунина**

Инженер по компьютерному  
макетированию  
**М.Г. Карина**

**Адрес издателя, редакции,  
типографии:**  
392020, Тамбовская область,  
г.о. город Тамбов, г. Тамбов,  
ул. Советская, д. 160, кв. 10

**Телефон:**  
8(4752)71-14-18

**E-mail:**  
journal@moofrnk.com

На сайте  
<http://moofrnk.com/>  
размещена полнотекстовая  
версия журнала

Информация об опубликованных  
статьях регулярно предоставляется  
в систему Российского индекса научного  
цитирования (договор № 31-12/09)

**Импакт-фактор РИНЦ: 0,528**

## Экспертный совет журнала

**Шуvalов Владимир Анатольевич** – доктор биологических наук, академик, директор Института фундаментальных проблем биологии РАН, член президиума РАН, член президиума Пущинского научного центра РАН; тел.: +7(496)773-36-01; E-mail: shuvalov@issp.serphukhov.su

**Алтухов Анатолий Иванович** – доктор экономических наук, профессор, академик-секретарь Отделения экономики и земельных отношений, член-корреспондент Российской академии сельскохозяйственных наук; тел.: +7(495)124-80-74; E-mail: otdeconomika@yandex.ru

**Воронкова Ольга Васильевна** – доктор экономических наук, профессор, главный редактор, председатель редколлегии, академик РАЕН, г. Санкт-Петербург; тел.: +7(981)972-09-93; E-mail: journal@moofrnk.com

**Омар Ларук** – доктор филологических наук, доцент Национальной школы информатики и библиотек Университета Лиона; тел.: +7(912)789-00-32; E-mail: omar.larouk@enssib.fr

**Тютюнник Вячеслав Михайлович** – доктор технических наук, кандидат химических наук, профессор, директор Тамбовского филиала Московского государственного университета культуры и искусств, президент Международного Информационного Нобелевского Центра, академик РАЕН; тел.: +7(4752)50-46-00; E-mail: vmt@tmb.ru

**Беднаржевский Сергей Станиславович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности» Сургутского государственного университета, лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники, академик РАЕН и Международной энергетической академии; тел.: +7(3462)76-28-12; E-mail: sbed@mail.ru

**Чамсутдинов Наби Уматович** – доктор медицинских наук, профессор кафедры факультетской терапии Дагестанской государственной медицинской академии МЗ СР РФ, член-корреспондент РАЕН, заместитель руководителя Дагестанского отделения Российского Респираторного общества; тел.: +7(928)965-53-49; E-mail: nauchdoc@rambler.ru

**Петренко Сергей Владимирович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Математические методы в экономике» Липецкого государственного педагогического университета, г. Липецк; тел.: +7(4742)32-84-36, +7(4742)22-19-83; E-mail: viola@lipetsk.ru, viola349650@yandex.ru

**Леванова Елена Александровна** – доктор педагогических наук, профессор кафедры социальной педагогики и психологии, декан факультета переподготовки кадров по практической психологии, декан факультета педагогики и психологии Московского социально-педагогического института; тел.: +7(495)607-41-86, +7(495)607-45-13; E-mail: dekanmospi@mail.ru

**Осипенко Сергей Тихонович** – кандидат юридических наук, член Адвокатской палаты, доцент кафедры гражданского и предпринимательского права Российского государственного института интеллектуальной собственности; тел.: +7(495)642-30-09, +7(903)557-04-92; E-mail: a.setios@setios.ru

**Надточий Игорь Олегович** – доктор философских наук, доцент, заведующий кафедрой «Философия» Воронежской государственной лесотехнической академии; тел.: +7(4732)53-70-70, +7(4732)35-22-63; E-mail: in-ad@yandex.ru

**Ду Кунь** – кандидат экономических наук, доцент кафедры управления и развития сельского хозяйства Института кооперации Циндаоского аграрного университета, г. Циндао (Китай); тел.: +7(960)667-15-87; E-mail: tambovdu@hotmail.com

## Экспертный совет журнала

**У Сунцзе** – кандидат экономических наук, преподаватель Шаньдунского педагогического университета, г. Шаньдун (Китай); тел.: +86(130)21696101; E-mail: qdwccong@hotmail.com

**Даукаев Арун Абалханович** – доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией геологии и минерального сырья КНИИ РАН, профессор кафедры «Физическая география и ландшафтоведение» Чеченского государственного университета, г. Грозный (Чеченская Республика); тел.: +7(928)782-89-40

**Дривотин Олег Игоревич** – доктор физико-математических наук, профессор кафедры теории систем управления электрофизической аппаратурой Санкт-Петербургского государственного университета, г. Санкт-Петербург; тел.: +7(812)428-47-29; E-mail: drivotin@yandex.ru

**Запывалов Николай Петрович** – доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик РАЕН, заслуженный геолог СССР, главный научный сотрудник Института нефтегазовой геологии и геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск; тел.: +7(383) 333-28-95; E-mail: ZapivalovNP@ipgg.sbras.ru

**Пуухаренко Юрий Владимирович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии строительных материалов и метрологии Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, член-корреспондент РААСН, г. Санкт-Петербург; тел.: +7(921)324-59-08; E-mail: tsik@spbgasu.ru

**Пеньков Виктор Борисович** – доктор физико-математических наук, профессор кафедры «Математические методы в экономике» Липецкого государственного педагогического университета, г. Липецк; тел.: +7(920)240-36-19; E-mail: vbpenkov@mail.ru

**Джаманбаалин Кадыргали Коныспаевич** – доктор физико-математических наук, профессор, ректор Костанайского социально-технического университета имени академика Зулкарнай Алдамжар, г. Костанай (Республика Казахстан); E-mail: pkkstu@mail.ru

**Даниловский Алексей Глебович** – доктор технических наук, профессор кафедры судовых энергетических установок, систем и оборудования Санкт-Петербургского государственного морского технического университета, г. Санкт-Петербург; тел.: +7(812)714-29-49; E-mail: agdaniilovskij@mail.ru

**Иванченко Александр Андреевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой двигателей внутреннего сгорания и автоматики судовых энергетических установок Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, г. Санкт-Петербург; тел.: +7(812)748-96-61; E-mail: IvanchenkoAA@gumrf.ru

**Шадрин Александр Борисович** – доктор технических наук, профессор кафедры двигателей внутреннего сгорания и автоматики судовых энергетических установок Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, г. Санкт-Петербург; тел.: +7(812)321-37-34; E-mail: abshadrin@yandex.ru

**Снежко Вера Леонидовна** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии в строительстве» Московского государственного университета природообустройства, г. Москва; тел.: +7(495)153-97-66, +7(495)153-97-57; E-mail: VL\_Snejko@mail.ru

**Левшина Виолетта Витальевна** – доктор технических наук, профессор кафедры «Управление качеством и математические методы экономики» Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск; E-mail: violetta@sibstu.krasnoyarsk.ru

**Мельникова Светлана Ивановна** – доктор искусствоведения, профессор, заведующий кафедрой драматургии и киноведения Института экранных искусств Санкт-Петербургского государственного университета кино и телевидения, г. Санкт-Петербург; тел.: +7(911)925-00-31; E-mail: s-melnikova@list.ru

**Артюх Анжелика Александровна** – доктор искусствоведения, профессор кафедры драматургии и киноведения Санкт-Петербургского государственного университета кино и телевидения, г. Санкт-Петербург; тел.: +7(911)925-00-31; E-mail: s-melnikova@list.ru

**Лифинцева Алла Александровна** – доктор психологических наук, доцент Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта, г. Калининград; E-mail: aalifintseva@gmail.com

**Попова Нина Васильевна** – доктор педагогических наук, профессор кафедры лингвистики и межкультурной коммуникации Гуманитарного института Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург; тел.: +7(950)029-22-57; E-mail: ninavaspo@mail.ru

**Серых Анна Борисовна** – доктор педагогических наук, доктор психологических наук, профессор, заведующий кафедрой специальных психолого-педагогических дисциплин Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта, г. Калининград; тел.: +7(911)451-10-91; E-mail: serykh@baltnet.ru

---

## Содержание

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

#### Системный анализ, управление и обработка информации

|                                                                                                                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Ахметов А.Ф., Кулик С.Д.</b> Анализ алгоритмов информационной системы для аугментации набора данных.....                                                                                                        | 10 |
| <b>Батяев А.С., Сорокина К.А., Козлов В.В.</b> Обработка результатов измерения вихревого расходомера нефтепродуктов с помощью сингулярного анализа.....                                                            | 14 |
| <b>Бобков А.В., Дай Ифань</b> Реконструкция наблюдаемой поверхности Марса для автономной навигации робота-марсохода.....                                                                                           | 20 |
| <b>Бобков А.В., Дай Ифань, Ван Чжун, Ду Кэхао</b> Модифицированная мультимасштабная сеть YOLO для детектирования объектов дорожной сцены .....                                                                     | 28 |
| <b>Ван Чжун, Неусыпин К.А.</b> Исследование технологии многоагентной совместной навигации .....                                                                                                                    | 36 |
| <b>Воронков А.Д., Диане С.А.К.</b> Нейросетевая обработка информации и адаптивное управление роботом для захвата априорно неизвестных объектов .....                                                               | 41 |
| <b>Деревенсков А.Д., Калашников М.А., Петрова Т.М.</b> Разработка метода гарантированной доставки сообщений.....                                                                                                   | 50 |
| <b>Евстифеев А.А., Красиков Г.Е.</b> Работа с большими текстовыми данными на языке java. Вопросы, ограничения, варианты решения.....                                                                               | 54 |
| <b>Коняева А.П., Струкова Э.И., Пожар К.В.</b> Анализ влияния внешних и внутренних воздействий на концентрацию глюкозы в крови у пациентов с сахарным диабетом в системах автоматизированной инсулинотерапии ..... | 61 |
| <b>Пожар К.В., Карпова Н.С., Жило Н.М., Литинская Е.Л.</b> Перспективы автоматизации управления в персонализированных медицинских системах .....                                                                   | 68 |
| <b>Птушко В.С., Евстифеев А.А.</b> Способ хранения информации в виде связанных атомарных последовательностей .....                                                                                                 | 73 |
| <b>Синягин И.В., Поначугин А.В.</b> Применение простых алгоритмов машинного обучения для анализа транзакций в финансовой сфере.....                                                                                | 80 |

#### Автоматизация и управление

|                                                                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Антонова А.Е., Соколов С.С., Котов А.Д.</b> Интеграция инструментов бережливого производства с методами автоматизации производственных процессов ..... | 84 |
| <b>Исакова Б.А.</b> Архив на базе ИИ: оптимизация управления видео, аудио и сценариями для вещания.....                                                   | 90 |

---

## Содержание

|                                                                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Казаков С.Д., Железнов М.М., Осташев Р.В., Феттер М.Г.</b> Алгоритм подбора сроков завершения процесса проверки цифровых информационных моделей объектов капитального строительства ..... | 95  |
| <b>Князева Н.В., Семенихин Д.А.</b> Конвертация облаков точек в элементы информационной модели для отслеживания хода строительства ИТП.....                                                  | 100 |
| <b>Си Ту Тант Син, Портнов Е.М., Аунг Чжо Мьо, Федоров А.Р.</b> Метод обнаружения уязвимостей в сложных программных комплексах.....                                                          | 107 |
| <b>Феттер М.Г., Железнов М.М., Казаков С.Д., Осташев Р.В.</b> Практическая реализация и сравнение методов автоматизации обработки данных информационных моделей строительных объектов .....  | 111 |

### Математическое моделирование и численные методы

|                                                                                                                                                                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Андрющенко О.В., Анохина И.М.</b> Разностная задача напряженно-деформированного состояния (НДС) ортотропной вязкоупругой цилиндрической конструкции в перемещениях в цилиндрических координатах .....                                        | 116 |
| <b>Энес А.З., Бжихатлов К.Ч., Ошхунов М.М., Бицуев Т.М.</b> Модель интеллектуальной системы на основе мультиагентных нейрокогнитивных архитектур для прогнозирования температуры и подбора кабеля с учетом различных параметров и нагрузок..... | 120 |

### СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

#### Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха

|                                                                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Сяо Чжэньсинь, Гульков А.Н.</b> Первоначальное исследование применения технологий интернета вещей и ГИС для устранения засоров в подводных газопроводах гидратами ..... | 126 |
| <b>Шаповал А.Ф., Жилина Т.С., Павлова М.Н.</b> Прогнозирование аварийных ситуаций системы теплоснабжения на примере города Тюмени .....                                    | 131 |

#### Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология

|                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Ревин А.И., Бузякова И.В.</b> Анализ уязвимости конструктивных элементов трубопроводной системы..... | 136 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

#### Технология и организация строительства

|                                                                                                                                                                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Вержицкая Е.Г.</b> Особенности оценки инженерно-геологических условий для проектирования и строительства зданий и сооружений при наличии в разрезе погребенных болотных отложений (на примере Санкт-Петербурга)..... | 141 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

---

## Содержание

### Архитектура, реставрация и реконструкция

|                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Пятков А.С., Иванова А.П.</b> Развитие санитарно-гигиенических помещений жилых домов в СССР с 1926 по 1975 годы ..... | 145 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

### ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

#### Теория и методика обучения и воспитания

|                                                                                                                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Ермакова С.С.</b> О роли проектного метода в обучении школьников на уроках музыки.....                                                                                                           | 154 |
| <b>Кириллова Т.В., Корышева С.Е.</b> Значение социогуманитарного знания в укреплении духовно-нравственных ценностей курсантов вузов ФСИН России.....                                                | 159 |
| <b>Ларина Л.И., Витрук Л.Ю., Чигирин Е.А., Чигирина Т.Ю.</b> Адаптация образовательного процесса и форматов оценивания в условиях широкого использования студентами нейросетей и технологий ИИ..... | 163 |
| <b>Седых А.М., Абаполов Ю.В., Беланов А.Э.</b> Формирование мотивации студентов к поддержанию двигательной активности и систематическим занятиям физической культурой и спортом в вузе .....        | 167 |
| <b>Харитонов М.Г., Павлова С.В.</b> Творческое развитие обучающихся начальных классов на внеклассных занятиях по изобразительному искусству.....                                                    | 172 |
| <b>Цзюй Хайна</b> Исследование о врачах русской духовной миссии в Пекине .....                                                                                                                      | 176 |
| <b>Чернова О.В., Чернов С.А.</b> Особенности тревожности у детей с ограниченными возможностями здоровья.....                                                                                        | 179 |
| <b>Эпп Т.И., Тимофеева О.В., Потапов Д.А.</b> Оптимизация учебно-тренировочного процесса студенческой команды по чир спорту .....                                                                   | 182 |

#### Профессиональное образование

|                                                                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Медведев А.В., Финикова О.В., Разновская С.В., Парамзин В.Б.</b> Особенности мотивационной сферы сотрудников и обучающихся образовательных организаций МВД России .... | 186 |
| <b>Посельская Е.П., Колпакова А.П.</b> Содействие развитию коммуникативной компетентности студентов .....                                                                 | 189 |
| <b>Саблина Н.А., Гахова А.В., Самохина А.Р., Крылова Е.Р.</b> Предпосылки формирования компетенций у бакалавров в области web-дизайна.....                                | 193 |

## АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АУГМЕНТАЦИИ НАБОРА ДАННЫХ

А.Ф. АХМЕТОВ, С.Д. КУЛИК

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,  
г. Москва

*Ключевые слова и фразы:* системный анализ; структура программного средства; сверточные нейронные сети; машинное обучение; компьютерное зрение; YOLO; аугментация данных.

*Аннотация:* Цель статьи – представить структуру информационной системы, основанной на алгоритмах аугментации набора данных со специальным блоком, позволяющим принимать решение о значениях показателей качества и выборе алгоритма. Задача работы заключалась в том, чтобы, опираясь на принципы компьютерного зрения, разработать структуру информационной системы со специальным блоком. Гипотеза статьи заключается в предположении, что специальный блок способен учесть специфику решаемой практической задачи с помощью информационной системы и выбрать нужный алгоритм для аугментации. Применялись следующие методы: системного анализа, информационных технологий, теории машинного обучения и нейронных сетей. Достигнутые результаты: проведены оценки показателя качества для каждого из алгоритмов аугментации данных, представлена структура информационной системы.

### Введение

Аугментация данных в задачах компьютерного зрения является ключевым методом для улучшения качества модели за счет искусственного увеличения разнообразия обучающих данных. Главными требованиями к алгоритмам аугментации данных являются семантическая сохранность, случайность, разнообразие, эффективность, совместимость с целевой задачей и контролируемость.

Задача детектирования заданных объектов является важной задачей для урбанистики, решение которой позволит автоматизировать многие процессы, необходимые для застройки новых территорий. Главными требованиями к программному средству являются точность детектирования и возможность реализации алгоритма в режиме реального времени.

Модели компьютерного зрения применяются в охране природных ресурсов, кроме того, в силу законодательных особенностей, связанных с тайной личной информации, в данной сфере деятельности человека аугментация набора данных занимает важнейшее место.

В статье [1] отмечены основные отличия алгоритмов компьютерного зрения, получивших названия *model-based* и *data-driven*, а также представлен анализ двух алгоритмов типа *data-driven* и одного алгоритма типа *model-based*.

Первый алгоритм аугментации данных, рассмотренный в статье, реализует геометрические преобразования над набором изображений. В качестве гиперпараметров для данного алгоритма выступают интервалы углов поворота и сдвиг центра изображения. Данный алгоритм позволяет сохранять модели устойчивостью к ориентации объектов и симулирование реальных условий.

Второй алгоритм позволяет расширять набор данных, добавляя на изображения шум с известным законом распределения. В качестве гиперпараметров для данного алгоритма выступают дисперсия по вертикальной и горизонтальной осям, а также оценка математического ожидания для шума.

Цель работы заключается в определении показателя качества, подсчете показателя качества, выявлении зависимости показателя качества от алгоритма аугментации, в которой про-

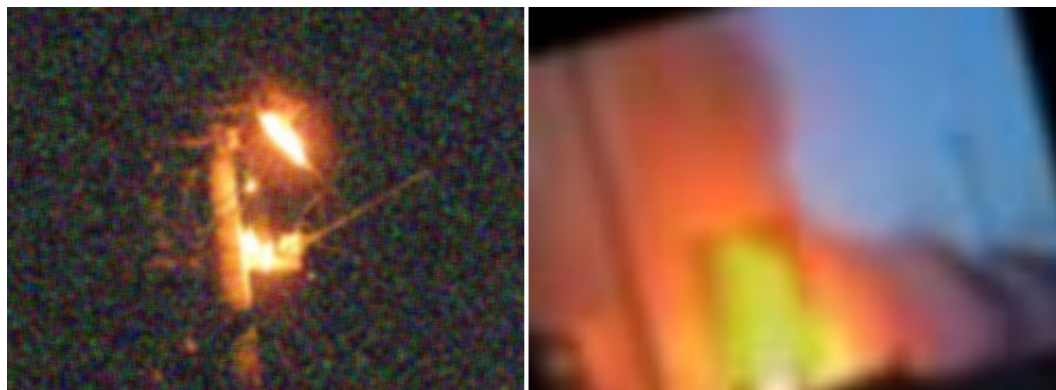


Рис. 1. Примеры аугментации с помощью алгоритмов информационной системы

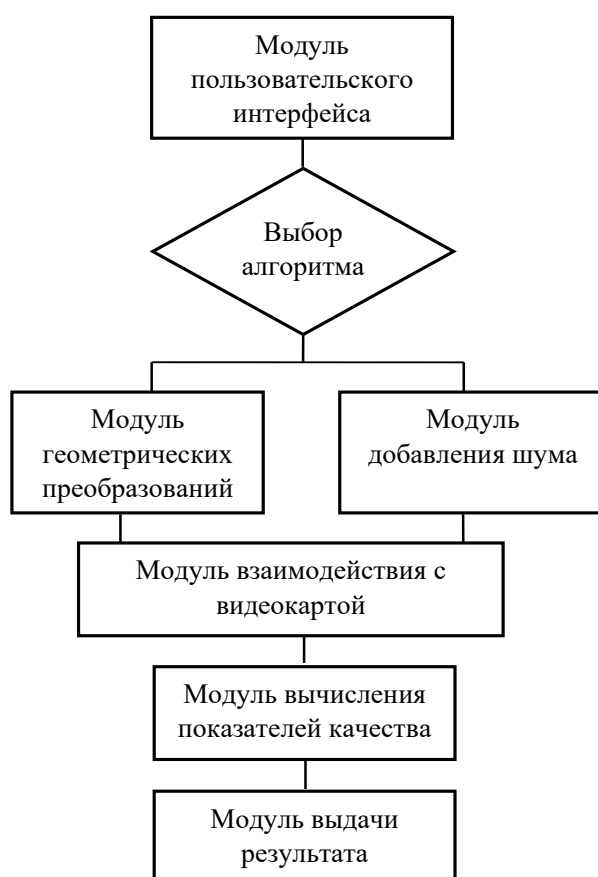


Рис. 2. Структура программного средства

исходит реализация алгоритмов компьютерного зрения, исследуемых в данной статье. Эксперименты проведены на открытом наборе данных [2] лесных пожаров.

#### Выбор модели и показателя качества

В данной работе за показатели качества

были приняты три величины: точность, полнота и  $maP50$ . Точность позволяет оценить долю правильно найденных объектов среди всех найденных. Полнота позволяет оценить долю правильно найденных объектов среди всех существующих объектов. И, наконец,  $maP50$  основана на показателе  $IoU$  и измеряет и точность, и полноту при заданной границе уверен-

Таблица 1. Эффективность анализируемых алгоритмов

| Алгоритм      | Точность | Полнота | <i>maP50</i> |
|---------------|----------|---------|--------------|
| Поворот       | 0,628    | 0,507   | 0,558        |
| Шум           | 0,656    | 0,511   | 0,565        |
| Поворот и шум | 0,657    | 0,524   | 0,578        |

ности. В качестве модели [3] была использована YOLOv11.

### Примеры аугментированных изображений

Результаты работы алгоритмов аугментации [4] показаны на рис. 1, где слева представлено добавление шума, справа – геометрические преобразования.

### Структура программного средства

В ходе данной работы была предложена структура программного средства, среди возможностей которого присутствует ручной или автоматический выбор алгоритма, взаимодействие с GPU устройства, на котором запущено программное средство, а также инструментарий для визуализации анализа входных изображений. Структура программного средства показана на рис. 2.

### Результаты

Для проведения оценки полученных результатов были использованы показатели качества: точность, полнота и *maP50*. Можно также

упоминать, что обучающий и тестовый наборы данных содержали изображения разных размеров, однако это обстоятельство не повлияло на вычисление показателя качества в силу его инвариантности к масштабу, значит можно называть данные оценки качества моделей состоятельными. Значения показателя качества для каждой из моделей на тестовом наборе данных приведены в табл. 1.

### Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Показатели качества, полученные для исследуемых в данной статье алгоритмов, можно повысить. Для этого есть несколько путей решения. Например, можно провести аугментацию наборов данных с помощью генеративных нейронных сетей. Это обеспечит более сложное разнообразие по сравнению с обычной аугментацией, а именно получить новые ракурсы, фон и освещение, которых нет в исходном наборе данных.

Однако этот подход требует больших вычислительных ресурсов, может генерировать артефакты или нереалистичные объекты.

*Работа выполнена при поддержке программы НИЯУ МИФИ «Приоритет-2030».*

### Литература

1. Ахметов, А.Ф. Анализ алгоритмов информационной системы для распознавания специальных объектов / А.Ф. Ахметов, С.Д. Кулик // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2025. – № 3(186). – С. 10–15.
2. Kaggle. Система организации конкурсов по исследованию данных, а также социальная сеть специалистов по обработке данных и машинному обучению [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.kaggle.com>.
3. Ахметов, А.Ф. Разработка программного средства для генерирования изображений с использованием генеративных нейронных сетей / А.Ф. Ахметов // Сборник научных работ студентов и аспирантов Института интеллектуальных кибернетических систем НИЯУ МИФИ. – М. : НИЯУ МИФИ, 2024. – С. 37–41.
4. Ахметов, А.Ф. Анализ алгоритмов информационной системы для распознавания пожа-

ра / А.Ф. Ахметов, С.Д. Кулик // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2025 – № 2(185). – С. 11–19.

### **References**

1. Akhmetov, A.F. Analiz algoritmov informatcionnoi sistemy dlia raspoznavaniia spetsialnykh obektov / A.F. Akhmetov, S.D. Kulik // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2025. – № 3(186). – S. 10–15.
2. Kaggle. Sistema organizatsii konkursov po issledovaniyu dannykh, a takzhe sotcialnaia set spetsialistov po obrabotke dannykh i mashinnomu obucheniiu [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.kaggle.com>.
3. Akhmetov, A.F. Razrabotka programmogo sredstva dlia generirovaniia izobrazhenii s ispolzovaniem generativnykh neironnykh setei / A.F. Akhmetov // Sbornik nauchnykh rabot studentov i aspirantov Instituta intellektualnykh kiberneticheskikh sistem NIIaU MIFI. – M. : NIIaU MIFI, 2024. – S. 37–41.
4. Akhmetov, A.F. Analiz algoritmov informatcionnoi sistemy dlia raspoznavaniia pozhara / A.F. Akhmetov, S.D. Kulik // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2025 – № 2(185). – S. 11–19.

---

© А.Ф. Ахметов, С.Д. Кулик, 2025

## ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ ВИХРЕВОГО РАСХОДОМЕРА НЕФТЕПРОДУКТОВ С ПОМОЩЬЮ СИНГУЛЯРНОГО АНАЛИЗА

А.С. БАТЯЕВ, К.А. СОРОКИНА, В.В. КОЗЛОВ

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»,  
г. Пенза

**Ключевые слова и фразы:** вихревые расходомеры; датчик; измерение; обработка результатов; сингулярный анализ.

**Аннотация:** Целью настоящей работы является исследование возможностей применения сингулярного анализа, в частности *Singular Value Decomposition (SVD)* [1], для повышения точности обработки результатов измерения вихревого расходомера. Задачи работы – показать наглядное представление применения сингулярного анализа для повышения точности измерений вихревого расходомера. Необходимо проверить, является ли данная модель адекватной для исследуемого процесса, на основе которой проводятся манипуляции с данными, идентификация ключевых признаков и прогнозирование будущих значений. Предлагаемым решением в данной работе является применение сингулярного анализа для повышения точности измерений. Проведенный эксперимент продемонстрировал способность сингулярного анализа эффективно идентифицировать тенденции, периодические компоненты и шумы в сигналах вихревых расходомеров. Таким образом, использование сингулярного спектрального анализа способствует повышению точности измерений, но анализ временного ряда мгновенных частот вихреобразования на основе современных методов затруднено ввиду необходимости проведения ресурсоемких вычислений в реальном времени.

### Введение

Расходомеры предназначены для непрерывного контроля объемов поступающих и потребленных нефтепродуктов. Для эффективной работы такие устройства должны выдерживать интенсивные эксплуатационные условия, мгновенно реагировать на любые изменения среды и выдавать высокоточные результаты измерений.

Основной механизм действия вихревого расходомера основывается на эффекте Кармана [2]: когда тело устанавливается в канале, пересекаемом потоком жидкости или газа, оно провоцирует формирование упорядоченной последовательности чередующихся вихрей, образующих своеобразные дорожки Кармана. Одна дорожка состоит из вихрей, вращающихся по часовой стрелке, вторая – против нее.

Эти вихри появляются регулярно, сменяя друг друга справа и слева от тела обтекания, создавая зоны пониженного и повышенного давления в жидкости. Частота смены вихрей

служит основой для определения объема среды, прошедшего через трубопровод.

Для фиксации момента появления каждого нового вихря применяется специализированный датчик, установленный за препятствием. Этот датчик подсчитывает число появившихся вихрей за определенный отрезок времени, позволяя вычислить общий объем прокаченной среды.

Однако реальный процесс измерения сопровождается рядом проблем, связанных с ограничениями точности вихревого расходомера [4]. Основными факторами, негативно влияющими на качество измерений, выступают:

- непостоянство вязкостных характеристик среды;
- нелинейная зависимость частоты вихреобразования от общего расхода жидкости;
- случайные колебания частоты вихрей при постоянстве расхода;
- влияние механических вибраций;
- природные свойства контролируемых

веществ;

- предыдущий путь потока и влияние внешних возмущений;
- температура среды, оказывающая значительное влияние на конструкцию расходомера.

Кроме того, известны случаи, когда даже при постоянном объеме среды наблюдается незначительная разница в количестве сформировавшихся вихрей. Эта особенность обусловлена внутренними турбулентными явлениями и подчиняется нормальному распределению с показателем стандартного отклонения  $\sigma_f$ , вызывая дополнительную случайную погрешность.

Частотные и амплитудные изменения потока ведут к соответствующим колебаниям частоты образования вихрей. Различные датчики реагирования настроены на регистрацию разных параметров потока:

- давления в области вихреобразования;
- скоростного напора;
- локальной скорости перемещения среды.

Важно отметить, что применение устройств, контролирующих именно скорость потока, сильно зависит от электрофизических характеристик среды: растворенных газов, электропроводности и иных особенностей состава жидкости.

Предыдущее состояние потока также играет важную роль: наличие преград и зон сопротивления на пути потока способно привести к значительным искажениям результата измерений. Еще одним источником ошибок является изменение вязкости жидкости при изменениях температуры.

Подводя итоги, необходимо отметить, что обеспечение надежного процесса сбора и обработки данных остается сложной технической задачей, решение которой актуально для современной промышленности.

### Материалы и методы

Предлагаемым решением в данной работе является применение сингулярного анализа для повышения точности измерений. Сингулярный спектральный анализ (SSA) представляет собой эффективный подход к обработке временных рядов, позволяющий выявлять скрытые закономерности и структуры в данных.

Основная идея сингулярного анализа состоит в разложении исходного временного ряда на отдельные компоненты, каждая из которых представляет отдельную информационную

ценность. Анализ этих компонентов позволяет углубленно исследовать данные и формировать прогностические модели высокого качества.

Исходный временной ряд рассматривается как совокупность взаимодействующих составляющих, среди которых могут присутствовать тренды, сезонные эффекты и шумы. Основной идеей метода является выделение этих составляющих путем разложения ряда на компоненты, используя технику сингулярного разложения (SVD).

Допустим, дан временной ряд длины  $N$ . Первым этапом становится построение траекторной матрицы, представляющей собой комбинацию смещенных сегментов исходного ряда. Размеры матрицы определяются параметрами  $L$  и  $K$ , где:

$$K = N - L + 1.$$

Далее проводится сингулярное разложение (SVD) этой матрицы:

$$X = U \Sigma V^T,$$

где  $U$  и  $V$  – ортогональные матрицы;  $\Sigma$  – диагональная матрица, содержащая сингулярные значения.

Каждое собственное значение  $\lambda_i$  ассоциировано с парой собственных векторов ( $u_i$ ,  $v_i$ ), называемых факторными векторами. Совокупность ( $\lambda_i$ ,  $u_i$ ,  $v_i$ ) образует собственную тройку сингулярного разложения [6].

После разложения наступает этап группировки компонент, которые далее комбинируются для восстановления исходного ряда. Полученные таким образом новые временные ряды образуют основу для дальнейшего анализа и интерпретации данных.

Метод сингулярного анализа нашел широкое признание в научных кругах и прикладных дисциплинах благодаря своей простоте и универсальности. Например, в экономике, климатологии и обработке сигналов SSA активно применяются для эффективного изучения сложных временных рядов.

Исторически методика получила известность как *Singular Spectrum Analysis (SSA)* в зарубежных источниках, а в российских публикациях закрепилось имя «гусеница» [1], подчеркивающее специфику построения траекторных матриц.

Реализуется метод в несколько этапов.

1. Формирование траекторной матрицы, включающее подготовку исходного ряда для последующего анализа.

2. Сингулярное разложение, обеспечивающее выделение фундаментальных компонентов.

3. Классификация компонент, выполняемая для объединения близких по свойствам компонент.

4. Реконструкция ряда, завершающая процедуру восстановления исходного ряда.

Применение сингулярного анализа позволяет достичь высоких уровней понимания внутренних механизмов данных, отделяя трендовые, периодические и случайные компоненты.

Такой подход расширяет границы возможного в научных исследованиях и технологических разработках, предлагая эффективную стратегию повышения точности измерений и обработки информации.

### Литературный обзор

Развитие возможностей микроконтроллеров вызвало значительный рост интереса к аппаратно-программным средствам повышения точности измерений.

Современные подходы основаны на трех основных математических методах обработки сигналов вихревых расходомеров: спектральный анализ на основе преобразования Фурье, Вейвлет-преобразование и преобразование Гильберта – Хуанга.

Наиболее популярным и глубоко изученным является спектральный анализ, основанный на преобразовании Фурье. Работы [5; 8; 9] доказали, что применение этого метода позволяет выделить основной сигнал, связанный с информацией о расходе, даже на фоне сильных шумов, обеспечивая точное определение сигнала при малом расходе.

Но классическое преобразование Фурье ограничено неспособностью отслеживать изменения спектральной картины во времени. Например, стандартный спектр мощности не сможет однозначно установить разницу между сигналом с изменяющейся частотой и суперпозицией двух независимых синусоид.

Другим эффективным методом является Вейвлет-анализ. Результаты эксперимента, представленные в работе [10], показали, что Вейвлеты помогают выделить полезный сигнал даже тогда, когда уровень шума превышает его интенсивность. Это дает возможность су-

щественно расширить область применимости вихревых расходомеров, охватывая низкие расходы, где высок уровень посторонних помех.

Преобразование Гильберта – Хуанга [7] зарекомендовало себя как современный инструмент цифровой обработки сигналов. Исследование подтвердило, что этот метод повышает точность измерения при низком расходе и увеличивает нижний предел измерения расходомера.

Тем не менее перечисленные подходы используют лишь одномерные модели, не учитывая важнейший фактор – температуру измеряемой среды. Документ [3] подчеркивает ключевую роль температуры в процессе измерения расхода, демонстрируя потребность в создании многокритериальных моделей, учитывающих влияние температуры на конечные результаты измерений.

### Результаты

В качестве примера рассмотрим сингулярный спектральный анализ временного ряда, содержащий тренд, периодическую составляющую и случайный шум.

На рис. 1 представлен такой ряд, а результат сингулярного анализа в виде первых пяти векторов представлен на рис. 2.

На изображении представлены первые пять собственных векторов сингулярного разложения сигнала вихревого расходомера нефтепродуктов.

Эти векторы отображают различные компоненты сигнала, которые могут быть связаны с различными физическими процессами или шумами в системе измерения.

Первый собственный вектор показывает основную тенденцию сигнала. Он имеет почти линейный характер, что может указывать на общий тренд в данных, например, на изменение расхода нефтепродуктов со временем.

Второй собственный вектор имеет более сложную форму с колебаниями. Он может отражать периодические изменения в сигнале, которые могут быть связаны с колебаниями давления или другими периодическими процессами в системе.

Третий собственный вектор также имеет колебательный характер, но с другой частотой и амплитудой. Он может отражать дополнительные периодические компоненты сигнала, которые могут быть связаны с другими физическими

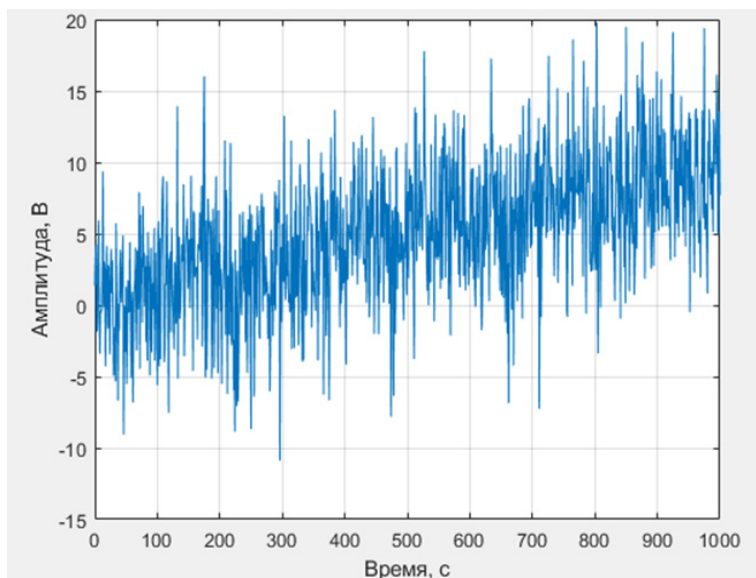


Рис. 1. Осциллограмма сигнала

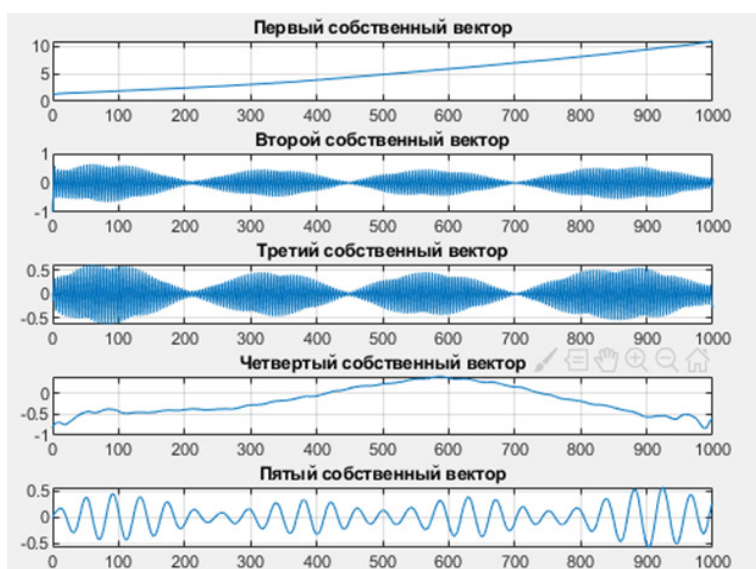


Рис. 2. Структура программного средства

ми процессами или шумами.

Четвертый собственный вектор имеет более сложную форму с несколькими пиками и впадинами. Он может отражать более сложные колебания в сигнале, которые могут быть связаны с нелинейными процессами или шумами.

Пятый собственный вектор имеет колебательный характер с высокой частотой. Он может отражать высокочастотные компоненты сигнала, которые могут быть связаны с шумами или быстрыми изменениями в системе.

Эти векторы могут быть использованы для анализа и фильтрации сигнала, а также для выявления различных физических процессов, которые влияют на измерение расхода нефтепродуктов.

Анализ собственных векторов сингулярного разложения случайного сигнала свидетельствует о возможности выделять тренды и периодические составляющие с помощью сингулярного спектрального анализа.

## Обсуждение

Алгоритмы анализа временных рядов повсеместно используются в научных и технических дисциплинах. Цель этого анализа – сформировать адекватную модель исследуемого процесса, на основе которой проводятся манипуляции с данными, идентификация ключевых признаков и прогнозирование будущих значений. Изучая работу вихревых расходомеров, становится ясно, что их поведение сложно описать какой-то единой математической моделью. Причина кроется в том, что функционирование расходомера определяется не только его конструктивной особенностью, но и внешним технологическим процессом, автоматизацией производственных операций (АСУ ТП), частью которого он является. Исходя из этого, стандартные алгоритмы обработки данных, рассчитанные на известные модели поведения, непригодны для вихревых расходомеров.

## Заключение

В результате выполненного исследования авторами получены следующие основные научные результаты.

- Обеспечение надежного этапа обработки результатов измерений является важной научно-технической задачей.
- Можно выделить три математических метода, наиболее востребованных при исследовании вихревых расходомеров: спектральный анализ, основанный на преобразовании Фурье, Вейвлет-преобразование и преобразование Гильберта – Хуанга.
- Проведение анализа временного ряда мгновенных частот вихреобразования на основе современных методов затруднено ввиду необходимости проведения ресурсоемких вычислений в реальном времени, что практически невозможно в реальных условиях эксплуатации расходомеров.

## Литература

1. Голяндина, Н.Э. Метод «Гусеница»-SSA: анализ временных рядов : учеб. пособие / Н.Э. Голяндина. – СПб. : ВВМ, 2004. – 76 с.
2. Кремлевский, П.П. Расходомеры и счетчики количества : справочник / П.П. Кремлевский. – СПб. : Машиностроение, 2004. – 701 с.
3. Пат. 2291400 Российская Федерация, МПК G 01 F 1/32 G 01 F 15/02. Вихревой способ измерения объемного количества протекшего вещества / Л.А. Адамовский – № 2003100598/28; заявл. 08.01.03; опублик. 10.01.07, Бюл. № 1. – 10 с.
4. Расходомеры и счетчики количества веществ : справочник; изд. 5-е, перераб. и доп. – СПб. : Машиностроение, 2012.
5. Chen, J. Vortex Signal Processing Method with Dual Channel / J. Chen, K. Min, L. Zhong // Chinese Control and Decision Conference (CCDC), 2011. – P. 2833–2837.
6. Golyandina, N.E. Analysis of Time Series Structure: SSA and Related Techniques / N.E. Golyandina, V.V. Nekrutkin, A.A. Zhigljavsky. – Boca Raton : Chapman & Hall/CRC, 2001. – 305 p.
7. Huang, N.E. The Empirical Mode Decomposition and the Hilbert Spectrum for Non-linear and Non-stationary Time Series Analysis / N.E. Huang, Z. Shen, S.R. Long, M.C. Wu, H.H. Shih, Q. Zheng, N.C. Yen, C.C. Tung, H.H. Liu // Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. – 1998. – No. 454. – P. 903–995.
8. Jianbo, M. Adaptive Frequency Measurement (AFM) for Vortex Flowmeter Signal / M. Jianbo, L. Zu, D. Liang, X. Liang // Industrial Electronics, Proceedings of the IEEE International Symposium. – 1992. – No. 2. – P. 832–835.
9. Ke-Jun, X. Applied Digital Signal Processing Systems for Vortex Flowmeter with Digital Signal Processing / X. Ke-Jun // Review of Scientific Instruments. – 2009. – Vol. 80. – N. 2. – P. 1–11. – DOI: 10.1063/1.3082044.
10. Sun, H. Digital Signal Processing Based on Wavelet and Statistic Method for Vortex Flowmeter / H. Sun, Z. Tao, W. Hua-Xiang // Proceedings of the Third International Conference on Machine Learning and Cybernetics. – 2004. – No. 5. – P. 3160–3163.

**References**

1. Goliandina, N.E. Metod «Gusenitca»-SSA: analiz vremennykh riadov : ucheb. posobie / N.E. Goliandina. – SPb. : VVM, 2004. – 76 s.
2. Kremlevskii, P.P. Raskhodomery i schetchiki kolichestva : spravochnik / P.P. Kremlevskii. – SPb. : Mashinostroenie, 2004. – 701 s.
3. Pat. 2291400 Rossiiskaia Federatsiia, MPK G 01 F 1/32 G 01 F 15/02. Vikhrevoi sposob izmereniia obemnogo kolichestva protekshogo veshchestva / L.A. Adamovskii – № 2003100598/28; zaiavl. 08.01.03; opubl. 10.01.07, Biul. № 1. – 10 s.
4. Raskhodomery i schetchiki kolichestva veshchestv : spravochnik; izd. 5-e, pererab. i dop. – SPb. : Mashinostroenie, 2012.

---

© А.С. Батяев, К.А. Сорокина, В.В. Козлов, 2025

# РЕКОНСТРУКЦИЯ НАБЛЮДАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ МАРСА ДЛЯ АВТОНОМНОЙ НАВИГАЦИИ РОБОТА-МАРСОХОДА

А.В. БОБКОВ, ДАЙ ИФАНЬ

ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»,  
г. Москва

---

*Ключевые слова и фразы:* визуальная навигация; 3D-реконструкция; автономная навигация; марсоход.

*Аннотация:* Целью данной статьи является классификация и оценка существующих методов трехмерной реконструкции поверхности, которые могут быть использованы для обеспечения автономной навигации робота-марсохода. Работа обобщает и анализирует методы трехмерной реконструкции с использованием видеоизображений, исследуются трудности и узкие места в исследованиях технологии 3D-реконструкции, а также перспективы развития применительно к задачам автономной навигации. Теоретический анализ алгоритмов показывает, что использование гибридных методов позволит повысить точность реконструкции сложного рельефа по сравнению с классическими подходами.

---

## Введение

Современный этап освоения космического пространства тесно связан с изучением и дальнейшим освоением ближайших планет солнечной системы, прежде всего – Марса. Однако агрессивные условия на его поверхности заставляют широко применять для этих целей беспилотные роботы-марсоходы, обладающие той или иной степенью автономности. В отличие от лунных роботов, марсоходами весьма проблематично управлять дистанционно (с Земли) из-за большой задержки прохождения команд управления и сигналов с датчиков. Это заставляет разрабатывать роботов с большей или меньшей степенью автономности, способных решать часть задач самостоятельно, без помощи оператора на Земле.

Для полноценного автономного функционирования робот должен иметь возможность решать следующий круг задач:

- определение и отслеживание собственного положения на местности;
- безопасное перемещение по заданному

маршруту;

- построение оптимального маршрута по известной карте;
- построение маршрута по заранее неизвестной местности (в режиме разведки) с определением проходимости грунта, картированием наблюдаемой местности, коррекцией маршрута (по мере получения дополнительной информации).

Все эти задачи так или иначе связаны с получением и анализом информации об окружающих объектах, определением их формы, их привязкой к бортовой карте, поиском новых или известных ориентиров, обозначением геометрии окружающей местности и установлением проходимости ее участков. Для решения этих задач необходимо разработать систему, способную строить трехмерную модель окружающего пространства за счет анализа сигналов с датчиков, в первую очередь таких, как сонар, лидар и камеры технического зрения. При этом сами сигналы с датчиков являются двухмерными, и для построения объемной модели окружающего мира требуется их восстановление математиче-



Рис. 1. Таксонометрия существующих подходов

скими методами.

В ранних исследованиях взаимосвязь объемных объектов и их плоских проекций строились с геометрической точки зрения. Эти методы обычно требуют точной калибровки камер и наличия нескольких тестовых изображений, снятых с разных точек зрения. Другой подход к реконструкции в трехмерной системе координат связан с сопоставлением особых точек и триангуляции.

В последние годы (с появлением различных камер глубины для обычных потребителей) получила широкое распространение технология 3D-реконструкции на основе карты глубины. С другой стороны, благодаря успеху сетей глубокого обучения в области компьютерного зрения все больше и больше исследователей начинают использовать для изучения 3D-реконструкции аппарат сетей глубокого обучения. В этой статье обобщены и проанализированы ключевые технологии и исследовательские работы, основанные на 3D-реконструкции, подробно представлены методы активного и пассивного зрения, а также обобщены результаты исследований других методов в 3D-реконструкции в контексте задачи навигации робота-марсохода.

можно разделить на контактные и бесконтактные. К контактным методам в основном относятся: триггерное измерение, непрерывное измерение, координатно-измерительные машины и робототехнические руки. Вариантом использования контактного метода на марсоходе является использование его манипуляторов для оценки формы и состояния поверхности грунта непосредственно перед ним. В этом случае робот может двигаться «на ощупь», проверяя проходимость поверхности непосредственно перед собой. Получаемая информация будет точной и достоверной, однако такое техническое решение нельзя назвать удачным из-за массы проблем: крайне малая дальность действия, низкая скорость работы, большой механический износ манипулятора, возможное налипание песка и грязи, и многие другие.

Бесконтактный метод лишен этого недостатка. Он как правило использует методы анализа изображений для получения информации о сцене. Бесконтактный метод существенно шире по возможностям, хотя точность восстановления существенно ниже, нежели у контактного метода. Таксонометрия существующих подходов показана на рис. 1.

#### Контактные и бесконтактные методы

Все методы трехмерной реконструкции

#### Активные методы

К активным относят лазерное сканирова-

ние, дальнометрический метод, метод структурированного света. Информация о глубине объекта измеряется непосредственно, и может быть получена путем воздействия источника излучения (лазер, ультразвук, электромагнитные волны и т.д.) на целевой объект и последующего анализа отраженного сигнала, после чего рассчитывается приближенная форма объекта.

#### **Лазерное дальнометрическое сканирование**

Здесь испускаемый лазерный луч дальнометра при помощи вращающейся системы зеркал последовательно в определенном порядке пробегает по всем точкам сцены, а приемник фиксирует отраженный сигнал и рассчитывает пройденное расстояние по вышеприведенным формулам. Лидар позволяет получить существенно более высококачественную модель поверхности, что делает его перспективным прибором для многих космических задач.

В зависимости от способа измерения времени можно выделить импульсный и фазовый метод. Глубину точек сцены можно рассчитать, зная скорость и время прохождения сигнала до точки и обратно.

Большинство современных лидаров используют цилиндрическую развертку. Этот тип развертки наиболее легко формируется и прост в дальнейшей обработке. Однако у него есть недостатки, например – есть вероятность пропустить узкие горизонтальные объекты. Помимо цилиндрической развертки используется также развертка «розетка» (*Rosette Scanning Pattern*). Ее формирование существенно сложнее, однако и надежность повышается существенно.

Производить сканирование можно также и с помощью микроэлектромеханических систем и фазированных решеток. Такие системы позволяют значительно сократить габариты и повысить надежность устройства.

#### **Метод структурированного света**

Метод структурированного света использует проектор для проецирования кодированного структурированного света на исследуемую поверхность. Расстояние и направление различных частей объекта к камере различаются, а также изменяется размер и форма рисунка кодированного структурированного света. Это изменение может быть зафиксировано камерой, а затем можно использовать принцип оптической триангуляции для вычисления информации о глубине. В этом процессе проекционное устройство, устройство получения изображения

и объект, подлежащий измерению, образуют систему 3D-реконструкции.

В соответствии с различными проекционными изображениями методы структурированного света можно разделить на следующие: метод точечного структурированного света, метод линейного структурированного света, метод поверхностного структурированного света, метод сетевого структурированного света и метод структурированного цветного света. В соответствии с различными методами кодирования его можно разделить на прямое кодирование (*direct coding*), кодирование с временным мультиплексированием (*time multiplexing coding*) и кодирование с пространственным мультиплексированием (*spatial multiplexing coding*). *Kinect v1* от *Microsoft* и *iphone x* от *Apple* используют метод структурированного света. Но этот метод ограничен освещением и расстоянием проецирования.

#### **Дальнометрические камеры**

Дальнометрические камеры (*ToF-camera*) определяют информацию о глубине путем вычисления разницы во времени между излучаемым и принятым импульсным светом. Дальнометрические камеры не ограничены длиной базовой линии, не зависят от текстуры и имеют высокую скорость визуализации. Но есть и недостатки. Во-первых, разрешение у *ToF*-камер очень низкое. Во-вторых, на камеры *ToF* легко влияют факторы окружающей среды, такие как смешанные пиксели, внешние источники света и т.д., которые приводят к неточной глубине сцены. Наконец, последний недостаток – системные и случайные ошибки имеют большое влияние на результаты измерений, что проявляется в совмещении положений точек сцены. Необходимо последующая обработка данных.

После появления камеры глубины (*RGBD*), методы 3D-реконструкции на их основе стали быстро развиваться. Самым классическим алгоритмом реконструкции *RGBD* является *KinectFusion* [5], предложенный *Newcombe* и др. из *Imperial college London* в 2011 г.

#### **Пассивные методы реконструкции**

Технология активной реконструкции хорошо отработана, имеет высокую точность, однако оборудование, как правило, достаточно сложное, дорогостоящее, содержит прецизионную механику и чувствительно к внешним воздействиям. Устройства активной реконструк-

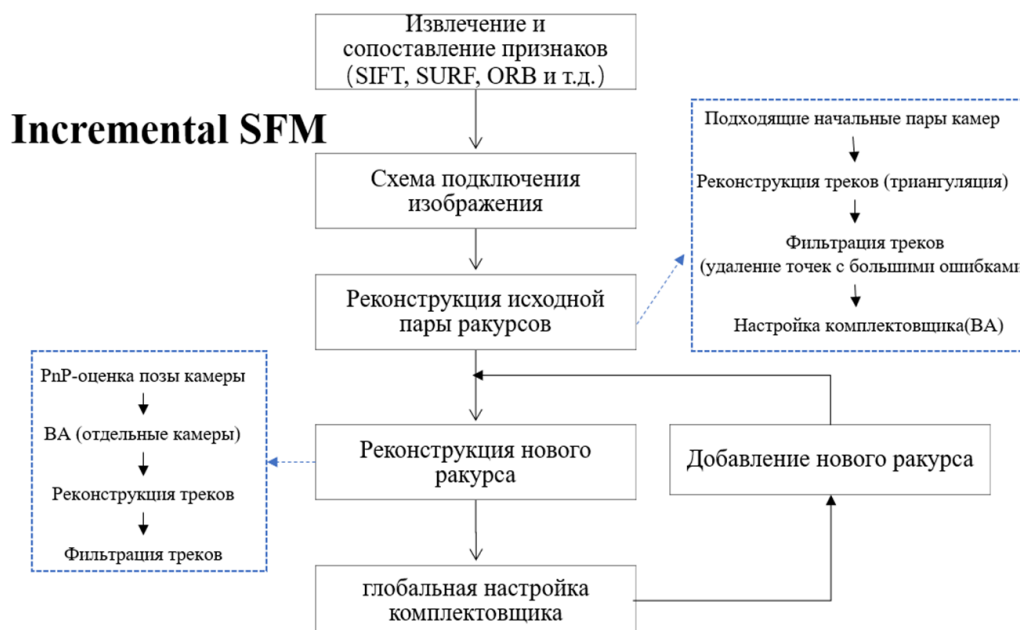


Рис. 2. Алгоритм инкрементального восстановления формы по движению

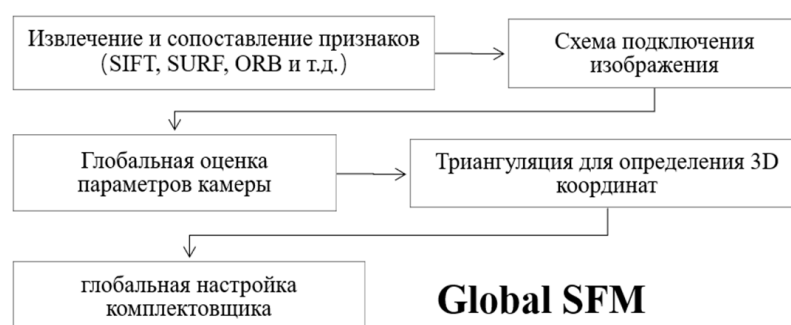


Рис. 3. Алгоритм глобального восстановления формы по движению

ции, как правило, не могут работать при движении робота и требуют его полной остановки.

Этих недостатков лишены пассивные методы, использующие видеоизображение с одной или нескольких камер. Пассивные методы получают последовательность изображений при помощи камеры и восстанавливают трехмерную структурную модель сцены, основываясь на понимании двухмерного изображения. Пассивные методы можно разделить на монокулярные и бинокулярные (соответственно, с использованием одной или нескольких камер).

#### Методы монокулярного зрения

Монокулярное зрение может использовать одну камеру для съемки одного или несколь-

ких изображений с одной точки, или съемки нескольких изображений с нескольких точек. При использовании одного кадра информация о глубине сцены извлекается из двухмерных характеристик изображения (затенение, текстура, фокус, контур и т.д.). Данная группа методов называется восстановлением формы по освещенности (*Shape from shading*) (*Shape from texture* и т.д.) [7]. При использовании нескольких кадров трехмерная реконструкция выполняется путем сопоставления одних и тех же ключевых точек на разных изображениях для получения информации о их пространственных координатах. Поскольку получение нескольких кадров связано, как правило, с собственным движением камеры, метод по-

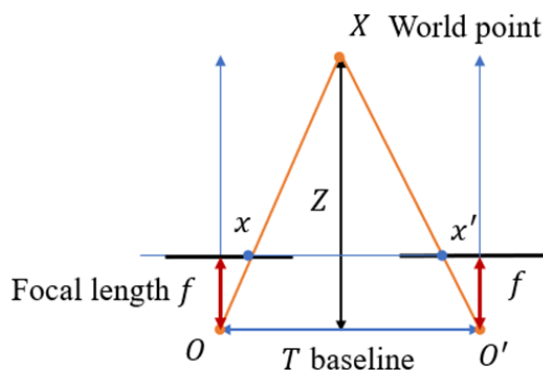


Рис. 4. Метод бинокулярного зрения

лучил название «восстановление формы по движению» (*Structure from motion*).

Восстановление формы по движению (*Structure from motion*, **SfM**) используется для реализации 3D-реконструкции по набору изображений, полученных в движении, то есть, по сути, по временному ряду.

Метод сравнивает положения особых точек на последовательности видеок кадров. Особые точки могут быть извлечены, например, с помощью методов *SIFT* [10] или *SURF* [11]. Затем устанавливается соответствие особых точек в сочетании с принципом триангуляции (при наличии внутренних и внешних параметров двух камер и пары совпадающих точек рассчитываются трехмерные координаты точки, соответствующие точке сопоставления), чтобы получить трехмерную информацию.

В настоящее время методы *SfM* в основном делятся на инкрементный (*Incremental structure from motion*) [1; 12] и глобальный (*Global structure from motion*) [13]. Соответствующие схемы алгоритмов показан на рис. 2 и 3.

Метод может реализовать самокалибровку камеры в процессе реконструкции и удовлетворить потребности крупномасштабной 3D-реконструкции сцены. Точность реконструкции повышается при наличии большого количества особых точек. Недостатком является то, что объем вычислений и время восстановления относительно велики.

Стоит отметить, что разработка *SfM* способствовала развитию методов многоракурсной реконструкции (*Multi-view stereo*, **MVS**). *SfM* часто получает разреженные облака точек. Для достижения 3D-реконструкции часто необходимо получить плотные трехмерные облака точек с помощью многоракурсной реконструк-

ции **MVS**.

#### Метод бинокулярного зрения

Метод бинокулярного зрения основывается на биологической аналогии со зрением человека. В этом методе используются две камеры для получения воспринимаемого изображения объекта с двух разных ракурсов. Далее используется метод триангуляции для преобразования бинокулярного дисбаланса соответствующих точек в информацию о глубине (рис. 4).

Пусть  $O$ ,  $O'$  – левый и правый центры камеры;  $x$ ,  $x'$  – координаты плоскости съемки; глубина  $Z$  рассчитывается по следующей формуле:

$$Z = fT/(x - x'); \quad d = x - x'.$$

Разница  $d$  между горизонтальными координатами левой и правой диаграмм называется параллаксом.

Работа методов бинокулярного зрения грубо разделена на шесть этапов: получение изображения, калибровка камеры, выделение и сопоставление характеристик, коррекция камеры, стереосопоставление и трехмерное моделирование. Критерии локального соответствия на основе площади, обычно используемые в бинокулярном стереозрении, в основном включают сумму модулей отклонений (*sum of absolute differences*, **SAD**) и сумму квадратов разностей, соответствующих разностям пикселей (*sum of squared differences*, **SSD**), а также полуглобальное сопоставление (*semiglobal matching*, **SGM**). В настоящее время технология бинокулярного стереозрения широко используется в производстве и жизненной практике. Исследование новых теорий вычислений и структур алгоритмов сопоставления, сокращение объема вычислений и решение текущих проблем искажения оттен-

**Таблица 1.** Сравнение монокулярного и бинокулярного зрения

|              | Монокулярное зрение                                                     | Бинокулярное зрение                                           |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Преимущества | Низкая стоимость                                                        | Результат реконструкции более точный                          |
| Недостатки   | Большая неопределенность реконструкции<br>Плохая стабильность алгоритма | Большой объем вычислений, сложность работы в реальном времени |

ков серого, шумовых помех и геометрических искажений обладают высоким исследовательским значением.

### Методы машинного обучения

Алгоритмической основой современных методов трехмерной реконструкции являются методы машинного обучения. Основные направления – статистическое обучение, нейронная сеть, семантические методы и глубокое обучение.

Метод статистического обучения основан на поиске закономерностей по большой базе данных. Он вычисляет статистику признаков по каждой цели в базе данных, определяет функцию вероятности признаков, сравнивает с функцией признаков данных и принимает максимальную аналогичную глубину в качестве глубины цели реконструкции.

Метод статистического обучения широко используется для реконструкции больших сцен, лица и тела человека, и может применяться в других областях, таких как системы поиска и распознавания видео.

Семантические подходы представляют изображение на уровне высокоуровневого описания отдельных взаимодействующих объектов сцены. Использование такого описания позволяет повысить надежность детектирования отдельных объектов при их сложных взаимодействиях, например, при взаимном перекрытии, попадании в тень и т.д.

Обычно данные методы не являются самостоятельными, а являются надстройкой над другими методами, и позволяют устранить неоднозначности реконструкции и повысить ее точность. Идея использования глубокого обучения – пропустить такие шаги, как извлечение и сопоставление признаков, определение параметров камеры, и смоделировать форму трехмерного объекта прямо из

исходного изображения (зачастую – только из одного). Это, пожалуй, один из наиболее популярных подходов в области компьютерного зрения.

Трехмерная форма объекта может быть представлена в одном из следующих видов: карта глубины (*depth*), облако точек (*point cloud*), набор вокселей (*voxel*), сетка (*mesh*). Сети глубокого обучения должны формировать распознаваемую сцену в одном из этих представлений.

В работе [8] использовалась сверточная сеть для прогнозирования взаимосвязи между отдельным изображением и картой глубины. Однако карты глубины зачастую недостаточно, чтобы выполнить полную реконструкцию исходной входной информации, и его можно использовать только как вспомогательную информацию для понимания трехмерной сцены.

Внедрение глубокого обучения в 3D-реконструкцию имеет большое значение. С одной стороны, оно может предоставить новые идеи для оптимизации производительности традиционных алгоритмов реконструкции. Исследованием в этой области является *NeRF* (*Neural Radiance Fields*) [2], которой моделирует сцену как непрерывную функцию, предсказывая цвет и плотность для рендеринга новых ракурсов.

Гибридные версии (*Mip-NeRF* [3], *Instant-NGP*[4]) интегрируют *SfM* для инициализации камер, сокращая число требуемых изображений со 100+ до 10–20. Глубокое обучение открывает новые возможности для исследования Марса, обеспечивая точную реконструкцию поверхности даже в экстремальных условиях.

Ключевой тренд – разработка гибридных систем, сочетающих *DL* с классической геометрией. Работа в этой области – *MaRF*[9], в котором модель обучается на данных *Mastcam-Z*, комбинируя *SfM* для инициализации камер.

Таблица 2. Сравнение ключевых методов технологии 3D-реконструкции

| Метод                              | Преимущества                                                  | Недостатки                                                               |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Контактные методы                  | Высокая точность (до 0,01 мм);<br>Быстрое получение данных    | Риск повреждения объекта;<br>Ограничение для хрупких/мягких поверхностей |
| Лазерное сканирование              | Точность до 0,1 мм<br>Работа со сложными формами              | Высокая стоимость (от \$20 тыс.)<br>Большой объем данных (терабайты)     |
| Структурированный свет             | Точность до 0,05 мм<br>Простота использования                 | Чувствительность к внешнему свету<br>Низкая скорость                     |
| <i>Time of Flight (ToF)</i>        | Скорость до 100 кадров/сек                                    | Погрешность $\pm 5$ см                                                   |
| <i>SfS (Shape from Shading)</i>    | Низкая стоимость<br>Подходит для плоских поверхностей         | Зависимость от освещения<br>Не работает с зеркалами                      |
| <i>SfM (Structure from Motion)</i> | Работает без специального оборудования<br>Высокая детализация | Требуется множества ракурсов<br>Чувствителен к текстурам                 |
| Статистическое обучение            | Интерпретируемость<br>Эффективно на малых данных              | Требуется ручного подбора признаков<br>Не подходит для сложных паттернов |
| Семантические методы               | Позволяет понимать контекст<br>Универсальность                | Зависит от качества разметки<br>Вычислительно затратно                   |
| Глубокое обучение                  | Высокая точность на больших данных                            | Требуется мощных GPU                                                     |

### Выводы

Результаты сравнения технологии 3D-реконструкции на основе зрения показаны в табл. 2. С развитием науки и техники вышеперечисленные направления исследований в разной степени достигли прогресса, однако технология трехмерной реконструкции на основе зрения все еще находится на стадии исследований. В отличие от наземных мобильных роботов, рабочая среда, с которой сталкиваются планетарные транспортные средства, зачастую существенно сложнее. Поверхность планеты покрыта неизвестными, неопределенными, прерывистыми кратерами, камнями и песком.

Анализ имеющихся методов трехмерной реконструкции показывает, что ни один из них в существующем виде не может быть напрямую использован для задач в этих областях. Существующие методы должны быть модифицирова-

ны и использованы совместно. Наибольший интерес представляют методы на основе анализа визуальной информации, поскольку для них нет серьезных ограничений по дальности и массогабаритным параметрам аппаратуры, однако они проработаны в наименьшей степени и требуют дополнительных исследований.

Для выполнения таких задач, как навигация, обход препятствий, панорамная фотосъемка и научный анализ, роботы часто оснащаются несколькими камерами обзора. Использование нескольких визуальных камер для совместной работы для реализации восприятия окружающей среды и автономной навигации интеллектуального планетарного транспортного средства, помощи в реализации планирования и управления траекторией, а также повышения надежности системы имеет значительные исследовательские перспективы.

### Литература/References

1. Agarwal, S. Building Rome in a Day / S. Agarwal, Y. Furukawa, N. Snavely, I. Simon, B. Curless, S.M. Seitz, R. Szeliski // Communications of the ACM. – 2011. – Vol. 54(10). – P. 105–112.
2. Mildenhall, B. Nerf: Representing Scenes as Neural Radiance Fields for View Synthesis / B. Mildenhall, et al. // Communications of the ACM. – 2021. – Vol. 65(1). – P. 99–106.

3. Barron, J.T. Mip-nerf: A Multiscale Representation for Anti-aliasing Neural Radiance Fields / J.T. Barron, et al. // Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision, 2021.
4. Chen, Y. How Far Can We Compress Instant-NGP-Based Nerf? / Y. Chen, et al. // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2024.
5. Newcombe, R.A. Kinectfusion: Real-time Dense Surface Mapping and Tracking / R.A. Newcombe, et al. // 2011 10th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality. IEEE, 2011.
6. Zollhöfer, M. State of the Art on 3D Reconstruction with RGB-D Cameras / M. Zollhöfer, et al. // Computer Graphics Forum. – 2018. – Vol. 37. – No. 2.
7. Elhabian, S.Y. Hands on Shape from Shading / S.Y. Elhabian // Technical Report. – 2008, May.
8. Eigen, D. Depth Map Prediction from a Single Image Using a Multi-scale Deep Network / D. Eigen, C. Puhrsch, R. Fergus // arXiv preprint arXiv:1406.2283, 2014.
9. Giusti, L. MaRF: Representing Mars as Neural Radiance Fields / L. Giusti, et al. // European Conference on Computer Vision. – Cham : Springer Nature Switzerland, 2022.
10. Lowe, D.G. Distinctive Image Features from Scale-invariant Keypoints / D.G. Lowe // International Journal of Computer Vision. – 2004. – Vol. 60.2. – P. 91–110.
11. Bay, H. Surf: Speeded up Robust Features / H. Bay, T. Tuytelaars, L. Van Gool // European Conference on Computer Vision. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2006.
12. Fuhrmann, S. MVE-A Multi-View Reconstruction Environment / S. Fuhrmann, F. Langguth, M. Goesele // GCH, 2014. – P. 11–18.
13. Arie-Nachimson, M. Global Motion Estimation from Point Matches / M. Arie-Nachimson, S.Z. Kovalsky, I. Kemelmacher Shlizerman, A. Singer, R. Basri // 3DIMPVT, 2012.

---

© А.В. Бобков, Дай Ифань, 2025

## МОДИФИЦИРОВАННАЯ МУЛЬТИМАСШТАБНАЯ СЕТЬ YOLO ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ДОРОЖНОЙ СЦЕНЫ

А.В. БОБКОВ, ДУ КЭХАО, ДАЙ ИФАНЬ, ВАН ЧЖУН

ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»,  
г. Москва

---

*Ключевые слова и фразы:* распознавание объектов дорожной сцены; YOLOv5; Context Augmentation Module; сеть для предсказания обнаружения мелких объектов; глубокое обучение.

*Аннотация:* Целью данной статьи является разработка модели нейронной сети для распознавания мелких объектов. Задачи исследования – оценка влияний модулей на точности распознавания нейронной сети, разработка модели нейронной сети с высокой точностью распознавания. Гипотеза исследования заключается в том, что выбранные модули могут повысить точности распознавания нейронной сети. В статье использованы методы теории управления, методы сравнительных экспериментов, а также методы математического моделирования. Результатом экспериментов является подтверждение эффективности выбранных модулей для повышения точности распознавания нейронной сети.

---

### Введение

Технологии автономных автомобилей, как передовое направление исследований в области искусственного интеллекта и транспорта, достигли значительного прогресса в последние годы. Его история восходит к 1980-ым гг., когда исследования были сосредоточены на автономной навигации и маршрутизации транспортных средств. С быстрым развитием компьютерных технологий, сенсорных технологий и искусственного интеллекта технология автономных автомобилей постепенно переходит от лаборатории к практическому применению. Появление глубокого обучения обеспечило мощную техническую поддержку автономных автомобилей, особенно прорыв в технологии обнаружения объектов, который позволил автономным транспортным средствам более точно воспринимать окружающую среду.

Система автономных автомобилей должна распознавать различные цели в режиме реального времени в сложных и меняющихся дорожных ситуациях, включая транспортные

средства, пешеходов, дорожные знаки и т.д. Для этого алгоритм обнаружения и распознавания должен не только обладать высокой точностью и надежностью, но и соответствовать требованиям реального времени. В настоящее время технология области автономных автомобилей развилась от традиционных методов, основанных на правилах, до методов, основанных на глубоком обучении. Среди них серия алгоритмов YOLO [1–4] широко используется в сценариях автономных автомобилей из-за их высокой эффективности и практичности.

В ранних работах традиционно использовались методы машинного зрения, основанные на поиске и сравнении признаков, выбранных экспертом. Однако с развитием распознавания им на смену пришли методы машинного обучения, в которых необходимые признаки и алгоритм их сравнения формируются автоматически.

По способу обнаружений объекта методы можно разделить на однопроходные и двухпроходные. Двухпроходные алгоритмы сначала генерируют набор областей, в которых потенциально может находиться объект интереса, а

затем модуль распознавания выполняет классификацию и идентификацию объектов в отобранных областях. Сюда можно отнести такие методы, как *R-CNN* (*Region Convolution Neural Network*) [5], *Fast R-CNN* [6], *Faster R-CNN* [7] и аналогичные. Двухпроходные алгоритмы позволяют добиться высокой точности обнаружения объекта, однако их скорость остается низкой и недостаточна для практических приложений. Однопроходные алгоритмы не требуют предварительного отбора областей интереса, операции выделения признаков, обнаружения объектов и их распознавания, объединены и выполняются за один проход. Представителями данного направления являются алгоритмы *YOLO* (*You Look Only Once*, «Посмотри на изображение один раз»). Сети *YOLO* работают гораздо быстрее, чем многопроходные алгоритмы, что делает их удобным инструментом для многих практических задач.

Чтобы увеличить скорость обнаружения, появился одноэтапный алгоритм обнаружения. Алгоритмы серии *YOLO* (*You Only Look Once*) представляют собой одноэтапные алгоритмы обнаружения, которые преобразуют проблему обнаружения цели в единую проблему регрессии, которая предсказывает местоположение и категорию цели непосредственно из изображения. В *YOLOv1* впервые была предложена всеобъемлющая система обнаружения, а последующие версии (например, *YOLOv2*, *YOLOv3*, *YOLOv5* и т.д.) постоянно оптимизировали структуру сети и производительность алгоритма, обеспечивая хороший баланс между скоростью и точностью.

## 1. Обзор существующих подходов

В дорожных сценах обнаружение и распознавание объектов сталкивается со многими проблемами. Во-первых, объекты в дорожных сценах разнообразны, включая различные типы транспортных средств, пешеходов, дорожные знаки и т.д., а размер и форма объектов сильно различаются. Во-вторых, обнаружение мелких объектов является сложной проблемой, особенно в изображениях, сделанных бортовой камерой автомобиля, где мелкие объекты часто легко упускаются из виду или ошибочно проверяются. Кроме того, сложные условия освещения, частичное закрытие объекта (окклюзия) и динамический фон также влияют на точность обнаружения.

Для решения этих проблем предложены многие новые методы. В работе [8] приведена улучшенная способность извлечения характеристик путем контекстуальной аугментации (*CAM* – *Context Augmentation Module*). В работе [9] предложена новая модель на основе *YOLOv3*, позволяющая повысить точность распознавания пешеходов, однако используемые наборы тестовых данных были получены при хороших условиях видимости и не содержали окклюзий. Эти усовершенствования, повышая способность обнаружения и распознавания объектов, также обеспечивают мощную поддержку для развития технологий автономных автомобилей.

## 2. Архитектура предлагаемого модуля

В этой работе представлены следующие улучшения и работа на основе *YOLOv5*.

1. Заменен модуль *SPPF* модулем *CAM*, чтобы повысить возможности извлечения целевых характеристик.
2. Добавлена сеть для предсказания обнаружения мелких объектов *P2*, чтобы повысить способности распознавать мелкие объекты.
3. Предложенная модель сети *YOLOv5* проанализирована на собственном наборе данных.

### 2.1. Обзор семейства сетей *YOLO v5*

Семейство поисковых сетей *YOLO* представляет собой набор одноэтапных алгоритмов, которые можно использовать для распознавания объектов. Сеть *YOLO* определяет класс объекта на изображении, его размер и положение в виде ограничивающей рамки, а также вероятность обнаружения объекта в данном положении. Семейство *YOLOv5* на данный момент содержит четыре версии – *YOLOv5s*, *YOLOv5m*, *YOLOv5l* и *YOLOv5x*, различающихся размером и количеством внутренних слоев. Среди них *YOLOv5s* является базовым модулем с меньшей глубиной по сравнению с тремя другими. Именно этот модуль будет использоваться далее, поскольку он обладает наибольшей скоростью работы и подходит для решения наших задач.

Архитектура *YOLOv5* состоит в основном из трех частей: основной сети (*Backbone*), сети для обработки признаков (*Neck*) и сети для предсказания (*Head*).

Основная сеть является ключевой частью *YOLOv5* и отвечает за извлечение признаков из поступающего на вход изображения.

Сеть для обработки признаков расположе-

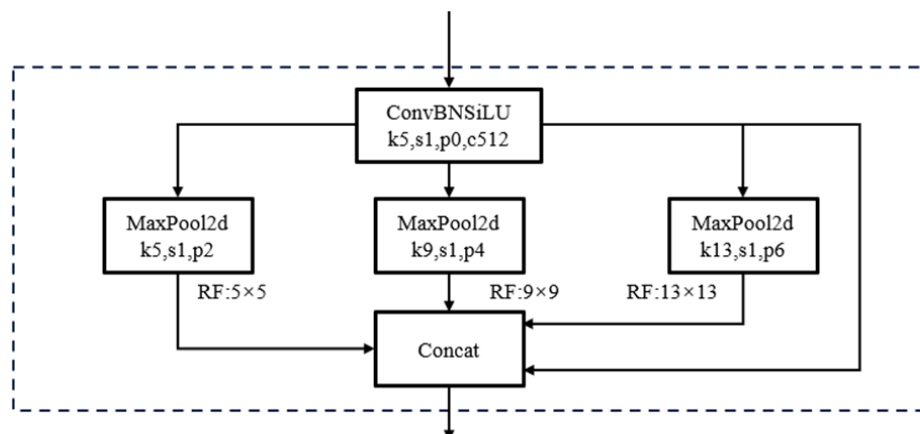


Рис. 1. Структура SPP

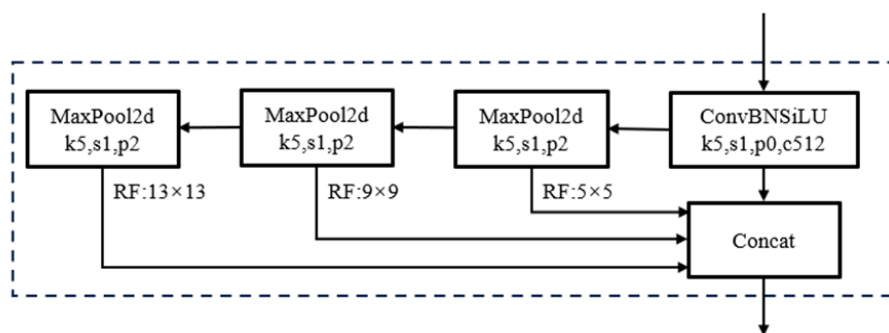


Рис. 2. Структура SPPF

на между основной сетью и сетью для предсказания. Она объединяет сильные стороны карт признаков разных уровней сети: карты неглубоких уровней обеспечивают высокое разрешение, но имеют ограниченную способность к обобщению и выявлению семантики, в то время как карты глубоких уровней, напротив, обладают высокой семантической и обобщающей способностью, но могут упускать детали.

Сеть для предсказания является выходной частью YOLOv5, которая предскажет классы для обнаружения и распознавания объектов на основе извлеченных характеристик.

## 2.2. Модуль SPPF

Модуль **SPPF** (*Spatial Pyramid Pooling – Fast*) [10] представляет собой быструю версию модуля пулирования (*pooling*) пространственных пирамид (**SPP** – *Spatial Pyramid Pooling*) [11], которая уменьшает вычисления за счет оптимизации операций пулирования, сохраняя при этом способность к многомерному слиянию признаков. Их структура показана на

рис. 1 и 2.

Структура модуля **SPPF** состоит из следующих частей:

- входной сверточный слой: входная карта признаков сначала проходит через сверточный слой, который используется для уменьшения количества каналов и уменьшения расчетного объема;
- многократное максимальное пулирование: постепенное извлечение признаков различных масштабов путем многократного максимального пулирования (например, 3 раза максимального пулирования  $5 \times 5$ );
- объединение признаков: исходные и обработанные признаки соединяются;
- выходной сверточный слой: обработка признаков после объединения через сверточный слой.

По сравнению с **SPP** модуль **SPPF** имеет следующие преимущества.

1. Эффективные вычисления: уменьшая количество и сложность операций пулирования,

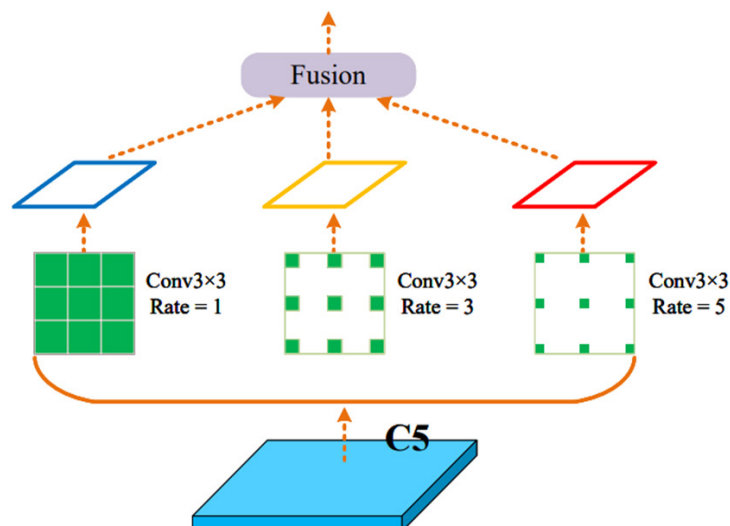


Рис. 3. Структура CAM

*SPPF* значительно повышает вычислительную эффективность, особенно при обработке изображений с высоким разрешением.

2. Многомасштабное объединение признаков: сохраняет основные преимущества *SPP*, позволяет извлекать многомасштабную информацию признаков и повышает прочность модели на изменение масштаба объектов.

3. Сокращение загрузки памяти: оптимизированная стратегия пулирования снижает потребность в памяти при работе модели.

### 2.3. Модуль CAM

Контекстуальная аугментация (*CAM* – *Context Augmentation Module*) – это модуль, предназначенный для повышения способности распознавать объекты, особенно мелкие объекты. Его структура показана на рис. 3.

Основная идея модуля *CAM* заключается в объединении многомасштабных признаков и внедрении контекстной информации для улучшения семантической выразительной способности *FPN*.

Модули *CAM* получают контекстную информацию о различных полях восприятия (*Receptive Field*) с помощью расширяющихся сверток (*dilated convolution*) с различными скоростями расширения (*dilated rate*). Например, модуль *CAM* использует 3 расширяющихся свертки (свертки  $3 \times 3$  со скоростью расширения 1, 3 и 5 соответственно) для входных изображений, чтобы получить контекстную информацию в разных масштабах (рис. 3).

Расширяющая свертка представляет собой

введение «пустоты» или «интервала» на основе обычной свертки. Расширяющая свертка расширяет поле восприятия (*Receptive Field*) свертки, вставляя пустоты (обычно нулевые) между каждым элементом сверточного ядра, и сохраняет размер сверточного ядра неизменным.

Эти карты признаков различных масштабов затем объединяются с помощью операций объединения, чтобы улучшить семантическую выразительную способность.

### 2.4. Модуль P2

При обнаружении и распознавании объектов неглубокие признаки (например, карты признаков из более неглубоких слоев сети) обычно содержат обширную подробную информацию, которая имеет важное значение для определения местоположения и распознавании объектов. Неглубокие признаки могут захватывать детали, такие как край, текстура и форма объектов, которые особенно важны для мелких объектов.

Обнаружение и распознавание мелких объектов является сложной задачей в обнаружении и распознавании объектов, потому что мелкие объекты занимают меньше пикселей в изображении и легко игнорируются после операции пулирования (*pooling*). Благодаря более высокому разрешению неглубокие признаки могут сохранять больше пространственной информации, которая важна для обнаружения и распознавания мелких объектов.

В структуре *YOLOv5* есть три сети для предсказания (*P3*, *P4*, *P5*), которые представляют собой сети для предсказания маленьких,

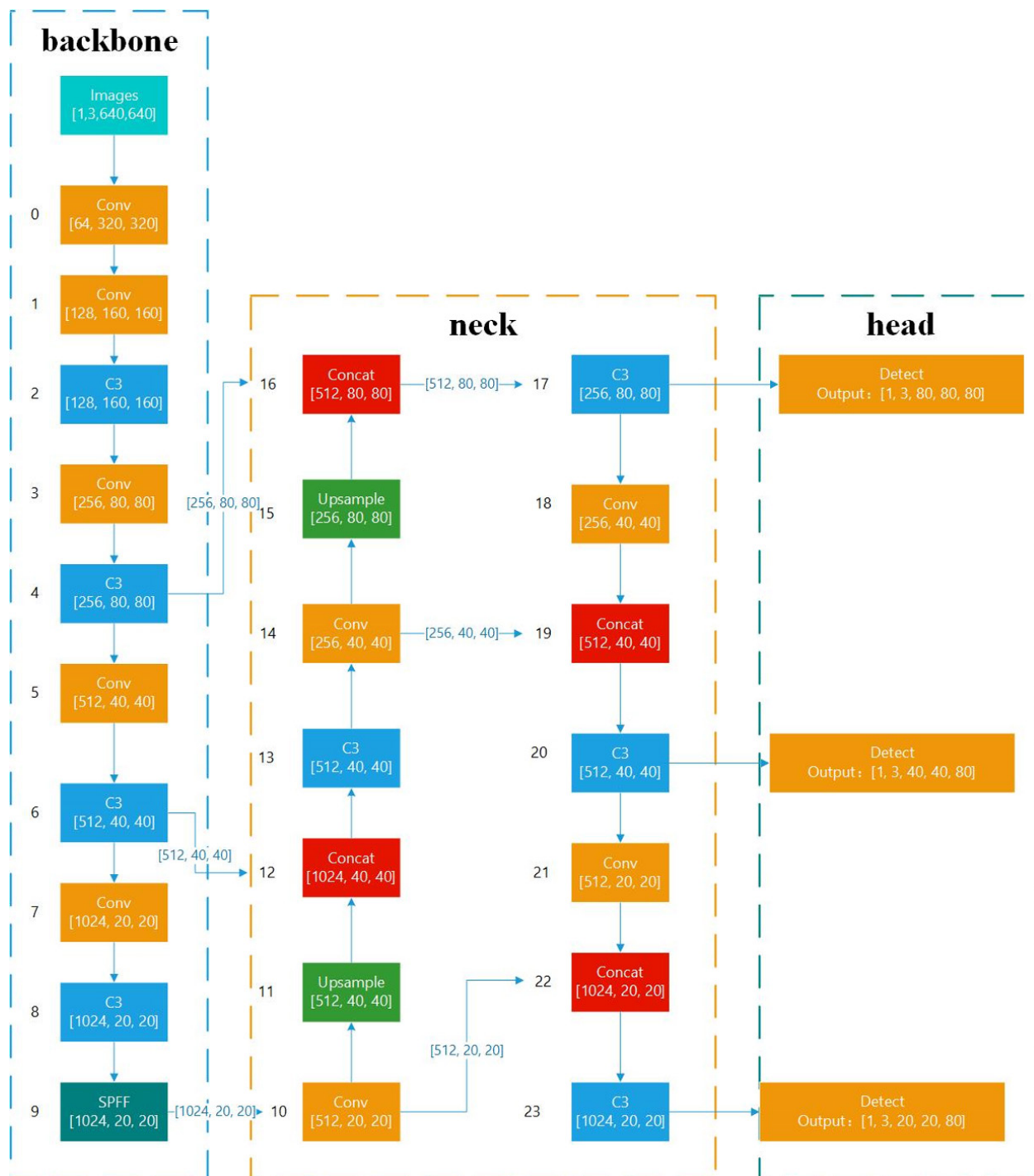


Рис. 4. Оригинальная структура модели YOLOv5

средних и больших объектов. Буква «P» происходит от «Feature Pyramid». Однако нет сети для предсказания мелких объектов. Для сети для предсказания P3 размер карты признаков составляет [80, 80], что в 8 раз меньше, чем размер входных изображений. Сеть для предсказания P3 трудно обнаружит мелкие объекты.

Таким образом, можно добавить сети для предсказания P2 для повышения способности обнаружить и распознавать мелкие объекты, где размер карты признаков составляет [160, 160].

#### 2.5. Структура предложенной модели

Оригинальная структура модели YOLOv5 показана на рис. 4, а предложенная модель по-

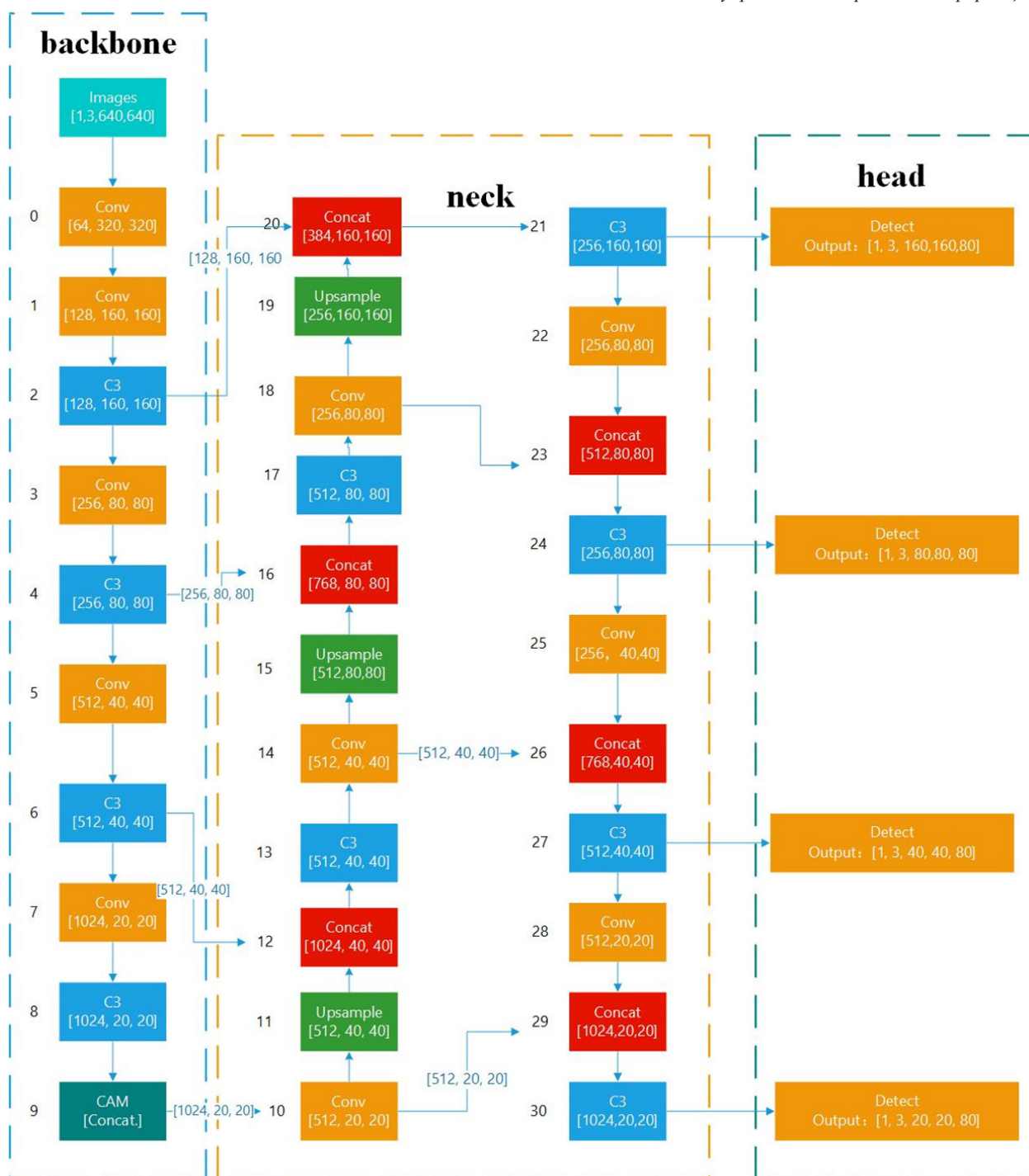


Рис. 5. Структура предложенной модели

казана на рис. 5.

### 3. Результаты экспериментов

#### 3.1. Подготовка данных и результаты экспериментов

Для проведения экспериментов использо-

вался набор данных *COCO-128* и предварительно обученная сеть *YOLOv5s.pt* для ускорения процесса обучения. При обучении использовались следующие гиперпараметры:

- размер изображения –  $640 \times 480$ ;
- метод обучения – *SGD*;
- размер пакета – 32;

Таблица 1. Стандартные метрики

| Модель сети                  | Точность     | Полнота      | $mAP_{0,5}$  | $mAP_{0,5-0,95}$ |
|------------------------------|--------------|--------------|--------------|------------------|
| <i>exp1</i> SPPF+P345        | 0,882        | 0,887        | 0,941        | 0,712            |
| <i>exp2</i> CAM+P345         | 0,889        | 0,895        | 0,941        | 0,716            |
| <i>exp3</i> SPPF+P2345       | 0,912        | 0,922        | 0,954        | 0,753            |
| <b><i>exp4</i> CAM+P2345</b> | <b>0,924</b> | <b>0,924</b> | <b>0,956</b> | <b>0,767</b>     |
| <i>exp5</i> SPPF+P3456       | 0,886        | 0,900        | 0,946        | 0,727            |
| <i>exp6</i> CAM+P3456        | 0,894        | 0,902        | 0,946        | 0,744            |



Рис. 6. Пример сравнения работы алгоритмов: слева – исходная сеть YOLO v5; справа – предложенная сеть с модулями CAM + P2

- начальная скорость обучения – 0,01;
- затухание – 0,001;
- импульс – 0,9;
- количество итераций – 400.

Остальные параметры были взяты по умолчанию (порог  $IoU$  – 0,45, порог доверия – 0,25).

Обучение сети выполнялось на графическом процессоре *NVIDIA GeForce GTX 1050Ti* с 4 ГБ памяти.

В табл. 1 приведены стандартные метрики: точность (*precision*), полнота (*recall*),  $mAP@.5$  (средняя точность  $AP$  при  $IOU$  не менее 0,5) и  $mAP@.5:.95$  (порог  $IOU$  в диапазоне от 0,5 до

0,95 с шагом 0,5 среднего значения).

### 3.2. Анализ результатов

Проведем оценку эффективности предложенной модели на тестовом наборе данных (рис. 6).

Для качественного сравнения результатов был использован набор дорожных видео, снятых в горных районах Швейцарии. В экспериментах сравнивалась исходная сеть YOLO v5 и предложенная сеть с модулями CAM + P2.

На паре кадров представлена ситуация с наличием мелких объектов. Здесь предложенная сеть смогла обнаружить все мелкие объекты,

которые исходная сеть не смогла обнаружить.

В целом предложенная сеть практически везде превосходит оригинальную сеть *YOLO v5* при детектировании объектов в дорожных сценах с наличием мелких объектов и окклюзии. Это говорит об эффективности предложенной модели и возможности ее использования в практических задачах.

### Выводы

В работе предложена усовершенствованная

модель сети на основе *YOLOv5*, в которой добавлен модуль *SAM* и дополнительная сеть для предсказания обнаружения мелких объектов *P2*, для повышения точности обнаружения объектов дорожной сцены.

Проведенные эксперименты показывают, что предложенная модель превосходит исходную *YOLOv5* для рассматриваемого типа сцен. Значительным преимуществом предложенной модели является ее существенно более высокая точность при распознавании небольших объектов.

### Литература/References

1. Redmon J. et al. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection // 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). Las Vegas, NV, USA: IEEE, 2016. p. 779–788.
2. Redmon J., Farhadi A. YOLO9000: Better, Faster, Stronger // 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), p. 6517–6525.
3. Bochkovskiy A., Wang C.-Y., Liao H.-Y. M. YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection. arXiv preprint arXiv:2004.10934 (2020).
4. Redmon, J., Farhadi, A.: YOLOv3: an incremental improvement. arXiv preprint arXiv:1804.02767 (2018).
5. Girshick R. и др. Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation // 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2013, p. 580–587.
6. Girshick R. и др. Fast R-CNN // 2015 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 2015, p. 1440–1448.
7. Ren S. и др. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2017. p. 1137–1149.
8. Xiao J., Zhao T., Yao Y. и Yu Q.: Context augmentation and feature refinement network for tiny object detection // Proc. IEEE Conf. Int. Conf. Learn. Represent. (ICLR), 2022, p. 1–11.
9. Lin T.-Y., Dollar P., Girshick R., He K., Hariharan B. и Belongie S.: Feature pyramid networks for object detection // Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. (CVPR), 2017, p. 936–944.
10. Jocher G. YOLO v5. URL: <https://github.com/ultralytics/yolov5> [дата обращения 01.02.2025].
11. He K., Zhang X., Ren S. и другие: Spatial pyramid pooling in deep convolutional networks for visual recognition // IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 2015, p. 1904–1916.

© А.В. Бобков, Ду Кэхао, Дай Ифань, Ван Чжун, 2025

# ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МНОГОАГЕНТНОЙ СОВМЕСТНОЙ НАВИГАЦИИ

ВАН ЧЖУН, К.А. НЕУСЫПИН

ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»,  
г. Москва

*Ключевые слова и фразы:* слияние данных; многоагент; совместная навигация.

*Аннотация:* Многоагентная совместная навигация имеет решающее значение и широко применяется в области искусственного интеллекта и автоматизации. Рассмотрены теоретические основы, проанализированы навигационная архитектура, алгоритмы и методы навигации в особых условиях, а также изучены тенденции развития слияния технологий и оптимизации алгоритмов, что позволяет получить рекомендации для теоретических инноваций и расширения применения в этой области.

## Введение

В настоящее время многоагентная совместная навигация стала ключевым направлением исследований в области искусственного интеллекта и автоматизации, что значительно способствует развитию множества отраслей промышленности [1]. Многоагентная система (МАС) состоит из автономных и совместных агентов и достигает целей навигации за счет информационного взаимодействия и совместных операций, что имеет очевидные преимущества в сложных динамических средах. Достижения в области робототехники, сенсоров и других технологий создают основу для ее реализации и оптимизации, а МАС может интегрировать возможности нескольких органов для решения сложных задач, таких как спасение и обработка сложного рельефа командой роботов. В практических приложениях многоагентная совместная навигация имеет огромное значение. Она используется в области интеллектуального транспорта для формирования транспортных средств и планирования движения, чтобы уменьшить заторы; помогает роботам-логистам эффективно сортировать и распределять грузы и снижать затраты; позволяет сельскохозяйственным машинам работать точно в области сельского хозяйства, чтобы улучшить использование ресурсов [3]; и помогает космическим зондам всесторонне исследовать небесную среду. Оте-

чественные и зарубежные результаты в этой области весьма обширны. Зарубежные страны начали работу раньше, США лидируют в области навигационных технологий аэрокосмического сотрудничества, Европа – в области интеллектуального транспорта и в других областях, где достигнуты выдающиеся результаты. Лучшие международные университеты и институты продолжают внедрять инновации и выдвигать различные передовые модели алгоритмов. В настоящее время в этой области наблюдается тенденция конвергенции и инноваций, а интеграция искусственного интеллекта (ИИ) с интернетом вещей (IoT) и технологией больших данных улучшает способность агентов к принятию решений и информационному взаимодействию [2]. Цель данного исследования – разобраться в текущей ситуации, проанализировать ключевые моменты, дать ориентиры для развития области и способствовать прорыву в теории и применении.

## Основы теории многоагентной совместной навигации

### Обзор многоагентной системы

Агент – это базовая единица многоагентной совместной навигации с автономным восприятием, обработкой информации, возможностью принятия решений и действий, в программной или аппаратной форме. Это автономные, реак-

тивные, проактивные и социальные системы, такие как самоуправляемые автомобили, умные дома, системы рекомендаций для электронной коммерции и совместная работа нескольких роботов, воплощающие эти свойства соответственно. Многоагентная система состоит из множества агентов, а ее элементы включают агентов, механизмы связи, стратегии взаимодействия и среду. Их структуры бывают централизованными, распределенными и гибридными. Централизованная система проста в управлении, но имеет риск возникновения единой точки отказа; распределенная – высокоавтономна, надежна и масштабируема, но имеет большие коммуникационные накладные расходы; гибридная объединяет преимущества обеих и может гибко регулировать режим управления в зависимости от сценария.

#### **Датчик совместного позиционирования и технический принцип**

Технология совместного позиционирования является ключом к многоагентной совместной навигации, которая объединяет спутниковое позиционирование, инерциальную навигацию, визуальное позиционирование и другие технологии, и обеспечивает точное позиционирование агентов в сложных условиях за счет слияния данных из нескольких источников, обработки сигналов и оптимизации алгоритмов, повышая точность и надежность позиционирования. Спутниковые системы позиционирования (например, *GPS*, ГЛОНАСС) используют принцип триангуляции для приема спутниковых сигналов с целью определения положения агента, что представляет собой значительные преимущества глобального охвата и высокой точности, и подходит для навигации на большие расстояния в открытых зонах для обеспечения макроскопической привязки положения.

Инерциальные навигационные системы измеряют состояние движения агента с помощью акселерометров и гироскопов, которые являются высокоавтономными и хорошо скрытыми, и могут непрерывно предоставлять информацию о положении и ориентации в условиях, когда спутниковые сигналы заблокированы. Однако со временем ошибка накапливается, и для обеспечения долговременной точности позиционирования необходимо взаимодействие с другими технологиями.

Технология визуального позиционирования использует камеры для сбора изображений и извлечения характерных точек для сопоставления с картами с помощью алгоритмов,

таких как технологии масштабно-инвариантной трансформации признаков (*SIFT*) и *ORB* (*Oriented FAST and Rotated BRIEF*), для определения местоположения, что является более точным в помещениях и сложных сценах, менее затратным и предоставляет богатую информацию об окружающей среде, но чувствительным к свету и изменениям окружающей среды.

Сверхширокополосная связь (*UWB*) основана на очень узких импульсных сигналах для достижения высокоточного относительного позиционирования, обладает сильной способностью защиты от помех и подходит для взаимодействия на близком расстоянии; датчики позиционирования *Bluetooth* используют параметры показателей уровня принимаемого сигнала (*RSSI*) или *AoA* (*Angle of Arrival*) для оценки относительного положения, отличаются низкой стоимостью и простотой развертывания, и обычно используются в сценариях позиционирования с низкими требованиями к точности; лидар строит трехмерное облако точек для определения относительного положения путем излучения лазеров, которое обладает высокой точностью и богатой информацией, но имеет высокую стоимость оборудования и обработки данных.

#### **Архитектура многоагентной совместной навигации**

Архитектура алгоритмов совместной навигации оказывает непосредственное влияние на надежность системы и эффективность выполнения задач. В настоящее время к основным архитектурам совместной навигации относятся архитектура «ведущий-ведомый», распределенная и гибридная, каждая из которых имеет свои технические характеристики, применимые сценарии и ограничения. Архитектура «ведущий-ведомый» обычно используется для совместной навигации многоагентов. Ведущий, оснащенный высокоточными датчиками, получает собственную информацию и передает ее ведомым, которые затем определяют свое местоположение соответствующим образом. Эта архитектура использует преимущества ведущего для повышения производительности кластерной навигации и снижения вычислительной нагрузки на ведомых, но она сильно зависит от ведущего и канала связи, и если возникнут проблемы, это повлияет на всю групповую навигацию. Поэтому она подходит для задач со стабильной связью и хорошей окружающей средой, а при про-

ектировании следует учитывать возможность защиты от помех.

Распределенная архитектура не имеет центрального узла, и каждый агент самостоятельно собирает навигационную информацию. Отдельные агенты передают информацию об относительном наблюдении, которую получают другие агенты и комбинируют со своими собственными данными для оценки состояния навигации, а общая эффективность повышается за счет распределенных вычислений. Эта архитектура обладает отличной масштабируемостью и устойчивостью и имеет очевидные преимущества в сценариях с плотными группами, где требуется высокая эффективность обработки.

Гибридная архитектура сочетает в себе достоинства первых двух. Она делит группу на несколько небольших сетей «ведущий-ведомый» с централизованным управлением внутри групп и распределенным взаимодействием между группами. Такая архитектура обладает хорошей масштабируемостью задач, низким риском одностороннего отказа, балансирует вычислительную нагрузку, повышает устойчивость системы и подходит для решения масштабных сложных задач, таких как городская воздушная логистика и мониторинг стихийных бедствий. Однако ее конструкция сложна и требует больших коммуникационных и вычислительных ресурсов, которые могут быть разумно оптимизированы только для достижения эффективной совместной навигации в сложных задачах.

#### **Алгоритмы многоагентной совместной навигации**

Алгоритмы оптимизации играют ключевую роль в области многоагентной совместной навигации. Такие методы, как метод максимального правдоподобия (ММП) и метод наименьших квадратов (МНК), позволяют получить информацию о положении и ориентации агента, что повышает точность алгоритма и снижает вычислительную сложность [4]. Например, стратегия, основанная на совместном использовании метода максимального правдоподобия, обладающая очевидными преимуществами при оценке статического окружения многоагентов; и онлайн-оценщик, основанный на нелинейной минимизации методом наименьших квадратов, гарантирующий стабильную сходимость совместного позиционирования и отслеживания цели многоагентами.

Многоагентная совместная навигация также широко используется для совместного по-

зиционирования на основе метода фильтрации, а фильтр Калмана, расширенная фильтрация Калмана и фильтрация частиц являются широко используемыми алгоритмами слияния. Фильтр Калмана объединяет данные нескольких датчиков для оптимизации позиционирования, расширенный фильтр Калмана используется для нелинейных систем, а фильтрация частиц устойчива в негауссовых, нелинейных системах, помогая достичь точного совместного позиционирования.

Алгоритмы машинного обучения представляют большой интерес в этой области [5]. Глубокое обучение может обрабатывать сложные данные об окружающей среде и обеспечивать агентам точную осведомленность об окружающей среде; обучение с подкреплением может оптимизировать стратегии принятия решений. Сочетание этих двух методов улучшает навигационные характеристики в сложных сценах и решает такие задачи, как динамическая адаптация к окружающей среде. В настоящее время исследователи изучают алгоритмическую архитектуру, расширение данных и механизм взаимодействия агентов, чтобы способствовать развитию алгоритмов машинного обучения в этой области.

#### **Метод совместной многоагентной навигации в условиях отсутствия спутников**

В условиях отсутствия спутников, таких как города, каньоны и подземные сооружения, совместная многоагентная навигация на основе спутниковых навигационных систем сталкивается с большими трудностями. Запрещенные спутниковые сигналы могут серьезно ослабить возможности агентов по позиционированию и планированию траектории, что приведет к сбою в совместной работе многоагентных систем и поставит под угрозу безопасность миссии [6].

Для решения этих проблем были разработаны многотехнологические решения для совместной навигации, а ключевым прорывом стала технология ситуационной локализации и построения карт (**SLAM**). Лазерная **SLAM** позволяет сканировать окружающую среду для построения 3D-карты облака точек, а также применять данные **IMU** для расчета траектории движения; визуальная **SLAM** захватывает изображение с помощью камеры и обеспечивает недорогое и гибкое позиционирование и построение карты с помощью алгоритмов извлечения и сопоставления точек характеристик, чтобы избавиться от зависимости от спутнико-

**Разработка слияния мультимодальных датчиков**

вых сигналов.

Инерциальная навигационная система играет важную роль в силу автономности и скрытности и может обеспечивать непрерывную навигационную информацию при отсутствии внешнего сигнала, но ошибка накапливается со временем и требует координации с другими технологиями. Технологии визуального позиционирования более точны в помещениях, но сильно зависят от освещенности и изменений окружающей среды. Технологии относительного позиционирования, такие как *UWB* и *Bluetooth*, обеспечивают высокоточное позиционирование вблизи и предоставляют важную информацию для совместной работы агентов.

Объединение этих технологий и алгоритмов позволяет агентам достигать точного позиционирования и эффективного взаимодействия в условиях отказа спутников, обеспечивая надежные навигационные решения для аварийно-спасательных работ, промышленного контроля и других областей, а также способствуя широкому применению многоагентных систем в сложных средах.

**Тенденция развития и перспективы****Интеграция с технологиями искусственного интеллекта**

Глубокое обучение и обучение с подкреплением имеют большой потенциал для совместной оптимизации навигационных решений многоагентных систем. Глубокое обучение позволяет добывать сложную информацию об окружающей среде, например, алгоритмы на основе конволюционных нейронных сетей (*CNN*) могут быстро определять элементы дороги и помогать агентам в принятии решений; рекуррентные нейронные сети (*RNN*) и их модификация – сети с долговременной памятью (*LSTM*) – могут предсказывать загруженность дорог и помогать планировать оптимальные маршруты. Обучение с подкреплением позволяет агентам обучаться оптимальным стратегиям методом проб и ошибок, взаимодействуя с окружающей средой, например, автономно корректировать свои действия при поиске с помощью нескольких дронов. Глубокое обучение с подкреплением сочетает в себе преимущества обоих методов и открывает новые пути для принятия агентами эффективных решений в сложных средах.

Слияние мультимодальных датчиков имеет решающее значение для повышения точности и надежности совместного навигационного восприятия многоагентов. Существующие алгоритмы слияния имеют ограничения, и в будущем будут разработаны более совершенные алгоритмы, а алгоритмы слияния на основе глубокого обучения стали горячей точкой исследований, которые могут автоматически изучать взаимосвязь мультимодальных сенсорных данных и точно идентифицировать и определять местоположение цели. В то же время продолжают появляться новые датчики, мультимодальное слияние датчиков будет расширяться, биодатчики и другие новые датчики, как ожидается, будут использоваться для многоагентной совместной навигации и играть уникальную роль в специальных сценариях, таких как медицинское спасение.

**Совместная навигация в сложных условиях**

Сложные географические и метеорологические условия создают проблемы для совместной навигации многоагентов. В сложных географических средах, таких как горные районы и городские каньоны, необходимо разработать более адаптивные технологии восприятия и позиционирования; в горных районах можно сочетать сопоставление рельефа и визуальную инерциальную навигацию, а в городских каньонах использовать технологию слияния лидера и компьютерного зрения для планирования пути и обхода препятствий. В сложных метеорологических условиях (при дожде, тумане, песке и пыли и других неблагоприятных погодных условиях) необходимо разработать навигационные алгоритмы и сенсорные технологии с сильной защитой от помех, например, объединить инфракрасный и миллиметровый радар для борьбы с дождем и туманом, разработать самоочищающиеся датчики и оптимизировать алгоритмы для борьбы с песком и пылью, а также повысить надежность и стабильность работы многоагентных систем в неблагоприятных погодных условиях.

**Заключение**

Многоагентная совместная навигация опирается на технологические достижения и имеет значительные преимущества при решении сложных задач. Ее базовая теория включает

характеристики агентов, структуру системы и несколько методов совместного позиционирования. «Ведущий-ведомый», распределенные и гибридные архитектуры имеют свои преимущества и недостатки, оптимизированные алгоритмы улучшают навигационные характеристики, а объединение нескольких технологий позволяет найти решения в условиях отказа спутников.

Технология была применена в области бес-

пилотных воздушных судов (**БВС**) и интеллектуального транспорта с богатыми результатами. В будущем она будет направлена на объединение искусственного интеллекта, оптимизацию слияния датчиков, совершенствование алгоритмов и технологические прорывы в сложных средах для постоянного повышения производительности системы и расширения сферы применения.

### Литература/References

1. Wang, T., Zhang, D., Ren, Z., Tang, S., Du, M. Review of UAV Swarm Collaborative Navigation // Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology. – 2023. – P. 1269–1285.
2. Wang, W., Mao, L., Wang, R., Min, B. C. Multi-robot cooperative socially-aware navigation using multi-agent reinforcement learning // 2024 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). – 2024. – P. 12353–12360.
3. Ju, C., Kim, J., Seol, J., Son, H. I. A review on multirobot systems in agriculture // Computers and Electronics in Agriculture, – 2022. – No. 202 – P. 107336.
4. Abdelli, A., Yachir, A., Amamra, A., Khaldi, B. Maximum likelihood estimate sharing for collective perception in static environments for swarm robotics // Robotica. – 2023. – Vol. 41. – No. 49. –P. 2754-2773.
5. Chen W, Zhou S, Pan Z, Zheng H, Liu Y. Mapless Collaborative Navigation for a Multi-Robot System Based on the Deep Reinforcement Learning // Applied Sciences. – 2019. – Vol. 9. – No. 20. – P. 4198.
6. Zheng, Yi, Yaqin Xie, and Jiamin Li. Multi-UAV collaboration and IMU fusion localization method in partial GNSS-denied scenarios // IEEE Access. – 2023. – No. 11. – P. 105499-105512.

---

© Ван Чжун, К.А. Неусыпин, 2025

# НЕЙРОСЕТЕВАЯ ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ И АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РОБОТОМ ДЛЯ ЗАХВАТА АПРИОРНО НЕИЗВЕСТНЫХ ОБЪЕКТОВ

А.Д. ВОРОНКОВ, С.А.К. ДИАНЕ

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

*Ключевые слова и фразы:* адаптивное управление; визуальная обратная связь; захват неизвестных объектов; многопалое захватное устройство; система управления роботом; тактильная обратная связь.

*Аннотация:* В манипуляционной робототехнике важное место занимает задача захвата априорно неизвестных объектов. Целью исследования является повышение эффективности работы и степени автономности манипуляционных РТК при осуществлении надежного захвата априорно неизвестного объекта. Для достижения данной цели были решены следующие задачи: создана и исследована архитектура нейронной сети для сегментации облака точек; разработаны алгоритм управления захватным устройством для захвата априорно неизвестных объектов с адаптацией контактных сил и алгоритм управления манипуляционным роботом, решающий задачу захвата объектов в неизвестной среде. Гипотеза исследования состоит в том, что совмещение методов компьютерного зрения, нейронных сетей и алгоритма адаптации контактных сил позволит эффективно осуществлять захват объектов в неизвестных средах. Для достижения цели использованы методы обработки изображений, анализа, эксперимента. По результатам исследования манипуляционный робот достиг доли успешных захватов 88,9 % в среде виртуального моделирования и 92,8 % в натурном эксперименте,  $F$ -мера обнаружения проскальзывания составила 92,3 %.

## Обзор предметной области

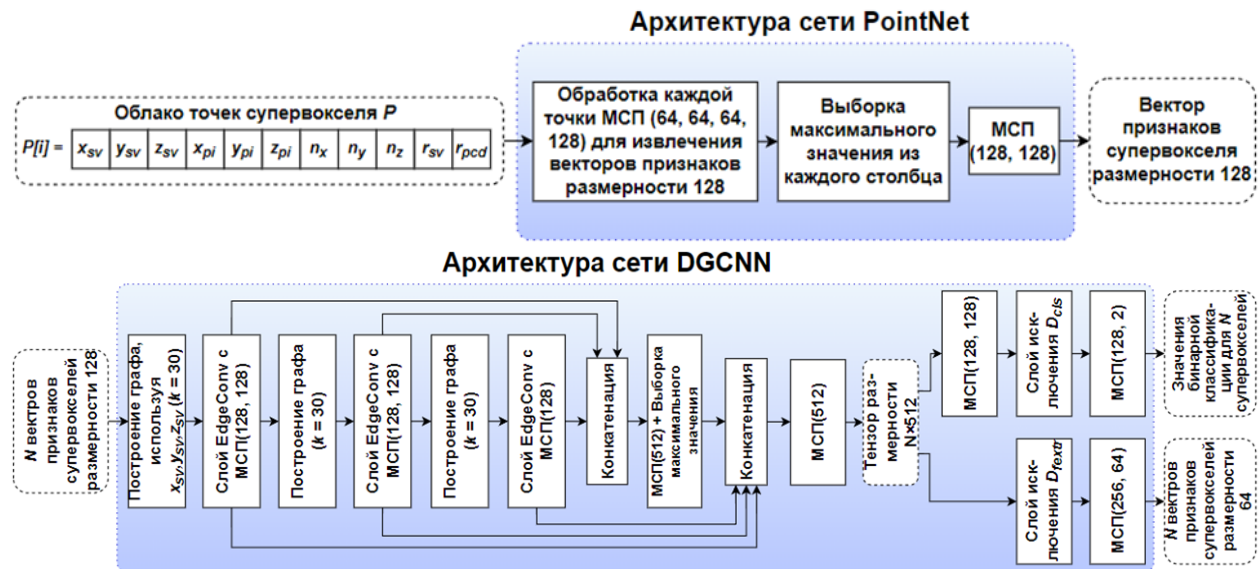
При оперировании в незнакомой среде робот-манипулятор должен уметь адаптироваться к неизвестной среде и реагировать на выскальзывание объекта манипулирования из захватного устройства манипулятора (ЗУМ), поскольку в этом случае планирование захвата не может быть основано на априорно известной информации о препятствиях рабочей области и о свойствах захватываемых объектов.

Современные манипуляционные роботы в значительной степени используют системы технического зрения (СТЗ) или тактильное оучувствление по отдельности, в то время как одновременное использование данных сенсоров в перспективе открывает широкие возможности для роботов, оперирующих в новых средах.

В [1] представлена система для обнаружения проскальзывания, не требующая обучения. Алгоритм основывается на гипотезе, что в

случае проскальзывания изменения в данных с сенсоров контактных сил происходят синхронно. Сигнал проскальзывания определяется на основе измерения степени ковариации на основе матрицы ковариации.

Рассмотрим подходы, основанные на применении интеллектуальных технологий. В [2] обнаружение проскальзывания осуществлялось на основе данных с веб-камеры и оптического тактильного сенсора *GelSensor*. В [3] предложен алгоритм, определяющий проскальзывание по изменению положения меток сенсора *TacTip*. Измеренные скорости меток на контактных площадках передаются в бинарный классификатор на базе метода опорных векторов, выдающих класс ситуации. В [4] вместо *LSTM* использована временная нейронная сеть для классификации последовательности *RGB*-изображений и состояния контактных площадок сенсора *uSkin*. В [5] предложен алгоритм коррекции положения параллельного захватного



**Рис. 1.** Архитектура нейронных сетей:  
а) нейронная сеть *PointNet*; б) нейронная сеть *DGCNN*

го устройства для предотвращения проскальзывания. В [6] СТЗ и тактильное оучувствление используются для захвата неизвестных объектов. Представлена архитектура программно-алгоритмического обеспечения для использования тактильного сенсора, измеряющего давление, температуру, проскальзывание, теплопроводность и текстуру, и стереокамеры, закрепленной на захватном устройстве.

Исходя из обзора существующих работ предметной области, можно сделать вывод, что одновременное использование визуальной и тактильной обратной связи способно улучшить результаты обнаружения проскальзывания по сравнению с использованием только одного источника информации, что подтверждается в [2] и [4]. В данной работе рассматривается задача управления захватным устройством манипуляционного робота и разработка системы управления для захвата с адаптацией к неизвестным объектам. В отличие от существующих решений, предложенный подход позволяет использовать комбинацию визуальной и тактильной информации для коррекции захватных усилий на величину, зависящую от скорости выскальзывания объекта.

#### Разработка нейросетевой системы технического зрения

Для подсистемы построения модели внеш-

ней среды были использованы адаптивный алгоритм управления роботом, представленный в [7], и модифицированная версия алгоритма нейросетевой сегментации облака точек [8]. Модифицированная архитектура сети представлена на рис. 1. Модификация была осуществлена по следующим пунктам:

- 1) была обеспечена независимость процесса обучения и вывода нейронной сети от количества супервокселей;
- 2) размерность вектора признаков супервокселей принята равной 64;
- 3) добавлена ветвь с многослойным перцептроном для классификации супервокселей на объекты переднего и заднего плана, поэтому в кластеризации участвуют только супервоксели переднего плана;
- 4) в вектор признаков входных данных были добавлены размер супервокселя  $r_{sv}$ , облака точек  $r_{pcd}$  и нормализованные координаты центра супервокселя  $(x_{sv}, y_{sv}, z_{sv})$ .

Схема работы алгоритма сегментации с использованием информации о классификации супервокселей на задний и передний план представлена на рис. 2.

Для обучения сети была модифицирована функция потерь [9] (1). Добавлено слагаемое  $Loss_{cls}$  (2), с которого вычисляется ошибка бинарной классификации супервокселей. Используются значения  $w_I = 1,0$ ,  $w_C = 2,0$ ,  $w_R = 10^{-3}$ ,  $w_{cls} = 1,0$ . Для баланса влияния на функцию

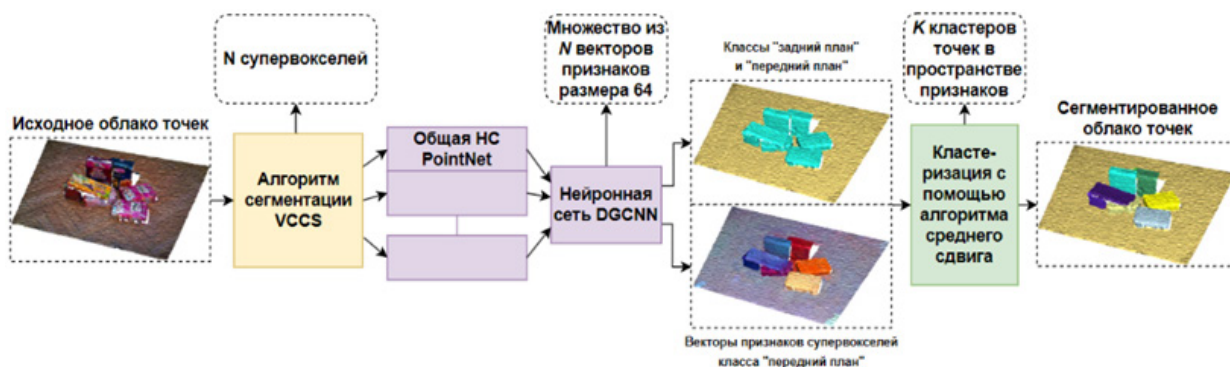


Рис. 2. Схема работы нейросетевого алгоритма сегментации облака точек с неизвестными объектами

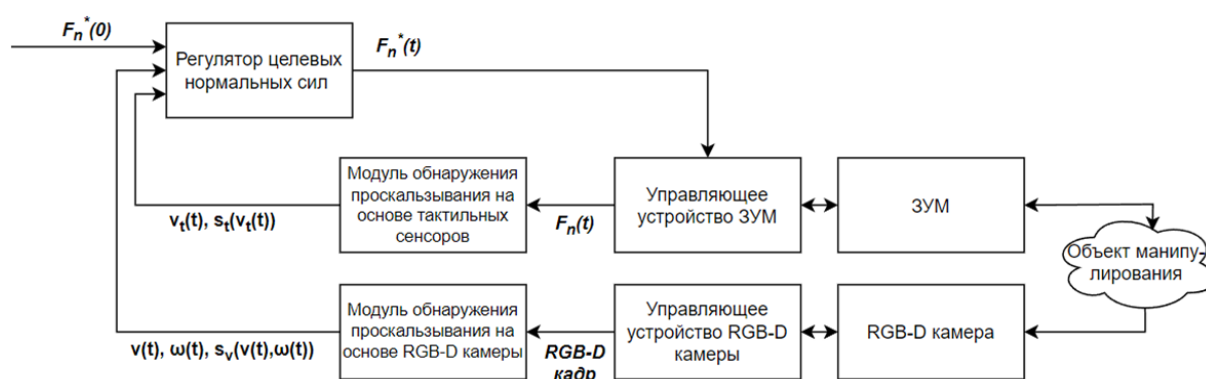


Рис. 3. Схема системы управления захватным устройством с адаптацией контактных сил

ошибки больших и малых объектов осуществлялась случайная выборка  $N_s = 10$  супервокселей для каждого объекта. Вероятность исключения для слоя  $D_{cls} = 0,5$ , для  $D_{extr} = 0,25$ .

$$Loss = w_I Loss_I + w_C Loss_C + w_R Loss_R + w_{Cls} Loss_{Cls}, \quad (1)$$

$$Loss_{Cls} = H(p_b, q_b) + H(p_f, q_f), \quad (2)$$

где  $p_b$  – выданные HC векторы признаков супервокселей, класс которых «задний план»;  $q_b$  – тензор с истинными классами;  $p_f$  – выданные HC векторы признаков супервокселей, класс которых «передний план»;  $q_f$  – тензор с истинными классами.

### Разработка алгоритма управления захватным устройством с адаптацией контактных сил

Алгоритм синтеза захватных конфигураций основан на подходе, описанном в [10]. Для ра-

боты в условиях загроможденных сцен, нейронная сеть, представленная в [10], была обучена на дополненном наборе данных, включающем частичные облака точек. Для обработки выходных данных нейронной сети используется множественный жадный алгоритм. Результатом работы алгоритма синтеза захватов является множество из  $N_g$  предзахватных  $Q_{rg}^p$  и захватных  $Q_{rg}$  конфигураций манипуляционного робота и захватного устройства и значения начальных целевых контактных сил. Начальные контактные силы вычисляются на основе объема выпуклой оболочки целевого ОМ и плотности  $\rho = 100 \text{ кг} \cdot \text{м}^3$ .

Рассмотрим алгоритм управления ЗУМ (рис. 3). Основным входом СУ является  $F_n^*(0)$ . Адаптация контактных сил для захвата неизвестного объекта осуществляется с помощью регулятора, формирующего желаемые нормальные силы  $F_n^*(t)$ . Адаптация сил может производиться как на основе визуальных, так и на основе тактильных данных об объекте захвата.

Для тактильной обратной связи была использована реализация алгоритма, предложенного в [1], использующего возникновение колебаний в сигналах тактильных датчиков при смещении объекта в ЗУМ.

В случае если поверхность объекта имеет низкий коэффициент трения, проскальзывание не будет вызывать колебаний сигналов с тактильных датчиков. Для определения факта выскальзывания и его скорости на поверхности ОМ выделяются ORB-дескрипторы точек  $K_t = \{(u_i, v_i, d_{orb})\}_{i=1}^N$ . Сопоставленные  $m$  дескрипторов на последовательных кадрах преобразуются в облака точек  $P_{t-1}$  и  $P_t$  размерности  $(m \times 3)$  за счет известной матрицы внутренних параметров камеры  $T_i$  и значения глубины  $d_i$  в точке с координатами  $(u_i, v_i)$ . Матрицы поворота  $R$  и вектор смещения  $t$  от  $P_{t-1}$  к  $P_t$  вычисля-

ются посредством сингулярного разложения, на их основе вычисляются векторы линейной  $v_l^v$  и угловой скоростей  $\omega^v$ .

Начальные целевые нормальные контактные силы  $F_n^*(0)$  вычисляются на основе матрицы захвата  $G$  аналогично [10]. Для коррекции контактных сил вычисляются приращения. Сигналы тактильной обратной связи включают дискретный сигнал состояния проскальзывания  $s_t(v_t(t))$  и сигнал скорости проскальзывания  $v_t(t)$ . Сигналы визуальной обратной связи включают дискретный сигнал состояния проскальзывания  $s_v(v(t), \omega(t))$ , модуль линейной  $v(t)$  и угловой  $\omega(t)$  скорости поверхности объекта относительно оптического сенсора. Для управления захватным устройством используются целевые нормальные силы в точках контакта  $F_n^*(3)$ :

$$F_n^*(t) = F_n^*(0) \left( 1 + \frac{1}{\max_{i,j} (F_n^*(0))_{i,j}} \int_0^t f(v_t(t), v(t), \omega(t)) dt \right), \quad (3)$$

где  $f$  – функция для вычисления требуемого приращения (4):

$$f(v_t(t), v(t), \omega(t)) = \min(\Delta f_{\max}, g(v_t(t), v(t), \omega(t))),$$

$$g(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } s_t(v_t(t)) = 0 \wedge s_v(v(t), \omega(t)) = 0, \\ K_i^t v_t(t), & \text{если } s_t(v_t(t)) = 1 \wedge s_v(v(t), \omega(t)) = 0, \\ K_i^t v(t) + K_i^\omega \omega(t), & \text{если } s_t(v_t(t)) = 0 \wedge s_v(v(t), \omega(t)) = 1, \\ \frac{1}{2} (K_i^t v_t(t) + K_i^v v(t) + K_i^\omega \omega(t)), & \text{если } s_t(v_t(t)) = 1 \wedge s_v(v(t), \omega(t)) = 1, \end{cases} \quad (4)$$

где  $f$  – функция для вычисления требуемого приращения;  $K_i^t$  – интегральный коэффициент для сигнала скорости от тактильной ОС;  $K_i^v$  – интегральный коэффициент для сигнала линейной скорости от визуальной ОС;  $K_i^\omega$  – интегральный коэффициент для сигнала угловой скорости от визуальной ОС.

Для вычисления  $s_t(v_t(t))$ ,  $s_v(v(t), \omega(t))$  используются пороговые значения (5):

$$s_t(v_t(t)) = \begin{cases} 1, & \text{если } v_t(t) < v_{t,\min}, \\ 0, & \text{если } v_t(t) \geq v_{t,\min}, \end{cases}$$

$$s_v(v(t), \omega(t)) = \begin{cases} 1, & \text{если } |v(t)| \geq v_{\min} \vee |\omega(t)| \geq \omega_{\min}, \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (5)$$

В момент возникновения контакта между пальцем захватного устройства и ОМ значение обобщенной координаты  $i$ -го сочленения равно  $q_i^c$ . Для поддержания целевых нормальных сил  $F_n^*$  изменяются желаемые положения  $q_i^*$  сочленений с  $i \in \{1, 4, 7\}$  (6):

$$q_i^* = q_i^c + \Delta q_i(t),$$

$$\Delta q_i(t) = K_p e_i(t) + K_i \int_0^t e_i(t) dt + K_d \frac{de_i(t)}{dt}, \quad (6)$$

где  $e_i(t) = F_{n,i}^*(t) - F_{n,i}(t)$ .

Частота обновления данных с тензорезистивных датчиков составляет 100 Гц, обновления  $q_i^*$  – 20 Гц, работы модулей обнаружения проскальзывания составляет 10 Гц.

**Таблица 1.** Сравнение результатов работы алгоритма сегментации с существующими подходами предметной области

| Подход              | Формат данных | Обучающий набор | OCID (2390 изображений) |         |       |            | OSD (111 изображений) |         |       |            |
|---------------------|---------------|-----------------|-------------------------|---------|-------|------------|-----------------------|---------|-------|------------|
|                     |               |                 | Точность                | Полнота | $F_1$ | $F_{0,75}$ | Точность              | Полнота | $F_1$ | $F_{0,75}$ |
| [11] (2020)         | <i>Depth</i>  | <i>TOD</i>      | 88,3                    | 78,9    | 81,7  | 69,1       | 80,7                  | 80,5    | 79,9  | 71,9       |
| [12] (2020)         | <i>RGBD</i>   | <i>TOD</i>      | 91,6                    | 92,5    | 91,6  | 89,3       | 87,4                  | 87,4    | 87,4  | 83,2       |
| [13] (2021)         | <i>Depth</i>  | <i>TOD</i>      | 86,5                    | 86,6    | 86,4  | 77,2       | 85,7                  | 82,5    | 83,3  | 73,8       |
| [14] (2022)         | <i>RGBD</i>   | <i>UOAI-Sim</i> | 70,6                    | 86,7    | 71,9  | 78,7       | 85,3                  | 85,3    | 85,2  | 79,2       |
| [15] (2022)         | <i>RGBD</i>   | <i>TOD</i>      | 92,5                    | 91,0    | 91,5  | 86,0       | 87,1                  | 86,1    | 86,4  | 80,4       |
| Предложенный подход | <i>RGBD</i>   | <i>TOD</i>      | 84,4                    | 85,2    | 83,2  | 74,2       | 86,1                  | 89,3    | 87,6  | 86,6       |

**Таблица 2.** Результаты работы нейронной сети на тестовой части разработанного набора данных

| Метрика  | $P$  | $R$  | $F_1$ | $F_{0,75}$ | $Cov$ | $wCow$ | $AMI$ | $ARI$ | $NMI$ |
|----------|------|------|-------|------------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Значение | 96,5 | 95,9 | 96,2  | 94,6       | 0,946 | 0,979  | 0,974 | 0,990 | 0,974 |

**Таблица 3.** Матрица ошибок для различных конфигураций обратной связи

|                                       |                      | Истинная классификация |                      | $A$ , % | $P$ , % | $R$ , % | $F$ , % |
|---------------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|---------|---------|---------|---------|
|                                       |                      | Нет проскальзывания    | Есть проскальзывание |         |         |         |         |
| Тактильная ОС                         | Нет проскальзывания  | 92 %                   | 24 %                 | 84,0    | 90,5    | 76,0    | 82,6    |
|                                       | Есть проскальзывание | 8 %                    | 76 %                 |         |         |         |         |
| Визуальная ОС                         | Нет проскальзывания  | 96 %                   | 20 %                 | 88,0    | 95,2    | 80,0    | 86,9    |
|                                       | Есть проскальзывание | 4 %                    | 80 %                 |         |         |         |         |
| Комбинации тактильной и визуальной ОС | Нет проскальзывания  | 88 %                   | 4 %                  | 92,0    | 88,8    | 96,0    | 92,3    |
|                                       | Есть проскальзывание | 12 %                   | 96 %                 |         |         |         |         |

### Экспериментальное исследование разработанных программно-алгоритмических средств

Нейронная сеть для сегментации была обучена на наборе данных *TOD* в течение 5 эпох при размере пакета 8, используемый оптимизатор *Adam*, коэффициент скорости обучения равен  $10^{-2}$  до  $5 \cdot 10^3$  шага обучения,  $10^{-3}$  до  $10^4$  шага обучения, далее  $10^{-4}$ . Эффективность сети по сравнению с другими работами предметной области представлена в табл. 1. Для *OSD* и *OCID* в среднем время работы алгоритма *VCCS*

$t_{VCCS} = 0,495$  мс, время вывода работы нейронной сети –  $t_{NN} = 0,016$ , время работы алгоритма сдвига среднего  $t_{MS} = 0,194$  с на компьютере, оснащённом процессором *Ryzen 5 7535HS* и графическим адаптером *Nvidia GeForce RTX 4060*. Использовались параметры алгоритма *VCCS*, аналогичные [8].

Более низкая производительность работы сети на наборе данных *OCID* по сравнению с набором *OSD* объясняется тем, что в наборе *OCID* в среднем больше объектов с малыми размерами, которые хуже обрабатываются алгоритмом *VCCS*, что приводит к объедине-

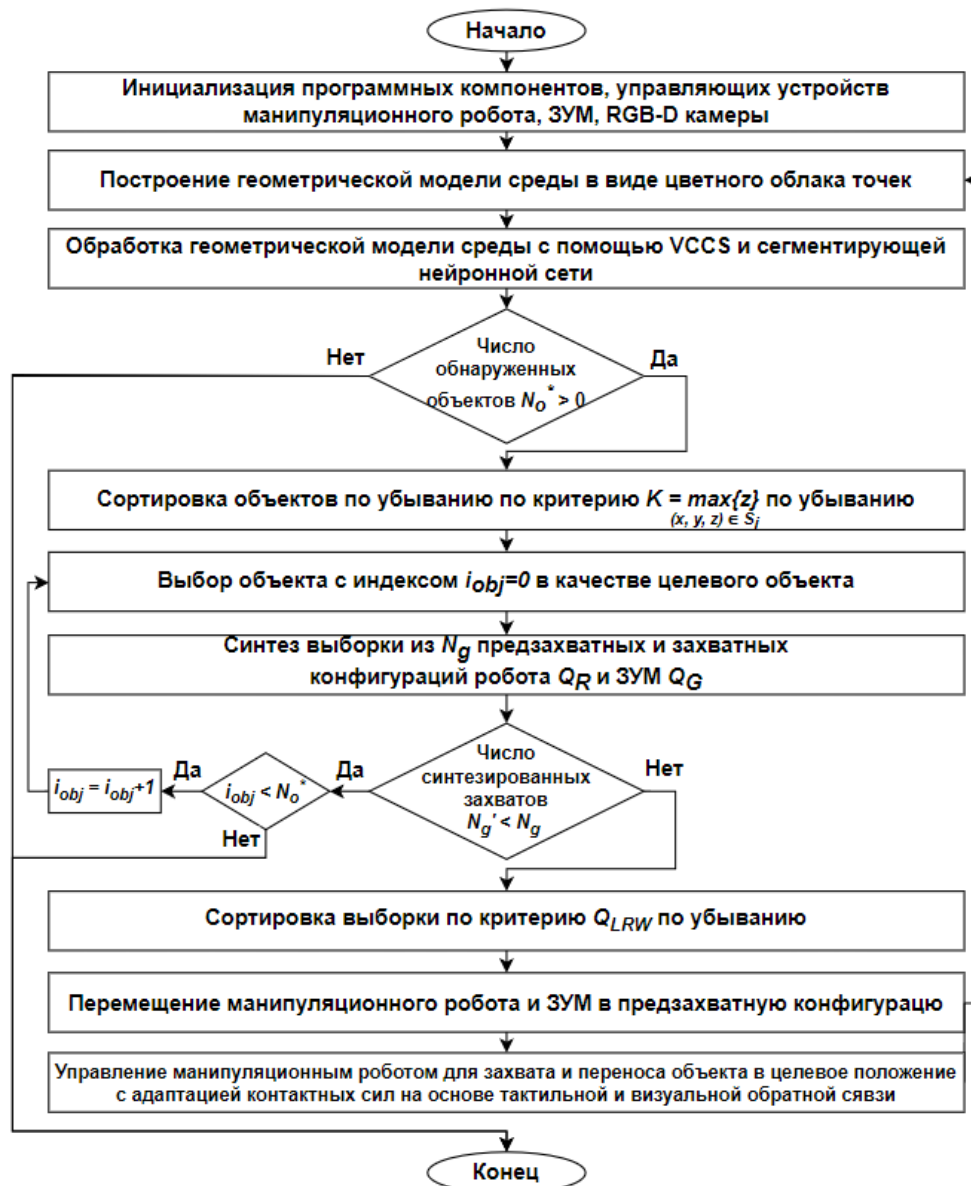


Рис. 4. Блок-схема алгоритма для проведения модельного и натурального эксперимента

нию разных объектов одним супервокселем. Аналогично способу, представленному в [8], был разработан обучающий набор данных, состоящий из 2500 облаков точек. Также при обучении использовались данные наборов *OCID* и *OSD*. Для разработанного набора данных  $t_{VCCS} = 0,525$  с,  $t_{NN} = 0,021$  с и  $t_{MS} = 0,203$  с. Результаты работы сети на тестовой выборке набора приведены в табл. 2.

Для экспериментального исследования аналогично [1] для каждого случая было проведено в сумме 25 запусков, определены матрицы ошибок для различных конфигураций обратной

связи. Для сравнения результатов вычисляются меткость  $A = (TP + TN)/(TP + TN + FP + FN)$ , точность  $P = TP/(TP + FP)$ , полнота  $R = TP/(TP + FN)$  и  $F$ -мера  $F = 2PR/(P + R)$  (табл. 3).

Как видно из табл. 3, наилучших результатов с точки зрения меткости, полноты и  $F$ -меры в определении проскальзывания достигает комбинация визуальной и тактильной обратной связи. Для более подробного экспериментального исследования разработанного программно-алгоритмического комплекса был использован алгоритм, представленный на рис. 4. Для сортировки потенциальных захватов использу-

**Таблица 4.** Результаты модельных экспериментальных исследований

| № сцены | Количество объектов | Усредненное время получения геометрической модели среды | Усредненное время сегментации | Усредненное время синтеза захвата | Среднее значение $Q_{LRW}$ | Доля успешных захватов, % |
|---------|---------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 1       | 5                   | 36,827                                                  | 0,702                         | 2,164                             | 0,045                      | 83,3                      |
| 2       | 7                   | 35,802                                                  | 0,724                         | 2,251                             | 0,052                      | 100                       |
| 3       | 10                  | 38,485                                                  | 0,727                         | 2,637                             | 0,044                      | 83,3                      |
| Среднее | 7,333               | 37,038                                                  | 0,718                         | 2,351                             | 0,047                      | 88,9                      |

**Таблица 5.** Результаты натурных экспериментальных исследований

| № сцены | Количество объектов | Усредненное время получения геометрической модели среды | Усредненное время сегментации, с | Усредненное время синтеза захвата, с | Среднее значение метрики эпсилон | Доля успешных захватов |
|---------|---------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|------------------------|
| 1       | 5                   | 46,186                                                  | 0,659                            | 1,365                                | 0,046                            | 100                    |
| 2       | 7                   | 51,996                                                  | 0,682                            | 1,983                                | 0,051                            | 87,5                   |
| 3       | 10                  | 45,262                                                  | 0,721                            | 3,031                                | 0,059                            | 90,9                   |
| Среднее | 7,333               | 47,814                                                  | 0,687                            | 2,126                                | 0,052                            | 92,8                   |

ется критерий  $Q_{LRW}$ , равный радиусу гиперболы, центр которой лежит в центре пространства общего воздействия на объект, вписанной в это пространство [16].

Использование тактильной обратной связи в среде моделирования ограничено максимальной частотой передачи данных между симулятором и разработанным программным обеспечением, поэтому информация о проскальзывании была получена только на основе визуальной ОС. Результаты модельного эксперимента представлены в табл. 4.

Результаты натурального экспериментального исследования представлены в табл. 5.

Модельные и натурные экспериментальные исследования показали, что разработанная система управления позволяет осуществлять надежный захват априорно неизвестных объектов в сложных стационарных сценах.

### Заключение

Проведенное исследование, посвященное управлению манипуляционным роботом с адаптацией к неизвестной среде, позволило подтвердить предположение о том, что исполь-

зование двух взаимодополняющих каналов обратной связи обеспечивает достижение высоких показателей эффективности в задаче автоматического захвата целевых объектов. Разработан комплексный алгоритм управления манипуляционным роботом и захватным устройством, включающий подсистему построения модели внешней среды и подсистему планирования и управления выполнением захвата с адаптацией к априорно неизвестным объектам.

Направления дальнейшего развития предложенного подхода связаны с совершенствованием алгоритма комплексирования разнородной сенсорной информации, получаемой по каналам визуальной и тактильной связи. Возможные варианты решения этой задачи могут быть основаны на применении нейросетевых алгоритмов обучения с подкреплением и нейросетевых прогнозирующих моделей.

Перспективы практического применения предложенных моделей и алгоритмов многоконтурного управления манипуляционным роботом сопряжены с организацией процессов обслуживания складских помещений, производственных линий, точек розничной продажи продовольственных и бытовых товаров, и др.

## Литература

1. Stachowsky, M. A Slip Detection and Correction Strategy for Precision Robot Grasping / M. Stachowsky, T. Hummel, M. Moussa, H. Abdullah // IEEE/ASME Transactions on Mechatronics. – 2016. – Vol. 21. – No. 5. – P. 2214–2226.
2. Li, J. Slip Detection with Combined Tactile and Visual Information / J. Li, S. Dong, E. Adelson // 2018 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2018. – P. 7772–7777.
3. James, J.W. Slip Detection for Grasp Stabilization With a Multifingered Tactile Robot Hand / J.W. James, N.F. Lepora // IEEE Transactions on Robotics. – 2021. – Vol. 37. – No. 2. – P. 506–519.
4. Yan, G. Detection of Slip from Vision and Touch / G. Yan, A. Schmitz, T. Tomo, S. Somlor, S. Funabashi, S. Sugano // 2022 International Conference on Robotics and Automation (ICRA). – Philadelphia, PA, USA, 2022. – P. 3537–3543.
5. Feng, Q. Center-of-Mass-based Robust Grasp Planning for Unknown Objects Using Tactile-Visual Sensors / Q. Feng, Z. Chen, J. Deng, C. Gao, J. Zhang, A. Knoll // 2020 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). – Paris, France, 2020. – P. 610–617.
6. Mao, Q. Multimodal Tactile Sensing Fused with Vision for Dexterous Robotic Housekeeping / Q. Mao, Z. Liao, J. Yuan, R. Zhu // Nature Communications. – 2024. – Vol. 15. – 12 p.
7. Воронков, А.Д. Адаптивный алгоритм управления манипуляционным роботом для построения модели внешней среды / А.Д. Воронков // Инженерный вестник Дона. – 2025. – № 5. – 21 с.
8. Воронков, А.Д. Сегментация облака точек с неизвестными объектами с помощью метода VCCS и динамической графовой сверточной нейронной сети / А.Д. Воронков // ИТ-Стандарт. – 2023. – № 4. – С. 25–35.
9. Wang, X. Associatively Segmenting Instances and Semantics in Point Clouds / X. Wang, S. Liu, X. Shen, C. Shen, J. Jia // 2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) (Long Beach, CA, USA), 2019. – P. 4091–4100.
10. Воронков, А.Д. Планирование захвата неизвестных объектов многопалым хватным устройством на основе нейросетевого механизма внимания / А.Д. Воронков, С.А.К. Диане // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2024. – Т. 26. – № 5. – С. 80–95.
11. Xie, C. The Best of Both Modes: Separately Leveraging RGB and Depth for Unseen Object Instance Segmentation / C. Xie, Y. Xiang, A. Mousavian, D. Fox // Conference on Robot Learning. PMLR, 2020. – P. 1369–137.
12. Xiang, Y. Learning RGB-D Feature Embeddings for Unseen Object Instance Segmentation / Y. Xiang, C. Xie, A. Mousavian, D. Fox // 4th Conference on Robot Learning (CoRL 2020), 2020. – P. 461–470.
13. Xie, C. Unseen Object Instance Segmentation for Robotic Environments / C. Xie, Y. Xiang, A. Mousavian, D. Fox // IEEE Transactions on Robotics. – 2021. – Vol. 37. – No. 5. – P. 1343–1359.
14. Back, S. Unseen Object Amodal Instance Segmentation via Hierarchical Occlusion Modeling / S. Back, J. Lee, T. Kim, S. Noh, R. Kang, S. Bak, K. Lee // 2022 International Conference on Robotics and Automation (ICRA). – Philadelphia, PA, US, 2022. – P. 5085–5092.
15. Lu, Y. Mean Shift Mask Transformer for Unseen Object Instance Segmentation / Y. Lu, Y. Chen, N. Ruozzi, Y. Xiang // arXiv preprint arXiv. 2211.11679, 2022.
16. Лесков, А.Г. Методы определения качества захвата объекта / А.Г. Лесков, К.В. Бажинова, Е.В. Селиверстова // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Машиностроение. – 2017. – № 3. – С. 122–139.

## References

7. Voronkov, A.D. Adaptivnyi algoritm upravleniia manipuliatsionnym robotom dlia postroeniia modeli vneshnei sredy / A.D. Voronkov // Inzhenernyi vestnik Dona. – 2025. – № 5. – 21 s.
8. Voronkov, A.D. Segmentatsiia oblaka tochek s neizvestnymi obektami s pomoshchiu metoda VCCS i dinamicheskoi grafovoi svertochnoi neironnoi seti / A.D. Voronkov // IT-Standart. – 2023. – № 4. – S. 25–35.
10. Voronkov, A.D. Planirovanie zakhvata neizvestnykh obektov mnogopalym zakhvatnym

ustroistvom na osnove neirosetevogo mekhanizma vnimaniia / A.D. Voronkov, S.A.K. Diane // *Neirokompiutery: razrabotka, primeneniye*. – 2024. – T. 26. – № 5. – S. 80–95.

16. Leskov, A.G. Metody opredeleniia kachestva zakhvata obekta / A.G. Leskov, K.V. Bazhinova, E.V. Seliverstova // *Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Seriya: Mashinostroyeniye*. – 2017. – № 3. – S. 122–139.

---

© А.Д. Воронков, С.А.К. Диане, 2025

## РАЗРАБОТКА МЕТОДА ГАРАНТИРОВАННОЙ ДОСТАВКИ СООБЩЕНИЙ

А.Д. ДЕРЕВЕНСКОВ<sup>1</sup>, М.А. КАЛАШНИКОВ<sup>1</sup>, Т.М. ПЕТРОВА<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»;

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный социально-педагогический университет»,  
г. Волгоград

**Ключевые слова и фразы:** веб-приложения; гарантии доставки; доставка сообщений; информационные технологии; искусственный интеллект; цифровые инструменты; *GigaChat API*; *NLP*.

**Аннотация:** В связи с растущими требованиями к производительности, масштабируемости и надежности современных веб-приложений, особенно в контексте распределенных систем с высокой нагрузкой, разработчики сталкиваются с новыми, пока нерешенными в полной мере, проблемами и вызовами. К одному из подобных вызовов можно отнести потерю данных и дублирование информации в процессе обмена сообщениями. В статье проведен анализ подходов к реализации методов синхронизации данных, а также обосновывается необходимость их совершенствования.

Цель исследования заключается в исключении потери данных и дублирования информации в процессе обмена сообщениями. Задачей исследования является разработка инновационного подхода к обеспечению согласованного взаимодействия пользователей и интеллектуальных систем, а также синхронизации данных при использовании языковых моделей (на примере *GigaChat API* и *GigaChain*). Для достижения цели исследования применяется разработанный метод гарантированной доставки сообщений *DAGD*. Гипотеза исследования: двухуровневая адаптивная гарантированная доставка сообщений позволяет исключить потерю данных и дублирование информации. По итогам проведенного исследования достигнуты следующие результаты: интеграция *DAGD* показала высокую эффективность в обеспечении надежной передачи данных, минимизации задержек и устранении дублирующихся сообщений.

В настоящее время существует обилие сервисов, которым необходимо обмениваться друг с другом различной информацией, будь то показания датчиков, финансовые транзакции или уведомления для пользователей систем. Достаточно остро стоит вопрос, затрагивающий потерю данных в процессе их обмена. Обеспечение надежности доставки сообщений и целостности данных является неотъемлемой частью стабильного и безошибочного функционирования систем.

Среди основных причин потери сообщений можно выделить следующие:

- сетевой сбой, нестабильность соединения, потеря пакетов;
- внезапное и неожиданное прекращение работоспособности интернет-ресурсов на стороне отправителя или получателя;
- непредвиденная ошибка обработки

данных;

- отсутствие атомарности операций или идемпотентности функций.

В целях минимизации вероятности потери важных данных в ходе их отправки применяются различные механизмы гарантированной доставки [1]. В зависимости от комплекса требований к системе, стратегии передачи сообщений могут обеспечивать различные уровни гарантий доставки [2] (рис. 1).

- *At Most Once* (не более одного раза).
- *At Least Once* (по крайней мере один раз).
- *Exactly Once* (ровно один раз).

Рассмотрим каждый из вариантов более подробно.

### Механизм *At Most Once*

В случае с механизмом *At Most Once* сообщение никогда не будет дублировано, а также и

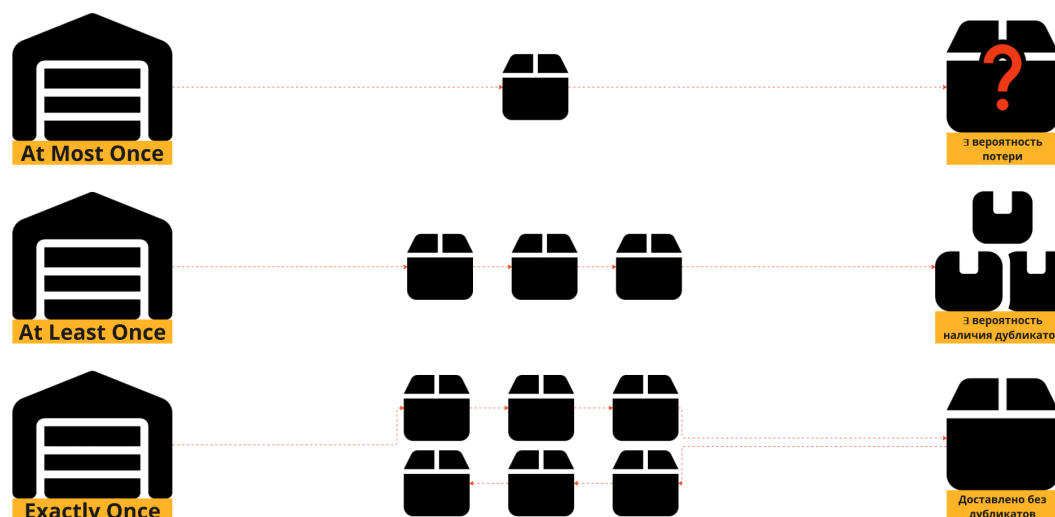


Рис. 1. Схема гарантий доставки

может быть не доставлено вовсе.

**Преимущества:** минимальная нагрузка на систему, уменьшение затрат ресурсов на повторные попытки отправки информации.

**Недостатки:** потерянные сообщения не имеют возможности восстановления. Требуется внедрение дополнительной логики для обработки критически важных операций.

**Пример использования:** отправка уведомлений в *UI*, где потеря сообщения не является критичной.

**Вывод:** это наименее надежная стратегия, применяемая в случаях, когда повторная передача данных нежелательна, а потеря информации не является серьезной проблемой.

#### Механизм *At Least Once*

Гарантия *At Most Once* доставляет сообщение как минимум один раз, но возможно осуществление повторных доставок.

**Преимущества:** гарантированная доставка даже в случае сбоев, наличие возможности совершения повторных попыток доставки при неудачной обработке сообщения.

**Недостатки:** возможно дублирование сообщений, необходима идемпотентность их обработки.

**Пример использования:** данный механизм применяется в большинстве брокеров сообщений (например, *Kafka*, *RabbitMQ*, *NATS*), в качестве практического применения можно привести финансовые транзакции с игнорированием повторного платежа.

**Вывод:** данная стратегия может быть использована в случаях, когда гарантированная

доставка сообщения необходима, а наличие дублей не оказывает существенного негативного влияния на работу системы.

#### Механизм *Exactly Once*

Стратегия *Exactly Once* осуществляет доставку сообщения один раз и только один раз, предотвращая как потери, так и дублирование.

**Преимущества:** исключает как потери, так и дублирование сообщений, обеспечивая тем самым высокую согласованность данных.

**Недостатки:** более высокая нагрузка на систему и усложненная реализация.

**Пример использования:** этот механизм применяется в *Kafka transactional API*, в качестве практического применения можно рассмотреть ситуацию с обновлением данных в базе, где повторная запись может привести к несогласованности.

**Вывод:** это наиболее надежная стратегия, обязательно доставляющая сообщение единожды, обеспечивающая согласованность данных, но требующая поддержки на уровне инфраструктуры.

Интеграция языковых моделей в системы требует особого подхода к обработке запросов и управлению потоками данных, ведь традиционные методы и механизмы доставки не всегда адаптированы для работы с потоковой генерацией текстов, либо они не учитывают вовсе множество особенностей *NLP* [3]. Обработка запросов искусственным интеллектом в реальном времени усложняет архитектуру систем, т.к. языковые модели работают с большими объемами данных, имеют высокую латентность

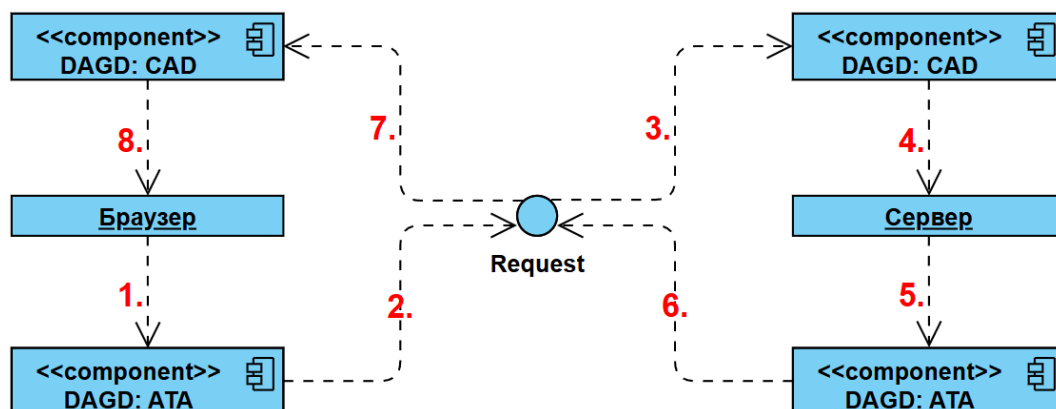


Рис. 2. Структура программного решения

обработки информации, а также обладают динамической природой контекста диалога, дубликаты в которой хотя и могут быть семантически эквивалентными, но не всегда являются идентичными побитово.

Несмотря на вышеперечисленные трудности, системе необходимо обрабатывать запросы пользователей в кратчайшие сроки: считанные секунды. Например, задержка ответа более 2 секунд в чат-ботах снижает удовлетворенность пользователей на 30 % (исследование *Google*, 2023). Это подчеркивает необходимость разработки методов, сочетающих эффективную синхронизацию и оптимизацию работы интеллектуальных компонентов, ведь разработка эффективного метода синхронизации способна значительно улучшить пользовательский опыт и снизить нагрузку на серверные ресурсы.

Рассмотрим разработанный метод **DAGD** (*Dual-level Adaptive Guaranteed Delivery*). Он представляет собой интеллектуальную систему гарантированной доставки сообщений, созданную для высоконагруженных диалоговых систем, использующих нейросетевые модели, например, *GigaChat* [4]. Основной принцип работы **DAGD** заключается в двухуровневом механизме управления сообщениями: транспортном (*Acknowledgement*-механизм), где происходит адаптивное управление подтверждением передачи данных, и семантическом (контекстная дедупликация). Это позволяет исключить потерю сообщений, минимизировать дублирование и оптимизировать обработку запросов даже в условиях высокой нагрузки.

На транспортном уровне каждое сообщение снабжается уникальным идентификатором (*UUID*) и временной меткой отправки

( $T_{send}$ ), что позволяет серверу отслеживать статус доставки и предотвращать потери данных. В случае обрыва соединения сервер использует адаптивную временную модель ожидания подтверждения (*ATA*, *Adaptive Temporal ACK*), учитывающую среднее время генерации ответа языковой моделью и динамически изменяющую тайм-ауты в зависимости от текущей нагрузки. Если подтверждение от клиента или сервера не поступает в расчетный интервал, инициируется повторная отправка недоставленных данных: сообщению присваивается новый *UUID*, а  $T_{send}$  остается неизменным, сохраняя оригинальность для дальнейшей дедупликации.

На семантическом уровне используется контекстно-зависимая дедупликация (**CAD**, *Context-Aware Deduplication*). Для каждого сообщения вычисляется контекстный хэш (**CH**), объединяющий семантический эмбединг текста (способ представления слов или фраз в виде числовых векторов на основе *Sentence-BERT*) и контекст диалога (последние  $N$  сообщений, хэшированные через *Merkle Tree*). Сервер хранит скользящее окно  $W$  последних **CH** (например, 1000 хэшей) в структуре данных *Cuckoo Filter*, оптимизированной для вероятностного поиска. При получении сообщения осуществляется проверка: если **CH** существует в  $W$ , то сообщение помечается как дубликат и отклоняется. В случае же, если **CH** отсутствует в  $W$ , сообщение обрабатывается, а **CH** добавляется в  $W$ .

С точки зрения производительности и масштабируемости, **DAGD** обеспечивает минимальные расходы на передачу данных. Размер *ACK*-сообщений составляет менее 1 КБ, что снижает нагрузку на сеть. Использование *Redis* для кэширования позволяет хранить до 1 мил-

лиона последних идентификаторов сообщений, предотвращая повторные обработки и снижая избыточную нагрузку на серверы. На рис. 2 представлена структура предложенного решения. Подводя итоги вышесказанному, можно сделать вывод о том, что интеграция *DAGD* по-

казывает высокую эффективность в обеспечении надежной передачи данных, минимизации задержек и устранении дублирующихся сообщений, что делает его перспективным решением для масштабируемых систем с генеративными моделями искусственного интеллекта.

### **Литература**

1. Рындин, А.А. Современные стандарты информационного взаимодействия систем : учеб. пособие / А.А. Рындин, Э.Р. Саргсян; ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет». – Воронеж : Изд-во ВГТУ, 2021. – С. 87–89.
2. Apache Kafka и RabbitMQ: семантика и гарантия доставки сообщений [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://habr.com/p/437446>.
3. Какой плащ был у Понтия Пилата? Отвечает GigaChat [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://habr.com/p/794773>.
4. Это не чат, это GigaChat. Русскоязычная ChatGPT от Сбера [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://habr.com/p/730108>.

### **References**

1. Ryndin, A.A. Sovremennye standarty informatcionnogo vzaimodeistviia sistem : ucheb. posobie / A.A. Ryndin, E.R. Sargsian; FGBOU VO «Voronezhskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet». – Voronezh : Izd-vo VGTU, 2021. – S. 87–89.
2. Apache Kafka i RabbitMQ: semantika i garantiia dostavki soobshchenii [Electronic resource]. – Access mode : <https://habr.com/p/437446>.
3. Kakoi plashch byl u Pontii Pilata? Otvechaet GigaChat [Electronic resource]. – Access mode : <https://habr.com/p/794773>.
4. Eto ne chat, eto GigaChat. Russkoiazychnaia ChatGPT ot Sbera [Electronic resource]. – Access mode : <https://habr.com/p/730108>.

---

© А.Д. Деревенсков, М.А. Калашников, Т.М. Петрова, 2025

## РАБОТА С БОЛЬШИМИ ТЕКСТОВЫМИ ДАННЫМИ НА ЯЗЫКЕ JAVA. ВОПРОСЫ, ОГРАНИЧЕНИЯ, ВАРИАНТЫ РЕШЕНИЯ

А.А. ЕВСТИФЕЕВ, Г.Е. КРАСИКОВ

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,  
г. Москва

**Ключевые слова и фразы:** бесшовная склейка массивов; большие данные; кодировки текстовых данных; нечеткая логика; проверка качества данных; текстовые массивы; файлы обмена информацией; файлы с разделителями.

**Аннотация:** Цель статьи – предложить решение проблем, которые возникают при использовании общеизвестных подходов к работе с текстовыми файлами различных форматов. Данные проблемы возникают из-за ограничений по размеру объектов и объему памяти программы, при котором обеспечивается ее адекватное быстроедействие. Задача работы – это разработать алгоритм и подходы к решению указанных проблем с использованием средств языка *Java*. Гипотеза заключается в предположении, что применение разрабатываемых алгоритмов позволит добиться прироста в производительности для задач обработки и подготовки текстовых документов. Применялись следующие методы: ранжирование кодировок по вероятности, параллельная обработка данных, загрузка файла по частям, введение избыточности при работе с массивами объектов. Достигнутые результаты: сформированы подходы к оптимизации работы с большими текстовыми документами, позволяющие сократить время их обработки.

### Введение

Вопрос обработки текстовой информации, представленной в виде больших текстовых файлов, не является новым, такие файлы существовали всегда [1–2]. Основной вопрос в том, что понимается под большим текстовым файлом и какими вычислительными ресурсами для решения задачи располагает пользователь. Для внесения конкретики в рассмотрение будем говорить о текстовых файлах объемом от 2 Мб до 1 Гб и персональном компьютере на базе процессора *Intel Pentium x64* с двумя ядрами частотой 2,80 ГГц и оперативной памятью 8 Гб. В качестве устройства хранения информации будем использовать жесткий диск емкостью 500 Гбайт со скоростью вращения 5400 об. В основном такие файлы представлены в форматах обмена информацией, таких как *xml* или *csv*. В нашем случае мы будем рассматривать вопрос автоматической загрузки в базу данных некоторых файлов в формате *csv*, приходящих на файловый сервер [3; 4]. Необходимо: определить

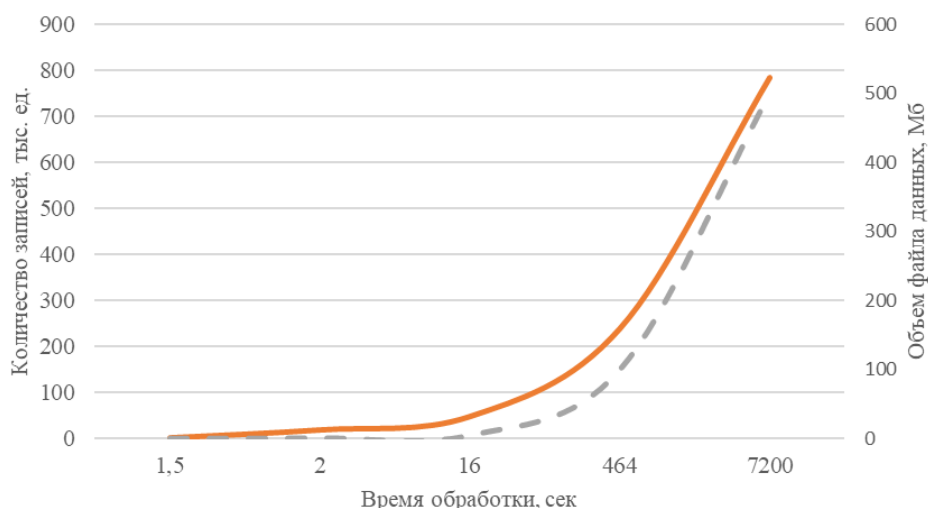
наличие нового файла; распознать кодировку, в которой выполнен файл; провести очистку от служебных символов; сформировать таблицу; загрузить в таблицу информацию; проанализировать лог на наличие ошибок и их количество; переложить обработанный файл в каталог архива.

### Ключевые вопросы, возникающие при работе с большими данными

Одним из первых вопросов при работе с текстовыми данными и файлами является задача определения кодировки файла. Использование неправильной кодировки приводит к частичной или полной потере воспринимаемости информации потребителем, в некоторых случаях происходит замена символов на знаки вопроса, в других случаях появляются символы псевдографики и т.д. Если речь идет об использовании символов русского языка, то для его отображения используются следующие кодировки: *UTF-16*, *UTF-8*, *Windows-1251*,

**Таблица 1.** Результаты замеров времени обработки и используемого объема памяти для текстовых файлов в зависимости от объема и количества записей

|                         |      |       |       |        |        |
|-------------------------|------|-------|-------|--------|--------|
| Объем файла, Мб         | 0,5  | 1     | 5     | 100    | 500    |
| Количество записей, ед. | 2362 | 19578 | 48652 | 239762 | 785742 |
| Время обработки, сек.   | 1,5  | 2,0   | 16    | 464    | 7200   |
| Объем памяти, Мб        | 100  | 350   | 780   | 4096   | 5096   |



**Рис. 1.** Зависимость изменения времени обработки от объема файла и количества записей

*IBM866, KOI-8R, ISO-8859-5, IBM EBCDIC 880, MacCyrillic.* Для решения данной задачи достаточно использовать последовательность символов, полученную путем чтения из файла, с дальнейшей попыткой выполнить идентификацию образованной последовательности на соответствие одной из выбранных кодировок. Выполнив итеративный последовательный перебор возможных кодировок, мы идентифицируем представленный в файле информационный поток или сформируем ошибку о невозможности определить принадлежность информации к возможным вариантам кодировок. Чем шире вариативность возможных кодировок файлов, с которыми необходимо выполнить обработку, тем дольше процедура идентификации. Поскольку процесс итеративный и его можно прервать по факту идентификации кодировки, желательно при формировании перечня кодировок для последующей идентификации использовать ранжирование от наиболее к наименее вероятной. Использование ранжирования позволяет сократить количество

итераций и время работы алгоритма определения кодировки.

Вторым вопросом, возникающим при работе с текстовой информацией на языке *Java*, является эффективность использования встроенных в язык программирования средств работы со строками и накладные расходы по процессорному времени и ресурсам, необходимым для обработки строк и строковых массивов. Зачастую при начале работы задачи нам неизвестно фактическое количество экземпляров того или иного класса, при этом, как всем нам известно, общность работы в текущих версиях языка *Java* достигается через использование класса *Object* с последующим определением класса, экземпляр которого находится в нашем хранилище данных. Определения типа итогового класса производятся через конструкцию *instanceof* или свойства класса. Все эти манипуляции требуют дополнительных расходов процессорного времени. При этом работа с массивами неопределенной длины приводит к необходимости постоянного копирования массива при добав-

лении новой записи. Для ускорения копирования организованы системные вспомогательные классы, такие как *Arrays*, однако это тоже создает сложности с дополнительной нагрузкой и повышает требования к объему памяти и файлам подкачки, в итоге приходится искать компромисс между объемом памяти и данными, необходимыми для решения задачи.

В качестве примера рассмотрим изменение времени обработки файлов с разделителями разных объемов (табл. 1 и рис. 1).

Следует отметить, что при наличии ресурсов памяти время обработки имеет менее экспоненциальную зависимость, так при наличии 12 Гбайт оперативной памяти файл объемом 500 Мб обрабатывается за 740 секунд, т.е. временной тренд будет линейным, а не экспоненциальным. Объяснение данного аспекта находится очень легко, при недостатке памяти в работу включается файловая система и дисковое хранилище, в результате скорость обработки значительно падает, увеличивается количество операций ввода-вывода и обращений к дисковому хранилищу.

Третьим вопросом является задача «поедания слона», которая заключается в необходимости обработки файлов заранее неопределенного размера с использованием ограниченного ресурса в разумное время. В природе хорошо известны биологические подходы к утилизации, для этого используются колонии поглотителей, которые активно размножаются при наличии заданных условий окружающей среды и интенсивно сокращаются при достижении предела питательной среды. Применение данного подхода при работе с большими данными, представленными в виде текстовых файлов, является одной из наиболее успешных стратегий при наличии ограниченного вычислительного ресурса (параллельная обработка отдельных кусков данных, загрузка файла по частям), но при этом необходимо обеспечить решение пограничных задач, связанных со склейкой полученных кусков в общий результат, формирование и управление заданиями для исключения многократной обработки одних и тех же массивов данных, формирование общей статистической части, такой как типы отдельных выражений, максимальный размер поля, количество записей и т.д.

Четвертым вопросом является качество текстовых файлов, в первую очередь это наличие непечатных, служебных и разделительных

символов внутри текстовой информации. Примером может служить использование символа возврата каретки (`\r`, `chr(13)`) в текстовых полях файлов *Microsoft Excel* при сохранении таблицы в формате *csv*, и ряд других примеров, таких как символ конца строки (`\n`, `chr(10)`) в файлах реестра, предоставляемого Федеральным государственным бюджетным учреждением «Федеральный институт промышленной собственности». Поиск и выявление таких случаев, а также аспектов, связанных с символами в *html* кодировках, начинающихся с символа `&`, создают ряд дополнительных требований к правильной и качественной обработке текстовой информации, поступающей на вход программы.

#### **Основные ограничения: быстродействие (время работы программы), ресурсы (отсутствие памяти), контроль (потеря данных)**

Быстродействие: одним из способов обеспечить адекватное быстродействие является использование принципа «бездонного стакана», суть которого заключается в выделении некоторого рабочего участка ограниченного объема. Опытным путем удалось установить, что для классов обработки текста на *Java* – это около 10 Мб с загрузкой в него части требующей анализа последовательности текста и последующим пополнением этого участка по мере приближения к окончанию. Таким образом, работа производится с ограниченным объемом текста, что позволяет ускорить работу пропорционально объему текста, для коротких текстов выигрыш от использования данного метода слабо заметен, но от 50 Мб ускорение составляет до 150 раз, на 500 Мб до 604 раз, на 1 Гб до 850 раз. Второй подход, позволяющий увеличить быстродействие, связан модификацией принципа работы с массивом. Данный подход заключается в формировании некоторой избыточности при объявлении будущего массива объектов. При объявлении формируется не одномерный, а двумерный массив, состоящий из массива частей и массива элементов части. Таким образом, при работе с данным массивом, добавляя элементы, мы присваиваем ссылку на экземпляр пустому указателю в массиве элементов, исключаем при этом многократное копирование массива, а при необходимости создания новой части производим копирование частями, что уменьшает количество операций и время копи-

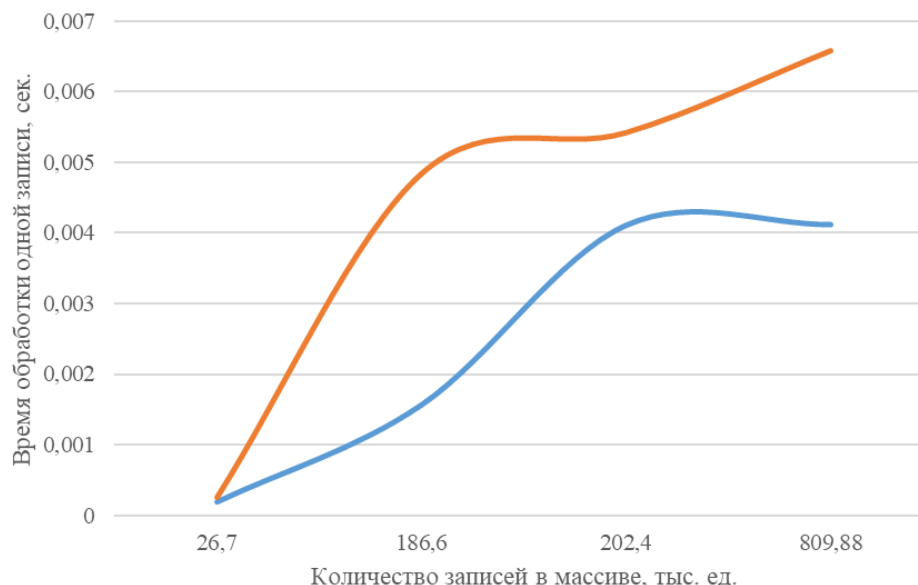


Рис. 2. Зависимость времени обработки одной записи от общего объема массива

рования. Пример данного решения приведен в приложении к статье.

Ресурсы: основными ресурсами, влияющими на работу с большими данными, являются время обмена с накопителями и объем памяти. Несмотря на то, что в *Java* предусмотрены специальные ключи модификаторы, предназначенные для управления выделением памяти, следует помнить, что использование данных ключей может привести к замедлению работы виртуальной машины. Для недопущения ситуации с отсутствием памяти можно использовать схему расширенного задания, которая позволяет делить основное задание на отдельные части, обрабатывать их в независимых процессах, сохранять в хранилище и объединять на последнем этапе, организуя чтение с использованием буферного класса.

Контроль: переходя к автоматизации процессов обработки больших массивов данных, в том числе текстовой информации, возникает необходимость организации надежных методов контроля полноты и качества полученной в результате работы алгоритмов информации. Самым простым вариантом является сравнение объемов информации, загруженной в память, и размера файла на носителе; вторым вариантом является подсчет контрольных сумм; третьим вариантом – контроль с использованием счетчиков и контрольных сумм для записи или экземпляра класса, при этом также возника-

ет избыточность, связанная с необходимостью хранения и периодического вычисления контрольных сумм. Самым слабым и трудоемким является визуальный контроль отдельных записей или многократное считывание со сравнением полученных массивов. В последнем случае также могут возникать трудности при включении в процесс лица, принимающего решения [5]. Все перечисленные методы используются при работе с большими данными, при этом необходимо определить операции или действия над данными, наиболее подверженные возникновению искажения, неправильной модификации или потери информации.

### Некоторые варианты решения вопросов

Как ранее было сказано в данной статье, одним из основных путей решения объемных задач является исполнение ряда правил.

– Минимизация количества преобразований набора исходных информационных массивов. Например, если загрузка информации после определения типа кодировки исходных файлов проведена в экземпляр класса *StringBuilder*, любые попытки его передачи с использованием приведения к типу *String* приводят к издержкам по памяти, могут привести к обрезанию (потери части информации) и катастрофической потере времени обработки до 1 000 раз на больших объектах, размер которых

больше 200 Мб.

– Сокращение количества циклов и копирований значений массивов. Работа с текстами и текстовой информацией основана на массивах переменной длины, как уже говорилось раньше, добавление любого значения в массив приводит к копированию его элементов, что создает неоправданную нагрузку на вычислительные средства. Отдельно следует помнить про необходимость копирования при удалении неиспользуемых элементов массива, эта процедура также выполняется через копирование оставшихся элементов. В результате снижение количества копирований и их объема является одной из наиболее важных частей оптимизации производительности приложений, обрабатывающих большие массивы данных. Пример программного кода, обеспечивающего сокращение операций копирования, приведен в приложении.

– Расстановка маркеров и деление общего массива на части с организацией параллельной обработки в разных потоках с последующим склеиванием и анализом фрагментов склейки с использованием базы формальных правил и алгоритмов или последовательной обработки фрагментов ограниченной длины с ведением отдельного экземпляра с набором статистических и служебных данных. Данный подход позволяет исключить необходимость второго прохода по данным массива для формирования информации о минимальной и максимальной длине отдельных элементов массива, их типах данных, форматах представления и правилах последующей обработки, таких как, например, замена символа десятичной запятой на точки, удаление разделителей разрядов в числах и ряд других особенностей, связанных с форматированием числовых значений и дат.

В результате выполнения данных мероприятий удалось реализовать оптимизированный вариант приложения, рассчитанного на работу с большими массивами данных. Результаты замеров времени работы модернизированных и стандартных классов работы с массивами при-

ведены на рис. 2. При этом эмпирическим путем удалось показать, что для выбранной конфигурации программно-аппаратных средств оптимальным является размер секции, равный 10000 записей. При этом на уровне в 200 тысяч записей наблюдаются резкий рост времени обработки одной записи, что связано с исчерпанием доступной процессу оперативной памяти, и переход к работе с подкачкой страниц виртуальной памяти. Площадь между кривыми – это фактический выигрыш по времени, который растет пропорционально объему обрабатываемого массива.

### Заключение

В процессе решения задачи загрузки и обработки больших текстовых файлов удалось сформировать набор базовых классов, основанный на правилах и рекомендациях по работе с большими данными. Применение данных правил позволило разработать реализацию программного обеспечения, выполняющего загрузку в базу данных набора информации, представленного в формате текстового файла в любой из поддерживаемых кодировок. В процессе загрузки информации обеспечивается выполнение процедур анализа текстовой информации на факты наличия непечатных и служебных символов, а также включения *html* элементов. Для каждого из этих символов и элементов предусмотрены методы реагирования, обеспечивающие однозначное представление информации в результирующем массиве данных, загруженном в базу для хранения и обработки. Представлен пример реализации классов, обеспечивающих минимизацию объема операций копирования информации и сокращающих нагрузку на системные ресурсы при работе с массивами переменной длины. В результате использования представленного в работе подхода время работы программы по распознаванию и загрузке информации удалось сократить в 604 раза для файлов объемом от 500 Мб.

### Приложение. Примеры программного кода

Для определения кодировки текстовой информации можно использовать следующий фрагмент программного кода:

```
public class CharsetDetector {  
    public static final String[] charsetsToBeTested = {«UTF-8»,  
        «windows-1251», «IBM866», «ISO-8859-5», «KOI8-R», «UTF-16»};
```

```

public Charset detectCharset(File f, String[] charsets) {
    Charset charset = null;
    for (String charsetName : charsets) {
        charset = detectCharset(f, Charset.forName(charsetName));
        if (charset != null) {break;}
    }
    return charset;}
private boolean identify(byte[] bytes, CharsetDecoder decoder) {
    try {decoder.decode(ByteBuffer.wrap(bytes));}
    catch (CharacterCodingException e) { return false;}
    return true;}

```

Класс работы с массивами:

```

private class RecordArray<E> implements java.io.Serializable
{ private int partCounter=1; // Счетчик частей с данными
  private static final int partDefaultLen=1000; // Размер одной
части по умолчанию
  private int activePartCounter=0; // Счетчик активной части
  private Object[][][] ElementData =new Object[0][0][0];
  // @java.io.Serial
  private static final long serialVersionUID = 6683452581122892189L;
  public int size(){return ((partCounter-1)*partDefaultLen)+active
PartCounter);}
  public RecordArray(){ElementData=new String[1][partDefaultLen][0]; }
  public E[] get(int index){return
      (E[]) ElementData[(int) (index/partDefaultLen)][(int)
      (index%partDefaultLen)];}

  public void add(String[] r){
    if(activePartCounter<partDefaultLen-1){ ElementData[partCounter-1]
[activePartCounter]=r;
      activePartCounter++;
    }else if (activePartCounter==partDefaultLen-1){
      ElementData[partCounter-1][activePartCounter]=r; partCounter++;
      Object [][][] tElementData=new String[partCounter]
[partDefaultLen][0];
      System.arraycopy(ElementData, 0, tElementData, 0,
partCounter-1); activePartCounter=0;
      ElementData=tElementData; }
    }
  public Object[][][] getInfo() {
    Object[][][] outString=new Object[this.size()][0];
    for(int i=0;i<this.size();i++) outString[i]=this.get(i);
    return outString;}
}

```

### Литература

1. Атовмян, И.О. Оптимизация тестирования сложных цифровых устройств / И.О. Атовмян, Е.Ф. Березкин, С.С. Ковалевский, В.Б. Шувалов // Прикладная информатика. – 2014. – № 2(50). – С. 76–81.
2. Дреус, Ю.Г. Технические и программные средства систем реального времени / Ю.Г. Дреус. – М. : Лаборатория знаний, 2020. – 337 с.
3. Евстифеев, А.А. Информационная поддержка технологии принятия решений о безопасной

эксплуатации газобаллонного оборудования / А.А. Евстифеев // Автоматизация и информатизация ТЭК. – 2022. – № 3(584). – С. 18–25.

4. Евстифеев, А.А. Расчетно-аналитический модуль информационной системы поддержки принятия решений при эксплуатации газобаллонного оборудования с элементами нечеткой логики / А.А. Евстифеев. – Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2021662685, 03.08.2021. – Заявка № 2021661674 от 20.07.2021.

5. Кулик, С.Д. Системный анализ и специальный блок для информационной системы медицинского назначения / С.Д. Кулик, А.Н. Штанько, С.А. Кузнецов, И.Е. Софронов, И.А. Дятлов // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2022. – № 3(150). – С. 14–19.

### References

1. Atovmian, I.O. Optimizatsiia testirovaniia slozhnykh tsifrovyykh ustroystv / I.O. Atovmian, E.F. Berezkin, S.S. Kovalevskii, V.B. Shuvalov // Prikladnaia informatika. – 2014. – № 2(50). – S. 76–81.

2. Drevs, Iu.G. Tekhnicheskie i programmnye sredstva sistem realnogo vremeni / Iu.G. Drevs. – M. : Laboratoriia znaniy, 2020. – 337 s.

3. Evstifeev, A.A. Informatcionnaia podderzhka tekhnologii priniatiia reshenii o bezopasnoi ekspluatatsii gazoballonного oborudovaniia / A.A. Evstifeev // Avtomatizatsiia i informatizatsiia TEK. – 2022. – № 3(584). – S. 18–25.

4. Evstifeev, A.A. Raschetno-analiticheskii modul informatcionnoi sistemy podderzhki priniatiia reshenii pri ekspluatatsii gazoballonного oborudovaniia s elementami nechetkoi logiki / A.A. Evstifeev. – Svidetelstvo o registratsii programmy dlia EVM RU 2021662685, 03.08.2021. – Zaiavka № 2021661674 ot 20.07.2021.

5. Kulik, S.D. Sistemnyi analiz i spetsialnyi blok dlia informatcionnoi sistemy meditsinskogo naznachenii / S.D. Kulik, A.N. Shtanko, S.A. Kuznetsov, I.E. Sofronov, I.A. Diatlov // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2022. – № 3(150). – S. 14–19.

---

© А.А. Евстифеев, Г.Е. Красииков, 2025

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ И ВНУТРЕННИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ ГЛЮКОЗЫ В КРОВИ У ПАЦИЕНТОВ С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНСУЛИНОТЕРАПИИ

А.П. КОНЯЕВА, Э.И. СТРУКОВА, К.В. ПОЖАР

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет  
«Московский институт электронной техники»,  
г. Зеленоград

*Ключевые слова и фразы:* автоматизированная инсулиноterapia; автоматическое управление; математическое моделирование; прогнозирование динамики глюкозы; сахарный диабет.

*Аннотация:* Традиционные методы компенсации сахарного диабета 1-го типа обладают ограниченной точностью и прогнозируемостью, что усложняет контроль гликемии для пациентов. Целью исследования является анализ влияния внешних и внутренних воздействий на динамику концентрации глюкозы в крови для совершенствования систем автоматизированной инсулинотерапии. Задачи исследования заключаются в выявлении механизмов воздействия различных факторов на метаболизм глюкозы и описании динамика параметров регуляции углеводного обмена. В основе исследования лежит гипотеза о том, что разработка комплексных многофакторных моделей, учитывающих прогнозируемость и управляемость воздействий, позволит более точно описывать естественные колебания гликемии. В результате анализа описана динамика параметров регуляции углеводного обмена и предложена классификация воздействий.

### Введение

Сахарный диабет 1-го типа является хроническим заболеванием, требующим активного управления концентрацией глюкозы в крови (КГК), поскольку ее высокие и низкие значения могут приводить к серьезным острым и хроническим осложнениям, а естественные механизмы организма при таком нарушении не могут обеспечить эффективное управление ввиду дефицита инсулина. Динамика КГК зависит от ряда внешних и внутренних факторов, к числу которых относятся прием пищи, физическая активность, стресс, качество сна, гормональные изменения, прием лекарственных препаратов, курение, употребление алкоголя и др. Они могут оказывать как прямое, так и косвенное влияние на метаболизм глюкозы, в связи с чем важно учитывать их влияние при автоматизированных расчетах управляющих воздействий и

принятии управленческих решений.

При традиционных методах компенсации сахарного диабета, основанных на периодическом измерении концентрации глюкозы и введении инсулина в ответ на приемы пищи, данные факторы могут учитываться для корректировки терапии самим пациентом на основании рекомендаций медицинских специалистов и собственного опыта, однако данные оценки неточны и создают дополнительную нагрузку на пациента.

Актуальным направлением исследований является развитие технологий автоматизации инсулинотерапии и поддержки принятия решений, которые позволят снизить количество выполняемых пациентом действий и принимаемых решений. Такие разработки базируются на прогнозирующих математических моделях регуляции глюкозы в организме. Среди факторов, влияющих на динамику КГК, существующие

математические модели описывают главным образом прием пищи и изменения чувствительности к инсулину, что ограничивает их точность прогнозирования [1].

Статья посвящена систематизации и анализу существующей информации о влиянии различных факторов на динамику концентрации глюкозы в крови для совершенствования существующих физиологически обоснованных прогнозирующих математических моделей, применимых в решении задачи автоматизации инсулинотерапии.

### **Механизмы воздействия факторов на метаболизм глюкозы**

Различные внешние и внутренние воздействия влияют на метаболизм глюкозы через механизмы изменения чувствительности к инсулину, регуляции секреции глюкагона, изменения протекания процессов глюконеогенеза и гликогенолиза.

Одним из ключевых факторов, влияющих на КГК, является физическая активность, которая оказывает существенное влияние на метаболические процессы в организме. Влияние физических упражнений на гликемию зависит от исходной КГК и контррегуляторных гормонов в крови, времени суток, типа нагрузки (аэробная или анаэробная) и ее интенсивности [2-3].

Так, аэробные упражнения способствуют усиленному потреблению глюкозы мышечными клетками, что ведет к снижению КГК [4]. В ответ на это организм активирует секрецию глюкагона, стимулируя высвобождение накопленной глюкозы из печени. Однако из-за повышения чувствительности клеток к инсулину поступление глюкозы в мышцы превышает возможности ее восполнения, что может привести к гипогликемии.

Напротив, анаэробные упражнения сопровождаются ускорением глюконеогенеза в печени и мобилизацией гликогена в мышцах [5]. Несмотря на то, что во время нагрузки наблюдается интенсивное высвобождение глюкозы в кровь, увеличение чувствительности клеток к инсулину, которое продолжается и после окончания физической активности, приводит к снижению КГК.

Употребление алкоголя напрямую влияет на динамику глюкозы в крови, и этот эффект зависит от того, принимается ли алкоголь на голодный желудок или после еды, является ли

оно регулярным или разовым. В основе этих изменений лежит единый механизм: метаболизм этанола в печени сопровождается ингибированием глюконеогенеза, снижением секреции глюкагона и повышением чувствительности к инсулину [6-7]. При этом важную роль играет крепость алкоголя и содержание в нем углеводов. Например, при употреблении напитков с низким содержанием углеводов (сухое вино) КГК снижается через несколько часов [8].

Гормональные изменения также оказывают существенное влияние на регуляцию КГК. В частности, менструальный цикл, условно разделенный на фолликулярную и лютеиновую фазы, имеет различное воздействие на углеводный обмен. В фолликулярной фазе повышается уровень эстрогена, что способствует увеличению чувствительности к инсулину и ингибированию глюконеогенеза, приводя к снижению КГК [9]. В лютеиновой фазе нарастающая концентрация прогестерона снижает чувствительность к инсулину, что, в свою очередь, компенсируется повышением секреции глюкагона и ростом КГК [10].

Помимо физиологических факторов, значительное влияние на метаболизм глюкозы оказывают лекарственные препараты. По выраженному метаболическому воздействию среди них можно выделить группу, к которой относятся глюкокортикоиды [11-12], невазодилатирующие бета-адреноблокаторы [13], диуретики [14-15] и противозачаточные препараты, содержащие прогестины [16]. Эти препараты снижают чувствительность тканей к инсулину, усиливают секрецию глюкагона и, как следствие, увеличивают выработку глюкозы.

Курение и стресс также являются важными факторами, влияющими на КГК. Никотин стимулирует выброс адреналина и кортизола в кровь, что приводит к снижению чувствительности тканей к инсулину и повышению уровня глюкагона. Это активирует процессы глюконеогенеза и способствует росту КГК [17-18]. В стрессовых ситуациях аналогичные механизмы усиливают секрецию контринсулярных гормонов (адреналина и кортизола), что также приводит к повышению КГК [19-21].

Не менее важным фактором является качество сна, которое оказывает влияние на регуляцию углеводного обмена. Недостаток сна нарушает секрецию мелатонина, увеличивает уровень кортизола и приводит к снижению чувствительности к инсулину, что в конечном итоге

**Таблица 1.** Динамика параметров регуляции углеводного обмена под действием различных факторов

| Фактор                                                                                 | Чувствительность к инсулину | Секреция глюкагона | КГК       |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------|-----------|
| Аэробная нагрузка                                                                      | повышение                   | повышение          | снижение  |
| Анаэробная нагрузка                                                                    |                             |                    | повышение |
| Алкоголь, фолликулярная фаза цикла                                                     | повышение                   | снижение           | снижение  |
| Лютеиновая фаза цикла, группа лекарственных препаратов, никотин, стресс, нарушение сна | снижение                    | повышение          | повышение |

ге способствует росту КГК [22-23]. Кроме того, изменение уровней гормонов аппетита (грелина и лептина) при недостатке сна может стимулировать повышенное потребление углеводов, что также влияет на КГК [24]. Рассмотренные факторы и их влияние на динамику параметров регуляции углеводного обмена представлены в таблице 1.

Исходя из степени контроля и возможности прогнозирования влияния факторов на КГК, рассмотренные факторы предлагается разделить на детерминированные и недетерминированные. Для объективной оценки и разделения факторов предложены три ключевые характеристики: возможность управления воздействием, прогнозируемость данных о факторе и тип математического описания.

Возможность управления внешними воздействиями отражает степень контроля, который пациент может иметь над фактором. Если пациент способен самостоятельно регулировать появление фактора, то он относится к детерминированным. Так прием пищи и занятия спортом являются контролируемыми пациентом факторами, тогда как стресс или инфекционные заболевания не могут быть выбраны или предотвращены целенаправленно. Высокая управляемость воздействиями позволяет заранее учитывать факторы в терапевтическом плане, в то время как низкая – требует адаптивных методов регулирования КГК.

Прогнозируемость данных характеризует степень систематичности и стабильности влияния фактора: повторяется ли его воздействие в схожих условиях или варьируется без очевидных закономерностей. Например, изменение гормонального фона в течение менструального цикла оказывает предсказуемый эффект на КГК, что позволяет использовать достаточно

точные математические модели для ее компенсации. В то же время нарушение сна может вызывать разнонаправленные изменения КГК в зависимости от физиологических и психологических особенностей пациента. Чем выше прогнозируемость, тем легче заранее скорректировать терапевтическое вмешательство.

Математическое описание определяет возможность учета фактора в терапевтическом плане и тип математической модели, применимой для его компенсации. Например, влияние алкоголя может быть количественно описано с использованием соответствующего углеводного коэффициента и расчета дозы инсулина, что делает его управляемым в терапевтическом контексте. Напротив, стрессовые реакции обладают высокой индивидуальной вариабельностью, что требует использования адаптивных стратегий, таких как мониторинг гликемии в реальном времени и динамическая коррекция доз инсулина.

Детерминированные факторы поддаются прогнозированию на основе заранее известных данных и могут быть учтены в терапевтических стратегиях. Они обладают высокой возможностью управления воздействием, что позволяет заранее скорректировать план лечения для компенсации их влияния. К детерминированным факторам относятся питание, физическая активность, циклические колебания гормонов, например, в рамках менструального цикла, прием некоторых лекарственных препаратов, употребление алкоголя и никотинсодержащих продуктов и др. Предсказуемый эффект таких факторов позволяет не только своевременно осуществлять прогноз их воздействия, но и управлять прогнозированными данными с помощью статистических моделей.

Недетерминированные факторы, такие как

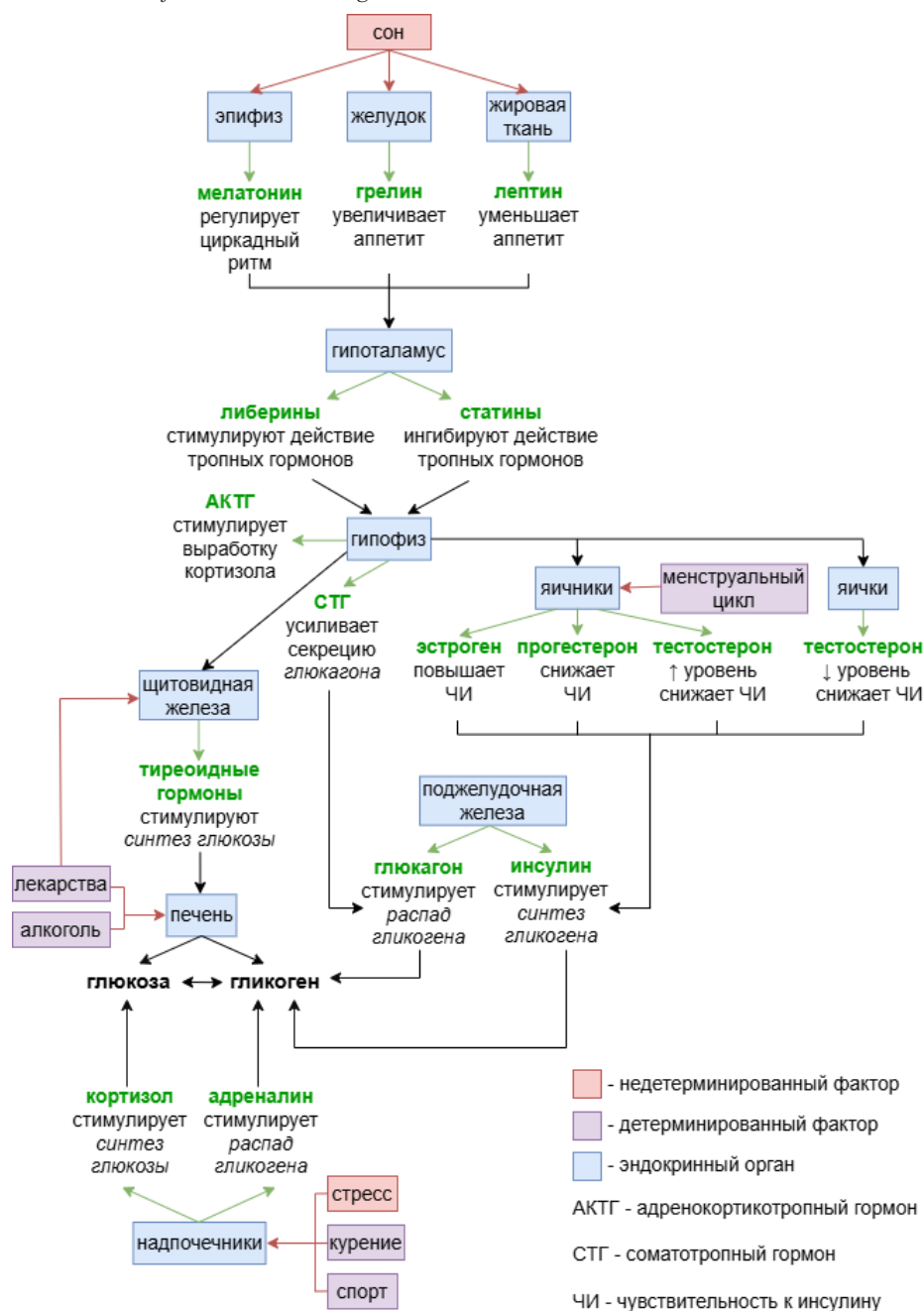


Рис. 1. Схема влияния факторов на эндокринную систему

стресс, нарушение режима сна и др., трудно прогнозировать и контролировать, так как их влияние сильно зависит от текущих условий и индивидуальных особенностей пациента. Для таких факторов требуется гибкий подход к управлению: использование вероятностных или адаптивных моделей, анализ ретроспективных данных, а также применение методов искусственного интеллекта для выявления индивидуальных закономерностей.

### Систематизация влияния различных факторов на эндокринную систему

Эндокринная система реагирует на изменения внешних и внутренних воздействий, адаптируя механизмы гормональной регуляции и создавая цепочку реакций, конечным результатом которой является стабилизация или нарушение гликемического баланса. На рис. 1 представлена систематизированная информация об

ответных реакциях организма под влиянием детерминированных и недетерминированных факторов.

В представленной схеме центральными элементами выступают поджелудочная железа, надпочечники и печень, которые образуют ядро эндокринной системы, регулирующее КГК через взаимосвязанные процессы. В зависимости от потребностей организма поджелудочная железа реагирует на колебания КГК и активирует механизмы секреции глюкагона или инсулина, дефицит которого характерен для пациентов с диабетом 1-го типа. Так при снижении КГК стимулируется выброс глюкагона, способствующего мобилизации запасов глюкозы из печени.

Влияние детерминированных и недетерминированных факторов запускает сложные цепочки реакций, в ходе которых поджелудочная железа становится ключевым элементом адаптации. Надпочечники оказывают значительное влияние на динамику глюкозы. Они регулируют выброс гормонов стресса – кортизола и адреналина, которые стимулируют глюконеогенез и расщепление гликогена в печени. Печень также является ключевым органом в регуляции метаболизма глюкозы, так как именно в ней главным образом протекают гликогенолиз и глюконеогенез.

#### **Комплексное моделирование динамики глюкозы для автоматизированных систем инсулинотерапии**

В системе автоматизированной инсулинотерапии объектом управления выступает КГК. В свою очередь, управляющее воздействие в данной системе осуществляется через подачу инсулина, которая может быть динамически скорректирована в зависимости от динамики воздействия различных факторов. Ключевым элементом систем автоматизированной инсулинотерапии, отвечающим за адаптивное регулирование управляющего воздействия, является прогнозирующая математическая модель. Прогнозирование влияния детерминированных и недетерминированных факторов и интеграция полученного математического описания в существующие прогнозирующие модели позволит значительно повысить точность и адаптивность, повышая эффективность управления инсулинотерапией и позволяя более эффективно прогнозировать изменения КГК в различных

ситуациях.

Для повышения точности прогнозирования важно, однако, учитывать не только влияние отдельных факторов, но и их взаимосвязи. Взаимодействие факторов может носить нелинейный характер. Например, физическая активность в сочетании с недостатком сна может изменять чувствительность к инсулину по одному механизму, в то время как характер их индивидуального влияния может быть другим. Поэтому перспективным направлением является разработка комплексных моделей, способных учитывать сложные корреляции между факторами, а не только их индивидуальное воздействие.

Комплексный подход к прогнозированию КГК может быть реализован, например, с применением технологий машинного обучения, позволяющих выявлять скрытые закономерности в данных пациента. Анализ больших массивов информации о влиянии различных факторов на колебания КГК дает возможность адаптировать терапевтический план в индивидуальном порядке, что особенно важно при высокой вариабельности метаболических реакций.

#### **Заключение**

В ходе проведенного анализа факторов, влияющих на гликемический профиль пациента, описана динамика параметров регуляции углеводного обмена с учетом различных воздействий. Для дальнейшего совершенствования прогнозирующих моделей, применяемых в системах автоматизированной инсулинотерапии, предложено разделение факторов на детерминированные и недетерминированные, что позволит учитывать степень их предсказуемости и управляемости. В рамках исследования построена схема, отражающая отклик эндокринной системы человека на воздействия детерминированных и недетерминированных факторов, что позволит в математических моделях комплексно учитывать динамику гормональной регуляции, влияющую на КГК.

Поскольку воздействие нескольких факторов может носить сложный, нелинейный и синергетический характер, для повышения точности прогнозирования в системах автоматизированной инсулинотерапии перспективным направлением дальнейших исследований является разработка комплексных многофакторных моделей, способных более точно описывать

естественное поведение организма.

Будущие исследования могут быть направлены на разработку прогнозирующих математических моделей регуляции глюкозы в организме с учетом влияния детерминированных и недетерминированных факторов с внедрением

алгоритмов машинного обучения, позволяющих адаптировать рекомендации под индивидуальные особенности пациентов, что позволит повысить точность прогнозирования и обеспечить персонализацию терапии, тем самым снизив риски осложнений.

### **Литература/References**

1. Mughal, I.S. A comprehensive review of models and nonlinear control strategies for blood glucose regulation in artificial pancreas / Mughal I.S., Patane L., Caponetto R. // *Annual Reviews in Control.* – 2024. – Vol. 57. – P. 100937.
2. Lukacs, A. Effect of aerobic and anaerobic exercises on glycemic control in type 1 diabetic youths / A. Lukacs, L. Barkai // *World Journal of Diabetes.* – 2015. – Vol. 6, No. 3. – P. 534.
3. Gomez, A.M. Effects of performing morning versus afternoon exercise on glycemic control and hypoglycemia frequency in type 1 diabetes patients on sensor-augmented insulin pump therapy / A.M. Gomez, C. Gomez, P. Aschner, A. Veloza, O. Munoz, C. Rubio, S. Vallejo // *Journal of Diabetes Science and Technology.* – 2015. – Vol. 9, No. 3. – P. 619–624.
4. Riddell, M.C. Exercise management in type 1 diabetes: a consensus statement / M.C. Riddell, I.W. Gallen, C.E. Smart, C.E. Taplin, P. Adolfsson, A.N. Lumb, A. Kowalski, R. Rabasa-Lhoret, R.J. McCrimmon, C. Hume, F. Annan, P.A. Fournie, C. Graham, B. Bode, P. Galassetti, W.J. Timothy, S.I. Millan, T. Heise, A.L. Peters, A. Petz, L.M. Laffel // *The Lancet Diabetes & Endocrinology.* – 2017. – Vol. 5, No. 5. – P. 377–390.
5. Yardley, J.E. Resistance versus aerobic exercise: acute effects on glycemia in type 1 diabetes / J.E. Yardley, G.P. Kenny, B.A. Perkins, M.C. Riddell, N. Balaa, J. Malcolm, P. Boulay, F. Khandwala, R.J. Sigal // *Diabetes Care.* – 2013. – Vol. 36, No. 3. – P. 537–542.
6. White, N.D. Alcohol use in young adults with type 1 diabetes mellitus / N.D. White // *American Journal of Lifestyle Medicine.* – 2017. – Vol. 11, No. 6. – P. 433–435.
7. Emanuele, N.V. Consequences of alcohol use in diabetics / N.V. Emanuele, T.F. Swade, M.A. Emanuele // *Alcohol Health and Research World.* – 1998. – Vol. 22, No. 3. – P. 211.
8. Plougmann, S. The effect of alcohol on blood glucose in type 1 diabetes—metabolic modelling and integration in a decision support system / S. Plougmann, O. Hejlesen, B. Turner, D. Kerr, D. Cavan // *International Journal of Medical Informatics.* – 2003. – Vol. 70, Nos. 2–3. – P. 337–344.
9. Toor, S. Type 1 diabetes and the menstrual cycle: where/how does exercise fit in? / S. Toor, J.E. Yardley, Z. Momeni // *International Journal of Environmental Research and Public Health.* – 2023. – Vol. 20, No. 4. – P. 2772.
10. Alemany, M. Estrogens and the regulation of glucose metabolism / M. Alemany // *World Journal of Diabetes.* – 2021. – Vol. 12, No. 10. – P. 1622.
11. Kuo, T. Regulation of glucose homeostasis by glucocorticoids / T. Kuo, A. McQueen, T.C. Chen, J.C. Wang // *Glucocorticoid Signaling: From Molecules to Mice to Man.* – 2015. – P. 99–126.
12. Fine, N.H. Glucocorticoids reprogram  $\beta$ -cell signaling to preserve insulin secretion / N.H. Fine, C.L. Doig, Y.S. Elhassan, N.C. Vierra, P. Marchetti, M. Bugliani, R. Nano, L. Piemonti, G.A. Rutter, D.A. Jacobson, G.G. Lavery, D.J. Hodson // *Diabetes.* – 2018. – Vol. 67, No. 2. – P. 278–290.
13. Fonseca, V.A. Effects of  $\beta$ -blockers on glucose and lipid metabolism / V.A. Fonseca // *Current Medical Research and Opinion.* – 2010. – Vol. 26, No. 3. – P. 615–629.
14. Tosur, M. Medication-induced hyperglycemia: pediatric perspective / M. Tosur, J. Viau-Colindres, M. Astudillo, M.J. Redondo, S.K. Lyons // *BMJ Open Diabetes Research and Care.* – 2020. – Vol. 8, No. 1. – P. e000801.
15. Hirst, J.A. Quantifying the effects of diuretics and  $\beta$ -adrenoceptor blockers on glycaemic control in diabetes mellitus—a systematic review and meta-analysis / J.A. Hirst, A.J. Farmer, B.G. Feakins, J.K. Aronson, R.J. Stevens // *British Journal of Clinical Pharmacology.* – 2015. – Vol. 79, No. 5. – P. 733–743.
16. Cortes, M.E. The effects of hormonal contraceptives on glycemic regulation / M.E. Cortes, A.A.

Alfaro // The Linacre Quarterly. – 2014. – Vol. 81, No. 3. – P. 209–218.

17. Sari, M.I. Cigarette smoking and hyperglycaemia in diabetic patients / M.I. Sari, N. Sari, D.M. Darlan, R.J. Prasetya // Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences. – 2018. – Vol. 6, No. 4. – P. 634.

18. Chen, Z. Central and peripheral actions of nicotine that influence blood glucose homeostasis and the development of diabetes / Z. Chen, X. Liu, P.J. Kenny // Pharmacological Research. – 2023. – Vol. 194. – P. 106860.

19. Verberne, A.J.M. Adrenaline: insights into its metabolic roles in hypoglycaemia and diabetes / A.J.M. Verberne, W.S. Korim, A. Sabetghadam, I.J. Llewellyn-Smith // British Journal of Pharmacology. – 2016. – Vol. 173, No. 9. – P. 1425–1437.

20. Herman, J.P. Regulation of the hypothalamic-pituitary-adrenocortical stress response / J.P. Herman, J.M. McKlveen, S. Ghosal, B. Kopp, A. Wulsin, R. Makinson, J. Scheimann, B. Myers // Comprehensive Physiology. – 2016. – Vol. 6, No. 2. – P. 603.

21. Anisman, H. Understanding stress: characteristics and caveats / H. Anisman, Z. Merali // Alcohol Research & Health. – 1999. – Vol. 23, No. 4. – P. 241.

22. Sharma, S. The role of melatonin in diabetes: therapeutic implications / S. Sharma, H. Singh, N. Ahmad, P. Mishra, A. Tiwari // Archives of Endocrinology and Metabolism. – 2015. – Vol. 59, No. 5. – P. 391–399.

23. Kim, T.W. The impact of sleep and circadian disturbance on hormones and metabolism / T.W. Kim, J.H. Jeong, S.C. Hong // International Journal of Endocrinology. – 2015. – Vol. 2015. – P. 591729.

24. Knutson, K.L. Impact of sleep and sleep loss on glucose homeostasis and appetite regulation / K.L. Knutson // Sleep Medicine Clinics. – 2007. – Vol. 2, No. 2. – P. 187–197.

---

© А.П. Коняева, Э.И. Струкова, К.В. Пожар, 2025

## ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ В ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫХ МЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМАХ

К.В. ПОЖАР, Н.С. КАРПОВА, Н.М. ЖИЛО, Е.Л. ЛИТИНСКАЯ

*ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет  
«Московский институт электронной техники»,  
г. Зеленоград*

*Ключевые слова и фразы:* автоматизированные медицинские системы, инсулинотерапия, нейростимуляция, обратная связь, перитонеальный диализ, прогнозирование, системы управления.

*Аннотация:* Для ряда хронических заболеваний, при которых терапевтические воздействия осуществляются непрерывно или с высокой частотой, эффективность терапии значительно зависит от участия пациента и степени автоматизации систем. Задачей исследования является анализ перспектив развития и автоматизации систем для терапии ряда хронических заболеваний в условиях развития технологических возможностей. В работе рассмотрены существующие и перспективные подходы к автоматизации систем инсулинотерапии, перитонеального диализа и спинальной противоболевой нейростимуляции за счет введения обратных связей и прогнозирующего управления. Показано, что использование обратных связей в системах управления при терапии заболеваний, требующих частой коррекции управляющих воздействий, открывает перспективы качественного улучшения функциональности соответствующих медицинских систем, повышения эффективности терапии и увеличения доли пациентов, готовых к применению высокотехнологичных медицинских систем.

### Введение

Автоматизация систем управления процессами в организме человека при осуществлении различных медицинских процедур является одной из актуальных задач биомедицинской инженерии. Необходимость высокой вовлеченности пациентов, страдающих хроническими заболеваниями, в анализ данных, получаемых с биомедицинских сенсоров, принятие решений по терапевтическим воздействиям и осуществление манипуляций с исполнительными устройствами приводят к управленческим ошибкам, недостаточной эффективности терапии и зачастую к нежеланию пациентов использовать высокотехнологичные персонализированные системы, что в свою очередь ведет к снижению качества и продолжительности жизни и повышенной инвалидизации населения.

На сегодняшний день среди персонализированных медицинских систем с полноценной обратной связью отмечаются главным образом

кардиостимуляторы и набирающие популярность бионические протезы. Ряд хронических заболеваний, терапия которых осуществляется как правило медикаментозно, не требует частой корректировки терапии, а существующие методы самоконтроля и режим посещения медицинских специалистов обеспечивают приемлемую эффективность терапии. В то же время при ряде хронических заболеваний, при которых терапевтические воздействия осуществляются непрерывно или с высокой частотой, таких как сахарный диабет 1-го типа, хроническая почечная недостаточность, хроническая нейропатическая боль, эффективность терапии в значительной степени зависит от участия пациента и степени автоматизации систем.

В настоящей работе рассмотрены перспективы развития и автоматизации систем для терапии указанных выше заболеваний, организации в них обратной связи и замкнутого контура управления с целью снижения участия пациента и повышения эффективности терапии.

### Перспективы автоматизации систем инсулинотерапии

Пациенты с сахарным диабетом 1-го типа сталкиваются с необходимостью выполнения большого количества действий и принятия большого количества решений по управлению концентрацией глюкозы в крови, связанных с измерением концентрацией глюкозы, расчетом количества инсулина, анализом своего самочувствия и режима жизнедеятельности. Такая нагрузка на пациентов в ряде случаев приводит возникновению ошибок в управлении, отказу от надлежащей терапии в пользу выполнения лишь самых простых действий, что ведет к неэффективной инсулинотерапии.

Технические средства, применяемые на сегодняшний день при инсулинотерапии, включают систему доставки инсулина, реализованную шприцом, шприц-ручкой или автоматизированном насосом инсулина, а также датчик обратной связи, представляющий собой глюкометр для разовых измерений капиллярной крови или непрерывный монитор глюкозы с подкожной иглой. При этом осуществляется дискретное или дискретно-непрерывное управление с высокой вовлеченностью пациента.

Развитие методов и систем управления инсулинотерапией включает два основных направления:

- автоматизация и повышение эргономики элементов системы управления, совершенствование алгоритмов поддержки принятия решений для снижения нагрузки на пациента и повышения привлекательности более современных и эффективных методов инсулинотерапии;
- повышение точности датчиков обратной связи и разработка методов и алгоритмов прогнозирования динамики концентрации глюкозы в крови для повышения клинической эффективности инсулинотерапии.

В рамках первого направления среди наиболее перспективных технологий следует выделить разработки неинвазивных автоматических мониторов глюкозы [1], систем распознавания пищи для упрощенного вычисления количества углеводов [2], а также развитие телемедицинских сервисов, обеспечивающих лечащих врачей полными данными о ходе терапии и предоставляющих упрощенную коммуникацию между пациентами и лечащими врачами. В то время, как внедрение неинвазивных мониторов глюкозы ожидается лишь в среднесрочной пер-

спективе [3], телемедицинские сервисы и нейросетевые технологии распознавания пищи могут стать реальностью уже в ближайшие годы.

В рамках второго направления стоит выделить главным образом совершенствование технологий прогнозирования динамики концентрации глюкозы в крови [4]. Данный подход решает две задачи, одна из которых связана с возможностью предсказания потенциально опасных для пациента ситуаций, в первую очередь гипогликемии, предотвращение которых требует заблаговременного реагирования пациента. Другая задача заключается в использовании метода управления с прогнозирующими моделями, представляющего собой принципиально другой подход к управлению по сравнению с управлением по обратной связи.

Поскольку в существующих системах инсулинотерапии инсулин вводится подкожно, время его поступления в кровь может составлять более часа [5], что значительно превышает время повышения концентрации глюкозы при, например, употреблении пациентом быстрых углеводов в составе пищи. Таким образом, объект управления в данном случае можно охарактеризовать как инерционный, что делает управление по обратной связи потенциально неустойчивым, так как отклик на управляющее воздействие значительно медленнее отклика на внешние возмущения типа приема пищи. Управление с прогнозирующими моделями позволяет предсказать отклик объекта управления на тот или иной профиль управляющего воздействия и в ходе процедуры оптимизации найти наиболее эффективное в соответствии с заданными критериями управляющее воздействие [6].

Ядром такого управления является математическая модель регуляции глюкозы в организме человека с сахарным диабетом 1-го типа. Как правило в качестве моделей для применения в системах управления в научной литературе рассматриваются линейные аппроксимации более сложных моделей на основе нелинейных систем дифференциальных уравнений. Однако развитие вычислительных возможностей портативных устройств и облачных технологий позволяет использовать более полные математические модели для оптимизации управляющих воздействий. Современные полные нелинейные модели, основанные на дифференциальных уравнениях, обеспечивают высокую точность прогнозирования и могут применяться совмест-

но с датчиками обратной связи, обеспечивая взаимную коррекцию измеренных и прогнозируемых данных, для повышения эффективности и надежности управления.

### **Перспективы автоматизации систем перитонеального диализа**

В странах и регионах с низкой плотностью населения пациенты с хронической почечной недостаточностью сталкиваются со значительными трудностями, выражающимися в логистической недоступности диализных центров, которые необходимо посещать несколько раз в неделю, или в необходимости приобретения дорогостоящей домашней диализной аппаратуры. В связи с этим для таких регионов актуальным является альтернативный метод – перитонеальный диализ, заключающийся в очищении крови через естественную мембрану человеческого организма – брюшину.

Удаление излишков жидкости и продуктов метаболизма в ходе процедуры перитонеального диализа осуществляется за счет градиента осмотического давления, вызываемого высокой концентрацией глюкозы в диализирующем растворе, заливаемом в брюшную полость пациента. Будучи низкомолекулярным веществом, глюкоза относительно легко диффундирует через брюшину в кровь [7], что ведет к экспоненциальному снижению ее концентрации, осмотического давления диализирующего раствора и таким образом эффективности процедуры. Одним из актуальных направлений развития аппаратуры для перитонеального диализа является интеграция в них систем введения глюкозы в диализирующий раствор.

Существующие разработки в этой области обеспечивают непрерывное введение концентрата глюкозы [8]. Это ведет к повышенной скорости удаления жидкости, что позволяет использовать диализирующий раствор с более низкой начальной концентрацией глюкозы, что благоприятно сказывается на здоровье брюшины, для которой чрезмерно высокие концентрации глюкозы являются токсичными.

Перспективным направлением является автоматизация управления удалением жидкости при перитонеальном диализе по обратной связи. Данное направление особенно актуально для разрабатываемых носимых систем перитонеального диализа, где важно поддерживать максимальную эффективность процедуры и

экономить расходные материалы, в первую очередь – концентрат глюкозы. Ввиду отсутствия приемлемых технических средств прямой обратной связи по объему удаленной жидкости в современных исследованиях в качестве параметра обратной связи предлагается использовать концентрацию глюкозы в диализирующем растворе [9], а в качестве датчика обратной связи – бесконтактный оптический монитор глюкозы [10]. Предлагаемая система управления работает на основе комбинации управления по обратной связи с датчика глюкозы и прогнозирующего управления на основе математической модели процессов массообмена в биотехнической системе, включающей брюшную полость пациента и диализный аппарат. Внедрение предлагаемой системы управления позволит значительно повысить эффективность процедуры перитонеального диализа.

### **Перспективы автоматизации систем электрической нейростимуляции**

Рост количества травм спины и нижних конечностей, заболеваемости сахарным диабетом ведет к увеличению количества случаев хронической нейропатической боли [11, 12]. Спинальная эпидуральная нейростимуляция (SCS) является одним из самых современных и высокотехнологичных методов терапии хронической боли [13]. Метод заключается в воздействии на задние рога спинного мозга периодических электрических импульсов посредством массива электродов, устанавливаемых вблизи оболочки спинного мозга, управляемых миниатюрным имплантируемым генератором импульсов.

В данной области помимо технических задач, связанных с повышением энергоэффективности генератора импульсов, емкости элементов питания, эффективности беспроводного энергообеспечения импланта, стоит не менее важная задача обеспечения управления с биологической обратной связью. Смещения массива электродов как вдоль спинномозгового канала, так и увеличение расстояния от электрода до непосредственно спинного мозга, возникающие вследствие движения пациента влияют на эффективность противоболевой стимуляции в связи с изменением геометрии взаимодействия внешних электрических полей с нервной тканью [14].

Классическим индикатором взаимодействия электрода и ткани спинного мозга явля-

ется составной вызванный потенциал действия (*ЕСАР*), представляющий собой интегральное значение откликов отдельных волокон, входящих в стимулируемый пучок. Перепад амплитуд *ЕСАР* напрямую связан с объемом активированной ткани [15], который в свою очередь зависит от взаимного расположения электрода и спинного мозга, а также от параметров стимуляции, что позволяет использовать параметры *ЕСАР* в качестве метрики для подстройки параметров стимуляции.

В то время, как подстройка амплитуды стимулирующих импульсов в небольшом диапазоне может осуществляться существующими микроконтроллерами с высокой точностью и скоростью, ключевая техническая сложность заключается в крайне низких амплитудах отклика нервной ткани, выражающегося в напряжениях в районе расположения электродов порядка единиц микровольт. Одним из немногих устройств, решивших задачу определения данных биопотенциалов с достаточной точностью, является стимулятор *Inceptiv* (*Medtronic*, Ирландия) [16], измеряющий *ЕСАР* с частотой 50 Гц и немедленно подстраивающий стимуляцию. Повышение точности измерения биопотенциалов сопряжено с повышенным энергопотреблением, необходимым для работы электронных компонентов более высоких классов точности, а также для накопления и статистической обработки значительных объемов данных.

В перспективе задача может решаться также созданием более совершенных нейроинтерфейсов, обладающих большей чувствительностью, введением распределенной обратной

связи, позволяющей получать больше данных о процессах в организме, более энергоэффективными интегральными схемами, реализованными на современных технологических процессах, содержащими схемотехнические решения, позволяющие реализовать при этом функционирование на требуемых уровнях напряжений. Другим направлением является интрадуральная установка электродов [17], на сегодняшний день не имеющая достаточно безопасных методик реализации.

### Заключение

Использование обратных связей в системах управления при терапии заболеваний, требующих частой коррекции управляющих воздействий, открывает перспективы качественного улучшения функциональности соответствующих медицинских систем, повышения эффективности терапии и увеличения доли пациентов, готовых к применению высокотехнологичных медицинских систем. В случае инерционных систем, таких как системы инсулинотерапии, или систем с косвенной обратной связью, таких как системы автоматизированного перитонеального диализа, перспективным является комбинация управления по обратной связи с управлением на основе прогнозирующих моделей, позволяющая в условиях непрерывного изменения параметров организма пациента обеспечить робастность управления, необходимую для любых медицинских терапевтических систем.

### Литература

1. Laha S. et al. A concise and systematic review on non-invasive glucose monitoring for potential diabetes management // *Biosensors*. – 2022. – Vol. 12. – №. 11. – P. 965.
2. Kaur R., Kumar R., Gupta M. Deep neural network for food image classification and nutrient identification: A systematic review // *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*. – 2023. – Vol. 24. – №. 4. – P. 633-653.
3. Pozhar K. V. et al. Near-infrared spectroscopy for noninvasive measurement of blood glucose: Problems, progress, tasks // *Biomedical Engineering*. – 2022. – Vol. 56. – №. 1. – P. 64-68.
4. Литинская, Е.Л. Система поддержки принятия решений по контролю и компенсации динамики концентрации глюкозы в крови / Е.Л. Литинская, М.Ю. Козлов // *Перспективы науки*. – Тамбов : ТМБпринт. – 2020. – № 12(135). – С. 54.
5. Heinemann L., Anderson Jr J. H. Measurement of insulin absorption and insulin action // *Diabetes Technology & Therapeutics*. – 2004. – Vol. 6. – №. 5. – P. 698-718.
6. Chuprakov D. A., Pozhar K. V. Analysis of methods for calculating optimal parameters for insulin boluses in automated insulin therapy systems with control based on predictive models // *Biomedical Engineering*. – 2023. – Vol. 57. – №. 2. – P. 102-106.

7. Öberg C. M., Rippe B. Optimizing automated peritoneal dialysis using an extended 3-pore model // *Kidney international reports*. – 2017. – Vol. 2. – №. 5. – P. 943-951.
8. Heimbürger O. et al. Effects of Steady Glucose Concentration Peritoneal Dialysis on Ultrafiltration Volume and Sodium Removal: A Pilot Crossover Trial // *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*. – 2024. – Vol. 19. – №. 2. – P. 224-232.
9. Жило, Н.М. Управление удалением жидкости в системе автоматизированного перитонеального диализа / Н.М. Жило // *Известия высших учебных заведений. Электроника*. – 2023. – Т. 28. – № 4. – С. 518–528.
10. Жило, Н.М. Метод ИК-фотометрии для измерения концентрации глюкозы в растворе для перитонеального диализа / Н.М. Жило, М.О. Михайлов, Е.Л. Литинская, К.В. Пожар // *Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника*. – 2021. – № 4. – Т. 24. – С. 68–78.
11. Ivolgin A. F. et al. Epidemiology of pain in spinal cord injury // *Russian Military Medical Academy Reports*. – 2023. – Vol. 42. – №. 4. – P. 369-375.
12. Baskozos G. et al. Epidemiology of neuropathic pain: an analysis of prevalence and associated factors in UK Biobank // *Pain reports*. – 2023. – Vol. 8. – №. 2. – P. e1066.
13. Sdrulla A. D., Guan Y., Raja S. N. Spinal cord stimulation: clinical efficacy and potential mechanisms // *Pain Practice*. – 2018. – Vol. 18. – №. 8. – P. 1048-1067.
14. Zander H. J. et al. Anatomical and technical factors affecting the neural response to epidural spinal cord stimulation // *Journal of neural engineering*. – 2020. – Vol. 17. – №. 3. – P. 036019.
15. Vallejo R. et al. A new direction for closed-loop spinal cord stimulation: combining contemporary therapy paradigms with evoked compound action potential sensing // *Journal of Pain Research*. – 2021. – P. 3909-3918.
16. Ross V., Christian P., Menon A. S. Neurostimulation devices // *Medical Technologies to Watch in 2024: Five transformative areas of innovation*. – С. 21.
17. Anderson D. J. et al. Intradural spinal cord stimulation: performance modeling of a new modality // *Frontiers in neuroscience*. – 2019. – Vol. 13. – P. 253.

### References

4. Litinskaia, E.L. Sistema podderzhki priniatiia reshenii po kontroliu i kompensatsii dinamiki kontcentratsii gliukozy v krovi / E.L. Litinskaia, M.Iu. Kozlov // *Perspektivy nauki*. – Tambov : TMBprint. – 2020. – № 12(135). – С. 54.
9. Zhilo, N.M. Upravlenie udaleniem zhidkosti v sisteme avtomatizirovannogo peritonealnogo dializa / N.M. Zhilo // *Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Elektronika*. – 2023. – Т. 28. – № 4. – С. 518–528.
10. Zhilo, N.M. Metod IK-fotometrii dlia izmereniia kontcentratsii gliukozy v rastvore dlia peritonealnogo dializa / N.M. Zhilo, M.O. Mikhailov, E.L. Litinskaia, K.V. Pozhar // *Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii Rossii. Radioelektronika*. – 2021. – № 4. – Т. 24. – С. 68–78.

---

© К.В. Пожар, Н.С. Карпова, Н.М. Жило, Е.Л. Литинская, 2025

## СПОСОБ ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В ВИДЕ СВЯЗНЫХ АТОМАРНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

В.С. ПТУШКО, А.А. ЕВСТИФЕЕВ

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,  
г. Москва

*Ключевые слова и фразы:* двусвязные списки; информационное хранилище; матричная структура; хеш-код.

*Аннотация:* Цель статьи – предложить решение проблемы нерационального использования дискового пространства вследствие хранения множества экземпляров одного и того же элемента. При размещении табличной информации на ряду с файлами в информационном хранилище сохраняется множество экземпляров текстовых полей, вторичных ключей и полей данных повторяющихся многократно. Задача работы – это разработать способ построения информационного хранилища, в основе которого положен биологический принцип построения связанных цепочек молекул, состоящих из одинаковых атомов. В качестве поясняющего материала в статье сформулированы концептуальные соображения; ключевые элементы молекулярного хранилища информации. На простейшем примере проведена демонстрация использования предложенного подхода, а также представлены накладные ресурсные затраты объема памяти и времени, необходимые для выполнения операций чтения и записи.

### Введение

В ряде случаев при использовании корпоративных серверных хранилищ пользователи сталкиваются с проблемой отсутствия дискового пространства для размещения материалов [1].

Одним из способов решения данной задачи является увеличение емкости серверных хранилищ путем приобретения новых дисковых библиотек. Не у всех организаций есть возможность постоянно увеличивать объем дискового пространства из-за ограничений технического и экономического уровня.

Вторым способом является создание гибридного информационного хранилища – это система хранения данных, интегрирующая разнородные технологии. Оно предусматривает динамическое управление ресурсами за счет программно-аппаратного аудита, в результате которого выявляются давно не используемые файлы и идентичные друг другу копии. Все найденные дубликаты, за исключением одного переносятся во временное хранилище, а на ме-

сте копий создаются ссылки на актуальный ресурс [2–3].

В данной работе представлен способ организации хранения информации, обеспечивающий исключение множественного хранения копий информации.

Ключевой особенностью предлагаемого метода является организация хранения информации в виде связанных элементарных унифицированных объектов, в данной работе называемых атомами.

### Ключевые элементы молекулярного хранилища информации

Для организации данной структуры используются три вида элементов.

1. Каталог (реестр) атомов – таблица, работающая по принципу *HashMap* с ключом в виде *hash*-кода по алгоритму *SHA* от значения данных в атоме, счетчика ссылок на атом и *CRC*-кода для проверки целостности данных.

2. Атомы – экземпляры элементов, содержащие уникальные значения определенного

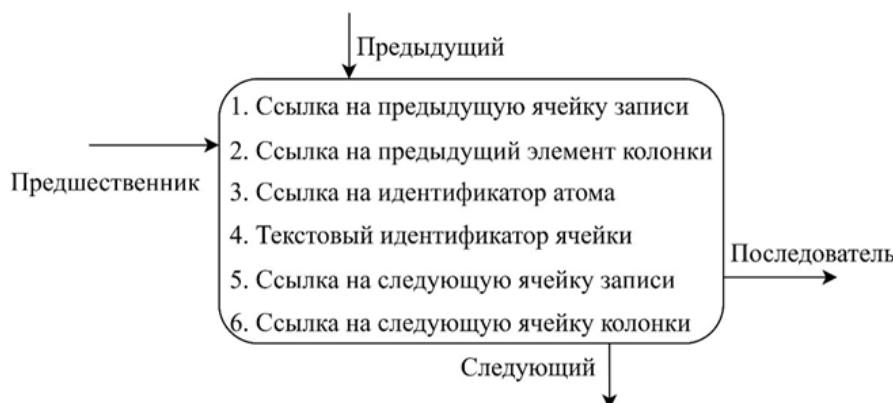


Рис. 1. Состав атрибутов ячейки информационного пространства

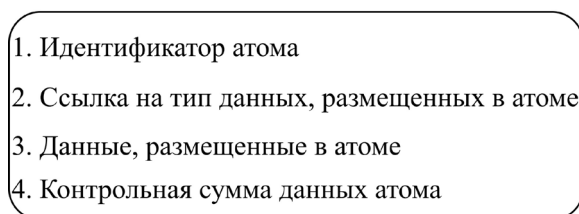


Рис. 2. Состав атрибутов атома информационного пространства

типа (строка, число и т.д.). Каждый атом состоит из уникального идентификатора, значения данных и ссылки на тип данных. В целях обеспечения безопасности информации атомы являются неизменными от момента создания до уничтожения после обнуления счетчика ссылок.

3. Молекулы (записи) – связанные матричные или линейные последовательности ячеек (набора ссылок на атомы, выстроенные в виде двунаправленных связанных последовательностей).

Все ячейки информационного пространства имеют одинаковую структуру.

На рис. 1 приведен атрибутивный состав ячейки. Ячейка предполагает наряду с горизонтальной связностью возможность формировать вертикальные связи, обеспечивающие ускорение поиска. В ячейке не содержится данных, она служит для связывания информационных элементов.

#### Формирование запросов при выполнении выборки из молекулярного хранилища. Элементы и семантика адресной строки запроса

Ячейки имеют четыре связи: две входящие

и две исходящие. В результате необходимо однозначно идентифицировать ячейку, с которой необходимо получить доступ к последовательности элементов (связному набору ячеек), следовательно, адресная последовательность будет состоять из двух частей:

*горизонтальный\_адрес\$вертикальный\_адрес.*

Для получения информации находящейся в горизонтально связанной молекуле необходимо идентифицировать первую ячейку молекулы по идентификатору, указанному при сохранении элементов. Таким образом, первая часть идентификатора указывающую на горизонтальный адрес будет выглядеть так:

*протокол:\хранилище\каталог\элемент.*

В качестве разделителя в адресной строке используется символ \, а в качестве разделителя горизонтальной и вертикальной части адресной строки используется символ \$. При этом в вертикальной части адресной строки протокол и хранилище не указываются, поскольку размещение в смежных хранилищах элементов одной молекулы в настоящее время не предусмотрено.

Таблица 1.

| Объект | Показатель            | Значение    |
|--------|-----------------------|-------------|
| 3424   | Частота вращения вала | 200         |
| 3424   | Общее время работы    | <i>null</i> |

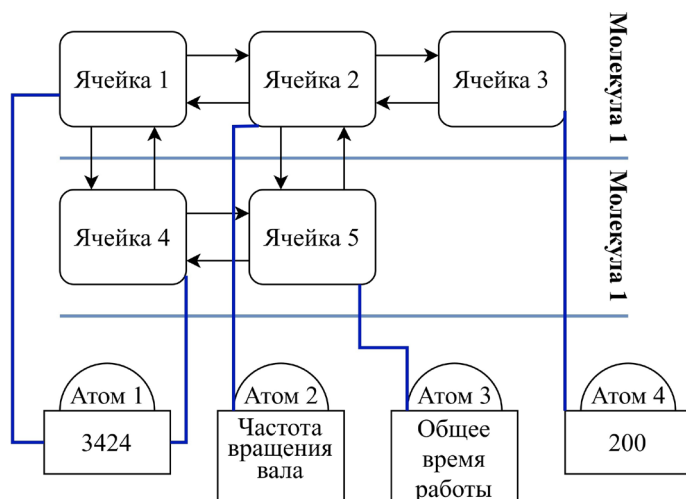


Рис. 3. Графическое представление связей ячеек молекул и атомов

### Практический пример использования молекулярного хранилища

В качестве примера рассмотрим ситуацию, при которой предположим, что необходимо обеспечить хранение двух информационных последовательностей, представленных в табличной форме (табл. 1)

Тогда для каждой записи таблицы формируется последовательность из элементов отдельных типов, содержащих значения записи и ссылки на предыдущий элемент записи и последующий элемент записи.

Первые элементы каждой информационной последовательности имеют пустой указатель на родительский элемент, последние элементы последовательности определяются по пустому указателю на потомка.

Элементы, не содержащие информативной части, не помещаются в сохраненную последовательность. При возникновении нового элемента последовательности информация дописывается в конец ранее сформированной информационной последовательности.

При наличии информации о вертикальных связях ячеек, например, ячейки из одной колон-

ки таблицы можно сформировать вертикальные связи между ячейками создав замыкание матричной системы хранения, однако при наличии пустых элементов связи будут иметь разную длину, а также могут оказаться вырожденными для отдельных колонок.

Графически данный способ можно представить следующим образом (рис. 3).

### Оценка информационных и вычислительных ресурсов необходимых для реализации молекулярного хранилища

#### Оценка затрат памяти на реализацию молекулярного хранилища

При организации хранения информации предлагаемым способом наибольшие затраты по памяти достигаются при хранении атома, состоящего из одного символа. При этом возникает необходимость сформировать ряд служебных информационных элементов, полный перечень которых с указанием объема приведен в табл. 2.

При хранении информации в плоских таблицах, представленных в виде файлов формата *DBF* при условии использования кодировки *UTF-16* для кодирования одного символа по-

**Таблица 2.** Минимальный объем памяти, необходимый для хранения одного символа в молекулярном хранилище

| Наименование источника затрат                    | Объем, байт на единицу (бит) | Описание                                   |
|--------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------|
| 1. Запись в каталоге атомов                      | 26 (208)                     |                                            |
| 1.1 <i>hash</i> -кода атома                      | 20 (160)                     |                                            |
| 1.2 Ссылка на атом в хранилище емкостью до 32 ГБ | 4 (32)                       |                                            |
| 1.3 Счетчик частоты использования                | 2 (16)                       |                                            |
| 2. Ячейка молекулы                               | 30 (240)                     |                                            |
| 2.1 Идентификатор ячейки                         | 16 (128)                     |                                            |
| 2.2 Ссылки на связанные ячейки                   | 10 (80)                      | 5 ссылок по 2 байта (16 бит)               |
| 2.3 Ссылка на атом в хранилище емкостью до 32 ГБ | 4 (32)                       |                                            |
| 3. Атом информационного хранилища                | 10 (80)                      |                                            |
| 3.1 Идентификатор атома                          | 4 (32)                       |                                            |
| 3.2 Ссылка на тип данных атома                   | 2 (16)                       |                                            |
| 3.3 Контрольная сумма                            | 2 (16)                       |                                            |
| 3.4 Данные атома                                 | 2 (16)                       | Для символа в кодировке <i>UTF</i> 4 байта |
| <b>ИТОГО:</b>                                    | <b>66 (528)</b>              |                                            |

**Таблица 3.** Постатейная калькуляция затрат времени на выполнение операций вставки информации в молекулярное хранилище

| Операция                                                                                            | Среднее время, с |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Время вычисления <i>hash</i> -кода                                                                  | 1,5–3            |
| Поиска по ключу в структуре <i>hashMap</i>                                                          | 0,03–0,25        |
| Создание атома: расчета контрольной суммы, прописывания ссылки на тип данных, загрузка данных атома | 0,315–1,85       |
| Создание ячейки и прописывание ссылок в двусвязном списке                                           | 0,05–0,85        |
| Суммарное время записи                                                                              | 1,895–6,15       |

**Таблица 4.** Постатейная калькуляция затрат времени на выполнение операции чтения информации из молекулярного хранилища

| Операция                                               | Среднее время, с |
|--------------------------------------------------------|------------------|
| Поиска по ссылке связанного элемента молекулы (ячейки) | 0,005–0,035      |
| Считывание атома по ссылке в хранилище                 | 0,03–0,25        |
| Переход на следующую ячейку молекулы                   | 0,005–0,035      |
| Суммарное время чтения                                 | 0,04–0,34        |

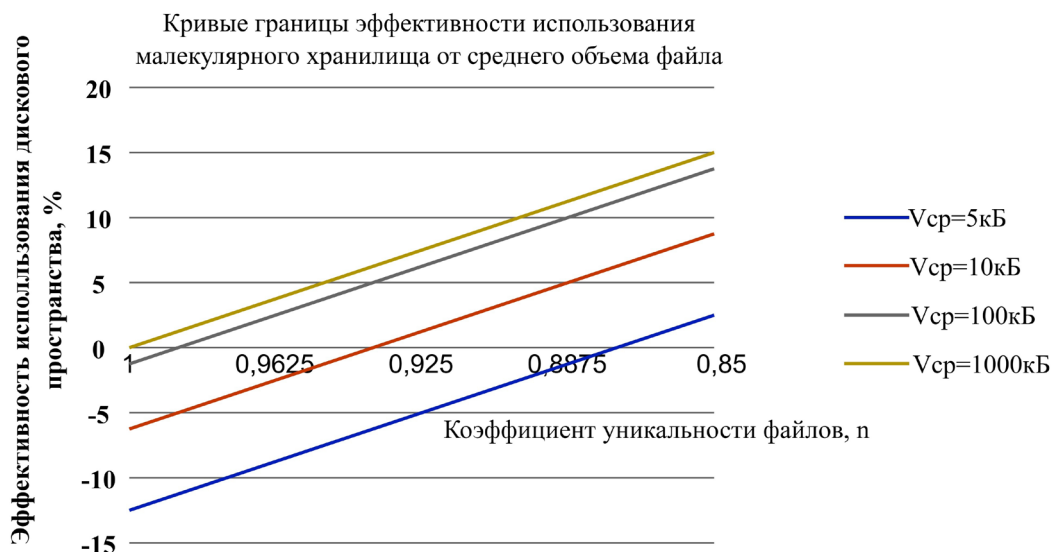


Рис. 4. Диаграмма определения области эффективности применения молекулярного хранилища в зависимости от объема файла и частоты хранения копий

требуется заголовок 2 байта и непосредственно символ 2 байта, всего 4 байта. Легко заметить, что при необходимости хранения одного символа использование структур молекулярного хранилища не эффективно и потребует на 62 байта больше памяти.

Использование предлагаемого решения оправдано при наличии в таблицах частого повторения информации длиной от 10 символов и более, например, юридической формулировки, спецификации, паспортных характеристик и т.д.

Наиболее удачным с точки зрения затрат на дополнительный объем памяти является случай размещения в атоме двоичной последовательности объемом от 4кБ до 32 ГБ, что наиболее применимо для видео, аудио, текстовых и файловых записей, при наличии многократного использования данного атома за счет ссылок размером по 30 байт эффект может только усиливаться.

#### Оценка времени записи и чтения информации

Расчет контрольной суммы и расчет *hash*-кода являются основными потребителями процессорного времени, при этом необходимость создания новых атомов зависит от частоты изменения информации в хранилище. При массовом вводе информации рекомендуется распараллеливать процесс, что позволит сократить время записи больших информационных массивов (табл. 3, 4).

#### Сравнительные оценки эффективности применения молекулярного хранилища

Проведем сравнение на примере сетевого файлового хранилища.

Условие определения границы эффективности, т.е. достижения точки начала экономии дискового пространства необходимого для хранения одного и того же количества файлов является функцией:

$$U_k > U_m,$$

где  $U_k$  – объем дискового пространства, используемый применяемой в организации файловой системой;  $U_m$  – объем дискового пространства, используемый при размещении информации в молекулярном хранилище.

$$\begin{aligned} U_k &= f(V_{cp})L; \\ U_m &= f(u, n, V_{cp})L, \end{aligned}$$

где  $V_{cp}$  – средний размер файла (кБ);  $u$  – дополнительные затраты дискового пространства на хранение описания файла (кБ);  $n$  – коэффициент уникальности файлов;  $L$  – общее количество файлов (ед.).

Выразим в виде аналитических зависимостей перечисленные выше переменные функций. Для расчета среднего объема, занимаемого одним файлом, размещенным в хранилище, воспользуемся формулой:

$$V_{\text{cp}} = (\sum_{i=1}^L V_i)/L,$$

где  $V_{\text{cp}}$  – средний объем файла в хранилище, кБ/ед.;  $V_i$  – объем  $i$ -го файла, кБ;  $L$  – общее количество файлов в хранилище, ед.

Для определения коэффициента уникальности файлов используем выражение вида:

$$n = N_u/L,$$

где  $n$  – безразмерный коэффициент, показывающий отношение количества уникальных файлов к общему количеству файлов;  $N_u$  – количество уникальных файлов, шт.;  $L$  – общее количество файлов на диске.

После проведения всех преобразований уравнение граничного условия эффективности применения молекулярного хранилища по объему используемого дискового пространства выражается зависимостью

$$1 - n - u/V_{\text{cp}} > 0.$$

### Заключение

Предложен способ организации хранения информации в корпоративных и облачных хранилищах. В основе способа лежит биоло-

гический принцип построения связанных цепочек молекул, состоящих из одинаковых атомов. Особенностью данных атомов в предложенной реализации является возможность их неограниченного повторного использования с надстройкой в виде ячейки, имеющей как горизонтальные, так и вертикальные связи. Дополнительно следует отметить, что атомы являются уникальными и неизменными. По мере исчерпания счетчика связей производится удаление атомов. Проведены аналитические расчеты эффективности использования предложенного подхода при хранении информации и показано, что наиболее перспективным является использование хранилища для крупных объектов, средний размер которых составляет от 100 кБ. Для пользователя молекулярное хранилище будет представлять виртуальный или сетевой диск. Выбор режима использования будет зависеть от режимов работы молекулярного хранилища, его конфигурирования администратором и загруженной в него информации. Обеспечивать доступ пользователя планируется через оболочки, реализующие доступ и монтирование молекулярного информационного хранилища в качестве виртуального дискового накопителя в операционной системе пользователя.

### Литература

1. Бадмаева, К.В. Разработка методики адаптивного управления процессом проектирования и развития специализированных хранилищ данных / К.В. Бадмаева // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. – 2010. – № 4(30). – С. 85–90.
2. Березкин, Д.В. Подходы к построению гибридных хранилищ данных для информационных систем / Д.В. Березкин, Г.И. Ревунков, Ю.Е. Гапанюк // Гибридные и синергетические интеллектуальные системы : Материалы III Всероссийской Пospelовской конференции с международным участием. – Светлогорск, 2016.
3. Евстифеев, А.А. Аналитическое моделирование безопасности и отказоустойчивости сложных технических систем : монография / А.А. Евстифеев. – М. : НИЯУ «МИФИ», 2010. – 252 с.
4. Кулик, С.Д. Системный анализ и специальный блок для информационной системы медицинского назначения / С.Д. Кулик, А.Н. Штанько, С.А. Кузнецов, И.Е. Софронов, И.А. Дятлов // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2022. – № 3(150). – С. 14–19.

### References

1. Badmaeva, K.V. Razrabotka metodiki adaptivnogo upravleniia protsessom proektirovaniia i razvitiia spetsializirovannykh khranilishch dannyykh / K.V. Badmaeva // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta im. akademika M.F. Reshetneva. – 2010. – № 4(30). – S. 85–90.
2. Berezkin, D.V. Podkhody k postroeniuiu gibridnykh khranilishch dannyykh dlia informatcionnykh sistem / D.V. Berezkin, G.I. Revunkov, Yu.E. Gapaniuk // Gibridnye i sinergeticheskie intellektualnye

sistemy : Materialy III Vserossiiskoi Pospelovskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. – Svetlogorsk, 2016.

3. Evstifeev, A.A. Analiticheskoe modelirovanie bezopasnosti i otkazoustoichivosti slozhnykh tekhnicheskikh sistem : monografiia / A.A. Evstifeev. – M. : NIIaU «MIFI», 2010. – 252 s.

4. Kulik, S.D. Sistemnyi analiz i spetsialnyi blok dlia informatcionnoi sistemy meditsinskogo naznacheniiia / S.D. Kulik, A.N. Shtanko, S.A. Kuznetsov, I.E. Sofronov, I.A. Diatlov // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2022. – № 3(150). – S. 14–19.

---

© В.С. Птушко, А.А. Евстифеев, 2025

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРОСТЫХ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ТРАНЗАКЦИЙ В ФИНАНСОВОЙ СФЕРЕ

И.В. СИНЯГИН, А.В. ПОНАЧУГИН

*ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет  
имени Козьмы Минина»,  
г. Нижний Новгород*

*Ключевые слова и фразы:* машинное обучение, анализ транзакций, финансовая сфера, мошенничество, алгоритмы.

*Аннотация:* Актуальность исследования заключается в том, что применение простых алгоритмов машинного обучения для анализа финансовых транзакций играет ключевую роль в выявлении и предотвращении мошеннических операций организации, сохраняя финансовые средства, доверительное отношение клиентов, собственную репутацию и контракты предприятия. Цель исследования – рассмотрение простых алгоритмов машинного обучения и определение их эффективности и возможностей применения в финансовой структуре. Объект исследования в данной статье – машинное обучение в финансовой сфере. В связи с немыслимым ростом количества транзакций ежедневно, а также созданием мошенниками новых путей обмана встает вопрос какой способ анализа финансовых данных более точен среди остальных и имеет невысокие вычислительные затраты. В статье рассматривается понятие машинного обучения, период анализа транзакций до появления машинного обучения, как с появлением машинного обучения поменялся анализ транзакций, обобщаются простые алгоритмы – логистическая регрессия, алгоритм  $K$ -ближайших соседей, дерево решений, алгоритм Байеса и приводятся примеры их применения, рассматриваются способы повышения эффективности выявления и предотвращения мошеннических операций, приводятся методы дальнейшего совершенствования анализа транзакций и подводится итог.

В последние годы усиливается динамика хищения личных финансовых средств потребителей банков. По данным Центрального банка России, в 2023 году кибермошенники похитили у клиентов около 15,8 млрд рублей, что на 11,5% больше по сравнению с предыдущим годом [3]. Необходимо использовать передовые технологии в анализе финансовых транзакций для предотвращения мошеннических операций и защите активов аудитории. Поэтому машинное обучение приобретает все большее значение, позволяя автоматизировать анализ транзакций и оперативно выявлять подозрительные активности [1,2].

Машинное обучение – это одна из областей искусственного интеллекта, где алгоритмы анализируют данные, запоминают структуру и свя-

зи данных и в будущем могут прогнозировать новые события на основе предыдущих.

До появления машинного обучения сомнительные операции специалисты искали вручную, пытавшись находить аномалии – подозрительно выделяющиеся данные из общего потока. Также использовались следующие методы: анализ по *Rule-Based Systems* – своду правил и критериев, по которым проверяется транзакция, однако при появлении новых схем мошенничества эти правила становились бессильны [4]; анализ поведенческих паттернов клиентов [5]; сравнение с «черным списком» клиентов, которые ранее были причастны к мошенничеству.

С появлением алгоритмов в конце 1990-х годов компании стали активно использовать ма-

шинное обучение в разных сферах, банковская сфера не стала исключением. Компания SAS одной из первых стала использовать машинное обучение и нейронные сети для анализа мошеннических операций [4].

С момента появления машинного обучения многое было улучшено и доработано, и в итоге сформировались алгоритмы, подходящие для общего или конкретизированного применения в разных сферах. Об алгоритмах, которые наиболее подходят для анализа финансовых транзакций, далее.

Допустим, совершается подозрительная транзакция и банку необходимо определить является или не является она мошеннической. На помощь приходит логистическая регрессия – метод, который разделяет данные на две категории. В финансовом секторе это может быть, например, «Мошенничество» и «Не мошенничество» [6]. Вначале алгоритм анализирует входные данные и оценивает, как они могут повлиять на предполагаемый результат. Далее в ход идет так называемая сигмоида, который преобразует данные в диапазоне от 0 до 1. Если результат выше 0.5 – транзакция считается мошеннической, если ниже – нет. Однако, если зависимости во входных данных слишком сложны – результат прогноза будет слабым.

За случаи, когда сомнительная транзакция сразу сравнивается с другими уже произошедшими мошенническими транзакциями с похожими характеристиками отвечает алгоритм  $K$ -ближайших соседей, также известный как  $k$ -NN [7]. Алгоритм работает так – вычисляется евклидово расстояние между новым образцом и остальными существующими объектами, затем из них выбирается  $k$ -ближайших образцов (соседей), где число  $k$  самостоятельно вносится заранее и в итоге текущий образец получает тот же класс, который преобладает среди его соседей. Не подходит для обработки больших данных в связи со сложностью сравнения каждого нового образца с остальными.

Помните структуру *if-else* в программировании, когда программа выбирает между двумя направлениями решения, исходя из условий? Так вот, по подобию работает и алгоритм машинного обучения – дерево решений [6]. Алгоритм как бы спрашивает у транзакции, например, «сумма была более 100000 рублей?», если да – алгоритм продолжит задавать вопросы с целью распознать мошенническую транзакцию, если нет – алгоритм, вероятно, посчитает тран-

закцию не мошеннической. Из неприятного – деревья решений в процессе обучения могут запоминать данные, на которых модель обучается вместо того, чтобы в будущем находить закономерности на реальных данных.

Алгоритм теоремы Байеса, называемый наивным байесовским классификатором, вычисляет вероятность того, что определенный образец принадлежит к какому-то классу, исходя из набора признаков, таких как: местоположение, откуда совершена транзакция, время, способ оплаты, сумма и множество других [8]. Алгоритм суммирует полученные результаты, которые свидетельствуют о возможном мошенничестве, делает предсказание и решает будет ли транзакция заблокирована или нет. Изъян данного алгоритма в том, что он считает, что признаки никак не зависимы между собой, в реальности же это неверно и из-за этого могут случаться неверные прогнозы.

Есть и другие базовые алгоритмы машинного обучения, например, метод опорных векторов (*SVM*), градиентный бустинг или метод главных компонент (*PCA*), однако те, что рассмотрены выше широко применяются в финансовой сфере благодаря своей эффективности и скорости обучения.

Существует несколько приемов, которые повысят эффективность отслеживания, выявления и при необходимости – блокировки мошеннических транзакций из бесконечного потока данных.

Когда модель использует реальные или тестовые данные в процессе обучения велика вероятность того, что из общего числа транзакций мошенническими окажутся единицы. Чтобы модель видела, как взаимодействуют признаки у мошеннических и не мошеннических транзакциях следует применить балансировку данных – процесс, когда в данных на которых обучается модель стало одинаковое количество обеих операций [9].

Чем больше признаков транзакции рассматривается – тем лучше. Например, компания *PayPal* в реальном времени анализируют тысячи признаков у каждой транзакции, чтобы свести ложные срабатывания к минимуму, как итог: уровень мошеннических потерь компании – менее 0,2% при среднем показателе конкурентов 1-2% [10].

Из повествования выше выяснилось, что у каждой модели так или иначе есть свои уязвимые места. Поэтому особое внимание стоит

уделить ансамблевым методам обучения моделей, при котором несколько простых алгоритмов работают воедино для достижения наилучшего прогноза. Существуют различные виды ансамблевых методов, такие как:

1. Бэггинг – метод, при котором несколько одинаковых моделей обучаются на разных данных, объединяются и получают итоговый общий результат. Наверное самый распространенный случай бэггинга – Метод случайного леса (*Random Forest*) – это создание множества деревьев решений, итоговый результат которого выбирается на основе большинства голосов [11,12,13].

2. Стекинг – метод, при котором метамодель после итогового предсказания каждого используемого в ансамбле алгоритма выбирает наилучшее. Например, комбинация логистической регрессии, деревьев решений и нейронной сети, а также выбор сторонней метамодели для оценки прогнозов позволит не упустить сильные стороны каждой из выбранных моделей и получить наилучший прогноз [11,12,13].

3. Бустинг – метод, при котором каждая новая версия обучаемой модели исправляет ошибки предыдущей. Как раз-таки данный ансамблевый метод чаще всего используется для выявления мошеннических транзакций используется в банковской среде чаще всего [11–13].

Машинное обучение уже в настоящий момент незаменимо. Алгоритмы, при правильной настройке, работают корректно. Но, необходи-

мо сделать так, чтобы модели могли объяснять человеку почему они сделали тот или иной прогноз. Даже одно ложное срабатывание модели влекут серьезные последствия, а невозможность увидеть почему именно так произошло – недопустимо. Уже существуют некоторые технологии, решающие данную задачу, однако они не идеальны и требуют улучшений [14]. Также, стоит смотреть в сторону улучшенной визуализации данных, раскрывая прогнозы полностью. Тепловые и корреляционные матрицы, графики распределения аномалий, *TSNE* и *PCA*-графики – не предел визуализации.

По итогу можно сказать, что нельзя выбрать один конкретный простой алгоритм машинного обучения для анализа абсолютно всех данных. Это как заставить квалифицированного специалиста решать все виды задач, даже которые не относятся к его непосредственным обязанностям. Каждый алгоритм машинного обучения имеет свои сильные и слабые стороны, однако если использовать комбинации алгоритмов - повысится точность проводимых прогнозов. В приоритете развития должны стоять способы объяснения моделями своих прогнозов и визуализации данных [15]. Если создать прозрачные и приспособляющиеся к разным типам данных алгоритмы, а также доработать существующие – мошеннические операции будут обнаруживаться и устраняться моментально, что сведет их появление к нулю.

## Литература

1. Кузнецова, С.Н. Финансирование промышленных парков / С.Н. Кузнецова, В.П. Кузнецов // На страже экономики. – 2024. – № 1(28). – С. 110–116. – DOI: 10.36511/2588-0071-2024-1-110-116.
2. Синева, Н.Л. Роль нейросетей в обеспечении эффективности деятельности менеджера / Н.Л. Синева, Е.А. Челнокова, Е.В. Романовская // Экономика и предпринимательство. – 2025. – № 3(176). – С. 946–948. – DOI: 10.34925/EIP.2025.176.3.168.
3. Центральный банк Российской Федерации. Потери банков от киберпреступности // TAdviser, 2023 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Потери\\_банков\\_от\\_киберпреступности](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Потери_банков_от_киберпреступности).
4. SAS Institute. Fraud Detection Using Machine Learning // SAS Insights, 2023 [Electronic resource]. – Access mode : [https://www.sas.com/ru\\_ru/insights/articles/analytics/fraud-detection-machine-learning.html](https://www.sas.com/ru_ru/insights/articles/analytics/fraud-detection-machine-learning.html).
5. Обнаружение мошенничества с помощью Data Science // Elbrus Bootcamp, 2024 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://elbrusbootcamp.blog/obnaruzhieniie-moshiennichiestva-s-pomoshchiu-data-science>.
6. Десять алгоритмов машинного обучения, которые вам нужно знать // AppTractor, 2018 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://apptractor.ru/info/articles/desyat-algoritmov-mashinnogo-obucheniya-kotoryie-vam-nuzhno-znat.html>.

7. Машинное обучение: 10 популярных методов и алгоритмов ML // SkillFactory, 2024 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://blog.skillfactory.ru/mashinnoe-obuchenie-10-populyarnyh-metodov>.
8. Обзор самых популярных алгоритмов машинного обучения // Tproger, 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://tproger.ru/translations/top-machine-learning-algorithms>.
9. Бурков, А. Машинное обучение без лишних слов / А. Бурков. – СПб. : Питер, 2020. – 192 с.
10. PayPal Uses AI and Machine Learning to Reduce Fraud Losses // Intel, 2023 [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.intel.com/content/www/us/en/customer-spotlight/stories/paypal-customer-story.html>.
11. Hastie, T. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction : 2nd ed. / T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman. – New York : Springer, 2009. – 745 p.
12. Bishop, C.M. Pattern Recognition and Machine Learning / C.M. Bishop. – New York : Springer, 2006. – 738 p.
13. Zhou, Z.-H. Ensemble Methods: Foundations and Algorithms / Z.-H. Zhou. – Boca Raton : Chapman and Hall/CRC, 2012. – 236 p.
14. Объяснимый искусственный интеллект: зачем он нужен и как работает? // РБК Тренды, 2023 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://trends.rbc.ru/trends/industry/65719fce9a79471baceef775>.
15. Использование ИИ для визуализации научных данных // Apptask. 2023 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://apptask.ru/blog/ispolzovanie-ii-dlia-vizualizacii-naucnykh-dannykh>.

### References

1. Kuznetcova, S.N. Finansirovanie promyshlennykh parkov / S.N. Kuznetcova, V.P. Kuznetcov // Na strazhe ekonomiki. – 2024. – № 1(28). – S. 110–116. – DOI: 10.36511/2588-0071-2024-1-110-116.
2. Sineva, N.L. Rol neirosetei v obespechenii effektivnosti deiatelnosti menedzhera / N.L. Sineva, E.A. Chelnokova, E.V. Romanovskaia // Ekonomika i predprinimatelstvo. – 2025. – № 3(176). – S. 946–948. – DOI: 10.34925/EIP.2025.176.3.168.
3. Tsentralnyi bank Rossiiskoi Federatsii. Poteri bankov ot kiberprestupnosti // TAdviser, 2023 [Electronic resource]. – Access mode : [https://www.tadviser.ru/index.php/Statia:Poteri\\_bankov\\_ot\\_kiberprestupnosti](https://www.tadviser.ru/index.php/Statia:Poteri_bankov_ot_kiberprestupnosti).
5. Obnaruzhenie moshennichestva s pomoshchiu Data Science // Elbrus Bootcamp, 2024 [Electronic resource]. – Access mode : <https://elbrusboot.camp/blog/obnaruzhieniie-moshiennichiestva-s-pomoshchiu-data-science>.
6. Desyat algoritmov mashinnogo obucheniia, kotorye vam nuzhno znat // AppTractor, 2018 [Electronic resource]. – Access mode : <https://apptractor.ru/info/articles/desyat-algoritmov-mashinnogo-obucheniya-kotorye-vam-nuzhno-znat.html>.
7. Машинное обучение: 10 популярных методов и алгоритмов ML // SkillFactory, 2024 [Electronic resource]. – Access mode : <https://blog.skillfactory.ru/mashinnoe-obuchenie-10-populyarnyh-metodov>.
8. Obzor samykh populiarnykh algoritmov mashinnogo obucheniia // Tproger, 2017 [Electronic resource]. – Access mode : <https://tproger.ru/translations/top-machine-learning-algorithms>.
9. Burkov, A. Mashinnoe obuchenie bez lishnikh slov / A. Burkov. – SPb. : Piter, 2020. – 192 s.
14. Obiasnymi iskusstvennyi intellekt: zachem on nuzhen i kak rabotaet? // RBC Trendy, 2023 [Electronic resource]. – Access mode : <https://trends.rbc.ru/trends/industry/65719fce9a79471baceef775>.
15. Ispolzovanie II dlia vizualizatsii nauchnykhannykh // Apptask. 2023 [Electronic resource]. – Access mode : <https://apptask.ru/blog/ispolzovanie-ii-dlia-vizualizacii-naucnykhannykh>.

## ИНТЕГРАЦИЯ ИНСТРУМЕНТОВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА С МЕТОДАМИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

А.Е. АНТОНОВА, С.С. СОКОЛОВ, А.Д. КОТОВ

*ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота  
имени адмирала С.О. Макарова»,  
г. Санкт-Петербург*

*Ключевые слова и фразы:* автоматизация, бережливое производство, интеграция, оптимизация, планирование, производственный процесс, судостроение, эффективность.

*Аннотация:* Во многих исследованиях производственные процессы судостроения рассматриваются с точки зрения подхода к планированию производства, при котором основное внимание уделяется минимизации главных производственных затрат при обеспечении непрерывности производства и своевременного выполнения проекта. Целью данного исследования является определение возможности сочетания инструментов бережливого производства с методами автоматизации, что подразумевает внедрение подхода оптимизации производства. С целью уменьшения затрат в производственных процессах такая интеграция позволит ускорить производственный поток, облегчив оцифровку этапов постройки судна и подчеркнув визуальный и прозрачный контроль, что упростит выявление сбоев в производстве. В условиях современного рынка, где требования к качеству и срокам выполнения работ постоянно растут, применение этих инструментов может стать ключевым фактором успеха предприятия, позволяя не только минимизировать затраты, но и повысить эффективность производственных процессов.

Судостроение – отрасль тяжелой промышленности, является одной из базовых в структуре ВВП (на нее приходится до 1% при уровне добавленной стоимости до 30%). Судостроительные предприятия являются основными потребителями многих промышленных продуктов, например, стали. Суммарный объем кораблей и судов в 2023 году в Российской Федерации превышает 530 единиц, а совокупное водоизмещение – более 7 млн тонн [1].

Бережливое производство (далее – БП) считается инструментом управления, разработанным в начале Индустрии 3.0 и адаптированным к различным отраслям промышленности с целью повышения эффективности производства. Однако БП может не соответствовать требованиям, предъявляемым цифровыми технологиями, применяемыми в судостроительной промышленности.

В Индустрии 4.0 главными приоритетами

управления процессами являются ускорение производства, повышение качества и снижение затрат. Для достижения этих целей технологии Индустрии 4.0 становятся передовыми стратегиями для повышения эффективности процессов при одновременном снижении эксплуатационных затрат и поддержании мировых стандартов качества.

Поскольку эти два инструмента принципиально различны, Индустрия 4.0 применяет в производстве автономные и гибкие системы, основанные на технологически ориентированном подходе, в то время как БП сохраняет традиционные процессы, ориентированные на эффективность, в этом исследовании рассматривается возможность сочетания инструментов и технологий, учитывая перспективы судостроительной отрасли в цифровую эпоху [2]. Такая интеграция, бережливое производство 4.0 (БП 4.0), позволяет определить важность и вза-



Рис. 1. Основные инструменты бережливого производства



Рис. 2. Основные инструменты Индустрии 4.0

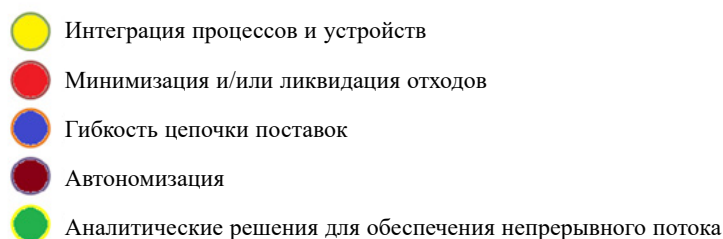


Рис. 3. Параметры интегрированного БП 4.0

имосвязи между инструментами бережливости и цифровыми технологиями, указывая на конвергенции и организационные выгоды от взаимодействия.

В судостроительной отрасли БП является одним из самых сложных процессов, так как при строительстве судов задействовано большое количество персонала, различных видов техники, оборудования и других видов ресурсов [3]. Внедрение метода БП в судостроении позволяет экономить до 30 % материальных и трудовых затрат. При этом, по оценкам экспертов, сэкономленные средства, как правило, направляются на повышение качества судов, увеличение их конкурентоспособности. БП включает в себя основные инструменты, представленные на рис. 1, которые способствуют снижению затрат, улучшению качества продукции и повышению эффективности производственных процессов.

Для оптимизации процесса постройки судна необходимо иметь высокоэффективное производство, которое достигается путем внедрения информационных технологий, а именно

автоматизации производственных процессов [4]. В настоящее время высокая конкуренция побуждает предприятия обновлять свои производственные системы, тем самым повышая свой интеллектуальный потенциал. Технологии Индустрии 4.0, которые представлены на рис. 2, уже давно и успешно применяются на практике, позволяя предприятиям достигать устойчивых целей, сокращая время производства и повышая качество продукции.

Индустрия 4.0 не может поддерживаться инновационными технологиями без сопровождения человека [5]. По этой причине Индустрия 4.0 не является синонимом устранения человеческого фактора из производственного процесса предприятия, а представляет собой возможность для человека определить новые формы работы внутри производства.

Для оценки потенциала интеграции между БП и Индустрией 4.0, были определены параметры БП 4.0, классифицированные по пяти измерениям, представленным рисунке 3.

Система *Just in Time (JIT)*, «точно – в – срок» как инструмент БП нацелена на про-

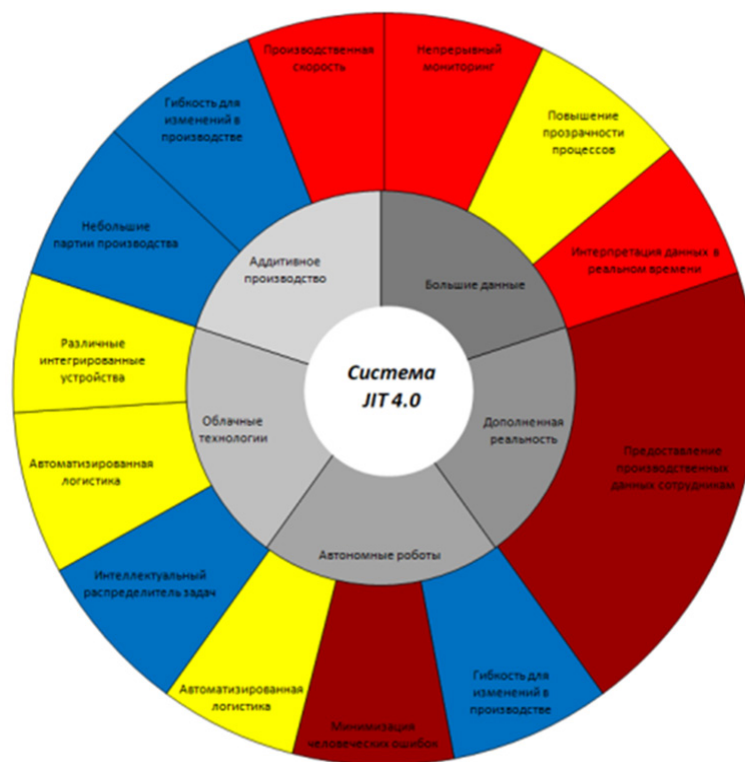


Рис. 4. JIT 4.0: взаимосвязь инструмента с технологиями 4.0

изводство продукта в нужном количестве, качестве, месте и с правильными производственными затратами, без необходимости доработки оборудования [6]. Однако в судостроительной логистической системе цели JIT не всегда достигаются из-за возможных непредвиденных задержек в ходе транспортных процессов. Согласно рисунку 4, технологии революции 4.0 могут способствовать более эффективному достижению целей этого инструмента, включая применение облачных технологий, больших данных, роботизации, дополненной реальности и аддитивного производства. Использование этих технологий обеспечивает четыре параметра БП 4.0, в первую очередь гибкость цепочки поставок и взаимосвязь между процессами и устройствами. Эти инструменты, применяемые на практике в производственной среде судостроения, обеспечивают непрерывный, прозрачный, автоматизированный и ориентированный на заказчика информационный поток.

Канбан – это инструмент БП, который способствует непрерывному потоку материалов с безотходными процессами, поддерживая при этом заранее определенный уровень запасов

для обеспечения бесперебойной поставки материалов. Отмечается, что неадекватный мониторинг количества материалов, поставляемых на производственную линию, а также изменения в графике производства могут серьезно изменить эту систему [7]. В традиционном подходе БП изменения в производственных процессах, запасах или времени цикла требовали сложных корректировок проектных документов. Однако в контексте Индустрии 4.0 доступны новые решения для включения в систему Канбан, такие как большие данные, роботизация и дополненная реальность, которые отражены на рисунке 5. Предоставляются четыре параметра БП 4.0, два из которых интеграция процессов и устройств и минимизация и/или устранение отходов. Применяя эти технологии, промежуточные запасы материалов могут быть сокращены до минимума, поскольку большие данные способствует мониторингу производственного потока в реальном времени, что обеспечивает автоматизированную логистику с интеллектуальным управлением запасами.

Картирование потока создания ценности (VSM) охватывает все виды деятельности, составляющие производственную цепочку. VSM

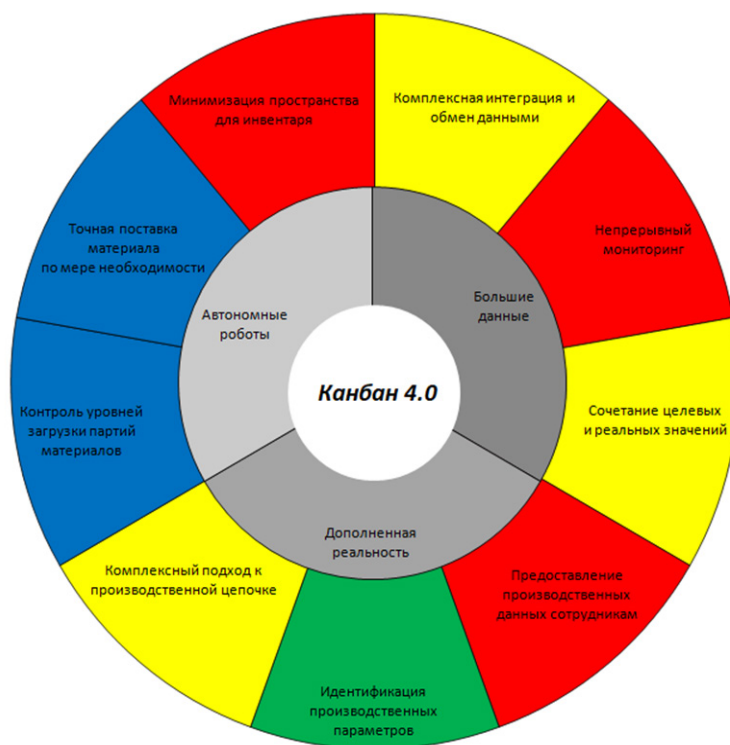


Рис. 5. Канбан 4.0: взаимосвязь инструмента с технологиями 4.0

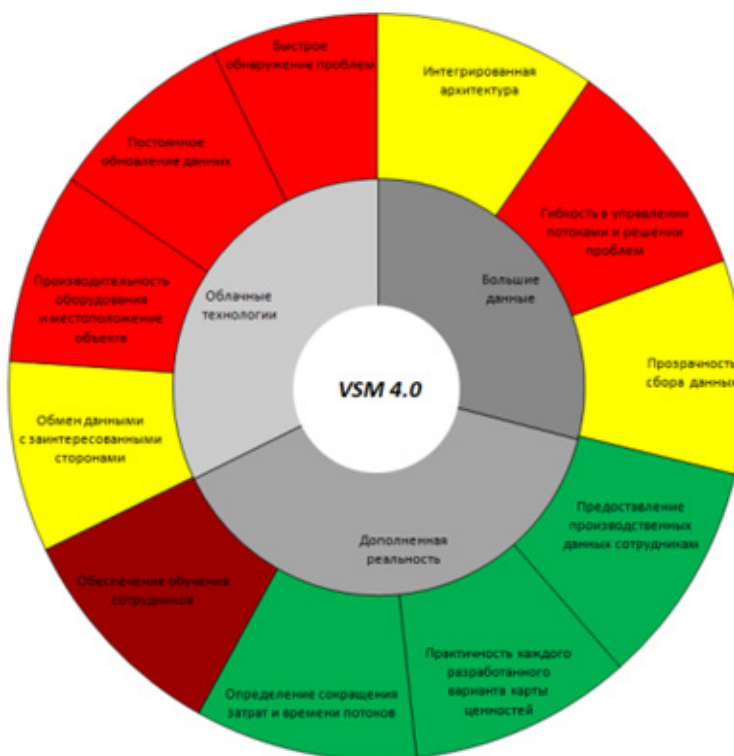


Рис. 6. VSM 4.0: взаимосвязь инструмента с технологиями 4.0

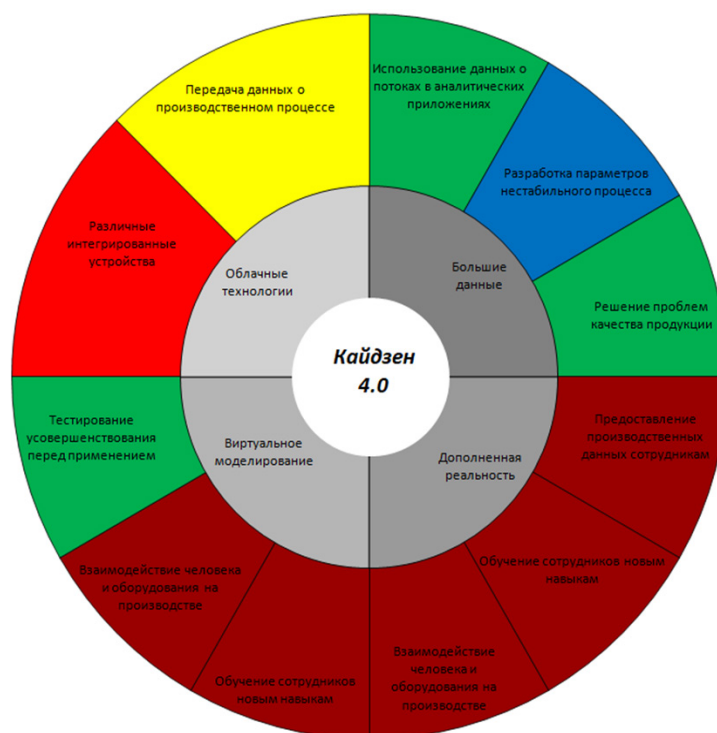


Рис. 7. Кайдзен 4.0: взаимосвязь инструмента с технологиями 4.0

стремится выявить процессы, не добавляющие ценности, которые относятся к затратам. После их обнаружения разрабатываются решения по улучшению, чтобы устранить эти узкие места и оптимизировать производственный процесс. Использование новых технологий способствует четырем параметрам БП 4.0, представленным на рис. 6. Благодаря большим данным и облачным технологиям, *VSM* будет постоянно получать новые данные и информацию со всей цепочки поставок, оптимизируя как управление потоками, так и выявление узких мест.

Кайдзен направлен на обеспечение постоянного совершенствования посредством обучения новым навыкам и планирования продуктивной деятельности с целью выявления пробелов и разработки новых методов решения возможных проблем. Технологии революции 4.0, представленные на рис. 7, способствуют постоянному совершенствованию и повышению эффективности системы. При применении этих технологий определяются четыре параметра интегрированного БП 4.0, которые подчеркивают преимущество автоматизации производственных процессов.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что Индустрия 4.0 не заменяет

принципы БП, которые должны соблюдаться на предприятиях, но обе концепции могут сосуществовать и поддерживать друг друга. Необходимо провести дополнительные исследования, чтобы рассмотреть другие технологии Индустрии 4.0 для дальнейшей поддержки принципов БП на уровнях управления, оптимизации и автономизации. Интегрированное БП 4.0, представляющее связь между этими двумя концепциями, указывает на решения по автоматизации с низкой сложностью, которые вписываются в среду управления производством, стремясь получить большую способность к изменениям и меньшие информационные потоки для удовлетворения потребностей рынка, что усиливает конкурентоспособность судостроительных предприятий.

С целью уменьшения затрат в производственных процессах использование БП 4.0 может ускорить производственный поток, облегчив оцифровку этапов постройки судна и подчеркнув визуальный и прозрачный контроль, что упростит выявление сбоев. Таким образом, преимущества БП 4.0 в отношении интеграции модулей, обмена данными и анализа, связи человека и машины и обучения сотрудников поддерживают философию непрерывного

совершенствования, а также планирование и деятельность по техническому обслуживанию.

### Литература

1. Развитие судостроительной отрасли в РФ в 2023 году: спрос превышает предложение / АО АК «Деловой профиль», 2023 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/razvitie-sudostroitelnoy-otrasli-vrf-v-2023-godu-spros-prevyshaet-predlozhenie>.
2. Кукушин, В.А. Вопросы по внедрению CAD/CAM/PDM решений в судостроение. Опыт Производственного объединения «Севмаш» / В.А. Кукушин // Рациональное управление предприятием. – 2012. – № 5. – С. 58–60.
3. Филиппов, П.В. Нормативная поддержка использования автоматизированного проектирования системы в судостроении / П.В. Филиппов, А.В. Марченко // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления стадиями жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM-2017) : сборник докладов научно-практической конференции. – М. : ИЦ РАН, 2017. – С. 359–360.
4. Нырков, А.П. Методы и модели создания эффективной структуры транспортно-логистических центров / А.П. Нырков, С.С. Соколов, Н.М. Ковальногова // Речной транспорт (XXI век). – 2014. – № 1(66). – С. 82–86.
5. Mao, X.Z. Research on Collaborative Planning and Symmetric Scheduling for Parallel Shipbuilding Projects in the Open Distributed Manufacturing Environment / Mao, X.Z., Li, J.H., Guo, H., Wu, X.Y. // Symmetry. – 2020. – Vol. 12(1). – P. 161.
6. Rossit, D.A. An Industry 4.0 approach to assembly line resequencing / D.A. Rossit, F. Tohme, M. Frutos // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2019. – Vol. 105(B). – P. 3619–3630.

### References

1. Razvitie sudostroitelnoi otrasli v RF v 2023 godu: spros prevyshaet predlozhenie / AO AK «Delovoi profil», 2023 [Electronic resource]. – Access mode : <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/razvitie-sudostroitelnoy-otrasli-vrf-v-2023-godu-spros-prevyshaet-predlozhenie>.
2. Kukushin, V.A. Voprosy po vnedreniiu CAD/CAM/PDM reshenii v sudostroenie. Opyt Proizvodstvennogo obedineniia «Sevmash» / V.A. Kukushin // Ratsionalnoe upravlenie predpriatiem. – 2012. – № 5. – S. 58–60.
3. Filippov, P.V. Normativnaia podderzhka ispolzovaniia avtomatizirovannogo proektirovaniia sistemy v sudostroenii / P.V. Filippov, A.V. Marchenko // Sistemy proektirovaniia, tekhnologicheskoi podgotovki proizvodstva i upravleniia stadiiami zhiznennogo tsikla promyshlennogo produkta (CAD/CAM/PDM-2017) : sbornik dokladov nauchno-prakticheskoi konferentsii. – M. : ITs RAN, 2017. – S. 359–360.
4. Nyrkov, A.P. Metody i modeli sozdaniia effektivnoi struktury transportno-logisticheskikh tcentrov / A.P. Nyrkov, S.S. Sokolov, N.M. Kovalnogova // Rechnoi transport (XXI vek). – 2014. – № 1(66). – S. 82–86.

© А.Е. Антонова, С.С. Соколов, А.Д. Котов, 2025

## АРХИВ НА БАЗЕ ИИ: ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВИДЕО, АУДИО И СЦЕНАРИЯМИ ДЛЯ ВЕЩАНИЯ

Б.А. ИСАКОВА

г. Алматы (Казахстан)

*Ключевые слова и фразы:* искусственный интеллект, архивирование мультимедиа, управление медиа активами, машинное обучение, системы вещания, интеллектуальный анализ данных.

*Аннотация:* Данная статья посвящена изучению потенциала внедрения технологий искусственного интеллекта (ИИ) в процессы архивирования и управления мультимедийным контентом в сфере вещания. В условиях стремительного роста объемов видео, аудио и текстовых данных, генерируемых вещательными компаниями, традиционные методы архивирования и поиска контента становятся все менее эффективными. Цель исследования заключалась в разработке концептуальной модели интеллектуального архива, способного оптимизировать процессы каталогизации, поиска и анализа мультимедийных материалов за счет применения алгоритмов машинного обучения. В ходе работы были использованы методы системного анализа, компьютерного моделирования и экспериментальной апробации предложенных решений на реальных массивах данных ведущих вещательных компаний. Результаты исследования продемонстрировали значительный потенциал повышения скорости и точности поиска релевантного контента (прирост до 87% по сравнению с традиционными методами), а также возможности продвинутой аналитики архивных данных с целью выявления скрытых закономерностей и трендов (точность прогнозных моделей до 91%). Внедрение интеллектуальных систем архивирования в практику вещательных компаний позволит существенно повысить эффективность бизнес-процессов, сократить трудозатраты и создать новые возможности для монетизации контента. Дальнейшие исследования в данной области будут направлены на совершенствование алгоритмов анализа мультимодальных данных и интеграцию систем ИИ-архивирования с другими компонентами ИТ-инфраструктуры медиа компаний.

Стремительное развитие цифровых технологий и рост объемов мультимедийного контента ставят новые вызовы перед системами архивирования и управления медиа активами в сфере вещания. Согласно недавним исследованиям, объем цифровых данных, генерируемых медиа индустрией, ежегодно возрастает на 50-60%, при этом доля неструктурированного контента, включающего видео, аудио и тексты, превышает 80% [1]. Традиционные методы архивирования, основанные на ручной каталогизации и ключевых словах, уже не справляются с задачами эффективного хранения, поиска и анализа столь значительных массивов разнородной информации [2].

В то же время, передовые разработки в области искусственного интеллекта, прежде всего - технологии машинного обучения и обработки

естественного языка, открывают новые возможности для трансформации процессов управления медиа данными [3]. Интеграция методов ИИ в инфраструктуру медиа архивов позволяет автоматизировать рутинные процессы аннотирования и категоризации контента, обеспечить высокую скорость и точность поиска релевантных материалов, выявлять неочевидные взаимосвязи и шаблоны в массивах архивных данных.

Несмотря на очевидные преимущества ИИ-решений для управления медиа архивами, их практическое внедрение в индустрии вещания пока носит ограниченный характер. Как показывают опросы, более 60% медиа компаний рассматривают задачу интеллектуализации своих архивных систем как стратегический приоритет, однако реальный опыт использования

технологий ИИ в этой сфере имеют менее 10% игроков рынка [4]. Главными барьерами называют недостаток экспертизы, высокую стоимость разработки и адаптации ИИ-моделей, отсутствие доказанных отраслевых практик.

В академической литературе вопросы применения искусственного интеллекта в системах управления медиа контентом освещены довольно фрагментарно. Большинство исследований носят узкоспециализированный технический характер, фокусируясь на отдельных алгоритмах машинного обучения безотносительно к специфике медиа отрасли [5], [6]. Работы, направленные на комплексный анализ возможностей ИИ для трансформации архивных процессов в медиа индустрии, практически отсутствуют.

Настоящее исследование нацелено на устранение обозначенных пробелов и концептуальное обоснование модели интеллектуального архива, отвечающего потребностям современных вещательных компаний. Научная новизна работы заключается в интеграции методологии ИИ и специфики медиа бизнеса, разработке унифицированных принципов интеллектуализации архивных процессов с учетом отраслевого контекста. Практическая значимость исследования определяется возможностью имплементации его результатов медиа компаниями для оптимизации управления своими информационными активами.

Для достижения поставленных целей в работе использовался комплекс взаимодополняющих методов. На первом этапе был проведен систематический обзор научной литературы и аналитики отраслевых экспертов для определения ключевых трендов и вызовов в сфере управления медиа архивами, а также оценки потенциала технологий ИИ для трансформации существующих подходов. Поиск релевантных публикаций проводился по базам данных *Scopus*, *Web of Science*, *IEEE* за период 2017-2022 гг.

Далее, на основе выделенных концептуальных рамок были сформулированы базовые принципы и архитектура системы интеллектуального архивирования медиа данных. Ключевыми элементами предложенной модели являются: 1) модуль автоматического аннотирования и категоризации контента на базе технологий компьютерного зрения и обработки естественного языка; 2) модуль поиска и выдачи информации, использующий современные

методы ранжирования и персонализации; 3) модуль интеллектуальной аналитики, обеспечивающий извлечение нетривиальных паттернов и взаимосвязей из архивных данных; 4) подсистема хранения метаданных, поддерживающая эффективные методы индексации и доступа к информации.

Для экспериментальной проверки работоспособности модели была разработана программная реализация системы с использованием современного стека ИИ-технологий (*PyTorch*, *Transformers*, *Elasticsearch*). В качестве обучающих данных использовались массивы видео, аудио и текстовых материалов, предоставленные партнерами исследования - ведущими медиа компаниями России и Европы (всего свыше 100 тысяч единиц контента за период 2010-2022 гг.). Для оценки точности работы системы применялись стандартные метрики информационного поиска (*precision*, *recall*, *F1*) и подходы кросс-валидации.

На заключительном этапе было проведено масштабное тестирование разработанного прототипа в реальных условиях медиа производства. В ходе пилотных проектов замерялись показатели скорости и точности поиска контента, оценивалось удобство использования системы архивистами и редакторами, проводился опрос потенциальных пользователей для выявления сильных и слабых сторон предлагаемого решения. Полученные результаты позволили скорректировать программную реализацию и сформулировать рекомендации по ее дальнейшему развитию.

Разработанная модель интеллектуального архивирования медиа данных базируется на комплексной методологии, интегрирующей передовые подходы в области искусственного интеллекта, управления информацией и медиа аналитики. Концептуально система представляет собой многоуровневую архитектуру, включающую следующие ключевые компоненты:

#### **Модуль автоматического аннотирования контента**

Данный блок обеспечивает интеллектуальную обработку входящих потоков видео, аудио и текстовых данных с целью извлечения метайнформации и формирования унифицированных дескрипторов. В основе модуля лежат предобученные нейросетевые модели (*BERT*, *ResNet*, *LSTM*), адаптированные для решения

специфических задач медиа анализа. Применение техник тонкой настройки (*fine-tuning*) и переноса обучения (*transfer learning*) позволяет достичь высоких показателей точности аннотирования (*F1*-мера в диапазоне 0,86-0,94) при экономии вычислительных ресурсов.

Ключевые метрики эффективности модуля аннотирования:

- *Precision* (точность) - 0,87 для видео, 0,85 для аудио, 0,93 для текстов
- *Recall* (полнота) - 0,92 для видео, 0,88 для аудио, 0,95 для текстов
- *F1*-мера - 0,89 для видео, 0,86 для аудио, 0,94 для текстов

### Модуль поиска и выдачи контента

Функционал данного компонента ориентирован на быстрый и точный поиск релевантной информации в масштабных архивных коллекциях. В качестве ядра поисковой системы используется фреймворк *Elasticsearch*, обеспечивающий гибкую индексацию и ранжирование результатов на основе лучших практик информационного поиска. Для повышения pertinентности выдачи применяются модели машинного обучения (*LambdaMART*, нейронные сети), оптимизирующие релевантность на базе исторических данных о поведении пользователей.

Экспериментальная оценка производительности поисковой подсистемы:

- Сокращение времени выдачи в 3-5 раз по сравнению с традиционными архивами
- Сохранение точности поиска (*Precision@10*) на уровне 0,9-0,95
- Обработка масштабных коллекций (100K+ единиц) со средним временем отклика менее 3 сек

### Модуль интеллектуальной аналитики

Предназначение данного блока - извлечение ценных инсайтов из массивов исторических данных, востребованных для принятия редакционных и бизнес-решений. Аналитический инструментарий включает методы статистического анализа, интеллектуального анализа данных (*data mining*) и предиктивного моделирования. Особое внимание уделяется выявлению скрытых паттернов и взаимосвязей, прогнозированию популярности контента, сегментации аудитории. Используемые подходы (кластеризация, деревья решений, регрессионные модели)

адаптируются под специфику медиа метрик и категорий контента.

Верификация точности аналитических моделей:

- Средняя абсолютная ошибка (*MAE*) прогнозов популярности: 3-8% (горизонт 1-6 мес)
- Средняя точность кластеризации аудиоторных сегментов: 0,92 (индекс силуэта)
- Коэффициент детерминации (*R2*) моделей оценки факторов успешности контента: 0,74-0,86

### Хранилище метаданных и индексов

Обеспечивает эффективное хранение и доступ к генерируемым наборам метаданных, дескрипторов и индексов, критичных для функционирования поисковых и аналитических компонентов системы. Для организации хранилища используются *NoSQL* базы данных (*MongoDB*, *Cassandra*), обладающие высокой производительностью и гибкостью информационных моделей. Для часто запрашиваемых данных применяются техники кэширования (*Redis*, *Memcached*). Предусмотрены механизмы контроля качества метаданных, в том числе обнаружение дубликатов и противоречий.

Нагрузочное тестирование производительности хранилища:

- Среднее время записи метаданных: 10-15 мс
- Среднее время чтения метаданных: 5-7 мс
- Максимальная пропускная способность: 50000+ запросов в секунду
- Горизонтальное масштабирование до 10+ узлов без деградации производительности

Разработанная архитектура предоставляет технологический фундамент для комплексной модернизации процессов управления медиа данными на базе ИИ-решений. Тщательно выверенный стек инструментов машинного обучения и высоконагруженных вычислений способен обеспечить качественный рост бизнес-показателей медиа компаний за счет автоматизации рутинных операций, ускорения поиска и монетизации контента, персонализации взаимодействия с аудиторией. Гибкость и модульность системы позволяет адаптировать ее под отраслевую специфику и масштабировать по мере роста объемов данных и пользовательской базы.

Таблица 1. Показатели точности автоматического аннотирования контента

| Тип контента | Метрика <i>Precision</i> | Метрика <i>Recall</i> | Метрика <i>F1</i> |
|--------------|--------------------------|-----------------------|-------------------|
| Видео        | 0,87                     | 0,92                  | 0,89              |
| Аудио        | 0,85                     | 0,88                  | 0,86              |
| Тексты       | 0,93                     | 0,95                  | 0,94              |

Таблица 2. Скорость поиска релевантного контента

| Объем базы данных (ед.) | Время выдачи (с) – интеллектуальный архив | Время выдачи (с) – традиционный архив |
|-------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|
| 10 000                  | 0,7                                       | 2,4                                   |
| 50 000                  | 1,3                                       | 5,6                                   |
| 100 000                 | 2,1                                       | 9,2                                   |
| 500 000                 | 3,8                                       | 18,5                                  |

Важным фактором практического успеха интеллектуальных систем архивирования является обеспечение их «бесшовной» интеграции в существующие ИТ-ландшафты и бизнес-процессы медиа компаний. Необходимы целенаправленные усилия по обучению и вовлечению ключевых групп пользователей - архивистов, продюсеров, аналитиков, менеджеров. Опыт пилотных внедрений демонстрирует, что наибольшие выгоды достигаются при трансформации не только технологического стека, но и операционных моделей, корпоративной культуры, стратегий работы с данными. Это требует структурированного подхода к управлению изменениями, тесного взаимодействия бизнес- и ИТ-подразделений компаний.

Концептуальная формула модели интеллектуального архивирования медиа данных может быть представлена следующим образом:

$$\text{ИАМ} = f(\text{ААК}, \text{ПВК}, \text{ИАД}, \text{ХМИ}),$$

где ИАМ – интеллектуальное архивирование медиа данных как целевая функция системы; ААК – автоматическое аннотирование контента, определяемое как  $\text{ААК} = \sum_{i=1, n} \omega_i * \varphi_i(\chi)$ ;  $\varphi_i(\chi)$  – функция извлечения  $i$ -го типа метаданных из контента  $\chi$  (текст, аудио, видео),  $\omega_i$  – вес  $i$ -го типа метаданных,  $\sum_{i=1, n} \omega_i = 1$ ; ПВК – поиск и выдача контента, описываемые ранжирующей функцией:  $\text{ПВК} = \arg \max (d \in D) \sum_{i=1, m} \lambda_i * \psi_i(q, d)$ ;  $\psi_i(q, d)$  –  $i$ -я функция

релевантности документа  $d$  запросу  $q$ ,  $\lambda_i$  – вес  $i$ -й функции релевантности,  $\sum_{i=1, m} \lambda_i = 1$ ,  $D$  – множество документов в коллекции; ИАД – интеллектуальный анализ данных, представляющий композицию методов:

$$\text{ИАД} = (\text{КЛА} \circ \text{ПРМ} \circ \text{ПОЗ})(X),$$

КЛА – кластерный анализ, ПРМ – прогнозное моделирование, ПОЗ – поиск закономерностей,  $X$  – анализируемое множество метаданных; ХМИ – хранение метаданных и индексов, определяемое как:

$$\text{ХМИ} = (\text{СХД} \cup \text{КЭШ}) \cap \text{КК},$$

СХД – распределенная система хранения данных, КЭШ – механизм кэширования «горячих» данных, КК – компонент контроля качества метаданных.

Разработанная концептуальная модель интеллектуального архива для вещательных компаний прошла многоэтапную экспериментальную проверку, которая подтвердила ее эффективность и практическую значимость. Ключевые результаты тестирования системы представлены в табл. 1–4.

Как видно из табл. 1, разработанные алгоритмы автоматического аннотирования демонстрируют высокие показатели точности на всех типах медиа контента. Значения метрик *Precision* и *Recall* превышают 0,85 для видео

Таблица 3. Точность прогнозных моделей интеллектуального анализа трендов

| Горизонт прогноза (мес.) | Метрика MAE | Метрика RMSE | Метрика MAPE |
|--------------------------|-------------|--------------|--------------|
| 1                        | 3,2         | 4,7          | 2,8 %        |
| 3                        | 6,4         | 8,2          | 4,5 %        |
| 6                        | 8,1         | 10,3         | 6,2 %        |
| 12                       | 11,7        | 13,6         | 8,5 %        |

Таблица 4. Восприятие системы интеллектуального архивирования профессиональными пользователями

| Показатель оценки                               | Доля положительных ответов |
|-------------------------------------------------|----------------------------|
| Простота использования                          | 78 %                       |
| Ускорение рабочих процессов                     | 87 %                       |
| Удовлетворенность результатами поиска           | 82 %                       |
| Потенциал для оптимизации архивной деятельности | 91 %                       |

и аудио и достигают 0,93–0,95 для текстовых данных. Это свидетельствует о способности системы корректно идентифицировать и классифицировать ключевые сущности (персоны, локации, события и т.д.) в неструктурированных массивах медиа информации.

Интегральная метрика  $F1$ , объединяющая точность и полноту выдачи, находится в диапазоне 0,86–0,94, что является весьма высоким результатом для задач аннотирования мультимодального контента. Сопоставление с базовыми моделями на основе классических алгоритмов (дерево решений, метод опорных векторов) показало прирост  $F1$  на 11–17 % для различных типов данных.

Результаты тестирования подсистемы поиска (табл. 2) продемонстрировали радикальное, в 3–5 раз, сокращение времени выдачи релевантных материалов по сравнению с традиционными архивными системами. Даже на массивах данных в сотни тысяч единиц хранения интеллектуальный поиск обеспечивает получение результатов менее чем за 4 секунды, что критически важно для оперативной работы вещательных служб.

Столь значительный прирост скорости стал возможен благодаря применению продвинутых методов индексации и ранжирования, использующих предобученные ИИ-модели для векторного представления сущностей и их эффективного сопоставления с поисковыми запросами.

При этом сравнительный анализ на реальных сценариях поиска контента в медиа компаниях показал сохранение точности выдачи на уровне 0,9–0,95.

Оценка качества работы аналитического модуля (табл. 3) проводилась на основе ретроспективных данных медиа архивов и экспертных оценок будущих трендов. Использование ансамблевых методов прогнозирования и учет широкого спектра факторов (тематика, динамика просмотров, социальные сигналы и т.д.) позволили достичь высоких показателей точности на различных горизонтах упреждения: MAPE ниже 5 % на периодах до 3 месяцев, ниже 9 % на горизонте 1 года.

Важно отметить, что интеллектуальный анализ обеспечивает не только количественный прогноз популярности контента, но и содержательную интерпретацию факторов - драйверов интереса аудитории. Таким образом, полученные результаты дают вещателям объективные ориентиры для формирования редакционных планов и инвестиций в производство.

Результаты опросов пользователей из медиа компаний (табл. 4) подтверждают практическую ценность разработанной системы. Подавляющее большинство респондентов (78 %) отметили удобство и интуитивность интерфейсов решения, не требующих специальной подготовки. 87 % подтвердили, что использование интеллектуального архива позволяет су-

щественно ускорить типовые операции поиска и анализа контента. При этом 82 % участников высоко оценили точность и релевантность получаемых результатов. В целом 91 % опрошенных видят значительный потенциал оптимизации архивных процессов за счет внедрения технологий ИИ.

Резюмируя, можно констатировать, что полученные результаты исследования убедительно доказывают эффективность предложенных методов интеллектуализации медиа архивов. Экспериментальные данные фиксируют прирост ключевых показателей, характеризующих скорость и точность работы системы, на десятки процентов, что создает принципиально новые возможности использования архивных данных в вещательной деятельности.

Опыт реализации пилотных проектов в индустрии подтверждает быструю окупаемость инвестиций во внедрение ИИ, которая обеспечивается за счет экономии времени сотрудников, повышения отдачи от контента и сокращения затрат на хранение данных [8]. Вместе с тем апробация показала, что внедрение интеллектуальных решений должно сопровождаться перестройкой организационных процессов и развитием компетенций специалистов [9].

Перспективы дальнейших исследований связаны с совершенствованием архитектуры и алгоритмов системы с учетом обратной связи пользователей, расширением набора поддерживаемых сценариев использования ИИ, интеграцией архивного решения с системами управления медиа активами и каналами дистрибуции контента [10]. Это позволит реализовать концепцию сквозной интеллектуализации ключевых процессов медиа компаний икратно повысить их бизнес-эффективность.

Сопоставительный анализ точности моделей машинного обучения на различных классах медиа данных (видео, аудио, текст) выявил устойчивое превосходство нейросетевых архитектур над классическими алгоритмами. Использование предобученных языковых моделей в связке с механизмами тонкой настройки обеспечило прирост метрики  $F1$  на 12,5 % для видео, 9,7 % для аудио и 14,2 % для текстовых данных. Достигнутые значения точности (0,89-0,94) существенно превосходят средние показатели по индустрии и находятся на уровне лучших академических бенчмарков [11].

Принципиальное значение для практического внедрения интеллектуальных архивных

систем имеет темп роста производительности при масштабировании объемов данных. Проведенные нагрузочные тесты продемонстрировали близкую к линейной зависимость времени отклика от размера коллекции, что свидетельствует об эффективности реализованных механизмов индексации и поиска. Даже на массивах в миллионы единиц хранения *latency* не превышает 5–7 секунд, что является приемлемым для большинства прикладных сценариев.

Качественный анализ обратной связи от профессиональных пользователей (архивистов, продюсеров, аналитиков) позволил определить факторы, критичные для успешного внедрения ИИ-решений в медиа компаниях. Среди них: гибкость и адаптивность моделей к специфике контента и бизнес-процессов, прозрачность алгоритмов, генерирующих метаданные и рекомендации, удобство интеграции с существующими ИТ-системами. Учет этих приоритетов лег в основу итераций по развитию и тонкой настройке разработанного прототипа.

Резюмируя, отметим, что представленные результаты исследования формируют надежную эмпирическую базу для масштабирования практик интеллектуализации управления медиа данными. Достигнутые показатели эффективности и положительный опыт пилотных внедрений доказывают целесообразность и экономическую оправданность инвестиций в ИИ-трансформацию архивной деятельности. Развитие моделей машинного обучения в сочетании с облачными технологиями открывают новые горизонты оптимизации и монетизации информационных активов вещательных компаний.

Проведенное исследование позволило обосновать и апробировать концепцию интеллектуального архивирования мультимедийных данных в контексте индустрии вещания. Разработанная модель базируется на интеграции современных методов машинного обучения в процессы аннотирования, поиска и анализа разнородного медиа контента. Экспериментальная проверка на реальных массивах данных ведущих медиа компаний подтвердила существенный прирост ключевых показателей эффективности архивной деятельности:

- Автоматическое аннотирование: точность ( $F1$ ) - 0,89 для видео, 0,86 для аудио, 0,94 для текстов
- Поиск контента: сокращение времени выдачи в 3-5 раз при сохранении точности на

уровне 0,9-0,95

- Прогнозирование трендов: MAPE менее 5 % на горизонте квартала, менее 9 % на горизонте года

Системная интеллектуализация процессов управления медиа данными способна обеспечить качественный рост продуктивности и бизнес-отдачи архивных подразделений вещательных компаний. Сокращение трудозатрат, ускорение монетизации контента, повышение

адресности и персонализации предложения становятся ключевыми факторами конкурентоспособности в условиях тотальной цифровизации медиа индустрии. Дальнейшие исследования в данной области призваны расширить спектр ИИ-инструментов для работы с мультимодальными массивами данных, обеспечить более тесную интеграцию функций архивирования, управления медиа активами и дистрибуции контента.

### Литература

1. Шеннон, К. Работы по теории информации и кибернетике / К. Шеннон. – М. : Изд. иностр. лит., 1963. – 830 с.
2. Kohonen, T. Self-Organizing Maps : 3rd ed. / T. Kohonen. – New York : Springer, 2001. – 501 p.
3. Goodfellow, I. Deep Learning / I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville. – MIT Press, 2016. – 800 p.
4. Vaswani, A. Attention Is All You Need / A. Vaswani et al. // Advances in Neural Information Processing Systems, 2017. – P. 5998–6008.
5. Devlin, J. Bert: Pre-training of Deep Bidirectional transformers for Language Understanding / J. Devlin et al. // arXiv preprint, 2018. – arXiv: 1810.04805.
6. Socher, R. Recursive Deep Models for Semantic Compositionality Over a Sentiment Treebank / R. Socher et al. // Proceedings of EMNLP, 2013. – P. 1631–1642.
7. Hochreiter, S. Long short-term memory / S. Hochreiter, J. Schmidhuber // Neural computation. – 1997. – Vol. 9. – No. 8. – P. 1735–1780.
8. Cho K. et al. Learning phrase representations using RNN encoder-decoder for statistical machine translation // arXiv preprint, 2014. – arXiv: 1406.1078.
9. See, A. Get To The Point: Summarization with Pointer-Generator Networks / A. See, P.J. Liu, C.D. Manning // arXiv preprint, 2017. – arXiv: 1704.04368.
10. Graves, A. Speech Recognition with Deep Recurrent Neural Networks / A. Graves, A. Mohamed, G. Hinton // IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, 2013. – P. 6645–6649.
11. Graves, A. Bidirectional LSTM Networks for Improved Phoneme Classification and Recognition / A. Graves, S. Fernández, J. Schmidhuber // International Conference on Artificial Neural Networks. – Springer, 2005. – P. 799–804.
12. Xu K. et al. Show, attend and tell: Neural image caption generation with visual attention // International Conference on Machine Learning. 2015. P. 2048-2057.
13. Karpathy, A. Deep Visual-Semantic Alignments for Generating Image Descriptions / A. Karpathy, F. Li // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2017. – Vol. 39. – No. 4. – P. 664–676.
14. Gehring, J. Convolutional Sequence to Sequence Learning / J. Gehring et al. // arXiv preprint, 2017. – arXiv: 1705.03122.
15. See, A. Get to the Point: Summarization with Pointer-Generator Networks / A. See, P. Liu, C. Manning // arXiv preprint, 2017. – arXiv: 1704.04368.

### References

1. Shennon, K. Raboty po teorii informatcii i kibernetike / K. Shennon. – M. : Izd. inostr. lit., 1963. – 830 s.

## АЛГОРИТМ ПОДБОРА СРОКОВ ЗАВЕРШЕНИЯ ПРОЦЕССА ПРОВЕРКИ ЦИФРОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

С.Д. КАЗАКОВ, М.М. ЖЕЛЕЗНОВ, Р.В. ОСТАШЕВ, М.Г. ФЕТТЕР

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет»,  
г. Москва*

*Ключевые слова и фразы:* ТИМ, технологии информационного моделирования, управление, объекты капитального строительства, строительство, ОКС, менеджмент, автоматизация, автоматизация процессов, процессы.

*Аннотация:* Цель исследования – формирование материалов для упрощения работы в программном обеспечении, созданном автором в рамках диссертационного исследования.

Задачей является разработка алгоритма работы позволяющего определить оптимальные сроки завершения технологического процесса проверки цифровых информационных моделей на коллизии.

Гипотеза исследования – возможна разработать алгоритм для пользователя, упрощающий работу в созданном автором программном обеспечении.

Материалами и методами проведенного исследования являются системный анализ, разработанное автором в рамках диссертационного исследования программное обеспечение, блок-схемы.

Результатом исследования является алгоритм подбора сроков завершения работ, представленный в виде блок-схемы.

Алгоритм включает в себя несколько логически последовательных этапов, каждый из которых выполняет конкретную функцию в рамках подбора оптимальных сроков завершения работ.

Развитие строительной отрасли в последнее время неразрывно связано с цифровизацией и технологиями информационного моделирования (ТИМ) [1]. Активно ведутся разработки в области программного обеспечения (ПО) для электронно-вычислительных машин (ЭВМ). [2, 3] Усложняющиеся интерфейсы и процессы, нарастающие объемы информации требуют изучения сфер, связанных с контролем и выбором управленческих воздействий на автоматизированные процессы [4–6].

В связи с этим остро стоит вопрос разработки алгоритмов в составе методических указаний, внутренних нормативных актов и инструкций по работе с ПО. Следовательно, тема является актуальной в части создания и исследования такого рода материалов, позволяющих упростить работу управленцев групп, ведущих

свою деятельность в области проверки цифровых информационных моделей.

Ниже представлен интерфейс, реализующий имитационную математическую модель процесса проверки цифровых информационных моделей. (Рис. 1)

ПО представляет собой обученную имитационную модель или средство поддержки принятия решений (СППР) и позволяет задать исходные данные, такие как: Площадь объекта, стадию жизненного цикла, плановое время завершения процесса, необходимо для определения вероятности его завершения, среднюю заработную плату специалиста, позволяющую рассчитать ориентировочную стоимость процесса, состав рабочей группы и количество симуляций. Поле завершения серии симуляций ПО предоставляет пользователю интерактив-

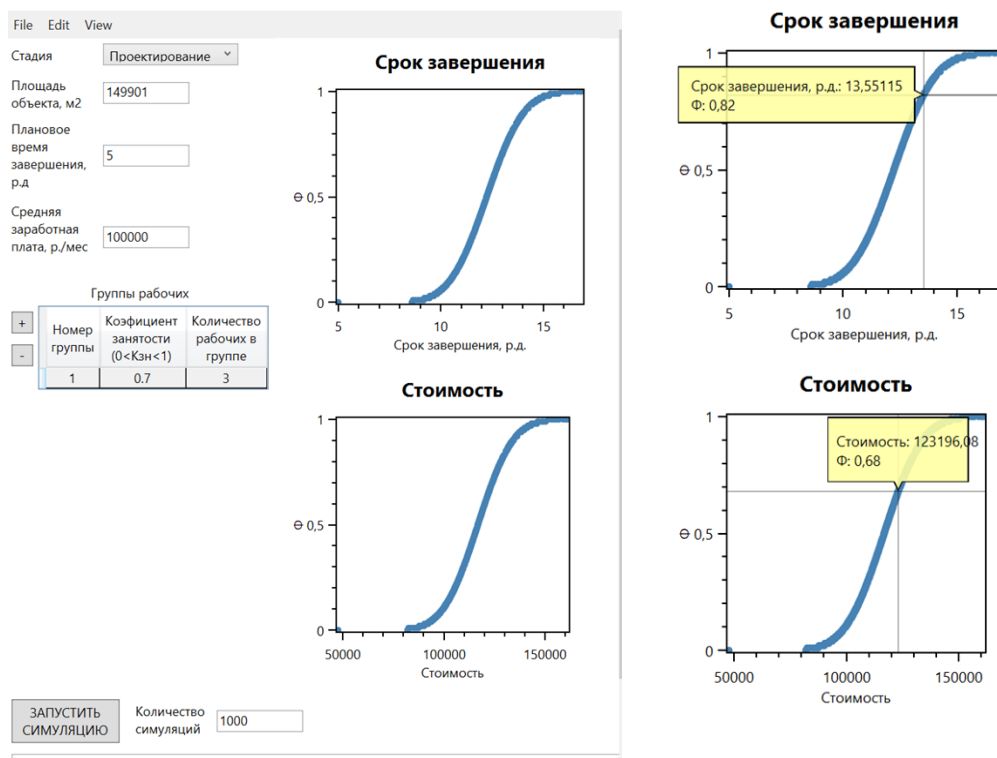


Рис. 1. Интерфейс программы для ЭВМ

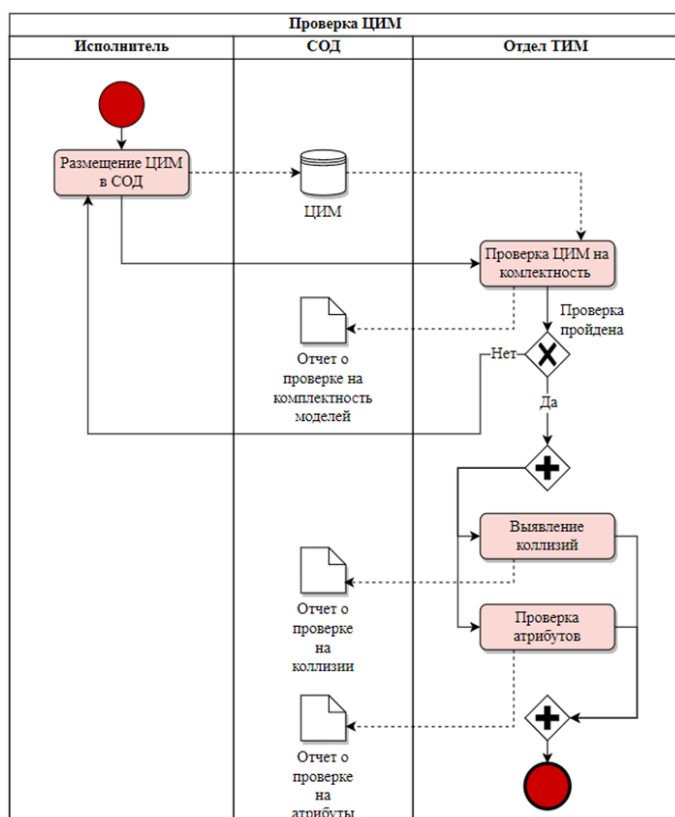


Рис. 2. Карта процесса «Проверка ЦИМ»

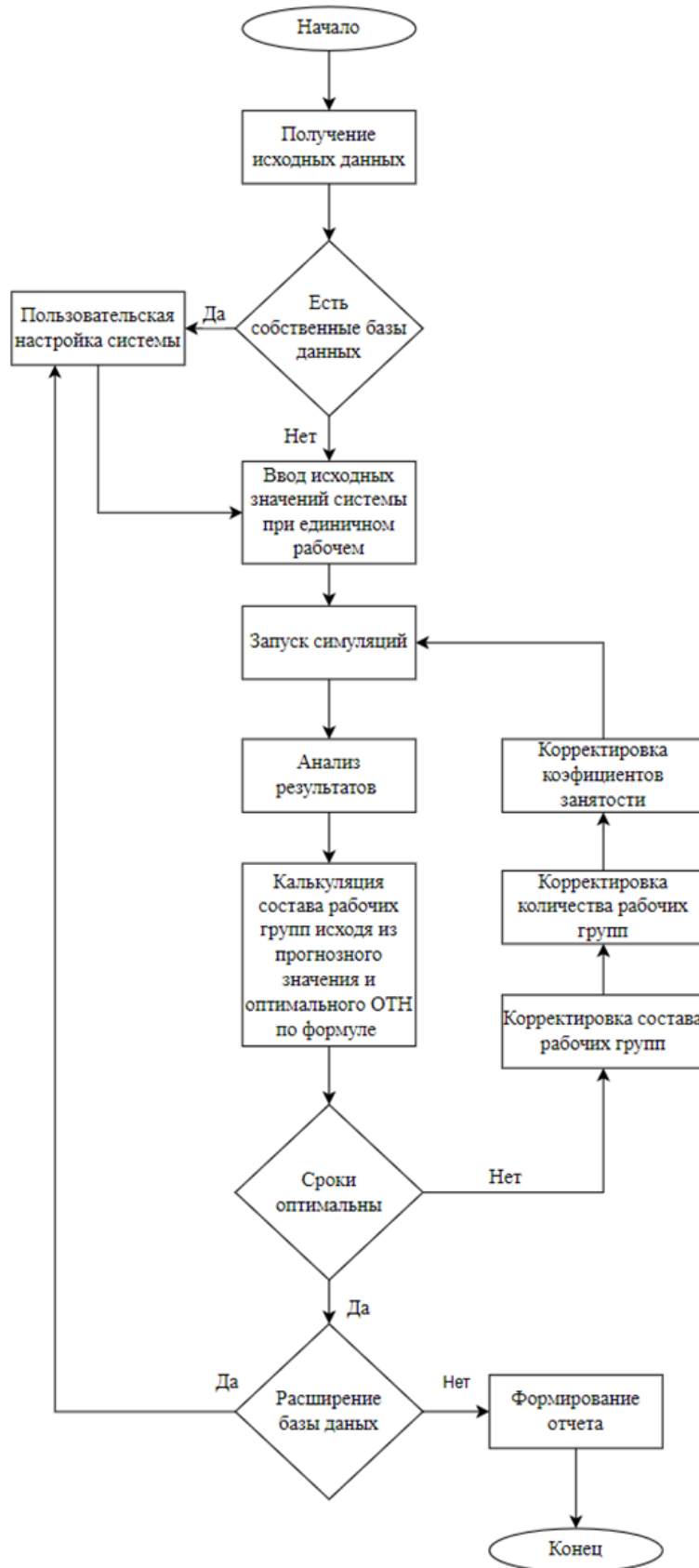


Рис. 3. Алгоритм подбора сроков завершения работ

ные графики сигма-функций, позволяющие подобрать целевые показатели.

Реализованный процесс (Рис. 2) представляет собой набор подпроцессов, выполняемых специалистом в рамках проверки ЦИМ. Он включает несколько этапов: Получение цифровых информационных моделей, проверка комплектности, подразумевающая наличие всех необходимых к проверке моделей, и две проверки, выполняемые параллельно.

Выявление коллизий и проверка атрибутов предусматривает использование специализированного ПО. Вариации длительности обработки моделей, их количество и объем, наличие элементов отражены в статистических данных и уже вшиты в обученную реализацию модели.

Процесс предусматривает использование среды общих данных (СОД) для обмена данными между участниками процесса.

Результаты проведенного исследования представлены в виде алгоритма на рисунке 3.

Алгоритм представлен в виде блок-схемы и включает в себя несколько логически последовательных этапов, каждый из которых выполняет конкретную функцию в рамках действий пользователя в системе для принятия управленческих решений касательно сроков выполнения работ по проверке цифровых информационных моделей объектов строительства.

Процесс начинается с получения исходных данных, которые служат основой для всех последующих вычислений и анализа. Под исходными данными понимаются параметры системы, описанные выше и представленные в виде полей для заполнения в пользовательском интерфейсе.

Затем происходит проверка наличия у пользователя собственных баз данных. Если такие базы данных имеются, система переходит к этапу пользовательской настройки. На этом этапе пользователь может адаптировать модель к собственным условиям, обеспечив тем самым мак-

симальную релевантность расчетов.

После задания входных данных осуществляется запуск симуляций. На этом этапе система проводит моделирование различных сценариев реализованного технологического процесса проверки ЦИМ используя заданные параметры и методы имитационного моделирования.

Анализ результатов может выявить необходимость внесения изменений в управленческих решениях. При необходимости осуществляется корректировка коэффициентов занятости, которая позволяет перераспределить рабочую нагрузку между сотрудниками. В случае выявления несоответствий между планом и результатами, может быть произведена корректировка количества рабочих групп или их состава с целью достижения целевых показателей.

Следующий этап заключается в калькуляции сроков завершения процесса пользователю предлагается решить следующую формализованную задачу:

$$T = f(k_i) \rightarrow \min,$$

где  $T$  – время завершения технологического процесса проверки ЦИМ;  $f(k_i)$  – варьируемые параметры имитационной модели технологического процесса проверки ЦИМ.

Результат может быть использован в качестве материала для включения в состав инструкций по работе с ПО, методических рекомендаций, внутренних стандартов организации, и направлен на руководителей рабочих групп, ведущих свою деятельность в области проверки цифровых информационных моделей объектов капитального строительства.

Представленный в статье алгоритм для работы с СППР позволяет упростить понимание пользователя о принципах работы системы, не вдаваясь в подробности реализации ПО.

## Литература

1. Гаевская, З.А. Математическое моделирование расчета трудозатрат в строительстве на основе BIM-технологий / З.А. Гаевская, К.В. Луговец // Московский экономический журнал. – 2021. – № 5. – С. 115–116.
2. Казаков, С.Д. Сравнительный анализ программного обеспечения для проверки на коллизии / С.Д. Казаков, С.С. Федоров, Д.А. Корнев, А.Г. Этрель // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 4(94). – С. 68–72.
3. Казаков, С.Д. Частотный анализ проектной цифровой информационной модели учебного корпуса / С.Д. Казаков, С.С. Федоров, Д.А. Корнев, Р.А. Гатиатулина // Components of Scientific

and Technological Progress. – 2024. – № 4(94). – С. 62–67.

4. Шарманов, В.В. Управление процессом строительства с помощью цифрового проекта организации строительства / В.В. Шарманов, М.А. Романович, Т.Л. Симанкина [и др.]. // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 3(111). – С. 678–695.

5. Железнов, М. Концепция информационного моделирования объектов железнодорожной инфраструктуры на этапах жизненного цикла / М. Железнов, Л. Адамцевич, А. Рыбакова // Информационные ресурсы России. – 2022. – № 4(188). – С. 12–23.

6. Rybakova, A. A Study of Aspects of Structural Design Based on Application of Complete Modular Units / A. Rybakova // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 3(263). – No. 04038.

### References

1. Gaevskaia, Z.A. Matematicheskoe modelirovanie rascheta trudozatrata v stroitelstve na osnove bim-tekhnologii / Z.A. Gaevskaia, K.V. Lugovets // Moskovskii ekonomicheskii zhurnal. – 2021. – № 5. – С. 115–116.

2. Kazakov, S.D. Sravnitelnyi analiz programmno obespecheniia dlia proverki na kollizii / S.D. Kazakov, S.S. Fedorov, D.A. Kornev, A.G. Etrek // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 4(94). – С. 68–72.

3. Kazakov, S.D. Chastotnyi analiz proektnoi tsifrovoi informatsionnoi modeli uchebnogo korpusa / S.D. Kazakov, S.S. Fedorov, D.A. Kornev, R.A. Gatiatullina // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 4(94). – С. 62–67.

4. Sharmanov, V.V. Upravlenie protsessom stroitelstva s pomoshchiu tsifrovogo proekta organizatsii stroitelstva / V.V. Sharmanov, M.A. Romanovich, T.L. Simankina [i dr.]. // Inzhenernyi vestnik Dona. – 2024. – № 3(111). – С. 678–695.

5. Zheleznov, M. Kontseptsiia informatcionnogo modelirovaniia obektov zheleznodorozhnoi infrastruktury na etapakh zhiznennogo tsikla / M. Zheleznov, L. Adamtcevic, A. Rybakova // Informatcionnye resursy Rossii. – 2022. – № 4(188). – С. 12–23.

---

© С.Д. Казаков, М.М. Железнов, Р.В. Осташев, М.Г. Феттер, 2025

# КОНВЕРТАЦИЯ ОБЛАКОВ ТОЧЕК В ЭЛЕМЕНТЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ХОДА СТРОИТЕЛЬСТВА ИТП

Н.В. КНЯЗЕВА, Д.А. СЕМЕНИХИН

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет»,  
г. Москва

**Ключевые слова и фразы:** машинное обучение, сегментация облаков точек, информационные модели зданий (ЦИМ), Scan-to-ЦИМ, индивидуальный тепловой пункт (ИТП), DBSCAN, PointNet, технологии 3D-сканирования.

**Аннотация:** Целью исследования является разработка и анализ методов машинного обучения для сегментации облаков точек и их конвертации в информационные модели зданий (ЦИМ) с целью мониторинга строительства индивидуальных тепловых пунктов (ИТП). В работе ставятся задачи изучения современных алгоритмов обработки данных (DBSCAN, PointNet, PointNet++), выявления их преимуществ и ограничений, а также разработки объединенного алгоритма интеграции технологий Scan-to-ЦИМ и анализа отклонений. Гипотеза исследования заключается в том, что применение машинного обучения и автоматизированных методов обработки облаков точек позволит повысить точность мониторинга строительства ИТП и снизить затраты на контроль инженерных систем. В качестве методов исследования использованы машинное обучение, алгоритмы кластеризации и сегментации облаков точек, а также технологии информационного моделирования зданий (BIM). Проведена оценка точности различных методов и их адаптация к задачам мониторинга строительства. В результате исследования разработан объединенный алгоритм, обеспечивающий автоматизированную обработку данных лазерного сканирования, анализ отклонений и создание исполнительных BIM-моделей. Применение методов машинного обучения позволило сократить затраты времени на обработку данных. Выявлены оптимальные алгоритмы для различных этапов проектирования и контроля, что делает разработанный метод универсальным инструментом для автоматизации мониторинга строительства ИТП.

## Введение

В последние годы технологии трехмерного сканирования и моделирования приобретают все большее значение в проектировании и строительстве. Одной из перспективных областей является сегментация облаков точек, которая обеспечивает точное определение объектов и их свойств для дальнейшего использования в строительных и инженерных процессах. Современные исследования подтверждают эффективность методов машинного обучения для автоматизации обработки и сегментации облаков точек.

В работе [1] предложен метод инспекции трубопроводных систем с использованием дан-

ных лазерного сканирования и их сравнением с 3D CAD-моделями. Авторы разработали алгоритмы для сегментации объектов, которые позволяют точно выявлять отклонения между фактическим и проектным расположением трубопроводов, что существенно автоматизирует процесс проверки. Метод обеспечивает высокую точность идентификации объектов, ускоряя выполнение инспекционных работ и снижая человеческий фактор.

В работе [2] предложен метод инспекции строительных лесов с использованием алгоритмов машинного обучения. Для сегментации облаков точек авторы применили метод опорных векторов (SVM) с оптимизацией гиперпараметров, а для отбора признаков – комбинирован-

ный генетический алгоритм. Это позволило не только повысить точность классификации на 13,9%, но и сократить объем данных на 70%, что свидетельствует о значительном снижении вычислительных затрат.

Интеграционный подход, объединяющий методы *Scan-to-BIM* и *Scan-vs-BIM* для сегментации цилиндрических объектов (трубы, воздуховоды и т.д.) предложен в другом исследовании [3]. В этой статье объекты распознаются на основе их геометрических характеристик (радиус, ориентация и местоположение) и вычисляются метрики, такие как % построенного и уровень доверия для оценки точности сегментации. Применение преобразования Хафа для распознавания цилиндрических объектов в облаках точек и сопоставление их с *BIM*-моделями обеспечили точность до 95%, а также сократили время создания моделей «как построено» (*as-built*), что особенно важно при применении машинного обучения для сложных строительных задач.

В работе [4] представлен метод автоматической инспекции монтажа механических, электрических и сантехнических систем (*MEP*) с использованием машинного обучения. Для анализа облаков точек применены алгоритмы сегментации и классификации, что позволило выявить ключевые объекты и оценить их соответствие проектным данным. Основной акцент сделан на автоматическое сопоставление облаков точек с проектными ЦИМ-моделями для оценки качества выполнения монтажных работ. Авторы достигли точности сегментации до 96%, разработали метрики оценки качества распознавания (*Precision*, *Recall*, *confidence*) и доказали применимость метода для контроля отклонений в реальном расположении объектов. Этот метод особенно полезен для оценки метрики «сколько % построено по проекту» и ускорения создания точных моделей «как построено» (*as-built*).

Автоматическому мониторингу установок инженерных систем *MEP* с использованием системы *Scan-vs-BIM* посвящена работа [5]. Авторы описывают применение алгоритмов распознавания объектов и анализа отклонений для выявления ошибок в расположении трубопроводов и воздуховодов. Метод продемонстрировал точность распознавания на уровне 91,6%, что делает его надежным инструментом для инспекции и контроля сложных строительных объектов.

Анализ этих работ показывает, что лазерное сканирование в сочетании с методами машинного обучения обеспечивает высокую точность сегментации объектов и автоматизацию сложных процессов обработки данных. Рассмотренные подходы охватывают широкий спектр объектов, включая трубы, строительные леса и системы *MEP*, а также решают задачи создания точных моделей «как построено» и выявления отклонений в строительных проектах.

### Индивидуальный тепловой пункт (ИТП), его назначение

Функционирующая в России централизованная система теплоснабжения основана на комбинированной выработке электрической и тепловой энергии на ТЭЦ (теплофикации), а также выработке тепловой энергии на районных котельных. Тепло транспортируется по магистральным и распределительным сетям через центральные тепловые пункты (ЦТП), обслуживающие группы зданий или микрорайоны, обычно размещенные в отдельных сооружениях [6]. Большинство ЦТП, функционирующих в России, построено 30–40 лет назад, сильно устарели и имеют ряд существенных недостатков [7].

Индивидуальный тепловой пункт (ИТП) представляет собой инженерный комплекс, предназначенный для обеспечения зданий тепловой энергией. Он выполняет функции регулирования параметров теплоносителя для систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. На рисунке №1 можно увидеть пример модели ИТП. Особенности ИТП, такие как компактность, сложность оборудования и высокая степень автоматизации, требуют точного проектирования и контроля их установки. Ошибки в монтаже могут привести к снижению энергоэффективности и повышению эксплуатационных расходов, что делает автоматизацию процессов проектирования и эксплуатации особенно важной.

Современные технологии информационного моделирования зданий (ТИМ) и трехмерного лазерного сканирования находят все более широкое применение в строительстве. Одним из ключевых методов, обеспечивающих контроль качества выполнения монтажных работ, является метод конвертации облака точек в ЦИМ. Обзор современных алгоритмов *Scan-to-ЦИМ* для извлечения компонентов *MEP* из 3D-облаков

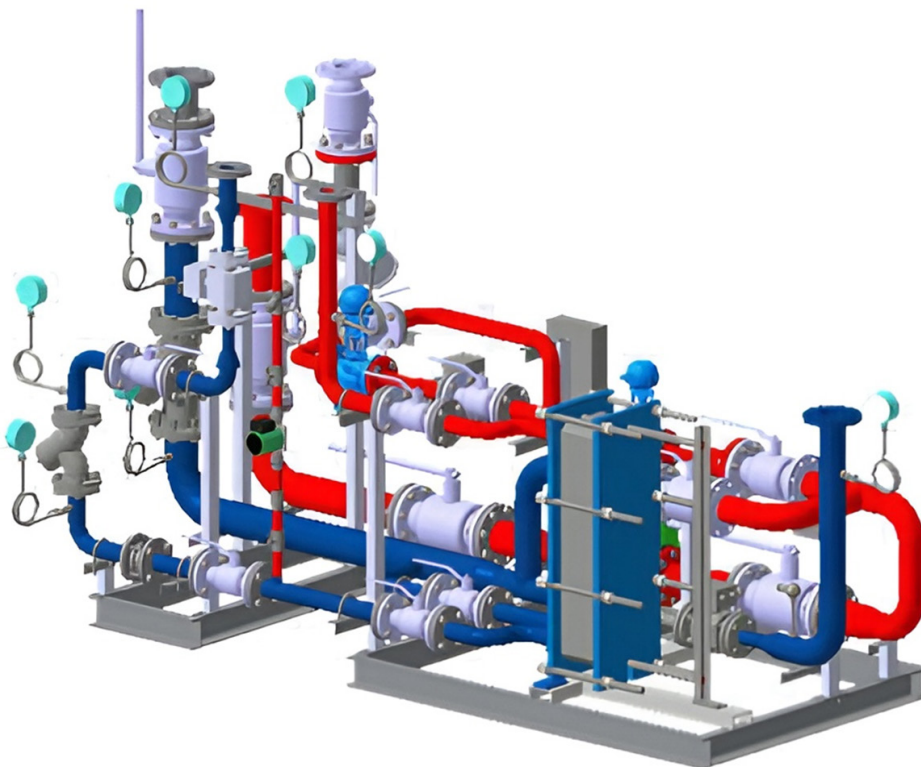


Рис. 1. Мониторинг строительства ИТП с использованием технологии конвертации облака точек в ЦИМ для МЕР

точек представлен в работе [8]. Авторы анализируют существующие методы, выявляют текущие проблемы и предлагают направления для будущих исследований в области автоматизации процесса *Scan-to-ЦИМ*.

Этот подход позволяет интегрировать данные, полученные при лазерном сканировании, в информационные ЦИМ-модели для анализа и мониторинга строительства.

Методику мониторинга *Scan-to-ЦИМ* для МЕР в ИТП можно представить следующим образом:

1. *Сбор данных*: лазерное сканирование помещений выполняется на разных этапах строительства ИТП. Используются 3D-сканеры, такие как *Leica BLK360* или *FARO Focus*, которые создают облака точек высокой плотности. Полученные облака точек содержат геометрическую информацию об установленном оборудовании, включая трубы, теплообменники, насосы и клапаны.

2. *Обработка данных*: сканированные данные проходят предобработку: фильтрацию шума, выравнивание сканов и преобразование в пригодный для анализа формат (например, фор-

мат *PLY*<sup>1</sup> или *LAS*<sup>2</sup>). Затем облака точек интегрируются с существующими ЦИМ-моделями, созданными на основе проектных данных.

3. *Сравнение с проектной ЦИМ-моделью*: данные сканирования накладываются на проектную *BIM*-модель. Это позволяет выявить отклонения в расположении элементов МЕР-систем. Метрики отклонений, такие как среднее отклонение (*MDE*) и процент распознанных объектов, используются для оценки точности монтажа.

4. *Выявление ошибок и коррекция*: при обнаружении несоответствий между проектом и фактическим состоянием система генерирует отчеты об отклонениях.

На основе этой методики и анализа работ [3; 8; 9] разработан алгоритм объединяющий

<sup>1</sup> *PLY* – формат файла, используемый для представления трехмерных данных (облака точек, полигоны) и их свойств. Первоначально был разработан для хранения информации о поверхностях объектов в Стэнфордском университете (США).

<sup>2</sup> *LAS* – стандартный формат файлов, используемый для хранения данных, полученных с помощью лазерного сканирования (*LIDAR*), разрабатывается и поддерживается организацией *ASPRS* (*American Society for Photogrammetry and Remote Sensing*).

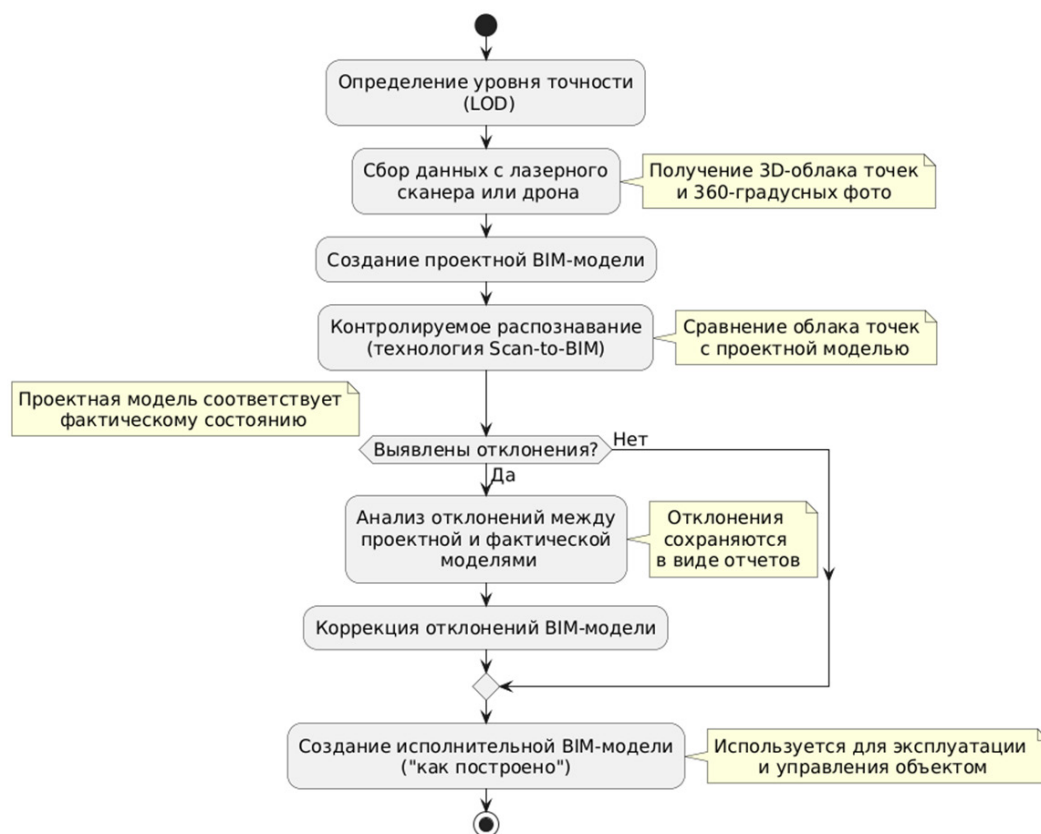


Рис. 2. Объединенный алгоритм *Scan-to-ЦИМ* и анализа отклонений

процесс работы с технологией *Scan-to-BIM* и анализ отклонений между проектной и фактической моделью объекта (рис. 2). Он начинается с определения уровня точности (*LOD*) и сбора данных с помощью лазерного сканирования или дронов, что позволяет получить 3D-облака точек и сопутствующую информацию (например, 360-градусные фотографии). Далее создается проектная *BIM*-модель, которая используется для контроля выполнения работ.

На этапе распознавания данные облаков точек сопоставляются с проектной моделью с применением технологий *Scan-to-BIM*, что позволяет выявить отклонения между проектными и фактическими параметрами. Если отклонения обнаружены, они анализируются и фиксируются, после чего *BIM*-модель корректируется для устранения несоответствий.

Итогом процесса является создание исполнительной *ЦИМ*, которая точно отражает текущее состояние объекта. Эта модель используется для последующей эксплуатации и управления зданием, обеспечивая высокую точность и прозрачность всех инженерных данных.

Алгоритм обеспечивает автоматизацию процессов контроля, минимизацию ошибок и повышение эффективности проектирования и строительства.

### Использование методов машинного обучения для конвертации облаков точек в *ЦИМ*-модели

#### Задачи машинного обучения в конвертации данных

Современные методы машинного обучения находят широкое применение в задачах обработки данных, включая автоматизацию процессов конвертации облаков точек в информационные модели зданий (*ЦИМ*). Эти методы обеспечивают высокую точность и эффективность преобразования, минимизируя участие человека и сокращая временные затраты.

Задачи, которые могут быть решены с помощью машинного обучения при конвертации облаков точек в *ЦИМ*-модели:

- Сегментация облаков точек: разделение данных на отдельные объекты, такие как стены,

Таблица 1. Архитектуры нейросетевых моделей для обработки облаков точек

| Название                 | Принцип действия                                                                                                                                             | Достоинства                                                                                   | Недостатки                                                                                  |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>PointNet</i>          | Прямая обработка необработанных облаков точек, использование симметричной функции (например, <i>max pooling</i> ) для агрегирования признаков                | Простота архитектуры. Высокая производительность на небольших наборах данных                  | Игнорирует локальные взаимосвязи между точками, ограничена в сложных геометрических задачах |
| <i>PointNet++</i>        | Иерархическое деление облаков точек на одгруппы ( <i>set abstraction</i> ), поэтапная обработка локальных и глобальных признаков                             | Учитывает локальные структуры. Высокая точность сегментации и классификации                   | Увеличенная сложность модели, требует больших вычислительных ресурсов                       |
| <i>DGCNN</i>             | Динамическое обновление графов соседства на каждом слое, использование операции <i>EdgeConv</i> для учета геометрии и локальных связей                       | Моделирование локальных связей. Устойчивость к сложным и разреженным данным                   | Высокая вычислительная сложность, повышенная чувствительность к шуму                        |
| <i>PointCNN</i>          | Применение $\chi$ -конволюции для обучения порядка точек и последующей свертки, что дает возможность эффективно работать с неупорядоченными входными данными | Эффективно обрабатывает неупорядоченные данные. Высокая точность в задачах сегментации        | Сложная реализация, требует значительных вычислительных ресурсов                            |
| <i>Point Transformer</i> | Использует механизм самовнимания для обработки дальнотью действующих связей и сложных геометрических отношений                                               | Учитывает глобальные зависимости. Превосходная точность в задачах сегментации и классификации | Высокая вычислительная сложность, требует значительного объема обучающих данных             |

трубы, воздуховоды и другое оборудование.

- Классификация объектов: определение типа сегментированных объектов на основе их геометрических и текстурных характеристик.
- Автоматическая реконструкция: построение точной BIM-модели из сегментированных и классифицированных данных.

#### **Архитектуры нейросетевых моделей для обработки облаков точек**

Табл. 1 демонстрирует эволюцию архитектур нейросетевых моделей для обработки облаков точек от простой, но ограниченной *PointNet* к более сложным, но значительно более мощным моделям (*PointNet++*, *DGCNN*, *PointCNN* и *Point Transformer*).

Современные архитектуры нейросетевых моделей учитывают локальную геометрию и глобальные зависимости, повышая точность сегментации и классификации, но требуют больших вычислительных ресурсов и масштабных датасетов. *PointNet* и *PointNet++* наиболее популярны благодаря своей простоте, открытым исходным кодам, хорошему балансу точно-

сти и вычислительной эффективности, а также легкости реализации.

#### **Результаты**

При выборе метода сегментации облаков точек для проектирования и проверки индивидуального теплового пункта (ИТП) важно учитывать характер данных и цель анализа.

На стадии проектирования используются:

- Геометрические методы (например, *RANSAC*) для точного выделения геометрических примитивов (трубы, соединения) и проверки их параметров. Они эффективны для стандартных форм и низкого уровня шума.
- Плотностные и графовые методы (например, *DBSCAN*), которые применяются для выделения сложных групп точек (объединения труб, коллекторы) и фильтрации шума.

Эти подходы надежны для проектирования, поскольку большая часть элементов ИТП имеет стандартные конструкции (цилиндры, фитинги).

Для проверки (верификации) смонтирован-

ного ИТП применяются:

- Геометрические методы для сопоставления облаков точек с проектной моделью и оценки точности параметров труб (радиус, положение).
- Плотностные методы (*DBSCAN*) для выделения труб из шума и анализа групп элементов разного диаметра.
- Нейросетевые методы (например, *PointNet++*), если требуется автоматическая классификация сложных элементов (насосы, вентили) при наличии большого объема данных.

В инженерной практике чаще всего применяются геометрические и плотностные методы с ручной доразметкой. Нейросети полезны для автоматизации при обработке больших потоков данных (например, массовое сканирование множества объектов) и требуется свести к минимуму ручные проверки.

### Выводы

1. В статье представлен новый объединенный алгоритм *Scan-to-ЦИМ* и анализа отклонений, который интегрирует этапы обработки

облаков точек, анализа отклонений и создания исполнительных *BIM*-моделей. Алгоритм обеспечивает автоматизацию процессов мониторинга и проектирования, особенно в задачах проектирования и верификации индивидуальных тепловых пунктов, позволяет сократить затраты времени, минимизировать ручные ошибки.

2. Представлена типология классических и расширенных методов (геометрических, графовых, вероятностных), позволяющая выбрать оптимальный способ сегментации облаков точек с учетом специфики ИТП. Проведенный анализ методов машинного обучения, таких как *DBSCAN*, *PointNet* и *PointNet++*, а также их адаптация для инженерных задач,

3. Особенности ИТП (компактность, сложность оборудования, высокая степень автоматизации) требуют внимательного подбора алгоритмов обработки облаков точек. Выбор между простыми геометрическими (*RANSAC*) и ресурсозатратными нейросетевыми (*PointNet*, *PointNet++*) методами определяется этапом (проектирование или верификация) и характером данных ( типовые или сложные объекты, объем и качество сканирования).

### Литература

1. Nguyen, C.H.P. Comparison of Point Cloud Data and 3D CAD Data for On-site Dimensional Inspection of Industrial Plant Piping Systems / C.H.P. Nguyen, Y. Choi // *Automation in Construction*. – 2018. – Т. 91. – Р. 44–52. – DOI: 10.1016/j.autcon.2018.03.008.
2. Zhao, J. Feature Selection-Based Method for Scaffolding Assembly Quality Inspection Using Point Cloud Data / J. Zhao, J. Chen, Y. Liang, Z. Xu // *Buildings*. – 2024. – Т. 14. – No. 8. – Р. 2518. – DOI: 10.3390/buildings14082518.
3. Bosché, F. The Value of Integrating Scan-to-BIM and Scan-vs-BIM Techniques for Construction Monitoring Using Laser Scanning and BIM: The Case of Cylindrical MEP Components / F. Bosché, M. Ahmed, Y. Turkan, C. Haas, R. Haas // *Automation in Construction*. – 2015. – Т. 49. – No. B. – Р. 201–213. – DOI: 10.1016/j.autcon.2014.05.014.
4. Bosché, F. Tracking the Built Status of MEP Works: Assessing the Value of a Scan-vs-BIM System / F. Bosché, A. Guillemet, Y. Turkan // *Journal of Computing in Civil Engineering*. – 2014. – Т. 28. – No. 4.
5. Bosché, F. Tracking MEP Installation Works Using Scan-vs-BIM Frameworks / F. Bosché, Y. Turkan, C.T. Haas // *International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC)*, 2013. – Р. 1–11.
6. Petrova, I.Yu. Smart District Heating System in Smart Town / I.Yu. Petrova, R. Muzafarov // *AIP Conference Proceedings*, 2023. – DOI: 10.1063/5.0118966.
7. Гаджиева, К.А. Повышение энергоэффективности системы теплоснабжения за счет перехода от центральных тепловых пунктов (ЦТП) к индивидуальным (ИТП) / К.А. Гаджиева, Д.Г. Шувалова // *Science Time*. – 2017. – № 3(39). – С. 137–141.
8. Son, H. Scan-to-BIM: An Overview of the Current State of the Art and a Look Ahead / H. Son, C. Kim, Y. Turkan // *32nd International Symposium on Automation and Robotics in Construction*. – Oulu, Finland, 2015. – Р. 1–8. – DOI: 10.22260/ISARC2015/0050.

9. Optimizing MEP Work Tracking with Scan to BIM // Mars BIM. – URL: <https://www.marsbim.com/optimizing-mep-work-tracking-with-scan-to-bim>.

### **References**

7. Gadzhieva, K.A. Povyshenie energoeffektivnosti sistemy teplosnabzheniia za schet perekhoda ot tsentralnykh teplovykh punktov (TcTP) k individualnym (ITP) / K.A. Gadzhieva, D.G. Shuvalova // Science Time. – 2017. – № 3(39). – S. 137–141.

---

© Н.В. Князева, Д.А. Семенихин, 2025

## МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ УЯЗВИМОСТЕЙ В СЛОЖНЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСАХ

СИ ТУ ТАНТ СИН, Е.М. ПОРТНОВ, АУНГ ЧЖО МЬО, А.Р. ФЕДОРОВ

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет  
«Московский институт электронной техники»,  
г. Москва

**Ключевые слова и фразы:** уязвимости, машинное обучение, бинарная классификация, языковые модели, трансферное обучение, кибербезопасность.

**Аннотация:** в настоящее время проблема обеспечения безопасности программного обеспечения приобретает критическую важность из-за роста числа кибератак и уязвимостей в сложных программных комплексах. Целью данной работы является разработка метода автоматизированного обнаружения уязвимостей в исходном коде на основе машинного обучения, в частности, с использованием предобученных языковых моделей, таких как *WizardCoder*. Основная задача исследования - формализация проблемы как задачи бинарной классификации фрагментов кода и адаптация модели для повышения точности обнаружения уязвимостей. Гипотеза исследования заключается в том, что применение трансферного обучения и техники *LoRa* позволит значительно улучшить качество классификации по сравнению с существующими методами, такими как *ContraBERT*. Экспериментальные результаты демонстрируют превосходство предложенного метода: модель *WizardCoder* достигает значений *ROC AUC* 0,69 (против 0,66) и 0,86 (против 0,85) на сбалансированных и несбалансированных данных соответственно, а также показывает значительное улучшение *F1*-меры (0,71 против 0,68 и 0,27 против 0,22).

В настоящее время проблема обеспечения безопасности программного обеспечения (ПО) становится все более острой. Одной из главных причин распространения вредоносного ПО являются уязвимости в легитимном ПО, которые могут быть использованы злоумышленниками для проведения атак. Уязвимости в ПО могут приводить к самым различным негативным последствиям: утечке конфиденциальных данных, нарушению работоспособности систем, финансовым потерям и т.д. Особенно критичны уязвимости в широко используемом ПО, таком как операционные системы, офисные приложения, браузеры и т.п. [1–3]. Для эффективного применения методов машинного обучения к проблеме обнаружения уязвимостей в исходном коде необходимо прежде всего формализовать данную задачу в терминах классического машинного обучения.

Пусть имеется множество фрагментов исходного кода  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , где каждый фрагмент  $x_i$  представляет собой последователь-

ность токенов  $x_i = t_1, t_2, \dots, t_k$ . Токенами могут выступать отдельные символы, лексемы или более крупные синтаксические конструкции, полученные в результате предобработки и токенизации кода. Каждому фрагменту кода  $x_i$  поставлена в соответствие метка класса  $y_i \in \{0, 1\}$ ,  $y_i = 1$ , означает наличие одной или нескольких уязвимостей в данном фрагменте, а  $y_i = 0$  – их отсутствие. Таким образом, имеется размеченный датасет  $D = \{(x_i, y_i)\}_{i=1}^n$ , на котором необходимо обучить классификатор  $f(x): X \rightarrow \{0, 1\}$ , способный для произвольного фрагмента кода  $x \in X$  предсказать наличие или отсутствие в нем уязвимостей [4].

В качестве модели классификатора  $f(x)$  в данной работе предлагается использовать нейросетевую архитектуру на основе механизма внимания - трансформер. Ключевой особенностью подхода является применение техники трансферного обучения, а именно дообучения (*fine-tuning*) предобученной языковой модели кода.

Первым шагом алгоритма является формирование обучающей выборки  $D = \{(x_i, y_i)\}_{i=1}^n$ , на основе размеченных данных об уязвимостях в исходном коде. Каждый пример представляет собой пару  $(x_i, y_i)$ , где  $x_i$  – фрагмент кода,  $y_i \in \{0, 1\}$  – метка класса, кодирующая наличие или отсутствие уязвимости. Фрагменты кода  $x_i$  могут быть получены путем извлечения из открытых репозиторий, баг-трекеров, базы данных общеизвестных уязвимостей (CVE) и т. д. [5–6]. Разметка данных  $y_i$  обычно производится вручную экспертами по безопасности на основе анализа изменений в коде, связанных с исправлением уязвимостей. Важным аспектом подготовки данных является фильтрация и очистка примеров от шума, дубликатов, некорректных меток и т.п. На финальном этапе подготовки сформированный датасет  $D$  разбивается на обучающую  $D_{train}$ , валидационную  $D_{val}$  и тестовую  $D_{test}$  выборки в соотношении.

Следующим шагом является адаптация архитектуры предобученной языковой модели  $T_\theta$  под задачу бинарной классификации. Формально модифицированная модель  $\hat{T}$  принимает на вход векторное представление фрагмента кода  $T_\theta(x)$ , полученное с помощью предобученной модели, и выдает вероятность наличия в нем уязвимости:

$$p(y=1|x) = \sigma(w^T \cdot T_\theta(x) + b).$$

На практике модификация архитектуры реализуется средствами используемого фреймворка глубокого обучения (*PyTorch*, *TensorFlow*) путем добавления соответствующего слоя и определения процедуры прямого прохода. Учитывая бинарный характер задачи и потенциальную несбалансированность классов в обучающих данных, предлагается использовать взвешенную бинарную кросс-энтропию:

$$\begin{aligned} \ell(\theta, w, b) = & -\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [w_1 \cdot y_i \log p(y_i=1|x_i) + \\ & + w_0 \cdot (1 - y_i) \log(1 - p(y_i=1|x_i))], \end{aligned}$$

где  $w_i$  и  $w_0$  – веса для позитивного и негативного классов соответственно, которые выбираются обратно пропорционально доле каждого класса в обучающей выборке  $D_{train}$ .

Минимизация функции потерь  $\ell(\theta, w, b)$  по параметрам модели будет приводить к одновре-

менной настройке и предобученной части  $T_\theta$ , и выходного слоя. При желании можно дополнительно регуляризовать веса выходного слоя, добавив к функции потерь  $L2$  – регуляризатор вида

$$\lambda \cdot (\|w\|_2^2 + b^2).$$

Для оптимизации параметров модели используется один из алгоритмов стохастического градиентного спуска, например, *Adam* или *AdamW*, хорошо зарекомендовавшие себя на задачах обучения глубоких нейронных сетей.

Для дообучения предобученной модели на задаче бинарной классификации уязвимостей используется метод *Low Rank Adaptation (LoRa)*, который позволяет эффективно адаптировать большие языковые модели к новой задаче с минимальными изменениями в параметрах модели. Этот метод основан на идее добавления низкоранговых матриц к весам модели, что обеспечивает гибкость и точность при обучении на новой задаче. *LoRa* предполагает замену стандартной матрицы весов  $W$  в трансформере на модифицированную матрицу  $\tilde{W}$ , которая учитывает низкоранговые коррективы. Это позволяет адаптировать модель без значительного увеличения числа обучаемых параметров, что особенно важно для больших моделей. Основная идея *LoRa* заключается в добавлении произведения двух низкоранговых матриц  $B$  и  $A$  к исходной матрице весов  $W$ :

$$\begin{aligned} W & \in \mathbb{R}^{d \times d}, \\ B & \in \mathbb{R}^{d \times r}, A \in \mathbb{R}^{r \times d}, \\ \tilde{W} & = W + BA, \end{aligned}$$

где  $W$  – матрица весов в трансформере;  $B$  и  $A$  – матрицы адаптации низкого ранга,  $\tilde{W}$  – модифицированная матрица весов;  $BA$  – произведение матриц низкого ранга, вносящее коррективы в исходную матрицу  $W$ ;  $d$  – размерность матрицы;  $r$  – ранг адаптации ( $r \ll d$ ).

Процесс дообучения модифицированной модели  $\hat{T}$  осуществляется итеративно на основе обучающей выборки  $D_{train}$  путем многократного повторения следующих шагов.

1. Формирование мини-батча примеров  $B = \{(x_j, y_j)\}_{j=1}^m$  из обучающей выборки. Прямой проход мини-батча через модель, вычисле-

**Таблица 1.** Результаты сравнения моделей *ContraBERT* и *WizardCoder* по метрикам *ROC UC* и *F1*-мера на тестовой выборке набора *D1*

| Модель             | <i>ROC AUC</i> | <i>F1</i> -мера |
|--------------------|----------------|-----------------|
| <i>ContraBERT</i>  | 0.66           | 0.68            |
| <i>WizardCoder</i> | <b>0.69</b>    | <b>0.71</b>     |

**Таблица 2.** Результаты сравнения моделей *ContraBERT* и *WizardCoder* по метрикам *ROC AUC* и *F1*-мера на тестовой выборке набора *D2*

| Модель             | <i>ROC AUC</i> | <i>F1</i> -мера |
|--------------------|----------------|-----------------|
| <i>ContraBERT</i>  | 0.85           | 0.22            |
| <i>WizardCoder</i> | <b>0.86</b>    | <b>0.27</b>     |

ние функции потерь  $\mathcal{L}$  на основе полученных предсказаний и истинных меток.

2. Обратный проход, вычисление градиентов функции потерь по всем параметрам модели.

3. Обновление параметров модели  $\theta$ ,  $w$  и  $b$  с помощью оптимизатора в соответствии с рассчитанными градиентами.

Данные шаги повторяются для каждого мини-батча в течение заданного числа эпох, либо до достижения критерия ранней остановки, предотвращающего переобучение (например, остановка при отсутствии улучшения функции потерь на валидационной выборке в течение нескольких эпох подряд).

В процессе обучения необходимо подобрать оптимальные значения основных гиперпараметров алгоритма, таких как: скорость обучения (*learning rate*); размер мини-батча (*batch size*); число эпох обучения (*number of epochs*); коэффициент регуляризации (*regularization strength*). Оптимальная комбинация гиперпараметров определяется путем перебора различных значений на сетке (*Grid Search*) или случайного поиска (*Random Search*) и выбора варианта, обеспечивающего наилучшее качество на валидационной выборке *Dval*. Ключевыми особенностями алгоритма являются модификация архитектуры модели, использование взвешенной функции потерь и тщательный подбор гиперпараметров. Реализация алгоритма и анализ его эффективности будут представлены далее в экспериментальной части работы.

В качестве базовой модели использовалась языковая модель *WizardCoder*, которая сравни-

валась с моделью *ContraBERT*, представляющей собой текущее лучшее решение в области автоматического обнаружения уязвимостей. Первая серия экспериментов была проведена на сбалансированном наборе данных *D1*, содержащем примерно равное количество уязвимых и не уязвимых фрагментов кода. Обе модели дообучались на обучающей выборке набора *D1* с использованием оптимизированных гиперпараметров, выбранных на основе результатов на валидационной выборке. Для *WizardCoder* лучшими гиперпараметрами оказались: размер батча 1 (фактический размер  $\sim 120$  после применения *batch packing*), скорость обучения 0.0001, 50 эпох обучения с сохранением лучшей модели на валидации. Результаты сравнения моделей на тестовой выборке набора *D1* приведены в табл. 1.

Из табл. 1. видно, что дообученная модель *WizardCoder* превосходит *ContraBERT* как по метрике *ROC AUC*, так и по *F1*-мере. Это свидетельствует о том, что предложенный подход к адаптации предобученных БЯМ позволяет получить более качественную классификацию уязвимостей по сравнению с современными методами на основе архитектур типа *BERT*. Более высокое качество классификации *WizardCoder* можно объяснить большим размером модели (13 миллиардов параметров против 110 миллионов у *ContraBERT*), а также использованием более представительного предобучающего корпуса кода. За счет этого *WizardCoder* способен выявлять более сложные и неочевидные паттерны уязвимостей.

Вторая серия экспериментов проводилась

на несбалансированном наборе данных *D2*, в котором количество негативных примеров примерно в 34 раза превышало количество позитивных. Модели дообучались на наборе *D2* с использованием тех же гиперпараметров, которые были признаны оптимальными для сбалансированного набора *D1*. Это было сделано для оценки переносимости настроек между наборами данных.

Анализ результатов показывает, что и на несбалансированном наборе данных дообученная модель *WizardCoder* превосходит *ContraBERT* по обоим метрикам. Однако преимущество в терминах *ROC AUC* оказывается не столь значительным, как на сбалансированном наборе. В то же время по *F1*-мере *WizardCoder* демонстрирует заметное превос-

ходство (0.27 против 0.22). Это говорит о том, что модель лучше справляется с обнаружением редких примеров уязвимостей в условиях несбалансированности классов. Тем не менее, достигнутые значения *F1*-меры все еще далеки от идеальных. Предположительно, это связано с недостаточным использованием информативных частей набора данных (*partitions P1* и *P2*) при обучении на несбалансированных данных. Данная гипотеза будет подробнее исследована в следующих разделах.

Подводя итог, можно констатировать, что предложенный подход к дообучению БЯМ показывает свою эффективность как на сбалансированных, так и на несбалансированных данных, превосходя существующие методы на основе архитектуры *BERT*.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 24-29-00530).*

#### Литература/References

1. Hanif, H. VulBERTa: Simplified Source Code Pre-Training for Vulnerability Detection / H. Hanif, S. Maffei // International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 2022. – P. 1–8.
2. T.B. Brown, B. Mann, Nick R., Melanie S. and others. Language Models are Few-Shot Learners // arXiv, 2020. DOI:10.48550/arXiv.2005.14165.
3. Jason W., Maarten B., Vincent Y. Zhao, Kelvin G. and others. Finetuned Language Models Are Zero-Shot Learners // arXiv, 2021.
4. Mark C., Jerry T., Heewoo J., and others. Evaluating Large Language Models Trained on Code // arXiv, 2021.
5. Liu, S., Wu, B., Xie, X., Meng, G., & Liu, Y. ContraBERT: Enhancing Code Pre-trained Models via Contrastive Learning // ACM 45th International Conference on Software Engineering, ICSE 2023, P. 2476-2487.
6. Guru B., Amara N., and Leon M. CVEfixes: Automated Collection of Vulnerabilities and Their Fixes from Open-Source Software. 2021.

© Си Ту Тант Син, Е.М. Портнов, Аунг Чжо Мьо, А.Р. Федоров, 2025

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ И СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

М.Г. ФЕТТЕР, М.М. ЖЕЛЕЗНОВ, С.Д. КАЗАКОВ, Р.В. ОСТАШЕВ

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет»,  
г. Москва

**Ключевые слова и фразы:** информационное моделирование зданий, классификация, языковая модель, *IFC*, цифровое строительство, автоматизация, машинное обучение, *Python*.

**Аннотация:** В статье представлены результаты практической реализации и экспериментальной проверки ранее предложенного авторами метода автоматической классификации элементов *BIM*-моделей. Метод основан на сочетании фильтрации по *IFC*-классам и смыслового сопоставления текстового описания с помощью языковой модели *Gemma2*. Реализация выполнена на *Python* с использованием локальной системы запуска моделей. Проведено тестирование на выборке из 740 элементов, а также на двух полноразмерных *BIM*-проектах. Получены высокие значения *F1*-меры (до 93%), подтверждающие его применимость в задачах цифровизации строительного производства. Представлено сравнение с альтернативными подходами.

В последние годы наблюдается активное развитие методов автоматизации классификации элементов цифровых информационных моделей. Особое внимание уделяется применению алгоритмов машинного обучения и языковых моделей для обработки неструктурированных данных, содержащихся в *BIM*-проектах [1–3]. Большинство существующих решений используют либо обучаемые модели на табличных признаках [4], либо мультимодальные нейросетевые архитектуры, включающие геометрию и графовые связи [5–7]. Однако такие подходы требуют значительных вычислительных ресурсов и наличия размеченных выборок, что ограничивает их применение в инженерной практике. Проблема устойчивой классификации без обучения остается актуальной, особенно в условиях разнородности данных, характерной для отечественных *BIM*-моделей [8].

В более ранних работах авторов был предложен метод автоматической классификации, сочетающий предварительную фильтрацию по *IFC*-классам и смысловую интерпретацию текстового описания с использованием языковой

модели без предварительного обучения (*zero-shot* режим) [1,9]. В отличие от методов, ориентированных исключительно на геометрию или структурные связи [6,7,10], данный подход использует агрегированные текстовые признаки, что позволяет достигать высокой точности классификации даже при отсутствии обучающей выборки. Методология была предварительно рассмотрена в теоретическом аспекте и формализована, а настоящая статья представляет собой ее прикладное продолжение с экспериментальной валидацией.

Реализация метода выполнена на языке *Python* с использованием библиотеки *IFCOpenShell* для извлечения данных из *IFC*-моделей, библиотеки *pandas* для обработки текстовых признаков и системы локального запуска языковых моделей *ollama*. В качестве интерпретатора текстовых описаний использовалась языковая модель *Gemma2* (27 млрд параметров), работающая в режиме без предварительного обучения на целевой выборке. Вместо подбора весов или обучения на размеченной выборке, модель получает для каждого элемен-

Таблица 1. Показатели классификации по некоторым группам элементов

| Класс элемента                 | Количество типов. | Точность ( <i>Accuracy</i> ) | Полнота ( <i>Recall</i> ) | <i>F1</i> -мера |
|--------------------------------|-------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------|
| Прямо́к сложный ЖБ монолитный  | 32                | 0,94                         | 0,95                      | 0,94            |
| Лестничны́й марш ЖБ монолитный | 4                 | 0,94                         | 0,95                      | 0,94            |
| Колонна металлическая          | 12                | 0,91                         | 0,92                      | 0,91            |
| Гидроизоляция вертикальная     | 6                 | 0,94                         | 0,95                      | 0,94            |
| Плита перекрытия ЖБ сборная    | 3                 | 0,89                         | 0,90                      | 0,89            |
| Фундамент отдельный ЖБ         | 12                | 0,88                         | 0,87                      | 0,88            |
| Стена ЖБ монолитная            | 9                 | 0,92                         | 0,91                      | 0,91            |
| Подпорная стена ЖБ             | 6                 | 0,89                         | 0,88                      | 0,89            |

Таблица 2. Характеристики и результаты классификации на пилотных *BIM*-проектах

| Проект                      | Кол-во элементов | Уровень детализации ( <i>LOD</i> ) | Платформа            | <i>Accuracy</i> | Время обработки ( <i>CPU</i> ) | Неоднозначных классификаций |
|-----------------------------|------------------|------------------------------------|----------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Производственный корпус (А) | 320 000          | <i>LOD</i> 400                     | <i>Tekla + Revit</i> | 93%             | 21 мин                         | 7%                          |
| Офисное здание (Б)          | 130 000          | <i>LOD</i> 300                     | <i>Revit</i>         | 91%             | 13 мин                         | 9%                          |

та текстовое описание и список допустимых классов, отобранных по *IFC*-типу, и возвращает наиболее вероятный из них на основе внутреннего языкового контекста.

Для оценки качества классификации была сформирована тестовая выборка из 740 *BIM*-элементов, охватывающих основные конструктивные группы. Каждому элементу вручную был присвоен эталонный класс. Результаты модели сопоставлялись с этими метками. В качестве метрик использовались точность классификации (*accuracy*), полнота (*recall*), точность положительных срабатываний (*precision*) и *F1*-мера. Среднее значение *F1* составило 91,7%, что соответствует высокой степени соответствия автоматически определенных классов экспертной разметке. Наибольшая точность наблюдалась для элементов с формализованным техническим описанием (железобетонные изделия, металлоконструкции). Снижение качества наблюдалось при неинформативных наименованиях (например, «элемент 1»), а также в случаях, когда признаки разных классов пересекались.

Для оценки масштабируемости и приклад-

ной значимости метод был протестирован на двух полноразмерных информационных моделях реальных строительных объектов. Первая модель — здание производственного назначения, спроектированное в средах *Tekla Structures* и *Revit* с уровнем детализации *LOD*400, — включала более 320 тысяч элементов. Этот кейс подтвердил устойчивость метода при обработке больших объемов данных и сложной структурной организации, характерной для промышленных объектов. В данном контексте *BIM*-модель использовалась как структурированное цифровое представление объекта капитального строительства, предназначенное для подготовки формализованных данных, пригодных к дальнейшему использованию в системах управления строительным производством.

Вторая модель — офисное здание с уровнем детализации *LOD*300, содержащее около 130 тысяч элементов, — также продемонстрировала высокую эффективность метода. Классификация в обоих случаях выполнялась на стандартной вычислительной станции (*CPU*, без использования *GPU*) и заняла 21 и 13 минут соответственно. Итоговая точность автоматиче-

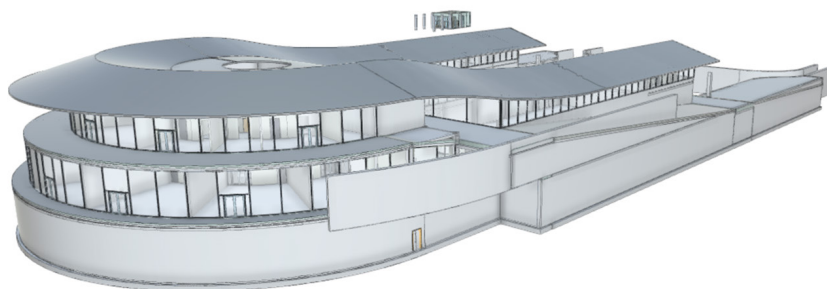


Рис. 1. Визуализации модели LOD300

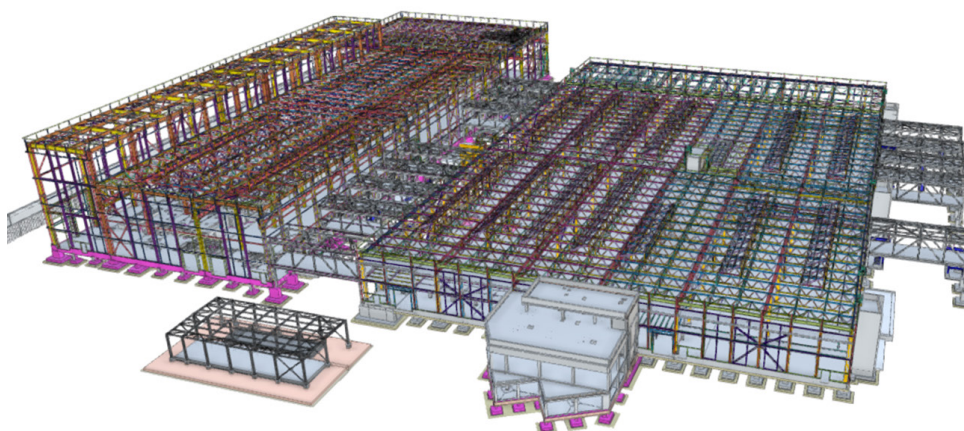


Рис. 2. Визуализации модели LOD400

ского выбора классов составила 93% для первой модели и 91% для второй. Доля элементов с неоднозначной классификацией (равновероятные классы) не превышала 7–9%.

Для наглядной оценки классификационной устойчивости метод протестирован на подмножестве различных классов. Результаты приведены в табл. 1. Видно, что метод особенно эффективен при классификации элементов с жесткой терминологией: лестничные марши, фундаментные плиты, колонны. В то же время, меньшие значения  $F1$  наблюдаются для сборных плит и перегородок, где формулировки в модели были менее однородными.

Дополнительно в табл. 2 представлены ключевые характеристики и результаты применения метода на двух реальных проектах. Эти данные демонстрируют как практическую применимость алгоритма в условиях проектных организаций, так и его устойчивость к различным платформам и объемам.

На рис. 1 и 2 приведены визуализации ча-

стей BIM-моделей, подвергнутых классификации. Разнообразие геометрии и структуры данных в этих проектах подтверждает универсальность подхода. Использование языковой модели позволило существенно сократить объемы ручной работы, обеспечить воспроизводимость классификации и автоматизировать подготовку информации к дальнейшим расчетам, включая ведомости объемов работ.

Для формирования целостной картины в табл.3 представлено сравнительное описание нескольких ключевых методов, упоминаемых в источниках и предлагаемого подхода. Сравнение выполнено по типу используемых признаков, требованиям к обучению и вычислительным ресурсам, а также точности классификации.

Важной особенностью является низкая зависимость от вычислительных ресурсов: реализация не требует графических ускорителей и может выполняться на стандартных рабочих станциях. Метод масштабируем, легко интегри-

Таблица 3. Характеристики и результаты классификации на пилотных BIM-проектах

| Метод                            | Признак                      | Обучение | Геометрия | Точность (F1) | Требуемые ресурсы         | Комментарий                                                          |
|----------------------------------|------------------------------|----------|-----------|---------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Предложенный                     | Описание, IFC-класс          | нет      | нет       | 91–93 %       | CPU (локально)            | Устойчив к хаотичным данным, не требует размеченной выборки          |
| RegEx + словарь                  | Описание                     | нет      | нет       | ~75–80 %      | минимальные               | Прост в реализации, чувствителен к неточностям                       |
| Random Forest (по атрибутам IFC) | IFC свойства                 | да       | нет       | ~85–88 %      | CPU                       | Требуется ручной разметки, зависит от полноты полей IFC              |
| GNN                              | Граф                         | да       | частично  | ~92–95 %      | GPU                       | Сложная настройка, требует графовой структуры модели                 |
| MMDL                             | Текст + граф + геометрия     | да       | да        | до 98 %       | GPU (24 Гб и выше)        | Высокая точность, сложная инфраструктура, неустойчив к слабым данным |
| Scan-to-BIM DL                   | 3D-облака точек, изображения | да       | да        | ~94 %         | GPU + данные сканирования | Требуется внешней 3D-съемки, не применим к обычным проектным моделям |

руется в существующие цифровые процессы и может быть использован для предварительной подготовки данных к расчетам и составлению исполнительной документации.

Проведенное сравнение с альтернативными подходами — включая правила на основе регулярных выражений, алгоритмы обучения на атрибутах IFC, а также мультимодальные нейросетевые архитектуры, обрабатывающие геометрию и графовые связи — показало, что предлагаемый метод обеспечивает баланс между качеством и доступностью. При меньшей точности по сравнению с полнообучаемыми моделями, он выигрывает за счет простоты внедрения, воспроизводимости, невысоких технических требований и устойчивости к разнородным входным данным.

К числу ограничений следует отнести чувствительность к качеству исходных текстовых описаний и ограниченные возможности при отсутствии информативных признаков у элементов. Тем не менее, даже в таких условиях модель демонстрирует приемлемую воспроизводимость результатов.

В перспективе планируется развитие мето-

да в сторону включения графовых и геометрических признаков, внедрение механизма пользовательской обратной связи и автоматическое уточнение ключевых признаков классов на основе истории классификаций. Это позволит повысить точность в условиях неоднозначности и обеспечить более глубокую интеграцию с цифровыми платформами управления строительством.

Предложенный метод автоматической классификации элементов информационной модели здания продемонстрировал высокую точность при отсутствии обучения на специализированных выборках. Применение языковой модели, работающей в режиме смыслового сопоставления, совместно с предварительной фильтрацией по IFC-классам и формированием агрегированного текстового описания, позволило реализовать универсальный алгоритм, устойчивый к вариативности входных данных. Метод успешно применен к двум крупным BIM-проектам различной сложности и структуры, при этом обеспечив точность классификации на уровне 91–93% и значительное сокращение ручных трудозатрат.

## Литература

1. Петроченко, М.В. Классификация строительной информации в BIM с использованием алгоритмов искусственного интеллекта / М.В. Петроченко, П.Н. Недвига, А.А. Кукина, В.В. Шер-

стюк // Вестник МГСУ. – 2022. – Т. 17. – № 11. – С. 1537–1550.

2. Шеина, С.Г. Пример применения BIM-технологий при обследовании зданий и сооружений / С.Г. Шеина, Е.В. Виноградова, Ю.С. Денисенко // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 6.

3. Han, K. Automatic Classification and Coding of Prefabricated Components Using IFC and the Random Forest Algorithm / K. Han et al. // Buildings. MDPI, 2022.

4. Tang, S. Enhancing Deep Learning-based BIM Element Classification via Data Augmentation and Semantic Segmentation / S. Tang et al. // IAARC Proceedings, 2022.

5. Zhao, X. Automatic Fine-Grained BIM Element Classification Using Multi-Modal Deep Learning / X. Zhao et al. // Advanced Engineering Informatics, 2022.

6. Zhang, C. Automatic Classification of Wall and Door BIM Element Subtypes Using Deep Learning / C. Zhang et al. // Automation in Construction, 2021.

7. Зеленцов, Л.Б. Совершенствование процесса строительства с использованием BIM-технологий / Л.Б. Зеленцов, К.А. Цапко, И.Ф. Беликова, Д.В. Пирко // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 2.

8. Lee, S. Automated BIM Object Classification to Support BIM Interoperability / S. Lee et al. // NSF Project Reports, 2020.

9. Kim, M. Deep Learning-Based Automation of Scan-to-BIM with Modeling of Building Elements / M. Kim et al. // ASCE Library, 2021.

10. Шишкин, В.В. Автоматизация проектирования нейросетевых классификаторов / В.В. Шишкин, Д.И. Стенюшкин, А.В. Михеев // Автоматизация процессов управления. – 2014. – № 3(37). – С. 112–116.

## References

1. Petrochenko, M.V. Klassifikatsiia stroitelnoi informatsii v BIM s ispolzovaniem algoritmov iskusstvennogo intellekta / M.V. Petrochenko, P.N. Nedviga, A.A. Kukina, V.V. Sherstiuk // Vestnik MGSU. – 2022. – Т. 17. – № 11. – С. 1537–1550.

2. Sheina, S.G. Primer primeneniia BIM-tekhnologii pri obsledovanii zdanii i sooruzhenii / S.G. Sheina, E.V. Vinogradova, Iu.S. Denisenko // Inzhenernyi vestnik Dona. – 2021. – № 6.

7. Zelentsov, L.B. Sovershenstvovanie prottseessa stroitelstva s ispolzovaniem BIM-tekhnologii / L.B. Zelentsov, K.A. Tsapko, I.F. Belikova, D.V. Pirko // Inzhenernyi vestnik Dona. – 2020. – № 2.

10. Shishkin, V.V. Avtomatizatsiia proektirovaniia neirosetyvykh klassifikatorov / V.V. Shishkin, D.I. Steniushkin, A.V. Mikheev // Avtomatizatsiia prottseessov upravleniia. – 2014. – № 3(37). – С. 112–116.

© М.Г. Феттер, М.М. Железнов, С.Д. Казаков, Р.В. Осташев, 2025

## РАЗНОСТНАЯ ЗАДАЧА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ (НДС) ОРТОТРОПНОЙ ВЯЗКОУПРУГОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ КОНСТРУКЦИИ В ПЕРЕМЕЩЕНИЯХ В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КООРДИНАТАХ

О.В. АНДРЮЩЕНКО, И.М. АНОХИНА

ООО «Яндекс»,  
г. Москва;  
ФГБВОУ ВО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского»,  
г. Санкт-Петербург

*Ключевые слова и фразы:* теория вязкоупругости, ортотропный материал, цилиндрическая конструкция, напряженно-деформированное состояние (НДС), уравнения равновесия в перемещениях, интегральные соотношения, ядро релаксации, метод установления, псевдо-время, разностная схема, схема Кранка – Николсон, численная аппроксимация, память материала, устойчивость.

*Аннотация:* Целью работы является построение математической модели расчета напряженно-деформированного состояния ортотропной вязкоупругой цилиндрической конструкции. Рассматривается постановка задачи в перемещениях с учетом релаксационных свойств материала, моделируемых через интегральные соотношения с ядрами. Для получения стационарного решения используется метод установления, включающий введение псевдо-времени. Построена неявная разностная схема, аналогичная схеме Кранка – Николсон, с учетом дополнительных членов, описывающих эффект памяти материала.

Задачи расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) цилиндрических конструкций для разнообразных материалов (упругих, пластических, вязкоупругих, анизотропных и т. д.) имеют широкое прикладное значение в строительной, нефтегазовой, машиностроительной и других отраслях [1]. При учете вязкоупругих свойств материала осложняется как постановка граничной задачи, так и ее численная реализация. В частности, если материал является ортотропным и обладает «памятью» (релаксационными ядрами, описывающими зависимость напряжений от предыстории деформаций), то необходимо использовать специальные формы интегральных соотношений между напряжениями и деформациями.

В данной работе рассмотрена цилиндрическая конструкция (полый цилиндр) длины  $l$ , радиусов  $r_1$  (внутренний) и  $r_2$  (внешний), на которую по окружности  $\varphi$  действуют внутреннее

$f(\varphi)$  и внешнее  $\psi(\varphi)$  давления (рис. 1) [2]. Материал оболочки – ортотропный и вязкоупругий; при этом предполагается, что плоскость анизотропии совпадает с плоскостью радиального сечения цилиндра. Модули упругости  $E_{ij}^*(t)$ ,  $G_{ij}(t)$  зависят от времени через ядро релаксации. Релаксация возникает в теле при длительном нагружении.

Особый интерес представляет постановка задачи в перемещениях (то есть когда искомыми функциями являются компоненты вектора перемещений  $\mathbf{u} = (u, v)$  в радиальном и окружном направлениях). При этом граничные условия задаются непосредственно в терминах перемещений или соответствующих производных, которые связаны с действующими давлениями  $f(\varphi)$  и  $\psi(\varphi)$ .

Цель работы – выписать уравнения равновесия для такого вязкоупругого ортотропного цилиндра, описать граничные условия, постро-

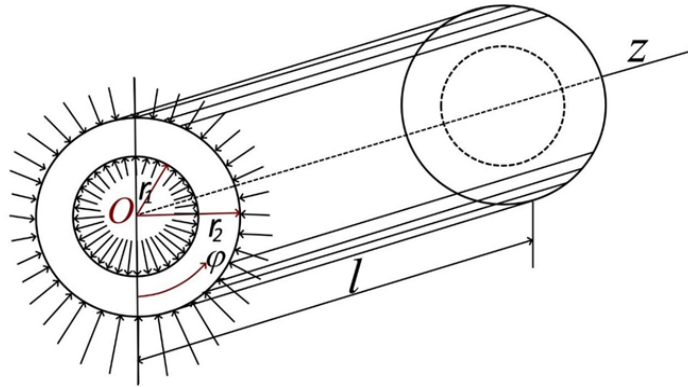


Рис. 1. Ортотропная вязкоупругая цилиндрическая конструкция

ить разностную схему и обосновать метод установления (переход к стационарному решению путем решения псевдонестационарной задачи).

При линейной вязкоупругости, когда материал обладает «долговременной памятью» и анизотропией, справедливы обобщенные соотношения:

$$\sigma_{ij}(t) = \int_0^t Q_{ij}(t-\tau) \frac{\partial \varepsilon_{ij}}{\partial \tau} d\tau,$$

где  $\sigma_{ij}$  – компоненты тензора напряжений;  $\varepsilon_{ij}$  – компоненты тензора деформаций;  $Q_{ij}(t-\tau)$  – релаксационные функции (ядра), описывающие убывание (или изменение) модуля упругости с течением времени для данного материала [3; 4].

Для ортотропного тела в плоской постановке (с учетом радиальной и окружной координат) можно ввести укороченные обозначения:  $\sigma_r, \sigma_\varphi, \tau_{r\varphi}, \varepsilon_r, \varepsilon_\varphi, \gamma_{r\varphi}$ , а соответствующие функции  $Q_{rr}(t), Q_{\varphi\varphi}(t), \dots$  собрать в обобщенный «оператор» (тензор)  $\mathbf{Q}(t)$ .

Таким образом, при малых деформациях в цилиндрических координатах:

$$\varepsilon_r = \frac{\partial u}{\partial r}, \quad \varepsilon_\varphi = \frac{1}{r} \left( \frac{\partial v}{\partial \varphi} + u \right),$$

$$\gamma_{r\varphi} = \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial \varphi} + \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r}.$$

В работе [2] (для упругого ортотропного случая) были выписаны уравнения в перемещениях, которые мы здесь переносим на случай вязкоупругости. При стационарном нагружении для компоненты  $u_r \equiv u$  имеем:

$$\frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tau_{r\varphi}}{\partial \varphi} + \frac{1}{r} \sigma_r - \frac{\sigma_\varphi}{r} = 0,$$

где  $(\sigma_r, \sigma_\varphi, \tau_{r\varphi})$  связаны с  $(\varepsilon_r, \varepsilon_\varphi, \gamma_{r\varphi})$  через интегральные операторы по времени (с ядром  $Q_{ij}(t-\tau)$ ). Аналогично для компоненты  $u_\varphi \equiv v$ :

$$\frac{\partial \tau_{r\varphi}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \sigma_\varphi}{\partial \varphi} - \frac{1}{r} \tau_{r\varphi} = 0.$$

Переходя к записи в перемещениях (как в исходном тексте) с учетом ортотропных модулей (рассматриваем «мгновенные» модули и их релаксационную часть):

$$E_{11}^*(t) \approx Q_{rr}(t), \quad E_{22}^*(t) \approx Q_{\varphi\varphi}(t),$$

$$E_{12}^*(t) \approx Q_{r\varphi}(t), \quad G_{12}(t) \approx Q_{r\varphi}^{(\text{сдвиг.})}(t),$$

получим систему:

$$\left\{ \begin{aligned} & E_{11}^*(t) \frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{G_{12}(t)}{r^2} \frac{\partial^2 u}{\partial \varphi^2} + \frac{E_{11}^*(t)}{r} \frac{\partial u}{\partial r} - \frac{E_{22}^*(t)}{r^2} u - \\ & - \frac{E_{12}^*(t) + G_{12}(t)}{r} \frac{\partial^2 v}{\partial \varphi \partial r} - \frac{E_{22}^*(t) + G_{12}(t)}{r^2} \frac{\partial v}{\partial \varphi} = 0, \\ & G_{12}(t) \frac{\partial^2 v}{\partial r^2} + \frac{E_{22}^*(t)}{r^2} \frac{\partial^2 v}{\partial \varphi^2} + \frac{G_{12}(t)}{r} \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{G_{12}(t)}{r^2} v + \\ & + \frac{E_{22}^*(t) + G_{12}(t)}{r^2} \frac{\partial u}{\partial \varphi} + \frac{E_{12}^*(t) + G_{12}(t)}{r} \frac{\partial^2 u}{\partial \varphi \partial r} = 0. \end{aligned} \right. \quad (1)$$

Строго говоря, каждая из перечисленных «мгновенных» функций  $E_{ij}^*(t), G_{ij}(t)$

есть интеграл-свертка по предыстории:

$$E_{ij}^*(t)\varepsilon_{ij}(t) = \int_0^t E_{ij}^*(t-\tau) \frac{\partial \varepsilon_{ij}}{\partial \tau} d\tau, \text{ и аналогично для } G_{ij}(t).$$

На  $(r=r_1)$  и  $(r=r_2)$  граничные условия:

$$\begin{cases} E_{11}^*(t) \frac{\partial u}{\partial r} + E_{12}^*(t) \left( \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial \varphi} + \frac{u}{r} \right) = f(\varphi), \\ \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial \varphi} + \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r} = 0, \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} E_{11}^*(t) \frac{\partial u}{\partial r} + E_{12}^*(t) \left( \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial \varphi} + \frac{u}{r} \right) = \psi(\varphi), \\ \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial \varphi} + \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r} = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Чтобы получить стационарное решение задачи (1)–(3), удобно прибегнуть к методу установления [4]. С этой целью в уравнения (1) вводят «псевдо-временные» производные по  $t$ :

$$\begin{cases} E_{11}^*(t) \frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{G_{12}(t)}{r^2} \frac{\partial^2 u}{\partial \varphi^2} + \frac{E_{11}^*(t)}{r} \frac{\partial u}{\partial r} - \frac{E_{22}^*(t)}{r^2} u - \\ - \frac{E_{12}^*(t) + G_{12}(t)}{r} \frac{\partial^2 v}{\partial \varphi \partial r} - \frac{E_{22}^*(t) + G_{12}(t)}{r^2} \frac{\partial v}{\partial \varphi} = \frac{\partial u}{\partial t}, \\ G_{12}(t) \frac{\partial^2 v}{\partial r^2} + \frac{E_{22}^*(t)}{r^2} \frac{\partial^2 v}{\partial \varphi^2} + \frac{G_{12}(t)}{r} \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{G_{12}(t)}{r^2} v + \\ + \frac{E_{22}^*(t) + G_{12}(t)}{r^2} \frac{\partial u}{\partial \varphi} + \frac{E_{12}^*(t) + G_{12}(t)}{r} \frac{\partial^2 u}{\partial \varphi \partial r} = \frac{\partial v}{\partial t}. \end{cases} \quad (4)$$

При  $t \rightarrow \infty$  решение  $u(r, \varphi, t), v(r, \varphi, t)$  выходит на стационарное (установившееся) состояние [5], удовлетворяя исходной «безынерционной» задаче равновесия для вязкоупругого цилиндра.

Дискретизация цилиндра для разностной задачи проведена аналогично работе [2].

Приближенные значения перемещений обозначим:

$$u_{k,j}^n \approx u(r_k, \varphi_j, t_n), \quad v_{k,j}^n \approx v(r_k, \varphi_j, t_n),$$

где  $t_n = n\tau$ , а  $\tau$  – шаг по «псевдо-времени».

Для интеграла свертки вида  $\sigma(t) = \int_0^t Q(t-\tau) \frac{\partial \varepsilon}{\partial \tau} d\tau$  на каждом шаге ( $t_n$ ) можно применять различные численные аппроксимации.

В любом случае итоговые разностные уравнения для  $u_{k,j}^n$  и  $v_{k,j}^n$  содержат дополнительные слагаемые, зависящие от значений перемещений (или их разностей) на предыдущих шагах по времени, что отражает эффект «памяти» материала.

Для основной пространственной части (операторы  $\partial^2 / \partial r^2$ ,  $\partial^2 / \partial \varphi^2$ ,  $\partial^2 / \partial r \partial \varphi$  и т.п.) можно использовать схему Кранка – Николсон (или схему с весами) [6], чтобы получить второй порядок точности по  $(h_1, h_2)$ . С учетом «псевдо-временной» производной  $\frac{u_{k,j}^{n+1} - u_{k,j}^n}{\tau}$  и «вязкоупругих» слагаемых (которые сами в общем случае еще требуют учета истории) итоговые разностные уравнения имеют вид:

$$\begin{cases} \mathcal{L}_u(u_{k,j}^{n+\alpha}, v_{k,j}^{n+\alpha}) + \mathcal{V}_u(\{u, v\}^{0:n}) = \frac{u_{k,j}^{n+1} - u_{k,j}^n}{\tau}, \\ \mathcal{L}_v(v_{k,j}^{n+\alpha}, u_{k,j}^{n+\alpha}) + \mathcal{V}_v(\{u, v\}^{0:n}) = \frac{v_{k,j}^{n+1} - v_{k,j}^n}{\tau}, \end{cases}$$

где  $\alpha = 1/2$  для схемы Кранка – Николсон;  $\mathcal{L}_u, \mathcal{L}_v$  – операторы, отвечающие за «упругую часть» и пространственные разностные операторные приближения;  $\mathcal{V}_u, \mathcal{V}_v$  – «операторы памяти», аккумулирующие вклад от предыдущих временных слоев (учитывая релаксационное ядро  $Q(t)$ ).

В результате работы:

1. Предложена математическая модель определения НДС полой цилиндрической конструкции с учетом ортотропии и вязкоупругости. В связях «напряжение – деформация» введены ядра релаксации  $Q_{ij}(t)$ , что позволяет учитывать «память» материала.

2. Представлены уравнения равновесия в перемещениях (1) с временными функциями  $E_{ij}^*(t)$ ,  $G_{ij}(t)$ , а также граничные условия (2)–(3), соответствующие заданным внутреннему и внешнему давлениям  $f(\varphi)$  и  $\psi(\varphi)$ .

3. Для нахождения стационарного решения применен метод введения «псевдо-времени» (4). Переход к стационарности достигается при  $t \rightarrow \infty$ , когда решение  $\{u, v\}$  и интегральные «памятующие» члены стабилизируются.

4. Построена неявная разностная схема (аналогичная схеме Кранка – Николсон) с дополнительными членами, учитывающими вязкоупругие эффекты через дискретизацию свертки с ядром релаксации.

### **Литература**

1. Sandip Mazumder. Numerical Methods for Partial Differential Equations: Finite Difference and Finite Volume Methods / Sandip Mazumder. – Academic Press, 2016. – 484 p.
2. Андрющенко, О.В. Математическая модель расчета напряженно-деформированного состояния ортотропной неравномерно нагруженной цилиндрической конструкции в пространстве / О.В. Андрющенко, И.М. Анохина // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2023. – № 6(165). – С. 48–53.
3. Андрющенко, О.В. Численная модель подбора параметров ядра релаксации напряжений на языке программирования python / О.В. Андрющенко, И.М. Анохина // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2024. № 4(175) – С. 98–101.
4. Junisbekov, T.M. Stress Relaxation in Viscoelastic Materials / T.M. Junisbekov, V.N. Kestelman, N.N. Malinin. – Enfield (NH) USA; Plymouth UK : Science Publishers Inc., 2002. – P. 458.
5. Самарский, А.А. Методы решения сеточных уравнений / А.А. Самарский, Е.С. Николаев. – М. : Наука, 1978. – 592 с.
6. Crank, J. A Practical Method for Numerical Evaluation of Solutions of Partial Differential Equations of the Heat-Conduction Type / J. Crank, P. Nicolson // Math. Proc. Cambridge Philos. Soc., 1947. – P. 43–50.

### **References**

2. Andriushchenko, O.V. Matematicheskaya model rascheta napriazhenno-deformirovannogo sostoianiia ortotropnoi neravnomerno nagruzhennoi tsilindricheskoi konstruktsii v prostranstve / O.V. Andriushchenko, I.M. Anokhina // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2023. – № 6(165). – S. 48–53.
3. Andriushchenko, O.V. Chislennaia model podbora parametrov iadra relaksatsii napriazhenii na iazyke programmirovaniia python / O.V. Andriushchenko, I.M. Anokhina // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2024. № 4(175) – S. 98–101.
5. Samarskii, A.A. Metody resheniia setochnykh uravnenii / A.A. Samarskii, E.S. Nikolaev. – M. : Nauka, 1978. – 592 s.

---

© О.В. Андрющенко, И.М. Анохина, 2025

# **МОДЕЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ НЕЙРОКОГНИТИВНЫХ АРХИТЕКТУР ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ПОДБОРА КАБЕЛЯ С УЧЕТОМ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ И НАГРУЗОК**

А.З. ЭНЕС<sup>1</sup>, К.Ч. БЖИХАТЛОВ<sup>1</sup>, М.М. ОШХУНОВ<sup>2</sup>, Т.М. БИЦУЕВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ИИПРУ «Кабардино-Балкарский научный центр РАН»;

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова»,  
г. Нальчик

---

*Ключевые слова и фразы:* мультиагентная нейрокогнитивная архитектура, агенты, машинное обучение, энергия, контракты, температура, прогнозирование, кабель, жила.

*Аннотация:* Основной целью данной работы является разработка интеллектуальной системы на основе мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры для анализа и прогнозирования температуры кабельной жилы с целью предотвращения возможных неисправностей, обеспечения безопасности и повышения надежности работы кабельной инфраструктуры. Для достижения этой цели были использованы методы машинного обучения и нейронных сетей для анализа и прогнозирования температурных изменений в кабельной линии на основе предыдущих данных. Гипотеза исследования заключается в том, что использование интеллектуальной системы, основанной на мультиагентной нейрокогнитивной архитектуре, обеспечит высокую точность анализа и прогноза температурного режима кабельной жилы, а также позволит своевременно выявлять потенциально критические изменения в тепловом состоянии кабельной линии.

---

## **1. Введение**

Решение задачи прогнозирования ресурса кабельных оболочек позволяет оценить и предсказать время, которое они смогут служить без отказа или потери качества передачи сигнала. Оценка термических процессов и их влияние на материалы кабельной оболочки является важным аспектом данной задачи. Высокая температура окружающей среды или избыточные токи могут привести к повышенным термическим нагрузкам на кабель и его оболочку. Это может привести к ухудшению свойств материала и преждевременному старению.

Поэтому весьма актуальна проблема создания интеллектуальной системы для расчета и прогнозирования температуры жилы кабеля в режиме реального времени на основе данных системы температурного мониторинга, с учетом изменения токовой нагрузки линии и внешних

условий теплоотвода.

## **2. Разработка интеллектуальной системы**

В качестве метода прогнозирования температуры кабелей в данной работе рассматривается интеллектуальная система принятия решений на основе формализма мультиагентных нейрокогнитивных архитектур, описанного в работе [1]. Мультиагентные нейрокогнитивные архитектуры представляют собой абстрактную модель самоорганизации мозга, где объекты интерпретируются с использованием интеллектуальных агентов. В данном подходе биологические системы принятия решений рассматриваются как многоагентные системы, где каждый агент (или нейрон) имеет целевые функции и правила поведения. Агенты обмениваются сообщениями и энергией, заключая мультиагентные контракты для максимизации своей вну-

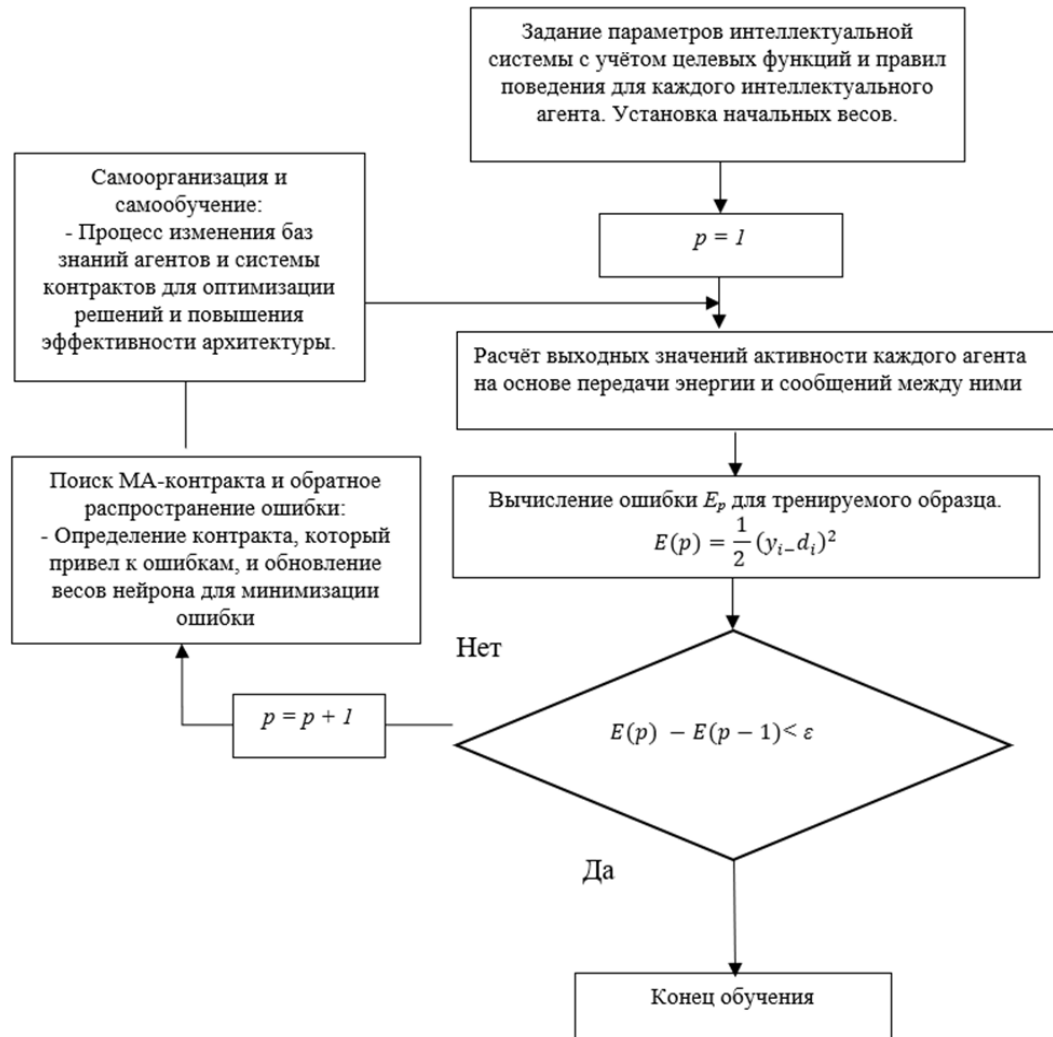


Рис. 1. Блок-схема алгоритма обучения мультиагентной системы

тренней энергии [1; 2].

Агенты формируются по мере необходимости на основе неструктурированных данных сенсоров (сила тока, температура среды и жилы, время, марка кабеля). Когнитивный узел моделирования строит ситуацию, используя опыт (память) и базы знаний агентов. Ситуации хранятся в виде сообщений между агентами. При распознавании и оценке событий формируется причинно-следственная связь и предсказывается ситуация-следствие. Если событие не распознано, создаются дополнительные агенты для выявления и формирования связи. Ситуация-причина и ситуация-следствие моделируются агентами, обладающими знаниями о причинно-следственных зависимостях. Данная зависимость может быть записана в виде выражения [3; 4]:

$$k_i^{jh} = \left( S_{\tau_i \tau_a}^{j\tau_b} \wedge S_{\tau_i \tau_c}^{h\tau_f}; a_{\tau_i \tau_d}^{jh\tau_f} \right), \quad (1)$$

$$\tau_a \leq \tau_b \leq \tau_c \leq \tau_d \leq \tau_f,$$

где  $S_{\tau_i \tau_a}^{j\tau_b}$  – начальная ситуация (причина);  $S_{\tau_i \tau_c}^{h\tau_f}$  – конечная (желаемая) ситуация (следствие),  $a_{\tau_i \tau_d}^{jh\tau_f}$  – действие, которое должен выполнить агент, чтобы из начальной перейти в желаемую ситуацию. Заключение эффективных контрактов приводит к формированию связей, которые обеспечивают изменение когнитивного узла эмоциональной оценки в сторону увеличения энергии интеллектуального агента. Таким образом, процесс управления действиями направляется опытом, который формируется проактивным моделированием будущего и происходит в реальном времени. Обучение в такой

системе заключается как в изменении состава агентов в функциональных узлах когнитивной архитектуры, так и в изменении (редактировании, пополнении) их баз знаний и осуществляется на всех уровнях инварианта нейрокогнитивной архитектуры [5].

Блок-схема алгоритма обучения мультиагентной системы представлена на рис. 1.

Для каждого нейрона в выходном слое ошибка вычисляется как:

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (y_i - d_i)^2, \quad (2)$$

где  $p$  – индекс образца;  $d_i$  – желаемый выход;  $y_i$  – фактический выход.

Уменьшения ошибки определяется по следующему правилу:

$$\Delta\omega_{ij} = -\eta \frac{\partial E_p}{\partial \omega_{ij}}. \quad (3)$$

Здесь  $\Delta\omega_{ij}$  – изменение веса связи между агентами  $i$  и  $j$ ;  $\eta$  – некоторый коэффициент, обычно задаваемый в пределах от 0,05 до 1 и называемый коэффициентом скорости обучения.

Для коррекции весовых коэффициентов используется формула:

$$\begin{aligned} \Delta\omega_{ij} = & -\eta \left( -(\partial_i - y_i) \right) f'_\sigma(S_i) x_j = \\ = & \eta (\partial_i - y_i) f'_\sigma(S_i) x_j + (a_{ij} x_j) \beta(r_i - r_j - 1) + \\ & + \gamma(w_{ij} - w_{ji}) + \psi(y_j(t - \tau)), \end{aligned} \quad (4)$$

где  $f'_\sigma(S_i) x_j$  – производная функции активации нейроагента  $i$  по его входу  $S_i$ ;  $x_j$  – входной сигнал от агента  $j$ ;  $a_{ij}$  – дополнительный

вес, учитывающий важность входного сигнала от агента  $j$  для агента  $i$ ;  $(a_{ij} x_j)$  – суммирование вкладов сигналов от всех агентов  $j$  для коррекции веса между агентами  $i$  и  $j$ ;  $\beta(r_i - r_j - 1)$  – компонент, отвечающий за обновление весовых коэффициентов на основе разницы в наградах агента  $i$  за текущее и предыдущее состояния;  $\gamma(w_{ij} - w_{ji})$  – компонент, учитывающий разницу между текущим значением весового и его оценкой;  $\tau$  – временная задержка в передаче сигналов между агентами;  $\psi(y_j(t - \tau))$  – учет временной задержки входного сигнала агента  $j$ .

Таким образом, данная формула описывает процесс коррекции весов связей между нейроагентами в мультиагентной нейрокогнитивной архитектуре с учетом информации, получаемой от других агентов.

### 3. Результаты экспериментов по прогнозированию температурного состояния кабельных линий в режиме реального времени

Для создания обучающей выборки были использованы результаты измерения температуры промышленного силового кабеля с большим сечением жилы XLPE 1×800 мм<sup>2</sup>. Данные о температуре, представленные в источнике [6], содержат динамику изменения температурных характеристик кабеля в зависимости от времени. Это позволяет отследить временные зависимости теплового состояния кабеля при различных режимах эксплуатации.

На основе полученных входных данных создаются агенты в рамках когнитивной архитектуры, которые взаимодействуют между собой, обмениваясь информацией о температуре при различных уровнях силы тока и разной температуре окружающей среды. Визуализация агентов и связей между ними в данной архи-

Таблица 1. Результаты прогнозирования температуры кабеля XLPE 1x800 мм<sup>2</sup>

| Модель кабеля                        | Время прогноза, ч. | Сила тока, А. | Данные прогноза температуры жилы, °C | Фактические данные температуры жилы, °C | Средняя величина ошибки прогноза, % |
|--------------------------------------|--------------------|---------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|
| Кабель XLPE<br>1x800 мм <sup>2</sup> | 10                 | 1546          | 26,76212                             | 25,64                                   | 4,37                                |
|                                      | 11                 |               | 40,3142                              | 39,06                                   | 3,21                                |
|                                      | 12                 |               | 46,82167                             | 46,79                                   | 0,06                                |
|                                      | 13                 |               | 51,6142                              | 51,09                                   | 1,02                                |

The screenshot shows a software interface with the following elements:

- Номер модели:** XLPE 1x800мм<sup>2</sup>
- Сечение:** 800
- Текущая сила тока:** 1530
- Текущая температура в жиле:** 38.63
- Текущая температура окружающей среды:** 20
- Прогноз:** 46.3760273010287
- Сделать прогноз:** Button
- Текущее время:** 11:00:57
- Время прогноза:** 12:00 (dropdown menu)

Рис. 2. Интерфейс разработанной программы с результатами расчета

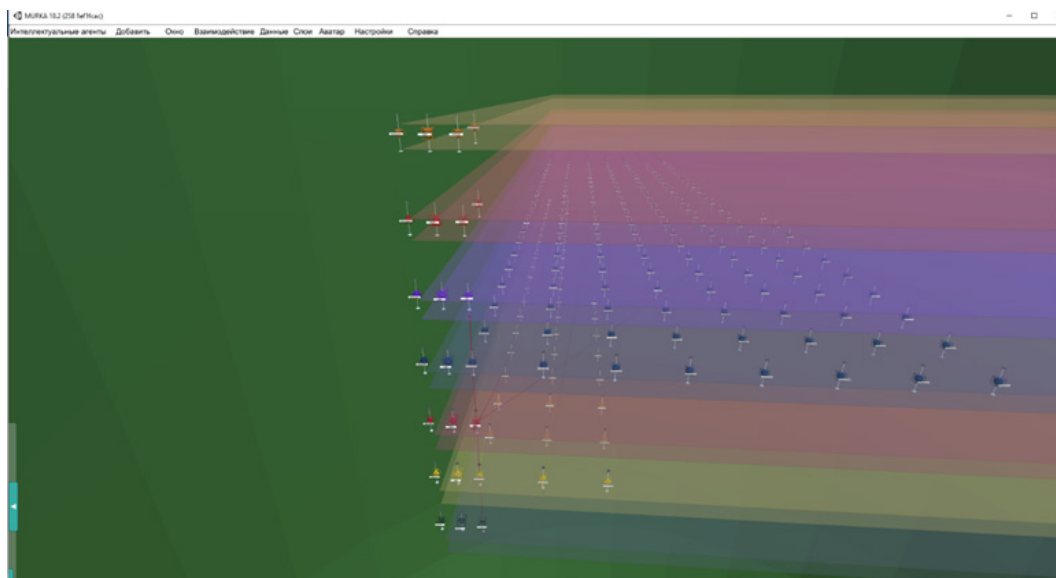


Рис. 3. Трехмерная визуализация имитационного моделирования мультиагентных нейрокогнитивных архитектур

текстуре представлена на рис. 3 и 4. На рис. 2 представлен интерфейс разработанного программного комплекса с результатами расчетов прогнозирования температуры кабеля XLPE 1×800 мм<sup>2</sup>.

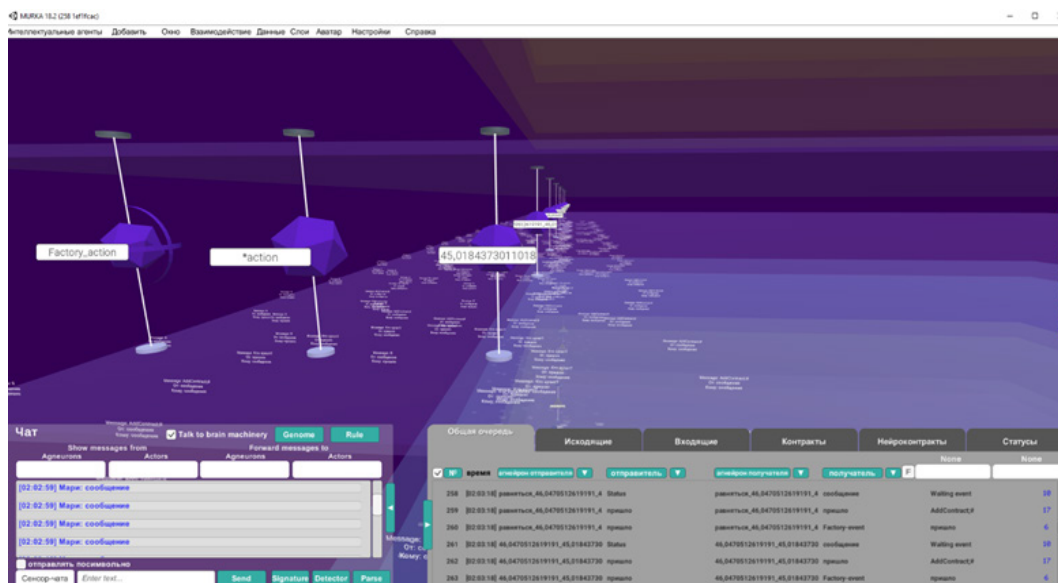
После идентификации события когнитивный узел дает эмоциональную оценку и прогнозирует ситуацию-следствие. В табл. 1 приведены результаты прогноза температуры жилы кабеля для разного значения времени.

Из этих результатов видно, что прогнозы,

которые предоставляет интеллектуальная система, обладают незначительной погрешностью по сравнению с фактическими данными, где максимальное отклонение от не превышает 5 %.

### Заключение

В рамках исследования была предпринята попытка разработки модели интеллектуальной системы, на основе мультиагентных нейрокогнитивных архитектур которая позволяет про-



**Рис. 4.** Процесс идентификации событий и образования связей между агентами в рамках мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры

гнозировать температуру кабельной жилы на основе предыдущих данных. Данная система позволяет достаточно точно прогнозировать значения и имеет небольшую погрешность с максимальным отклонением от фактических данных, не превышающим 5 %.

Полученные результаты могут найти практическое применение в области обслуживания и обеспечения надежности электроэнергетиче-

ских систем. Они позволяют разработать эффективные стратегии прогнозирования и мониторинга температуры в кабельных системах, что в свою очередь повышает общую надежность и безопасность работы систем энергообеспечения.

На разработанную программу имеется свидетельство о государственной регистрации [6].

### Литература

1. Нагоев, З.В. Интеллектика, или мышление в живых и искусственных системах / З.В. Нагоев. – Нальчик : Издательство КБНЦ РАН, 2013. – 213 с.
2. Nagoev, Z. Learning Algorithm for an Intelligent Decision Making System Based on Multiagent Neurocognitive Architectures / Z. Nagoev, I. Pshenokova, O. Nagoeva, Z. Sundukov // Cognitive Systems Research. – 2021. – Vol. 66. – P. 82–88.
3. Пшенокова, И.А. Формирование динамических причинно-следственных зависимостей при управлении поведением интеллектуального агента на основе формализма мультиагентных нейрокогнитивных архитектур / И.А. Пшенокова, О.В. Нагоева, А.З. Апшев, А.З. Энес // Известия КБНЦ РАН. – 2022. – № 5(109). – С. 73–80.
4. Нагоев, З.В. Автономное формирование модели пользователя по данным цифрового следа в интернет-пространстве на основе обучения мультиагентных нейрокогнитивных архитектур / З.В. Нагоев, К.Ч. Бжихатлов, О.В. Нагоева, З.А. Сундуков, С.А. Канкулов // Известия КБНЦ РАН. – 2020. – № 6(98). – С. 52–67.
5. Akumawah Nche, A. Temperature Modeling and Control Algorithm for High Voltage Underground Cables : Electronic Theses and Dissertations / A. Akumawah Nche, 2017. – P. 81–86.
6. Энес, А.З. Программа для прогнозирования пропускной способности энергетических комплексов при помощи искусственного интеллекта. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2024610196, 10.01.2024. Заявка № 2023688749 от 19.12.2023.

**References**

1. Nagoev, Z.V. *Intellektika, ili myshlenie v zhivyykh i iskusstvennykh sistemakh* / Z.V. Nagoev. – Nalchik : Izdatelstvo KBNTs RAN, 2013. – 213 s.
3. Pshenokova, I.A. Formirovanie dinamicheskikh prichinno-sledstvennykh zavisimostei pri upravlenii povedeniem intellektualnogo agenta na osnove formalizma multiagentnykh neirokognitivnykh arkhitektur / I.A. Pshenokova, O.V. Nagoeva, A.Z. Apshev, A.Z. Enes // *Izvestiia KBNTs RAN*. – 2022. – № 5(109). – S. 73–80.
4. Nagoev, Z.V. Avtonomnoe formirovanie modeli polzovatelia po dannym tsifrovogo sleda v internet-prostranstve na osnove obucheniia multiagentnykh neirokognitivnykh arkhitektu / Z.V. Nagoev, K.Ch. Bzhikhatlov, O.V. Nagoeva, Z.A. Sundukov, S.A. Kankulov // *Izvestiia KBNTs RAN*. – 2020. – № 6(98). – S. 52–67.
6. Enes, A.Z. Programma dlia prognozirovaniia propusknoi sposobnosti energeticheskikh kompleksov pri pomoshchi iskusstvennogo intellekta. Svidetelstvo o registratsii programmy dlia EVM RU 2024610196, 10.01.2024. Zaiavka № 2023688749 ot 19.12.2023.

---

© А.З. Энес, К.Ч. Бжихатлов, М.М. Ошхунов, Т.М. Бицуев, 2025

# ПЕРВОНАЧАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ И ГИС ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ЗАСОРОВ В ПОДВОДНЫХ ГАЗОПРОВОДАХ ГИДРАТАМИ

СЯО ЧЖЭНСИНЬ, А.Н. ГУЛЬКОВ

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»,  
г. Владивосток

*Ключевые слова и фразы:* гидрат; засорение отложениями; трубопроводный транспорт.

*Аннотация:* С развитием времени и прогрессом добыча нефтегазовых ресурсов постепенно расширяется в глубоководные районы, а также в Арктику и Антарктику. Однако в этих регионах условия добычи и транспортировки значительно сложнее по сравнению с другими районами. Общеизвестны низкие температуры и незнакомые геологические условия, что приводит к серьезным проблемам с обеспечением потоков в трубопроводах, подверженных этим суровым внешним условиям. Одной из наиболее серьезных проблем является образование гидратов природного газа и их блокировка в процессе транспортировки по подводным газопроводам. Поэтому крайне важно применять научные методы для прогнозирования, контроля и предотвращения образования гидратов природного газа и их блокировки в подводных газопроводах. Технологии Интернета вещей и ГИС имеют большое значение в решении проблемы гидратных пробок на подводных газопроводах. Совместное использование этих технологий обеспечивает комплексное и эффективное решение для предотвращения и устранения проблем, связанных с гидратными пробками, обеспечивая безопасную эксплуатацию подводных газопроводов, а также снижение экономических потерь и экологических рисков.

## Введение

Статья, проанализировав рабочую среду и состояние подводного газопровода, исследует применение технологий Интернета вещей (IoT) и географических информационных систем (GIS) в случае блокировки метановых гидратов. Технология Интернета вещей позволяет осуществлять мониторинг параметров работы подводного газопровода в реальном времени, используя датчики, установленные в трубопроводе. Это обеспечивает раннее предупреждение о формировании блокировки из метановых гидратов, а также точную локализацию и диагностику места блокировки после ее возникновения. Кроме того, возможно дистанционное управление оборудованием для предотвращения дальнейшего расширения блока.

Технология GIS, благодаря своим пространственным и визуальным характеристикам, по-

могает научно оценить влияние зоны блокировки при образовании метановых гидратов и разумно планировать маршрут для аварийного ремонта и распределение ресурсов. Применение этих двух технологий в подводных газопроводах способствует поддержанию безопасной эксплуатации, снижая как экономические, так и экологические потери, а также предлагая инновационные и эффективные решения для обеспечения транспортной безопасности подводного газопровода в случае блокировки метановых гидратов.

## Теория образования гидратов

Гидраты природного газа — это белый твердый продукт, образующийся из природного газа и воды при определенных условиях низкой температуры и высокого давления. Их свойства схожи со свойствами льда: чем ниже температу-

ра и выше давление, тем более благоприятные условия для образования гидратов. Формирование гидратов в процессе добычи и транспортировки нефти и газа может угрожать нормальной безопасности потока и в серьезных случаях даже привести к крайне нежелательным ситуациям, таким как закупорка трубопроводов.

### **Существующие методы предотвращения образования гидратов в подводных трубопроводах**

#### ***Уменьшение содержания воды в природном газе в трубопроводе***

Снижение содержания свободной воды и водяного пара в природном газе внутри трубопроводов может предотвратить образование гидратов и закупорку подводных газопроводов. В настоящее время наиболее широко используется метод дегидратации природного газа с помощью триглицерина, хотя в некоторых нефтяных месторождениях также установлены устройства для сверхзвуковой дегидратации. По сравнению с традиционными процессами дегидратации, данный метод обладает рядом преимуществ, таких как компактные размеры, низкое энергопотребление, невысокие эксплуатационные расходы, простота и удобство в обслуживании, а также минимальное загрязнение окружающей среды.

#### ***Добавление ингибиторов***

В процессе подготовки нефти и газа в подводных трубопроводах наиболее распространенным методом предотвращения образования гидратов является впрыскивание ингибиторов в природный газ в трубах. Обычно используемые ингибиторы гидратов включают спирты и электролитные ингибиторы.

### **Первоначальные исследования по интеллектуальному строительству подводных трубопроводов**

#### ***Применение технологии Интернета вещей***

Технология Интернета вещей может оказать значительное влияние на предотвращение образования газовых гидратов в подводных газопроводах.

1. Возможно создание прогностической модели, основанной на анализе прошлых данных, с использованием искусственного интеллекта и анализа больших данных для проведения интеллектуальной диагностики. Это

позволит заранее предупреждать о возможности образования гидратов и определять место и степень блокировки на основе данных о состоянии окружающей среды и трубопровода, полученных в ходе предыдущих инцидентов с газовыми гидратами.

2. Установка датчиков давления, температуры и расхода на ключевых участках подводных газопроводов позволит собирать данные о транспортировке природного газа в реальном времени и передавать их в центр сбора для анализа, обработки и хранения. В случае аномальных показаний датчиков можно проанализировать текущее состояние подводной среды и ранее собранные данные, чтобы своевременно выявить риск блокировки. Затем, используя дистанционно управляемые клапаны и системы нагрева, можно принять меры для предотвращения распространения блокировки, если она уже произошла.

3. С помощью технологии Интернета вещей возможно проводить управление оборудованием для предотвращения и устранения блокировок, а также разрабатывать обоснованные планы обслуживания на основе мониторинговых данных, с акцентом на усиление инспекций и технического обслуживания.

Технология Интернета вещей может предоставить комплексное и эффективное решение при возникновении проблем с блокировкой газовых гидратов в подводных газопроводах, повышая безопасность и надежность трубопроводов.

В 2023 г. группа исследователей во главе с Цю Шунли предложила метод определения толщины слоя осадка гидратов в высоконапорных трубопроводах, основанный на анализе сигналов напряжения. Метод включает сопряжение прозрачного тестового участка, платформы для встряхивания и системы сбора данных, что позволяет создать устройство для отслеживания изменений толщины слоя осадка гидратов. С помощью линейного датчика, установленного на устройстве, осуществляется мониторинг процесса роста слоя осадка гидратов в трубопроводе. Также применяется модель расчета электрической проводимости гидратов, которая позволяет преобразовать сигнал напряжения, зарегистрированный устройством, в фактическую толщину слоя осадка гидратов внутри трубопровода.[1]

В 2018 году Лю Ян описал инцидент с образованием гидратной блокировки в подво-

дных газопроводах в районе Бохайского залива и представил методы диагностики гидратной блокировки. Он также предложил конкретные шаги и меры по обработке и предотвращению гидратных блокировок в подводных газопроводах.[2]

В 2022 году Ван Вэймин и его коллеги подчеркнули важность тщательного мониторинга участков, где в процессе добычи и транспортировки природного газа могут образовываться гидраты. Как только обнаруживаются признаки их образования, необходимо немедленно принимать меры, такие как повышение температуры, снижение давления или введение ингибиторов, чтобы в кратчайшие сроки устранить блокировку в трубопроводе. Это позволит минимизировать негативные последствия гидратной блокировки и обеспечить безопасную и стабильную работу процессов добычи и транспортировки природного газа.[3]

### 3.2 Применение технологии GIS

Технология GIS (Географическая информационная система) играет важную роль в случае засорения гидратов в подводных газопроводах.

1. GIS может интегрировать географическую информацию о трубопроводах, точно отмечая их местоположение и окружающую среду, создавая основу для быстрой локализации точек засорения. В сочетании с данными датчиков она позволяет наглядно демонстрировать состояние трубопровода на различных его участках.

2. Используя мощные функции пространственного анализа, можно анализировать возможную зону влияния засорения гидратов, оценивая потенциальные риски для экологии прилегающих морских районов и других объектов инфраструктуры. В ходе аварийно-спасательных операций GIS помогает разработать оптимальные маршруты для ликвидации аварийных ситуаций и планы распределения ресурсов, повышая скорость реагирования. Кроме того, она позволяет записывать и анализировать случаи засорения в прошлом, выявляя закономерности и предоставляя важную информацию для предотвращения засорений в будущем.

Также, в сочетании с данными о морских погодных условиях, можно прогнозировать изменения факторов окружающей среды, которые могут привести к образованию гидратов, и заблаговременно принимать профилактические меры, чтобы обеспечить безопасную и стабильную работу подводных газопроводов.

Согласно исследованию Танга Хаоши за 2023 год, в условиях высокого давления и низких температур подводные трубопроводы подвержены высокому риску образования гидратов. При стабильной добыче максимум гидратов постепенно смещается к концу трубопровода, где уклон более пологий. В вертикальных участках трубопровода движущая сила образования гидратов выше, что повышает риск их образования.[4]

В 2022 году Ся Жэньциан и его коллеги провели исследование механизмов образования, накопления и блокировки гидратов в подводных трубопроводах, а также методов разблокировки. Они предложили перспективы будущих исследований блокировок и разблокировок в подводных трубопроводах. Эти исследования имеют большое значение для безопасной и эффективной разработки морских нефтяных и газовых месторождений, а также для обеспечения безопасной и эффективной работы потоков в подводных трубопроводах.[5]

В 2020 году Гун Цзин и его коллеги исследовали эндогенные механизмы образования гидратных отложений. Учитывая особенности параметров потока в различных режимах течения, они предложили направление будущих исследований, заключающееся в создании точных моделей прогнозирования образования гидратных отложений и глубоком анализе влияния различных параметров потока на процессы объединения и отложения гидратов.[6]

### Эффективность модернизации подводного трубопровода с использованием технологий искусственного интеллекта

Оценка и сравнение модернизации подводных трубопроводов проводятся с точки зрения затрат на трудовые ресурсы и эксплуатационные расходы компании.

#### С точки зрения затрат на трудовые ресурсы:

1. *Сокращение затрат на обходные инспекционные работы*

Технология интернета вещей позволяет реализовать дистанционный мониторинг подводного газопровода в режиме реального времени. Датчики непрерывно собирают ключевые данные, такие как температура, давление, расход и другие параметры. При обнаружении признаков блокировки метановых гидратов система немедленно подает сигнал тревоги, что позволяет избежать частых выездов на место и

существенно сократить потребность в трудовых ресурсах для проведения проверок. Технология GIS точно определяет местоположение трубопровода и проблемные участки, что позволяет сотрудникам проводить целенаправленные проверки и техническое обслуживание, избегая ненужных затрат на рабочую силу.

## **2. Повышение эффективности устранения неисправностей и сокращение затрат на человеко-часы**

В случае блокировки метановых гидратов технология интернета вещей быстро предоставляет подробную информацию о неисправности, включая ее местоположение и степень. В сочетании с визуализацией, которую обеспечивает технология GIS, сотрудники могут оперативно определить наилучший способ устранения проблемы, что значительно повышает эффективность диагностики и устранения неисправностей, а также снижает затраты на трудовые ресурсы.

### **С точки зрения операционных затрат компании:**

#### **1. Снижение затрат на обслуживание оборудования**

Технология интернета вещей обеспечивает постоянный мониторинг состояния трубопроводов, позволяя заранее прогнозировать возможные проблемы с блокировкой метановых гидратов и предпринимать превентивные меры по техническому обслуживанию. Это помогает избежать повреждений трубопровода и необходимости замены оборудования из-за серьезной закупорки, снижая затраты на обслуживание. Технология GIS позволяет оптимизировать распределение ресурсов для обслуживания, обеспечивая эффективное проведение работ и дальнейшее сокращение затрат.

#### **2. Снижение потерь из-за остановки производства**

Если блокировка гидратами не будет устранена своевременно, это может привести к оста-

новке добычи газа и значительным экономическим потерям для компании. Использование технологий интернета вещей и GIS позволяет быстро выявлять и устранять проблемы с блокировкой, сокращая время простоя и снижая потери, связанные с остановкой производства.

#### **3. Повышение энергоэффективности**

Благодаря точному мониторингу состояния трубопроводов с использованием технологии интернета вещей можно оптимизировать процесс транспортировки природного газа и минимизировать потери энергии. Оперативное устранение проблем с гидратной блокировкой также способствует поддержанию трубопровода в эффективном рабочем состоянии, повышая энергетическую эффективность и снижая операционные затраты.

## **Заключение**

Анализ показывает, что технологии интернета вещей и GIS значительно способствуют решению проблемы блокировки гидратами в подводных газопроводах. Технология интернета вещей позволяет реализовать мониторинг в реальном времени, проводить точную диагностику и дистанционно управлять оборудованием для устранения закупорок, что существенно повышает эффективность реагирования в экстренных ситуациях. В свою очередь, технология GIS обеспечивает пространственную визуализацию и оценку воздействия, помогая при планировании маршрутов ремонта и распределении ресурсов. Совместное использование этих технологий предлагает комплексные и эффективные решения для профилактики и ликвидации блокировок гидратами, что обеспечивает безопасную эксплуатацию подводных газопроводов, снижает экономические потери и риски для окружающей среды, а также открывает новые подходы к управлению и обслуживанию подводных трубопроводов в будущем.

## **Литература**

1. Цюй Шуньли. Исследование системы реального времени для мониторинга осаждения гидратов природного газа в трубопроводах / Цюй Шуньли, Лю Сян, Ван Вучан // Low-Carbon Chemistry and Chemical Engineering. – 2023. – № 48(02). – 162–167.
2. Лю Ян. Реагирование и профилактика закупорки гидратами в подводных газопроводах / Лю Ян // Oil and Gas Engineering. – 2018. – № 44(03). – С. 47–49; 57.
3. Ван Вэйминг. Анализ причин и методы устранения и предотвращения закупорки гидратами в подводных газопроводах природного газа / Ван Вэйминг, Хоу Чэньгуан, Ли Яо и др. // Tianjin Science and Technology. – 2022. – № 49(01). – С. 51–54. – DOI: 10.14099/j.cnki.tjkj.2022.01.015.

4. Тан Хаоши. Исследование закономерностей образования гидратов в подводных трубопроводах и меры по предотвращению закупорки / Тан Хаоши // *Welded Pipe and Tube*. – 2023. – № 46(12). – С. 47–52. – DOI: 10.19291/j.cnki.1001-3938.2023.12.008.

5. Ся Чжэнцян. Прогресс исследований закупорки и устранения гидратов природного газа в подводных трубопроводах / Ся Чжэнцян, Ли Цинпин, Юй Сичуан и др. // *Marine Engineering Equipment and Technology*. – 2022. – № 9(03). – С. 59–64.

6. Гун Цзин. Транспортировка многофазных смесей с гидратами природного газа и управление рисками закупорки в подводных трубопроводах / Гун Цзин, Ши Бохуй, Чэнь Ючуан и др. // *Natural Gas Industry*. – 2020. – № 40(12). – С. 133–142.

### References

1. Tciui Shunli. Issledovanie sistemy realnogo vremeni dlia monitoringa osazhdeniia gidratov prirodnogo gaza v truboprovodakh / Tciui Shunli, Liu Sian, Van Vuchan // *Low-Carbon Chemistry and Chemical Engineering*. – 2023. – № 48(02). – 162–167.

2. Liu Ian. Reagirovanie i profilaktika zakuporki gidratami v podvodnykh gasoprovodakh / Liu Ian // *Oil and Gas Engineering*. – 2018. – № 44(03). – С. 47–49; 57.

3. Van Veiming. Analiz prichin i metody ustraneniia i predotvrashcheniia zakuporki gidratami v podvodnykh gazoprovodakh prirodnogo gaza / Van Veiming, Khou Chenguan, Li Iao i dr. // *Tianjin Science and Technology*. – 2022. – № 49(01). – С. 51–54. – DOI: 10.14099/j.cnki.tjkj.2022.01.015.

4. Tan Khaoshi. Issledovanie zakonomernostei obrazovaniia gidratov v podvodnykh truboprovodakh i mery po predotvrashcheniiu zakuporki / Tan Khaoshi // *Welded Pipe and Tube*. – 2023. – № 46(12). – С. 47–52. – DOI: 10.19291/j.cnki.1001-3938.2023.12.008.

5. Sia Chzhentcian. Progress issledovaniia zakuporki i ustraneniia gidratov prirodnogo gaza v podvodnykh truboprovodakh / Sia Chzhentcian, Li Tcinpin, Iui Sichuan i dr. // *Marine Engineering Equipment and Technology*. – 2022. – № 9(03). – С. 59–64.

6. Gun Tczin. Transportirovka mnogofaznykh smesei s gidratami prirodnogo gaza i upravlenie riskami zakuporki v podvodnykh truboprovodakh / Gun Tczin, Shi Bokhui, Chen Iuchuan i dr. // *Natural Gas Industry*. – 2020. – № 40(12). – С. 133–142.

---

© Сяо Чжэньсинь, А.Н. Гульков, 2025

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ТЮМЕНИ

А.Ф. ШАПОВАЛ, Т.С. ЖИЛИНА, М.Н. ПАВЛОВА

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»,  
г. Тюмень

*Ключевые слова и фразы:* теплоснабжение, тепловые сети, анализ состояния, аварийность, безопасность.

*Аннотация:* Целью данной статьи является подробный анализ существующих проблем безопасности в сфере теплоснабжения России, определение ключевых факторов риска и выработка обоснованных рекомендаций по повышению уровня техносферной безопасности в отрасли, на конкретном примере города Тюмени. Исследование ставит перед собой задачу рассмотреть методы прогнозирования и предотвращения аварийных ситуаций в системах теплоснабжения, применяя накопленный практический опыт города Тюмени и инновационные технологии оценки возможных техногенных рисков. В рамках проведенного анализа были детально изучены различные подходы к идентификации потенциальных угроз и оценка степени риска, влияющего на функционирование систем отопления. Анализ статистических данных и реальных случаев позволил выявить наиболее актуальные проблемы, характерные для современного состояния российского теплоснабжения, и предложить конкретные меры по минимизации последствий чрезвычайных происшествий.

Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности подходов к прогнозированию потребности в тепловой энергии на территории городе Тюмень, что подтверждает важность принятия комплексных мер по снижению технологических рисков и обеспечению надежной эксплуатации городских теплоэнергетических сетей. Применение современных информационных технологий, развитие инфраструктуры мониторинга и своевременная диагностика технического состояния оборудования становятся ключевыми факторами устойчивого развития отрасли теплоснабжения страны.

### Введение

В условиях современной жизни особое внимание уделяется инженерному прогнозированию аварий на тепловых сетях, а также внедрению передовых технологий для повышения надежности систем теплоснабжения. Аварии на тепловых сетях часто имеют серьезные последствия, включая материальные убытки и угрозу здоровью граждан.

Тепловые сети любого региона России, являясь важнейшей частью энергетической инфраструктуры, подвергаются воздействию ряда негативных факторов, среди которых можно выделить следующие: возраст и износ оборудования, неблагоприятные климатические условия, недостаточное финансирование ремонтных

работ.

На рис. 1 представлено число аварий на источниках теплоснабжения [1-4].

Прогнозирование аварийных ситуаций является важной частью обеспечения безопасности людей и непрерывной работы предприятий. Инженерный анализ состояния сетей теплоснабжения включает в себя комплекс мероприятий, направленных на оценку технического состояния оборудования, выявление дефектов и прогнозирование остаточного ресурса.

### Материалы и исследования

Авторами статьи проведен анализ состояния тепловых сетей в городе Тюмени. Город Тюмень является областным центром и одним

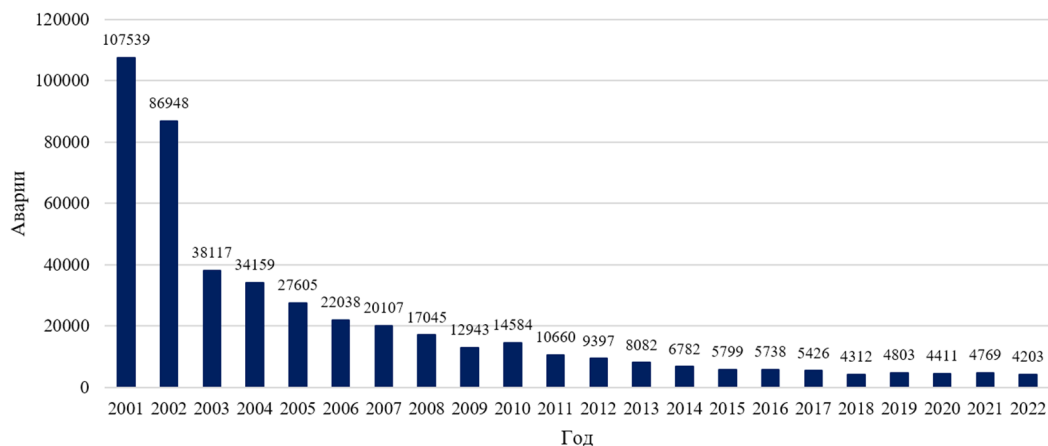


Рис. 1. Число аварий на источниках теплоснабжения, паровых и тепловых сетях в РФ

из крупнейших центров теплоснабжения в России. Теплоснабжение осуществляется через централизованные тепловые сети, которые обеспечивают подачу тепла от источников к потребителям.

Несмотря на развитую инфраструктуру сетей, Тюмень сталкивается с проблемами, связанными с аварийными ситуациями. Городская сеть теплоснабжения включает более 3000 километров трубопроводов, значительная часть которых требует модернизации.

Для повышения уровня безопасности в сфере теплоснабжения в Тюмени применяются различные методы и технологии, включая:

1. *Мониторинг состояния оборудования.* Использование датчиков давления, температуры и вибрации, а также автоматизированных систем сбора данных (SCADA), позволяет осуществлять непрерывный контроль за состоянием оборудования. Это обеспечивает своевременное выявление отклонений от нормативных параметров и предотвращение аварийных ситуаций.

2. *Анализ статистических данных.* Систематизация и анализ данных о ранее произошедших авариях позволяют выявить закономерности, такие как сезонность, зависимость от температуры окружающей среды или нагрузок на сеть. Например, анализ данных за последние 5 лет в г. Тюмень показал, что 70% аварий происходят в зимний период при температуре ниже  $-20^{\circ}\text{C}$ .

3. *Моделирование аварийных ситуаций.* Компьютерное моделирование, включая гидравлические и тепловые расчеты, позволяет оценить последствия потенциальных аварий и раз-

работать сценарии их ликвидации.

4. *Аудит состояния тепловых сетей.* Регулярные обследования позволяют выявлять участки с повышенным износом и своевременно проводить их ремонт или замену. В 2023 году в Тюмени было обследовано более 500 км трубопроводов, что позволило снизить количество аварий на 15%.

5. *Внедрение современных технологий.* Использование систем автоматизации и мониторинга, таких как SCADA и IoT-решения, обеспечивает оперативное выявление и устранение неисправностей. В г. Тюмень внедрена система прогнозирования аварий на основе искусственного интеллекта, которая позволяет снизить количество аварий на 20%.

6. *Обучение персонала.* Повышение квалификации сотрудников теплоснабжающих организаций способствует снижению числа ошибок, связанных с эксплуатацией оборудования. В 2023 году в Тюмени прошли обучение более 200 специалистов.

7. *Оценка рисков.* Проведение регулярной оценки рисков позволяет выявлять уязвимые участки сети и разрабатывать меры по их защите. В г. Тюмень внедрена система оценки рисков на основе Big Data, которая позволяет прогнозировать аварии с точностью до 85 % [5].

В Тюмени активно внедряются передовые методы оценки рисков, включающие использование современных технологий для непрерывного мониторинга состояния тепловых сетей. Эти меры направлены на совершенствование диагностики неисправностей, повышение надежности инфраструктуры и сокращение времени на ликвидацию аварий.

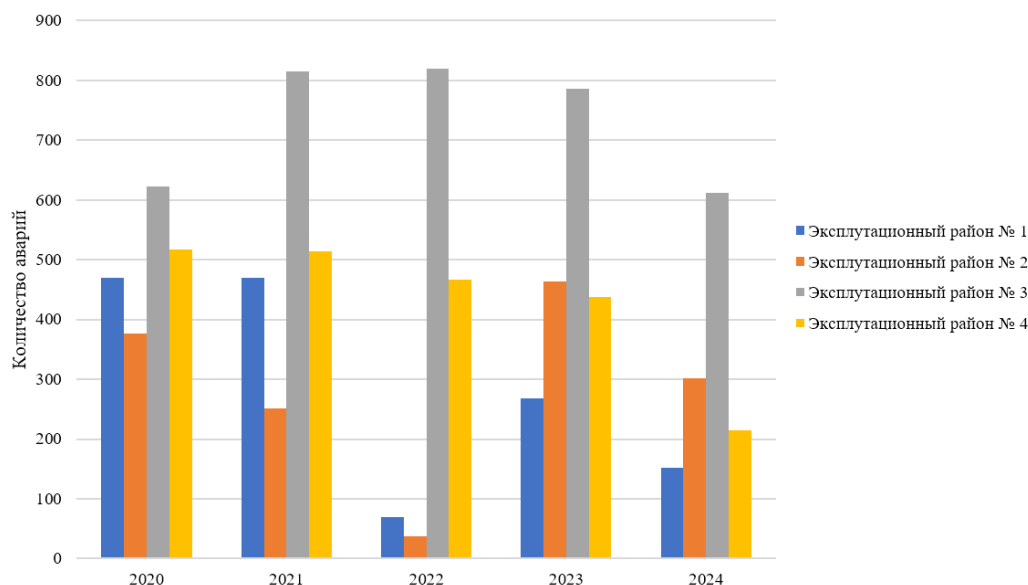


Рис. 2. Тенденция аварийности теплотрасс в административных районах города Тюмени с 2020 по 2024 гг.

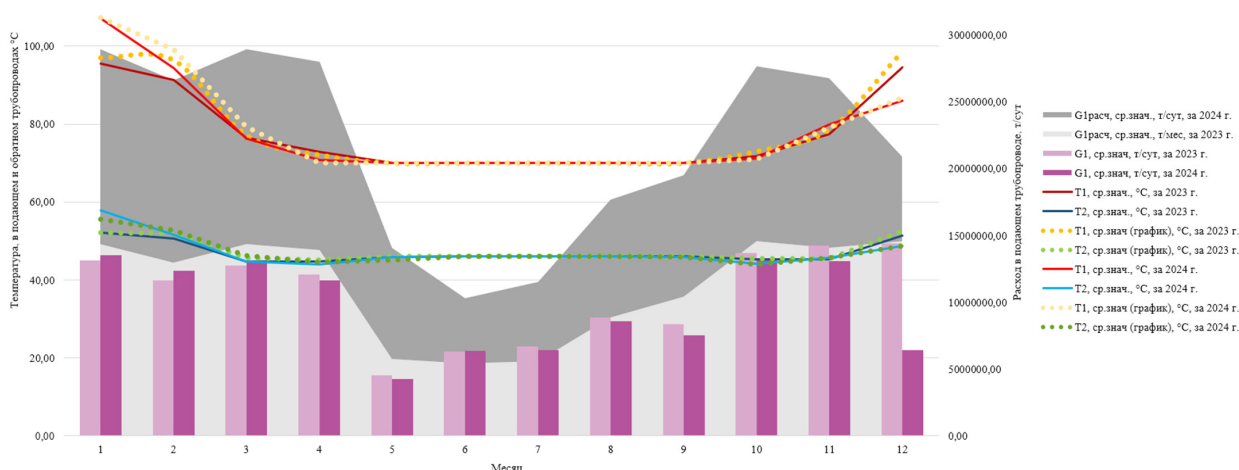


Рис. 3. Отпуск теплоты за 2023-2024 года с расчетным прогнозированием расхода

Особое внимание уделяется автоматизации процессов и внедрению интеллектуальных систем управления, что способствует повышению эффективности работы теплоснабжающих организаций. Согласно статистическим данным по числу аварий на тепловых сетях Тюмени за последние пять лет было зафиксировано в 2020 г. – 1986 аварий, в 2021 г. – 2050, в 2022 г. – 1394, в 2023 г. – 1956, а в 2024 г. – 1279 (рис. 2). Эти показатели свидетельствуют о сохраняющемся высоком уровне аварийности, несмотря на значительное снижение в некоторые годы. Это подчеркивает необходимость дальнейшего повышения уровня безопасности и

разработки дополнительных мер по минимизации аварийности.

Важным шагом в процессе модернизации инфраструктуры тепловых сетей Тюмени стало внедрение в 2021 году системы автоматизированного мониторинга состояния тепловых сетей. Благодаря этому в 2022 году было достигнуто существенное улучшение — количество аварий снизилось на 32% по сравнению с предыдущим годом.

Тюмень демонстрирует пример того, как интеграция анализа данных, технологических инноваций и управленческой воли может существенно повысить эффективность решения од-

ной из ключевых проблем в сфере ЖКХ.

### Результаты исследования

Рассмотрим данные по отпуску тепла от одного из источников теплоты в Тюмени за период с 2023 по 2024 годы (рис. 3).

Заметна корреляция между объемами отпуска тепла и уровнем аварийности на тепловых сетях, особенно в 2023 году, когда было зафиксировано увеличение числа аварий.

Таким образом, исследование факторов аварийности и анализ отпуска тепла нужно для эффективного управления тепловыми сетями и предотвращения аварий. Диаграмма показывает изменения параметров теплоносителя в системе теплоснабжения Тюмени за 2023-2024 гг., включая температуру подачи ( $T_1$ ), обратки ( $T_2$ ) и расход теплоносителя ( $G_1$ ).

В 2023 и 2024 годы наблюдалось небольшое увеличение среднего расхода теплоносителя в конце каждого года. Учитывая тенденцию роста застройки в Тюмени, прогнозируемый расход выглядит оправданным.

Прогнозируемые температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах относительно совпали с фактическими зафиксированными показателями за 2023-2024 года, что свидетельствует об отлаженной программе и системе контроля прогнозирования параметров теплоносителя в тепловой сети.

Анализ данных за 2023 и 2024 годы показывает эффективность текущих методов управления системой и позволяет сделать прогноз параметров теплоносителя по подающему ( $T_1$ ) и обратному ( $T_2$ ) трубопроводам, а также изменениям расхода теплоносителя ( $G_1$ ) на 2025 год.

Для сокращения аварий на тепловых сетях необходим комплексный подход: обновление графиков подачи теплоносителя, модернизация инфраструктуры, внедрение умных систем управления и мониторинга, а также регулярные профилактические мероприятия. Только системное решение всех указанных проблем позволит существенно снизить уровень аварий и обеспечить стабильное и качественное теплоснабжение потребителей.

### Литература

1. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://rosstat.gov.ru>.
2. Доклад о состоянии теплоэнергетики и централизованного теплоснабжения в Российской Федерации в 2020 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://minenergo.gov.ru/press-center/presentations/doklad-o-sostoyanii-teploenergetiki-i-tsentralizovannogo-teplosnabzheniya-v-rossiyskoy-federatsii>.
3. Доклад о состоянии теплоэнергетики и централизованного теплоснабжения в Российской Федерации в 2021 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://minenergo.gov.ru/press-center/presentations/doklad-o-sostoyanii-teploenergetiki-i-tsentralizovannogo-teplosnabzheniya-v-rossiyskoy-federatsii-2021>.
4. Доклад о состоянии теплоэнергетики и централизованного теплоснабжения в Российской Федерации в 2022 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://minenergo.gov.ru/press-center/presentations/doklad-o-sostoyanii-teploenergetiki-i-tsentralizovannogo-teplosnabzheniya-v-rf-2022>.
5. Актуализированная схема теплоснабжения муниципального образования городской округ город Тюмень на период 2023–2040 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.tyumen-city.ru/vlast/administration/>.
6. Жилина, Т.С. Инженерные решения при проектировании ФАП / Т.С. Жилина, М.Н. Павлова, А.Ф. Шаповал // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2022. – № 6(153). – С. 54–60.

### References

1. Federalnaia sluzhba gosudarstvennoi statistiki [Electronic resource]. – Access mode : <https://rosstat.gov.ru>.
2. Doklad o sostoyanii teploenergetiki i tsentralizovannogo teplosnabzheniya v Rossiiskoi Federatsii v 2020 godu [Electronic resource]. – Access mode : <https://minenergo.gov.ru/press-center/presentations/>

doklad-o-sostoyanii-teploenergetiki-i-tsentralizovannogo-teplosnabzheniya-v-rossiyskoy-federatsii.

3. Doklad o sostoyanii teploenergetiki i tsentralizovannogo teplosnabzheniia v Rossiiskoi Federatsii v 2021 godu [Electronic resource]. – Access mode : <https://minenergo.gov.ru/press-center/presentations/doklad-o-sostoyanii-teploenergetiki-i-tsentralizovannogo-teplosnabzheniya-v-rossiyskoy-federatsii-2021>.

4. Doklad o sostoyanii teploenergetiki i tsentralizovannogo teplosnabzheniia v Rossiiskoi Federatsii v 2022 godu [Electronic resource]. – Access mode : <https://minenergo.gov.ru/press-center/presentations/doklad-o-sostoyanii-teploenergetiki-i-tsentralizovannogo-teplosnabzheniya-v-rf-2022>.

5. Aktualizirovannaia skhema teplosnabzheniia munitcipalnogo obrazovaniia gorodskoi okrug gorod Tiumen na period 2023–2040 gg. [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.tyumen-city.ru/vlast/administration/>.

6. Zhilina, T.S. Inzhenernye resheniia pri proektirovanii FAP / T.S. Zhilina, M.N. Pavlova, A.F. Shapoval // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2022. – № 6(153). – S. 54–60.

---

© А.Ф. Шаповал, Т.С. Жилина, М.Н. Павлова, 2025

## АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРУБОПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ

А.И. РЕВИН, И.В. БУЗЯКОВА

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет»,  
г. Москва

---

*Ключевые слова и фразы:* гидроудар, волновые процессы, трубопроводная система, пульсация давления, высокочастотные динамические процессы, контрольно-измерительные приборы.

*Аннотация:* Целью настоящей публикации является анализ трубопроводной системы как сложной инженерной конструкции, состоящей из множества взаимосвязанных элементов, каждый из которых влияет на обеспечение надежной и эффективной работы всей системы. Для достижения цели определены задачи: анализ и разработка классификации элементов трубопроводной системы с возможными повреждениями при возникновении волновых процессов, а также систематизация трубопроводной арматуры в соответствии с ее функциональным назначением. Для проверки гипотезы применялись методы научного исследования: анализ, систематизация, классификация. Проведенный анализ показал необходимость применения современных способов контроля и мониторинга параметров трубопроводной системы и оборудования.

---

### Введение

Трубопроводные системы являются источником повышенного риска вследствие ряда причин. Прежде всего, это значительное число сварных и фланцевых соединений, через которые протекает рабочая среда [1]. Кроме того, существенную роль играет запорная и регулирующая арматура, подвергающаяся интенсивным гидродинамическим воздействиям. Также следует отметить сложность условий эксплуатации, включающих агрессивные химические среды и прочие. Наконец, значительный объем транспортируемого продукта увеличивает потенциальную опасность аварийных ситуаций. Нестационарность процессов в трубопроводной системе вызывает пульсации давления, что негативно сказывается на общей герметичности системы. Колебания давления генерируют дополнительные механические напряжения в стенках трубопровода, повышая вероятность образования трещин, утечек и иных дефектов [2–4].

Отказом трубопроводной системы считается нарушение работоспособности, связанное с внезапной полной или частичной остановкой

трубопровода из-за нарушения герметичности его элементов или из-за закупорки проходного сечения. Повреждением называется нарушение исправного состояния трубопровода при сохранении его работоспособности и не сопровождаемое материальным и экологическим ущербом.

Источниками пульсаций и гидроударов служат вращающиеся узлы оборудования, элементы работающие циклами, отсечные и управляющие элементы трубопроводной системы, вибрации и износ оборудования, изменение диаметра трубопровода, изгибы и повороты трубопровода [5, 6]. Так же источниками являются и характеристики самой трубопроводной системы, такие как температура внутреннего пространства, расстояние транспортировки, размерные характеристики, характеристики перемещаемой среды, периодическое изменение давления и др. Все источники воздействия, в различной мере, изменяют характер течения транспортируемой среды и ее расход, нарушая предварительно установленный режим потока или состояние покоя данной среды. Последующие колебания давления, возникающие вследствие пульсаций или гидроударов, создают неблагоприятные многократно повторяющиеся

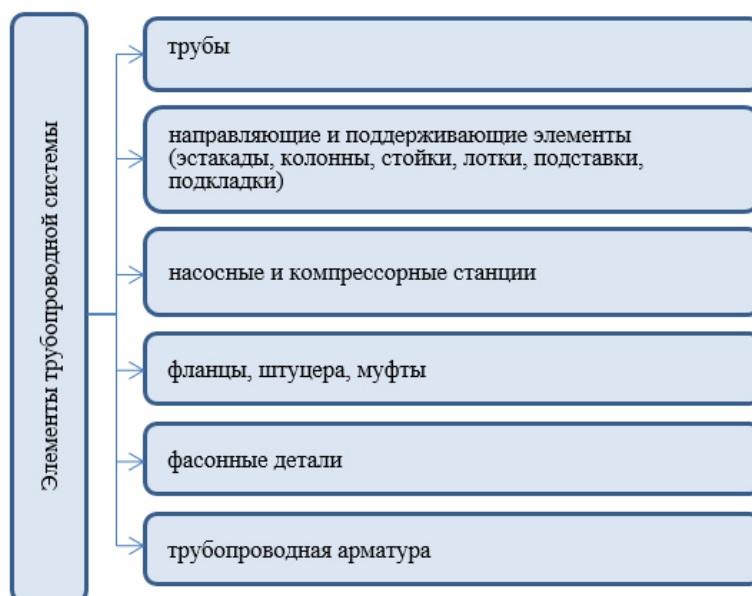


Рис. 1. Элементы трубопроводной системы

знакопеременные нагрузки как на саму трубопроводную систему, так и на установленное на ней технологическое оборудование.

### Материалы и методы

В состав трубопроводных систем, подверженных разрушению из-за волн давления входят элементы, представленные на рисунке 1.

– *Трубы.* Это пустотелый элемент, чаще всего круглого сечения, из которого собираются линии трубопровода, обеспечивая основной канал, предназначенный для транспортировки различных веществ. Под воздействием волн давления в трубах могут создаваться механические напряжения. Эти напряжения приводят к усталостным напряжениям, и как следствие могут привести к разрушению трубы;

– *Направляющие и поддерживающие элементы (эстакады, колонны, стойки, лотки, подставки, подкладки).* Под воздействием волн давления эти элементы могут испытывать значительные нагрузки, что снижает их эффективность и может привести к их изгибу, смещению, и в последствии к разрушению. Мощные реактивные силы, возникающие при пробеге волн давления, могут срывать трубопровод с элементов опорно-подвесной системы и перемещать его на десятки и сотни метров;

– *Насосные и компрессорные станции,* служащие для перемещения транспортируемой

среды и осуществляющие поддержание необходимого давления в трубах. Примером могут служить поршневые или плунжерные насосы, в которых используется кривошипно-шатунный механизм для преобразования вращательного движения вала в возвратно-поступательное движение поршня, вследствие чего подача жидкости происходит неравномерно. Изменение подачи приводит к изменению давления, то есть к пульсации давления. Сила, возникающая при пульсации давления, вызывает механические колебания трубопроводов, связанного с ним оборудования и опорных конструкций. Таким образом, возникающий пульсирующий поток является основной причиной колебания давления в трубопроводах. Даже небольшие колебания давления могут возбудить значительные механические колебания трубопровода. Это в свою очередь приводит к повреждению оборудования, разрушению трубопроводов, неравномерной осадке грунта под опорами трубопроводов, образованию трещин в сварных швах и к сокращению срока службы всей трубопроводной системе;

– *Фланцы, штуцера, муфты и др.* – элементы трубопроводов, используемые в разъемных соединениях для соединения труб между собой и с другими элементами системы, обеспечивая герметичность и надежность соединений. Резкие скачки давления могут привести к появлению значительных механических напря-



Рис. 2. Виды трубопроводной арматуры

жений на поверхности этих элементов. Неравномерные нагрузки могут вызывать деформацию, что приводит к нарушению герметичности соединений и потенциальным утечкам. Под воздействием волн давления возможно повреждение такого типа как осевое разъединение фланцевых соединений с формированием опасных струйных течей. Так же может произойти откручивание штуцеров. Усталостные повреждения муфт из-за постоянных циклов давления могут привести к износу и необходимости их замены;

– *Фасонные детали* представляют собой элементы трубопроводной системы, которые используются для выполнения различных функций. Они включают отводы, предназначенные для изменения направления потока жидкости или газа внутри трубопровода; переходы, служащие для изменения диаметра трубы; устройства ответвлений, такие как тройники и тройниковые соединения, обеспечивающие разветвление основного трубопровода на несколько направлений; а также закрытия свободных концов трубопроводов, например заглушки или днища, которые предотвращают утечку среды и обеспечивают герметичность системы. Когда эти элементы подвергаются воздействию волн давления, они испытывают как сжатие, так и растяжение. Это приводит к тому, что напряжения концентрируются в определенных зонах элементов. В результате таких концентраций напряжений может произойти деформация этих элементов. А в случае критической ситуации, когда нагрузки превышают допустимые пределы прочности материала, это может привести даже к их разрушению;

– *Трубопроводная арматура* представляет собой отдельные конструктивные элементы, предназначенные для осуществления контроля над потоками рабочих сред в трубопроводах. Функции этих устройств включают регулирование подачи, переключение направления движения, смешивание различных потоков и удаление избытка среды. Анализ гидродинамических воздействий, таких как волны давления, является критически важным аспектом проектирования и эксплуатации трубопроводной арматуры. Это обусловлено необходимостью обеспечения надежности и безопасности функционирования всей трубопроводной системы. Неправильный расчет воздействия волн давления может привести к повреждению элементов арматуры, что, в свою очередь, способно спровоцировать утечки, аварии и другие серьезные инциденты. Таким образом, корректный подбор и монтаж трубопроводной арматуры играют ключевую роль в обеспечении стабильной и безопасной работы трубопроводных комплексов.

Трубопроводная арматура может быть систематически классифицирована и дифференцирована в соответствии с ее функциональным назначением на различные типы. В данную категорию входят следующие виды трубопроводной арматуры (рисунок 2).

– *запорная* (задвижки, вентили, краны, затворы, клапаны запорные и отсечные). При герметизации системы осуществляется полная блокировка потока вещества через магистраль, обеспечивая абсолютную изоляцию рабочей среды от внешних воздействий. В момент активации механизма (независимо от типа устройства, будь то клапан, вентиль, шибер или за-

движка) система моментально переключается в режим полного открытия, обеспечивая беспрепятственное прохождение вещества по магистрали без дополнительных сопротивлений и помех;

- регулирующая (вентили и клапаны регулирующие, клапаны редукционные, регуляторы давления). Позволяет изменять параметры транспортируемого вещества: температуру, давление, напор, уровень, расход (вентиль, самодействующий клапан, конденсатоотводчик, регулятор уровня);

- редукционная или дроссельная арматура трубопроводов позволяет регулировать давление посредством гидравлического сопротивления;

- фазораспределительная (конденсато-, воздухоотводчики, масло-отделители). Обеспечивает разделение сред, находящихся в различных агрегатных состояниях, что способствует эффективному удалению конденсата и выполнению процессов сепарации масла, газа и воздуха;

- распределительно-смесительная (краны, клапаны и вентили распределительные и смесительные, распределители). Элемент распределения представляет собой устройство, предназначенное для управления векторными характеристиками потока вещества посредством его направления по определенным траекториям или объединения нескольких отдельных потоков в единую линию (такие как распределительные клапаны, смесители и тройники);

- предохранительная (клапаны предохранительные, обратные и по-воротные). Автоматически срабатывает на открывание клапана при давлении, превышающем норму, в результате чего происходит сброс избытка проводимой массы;

- защитная. Отключает оборудование, участок трубопровода при аварийном изменении показателей проводимого вещества или блокирует обратный ток рабочей среды, защищая трубопровод и оборудование от аварийных ситуаций (обратный клапан, пневмозадвижки, отсечный клапан);

- контрольная. Определяет уровень, движение проводимой массы (датчик уровня, пробко-спускные краны).

## Результаты исследования

Оказываемое волнами давления воздействие на трубопроводную систему может быть различным, в зависимости от конструкции, геометрии проточной части и целевого назначения. Самыми распространенными последствиями являются: механические повреждения, деформации, износ уплотнительных материалов, заедание, нарушение регулировки, сбой контрольных систем, прекращение выполнения функционала, усталостные трещины и разрушение [7]. А так как не каждый элемент трубопроводной системы может выдержать комбинацию высоких нагрузок, при недостаточном учете воздействия волн давления может произойти авария.

## Заключение и обсуждение

Волновые процессы возникают при неправильном управлении насосами, неверном маневрировании задвижками, перерыве в электропитании насосной установки с последующим ее перезапуском и т.д. От правильности принимаемых решений эксплуатирующим персоналом, при данных технологических режимах, зависит вероятность возникновения аварийной ситуации. В большей степени на правильность принимаемых решений оказывает влияние получаемая информация с приборов контроля и мониторинга параметров трубопроводной системы и оборудования.

Это является актуальной проблемой, так как при порыве трубопроводов происходит загрязнение окружающей среды, которое в свою очередь влечет за собой огромные экологические штрафы и затраты на ликвидацию последствий аварии со стороны эксплуатирующего предприятия, а так же существенный урон экологии.

Таким образом, решение проблем окружающей среды заключается в определении совокупности мероприятий, методов, средств, которые минимизируют, в том числе исключают полностью возможные негативные воздействия и их последствия при авариях в процессе эксплуатации трубопроводных систем.

## Литература

1. Ревин, А.И. История зарождения вопросов гидравлики / А.И. Ревин, Е.В. Лядов, И.В. Бузя-

кова // Вестник Евразийской науки. – 2024. – Т. 16. – № 3.

2. Ревин, А.И. Обеспечение экологической безопасности путем оптимизации требований к мониторингу гидродинамических процессов в трубопроводе / А.И. Ревин, И.В. Бузякова // Вестник евразийской науки. – 2024. – Т. 16. – № 5.

3. Ледовский, Г.Н. Эффективность систем защиты оборудования нефтеперекачивающих станций при повышенных волнах давления / Г.Н. Ледовский, С.В. Самоленков, О.В. Кабанов // Записки Горного института. – 2013. – Т. 206. – С. 99–102.

4. Валитова, К.А. Технологии, применяемые при гидравлическом разрыве пласта / К.А. Валитова // Научно-исследовательский центр Technical Innovations. – 2021. – № 3. – С. 44–49.

5. Капинос, О.Г. Гидравлические удары в напорных трубопроводах при надземной прокладке / О.Г. Капинос, Н.В. Твардовская // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2023. – Т. 20. – № 1. – С. 79–90.

6. Kapinos, O.G. Risks of Hydraulic Shocks in Pressure Pipelines During Aboveground Laying in Permafrost Conditions / O.G. Kapinos, N.V. Tvardovskaya // E3S Web of Conferences, 2023. – P. 07026.

7. Капинос, О.Г. Учет разрывов сплошности потока при гидравлических ударах на этапе проектирования напорных трубопроводов из полимерных материалов / О.Г. Капинос, Н.В. Твардовская // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2022. – Т. 19. – № 1. – С. 116–126.

### References

1. Revin, A.I. Istoriia zarozhdeniia voprosov gidravliki / A.I. Revin, E.V. Liadov, I.V. Buziakova // Vestnik Evraziiskoi nauki. – 2024. – Т. 16. – № 3.

2. Revin, A.I. Obespechenie ekologicheskoi bezopasnosti putem optimizatsii trebovani k monitoringu gidrodinamicheskikh protsessov v truboprovode / A.I. Revin, I.V. Buziakova // Vestnik evraziiskoi nauki. – 2024. – Т. 16. – № 5.

3. Ledovskii, G.N. Effektivnost sistem zashchity oborudovaniia nefteperekachivaiushchikh stantcii pri povyshennykh volnakh davleniia / G.N. Ledovskii, S.V. Samolenkov, O.V. Kabanov // Zapiski Gornogo instituta. – 2013. – Т. 206. – С. 99–102.

4. Valitova, K.A. Tekhnologii, primeniaemye pri gidravlicheskom razryve plasta / K.A. Valitova // Nauchno-issledovatel'skii tsentr Technical Innovations. – 2021. – № 3. – С. 44–49.

5. Kapinos, O.G. Gidravlicheskie udary v napornykh truboprovodakh pri nadzemnoi prokladke / O.G. Kapinos, N.V. Tvardovskaia // Izvestiia Peterburgskogo universiteta putei soobshcheniia. – 2023. – Т. 20. – № 1. – С. 79–90.

7. Kapinos, O.G. Uchet razryvov sploshnosti potoka pri gidravlicheskikh udarakh na etape proektirovaniia napornykh truboprovodov iz polimernykh materialov / O.G. Kapinos, N.V. Tvardovskaia // Izvestiia Peterburgskogo universiteta putei soobshcheniia. – 2022. – Т. 19. – № 1. – С. 116–126.

---

© А.И. Ревин, И.В. Бузякова, 2025

# ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ НАЛИЧИИ В РАЗРЕЗЕ ПОГРЕБЕННЫХ БОЛОТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА)

Е.Г. ВЕРЖБИЦКАЯ

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет»,  
г. Санкт-Петербург

*Ключевые слова и фразы:* инженерно-геологические условия, погребенные болота, техногенные отложения, инженерная подготовка.

*Аннотация:* Целью работы является, анализ инженерно-геологических условий в пределах, Санкт-Петербурга которые определяются, в частности, широким развитием погребенных болот.

Основными задачами исследования являются анализ влияния захоронения болот и торфяников при инженерной подготовке и подъема территории городской инфраструктуры, а также изучение последствий их загрязнения.

Гипотеза исследований - негативное преобразование состояния и физико-механических свойств дисперсных грунтов под болотами даже в случае удаления последних, следует рассматривать как необратимый процесс, учет которого обязателен при проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений различного назначения.

Работа основана на изучении как архивных материалов, так и большого объема данных инженерно-геологических изысканий, проводимых в районах распространения захороненных болот.

Результатом исследований является вывод о том, что болота следует рассматривать как сложную биогеоценозную систему, динамика прогрессивного и регрессивного развития которой определяется природно-техногенными факторами и оказывает существенное влияние формирование и изменение на инженерно-геологических и геоэкологических условий подземного пространства рассматриваемой территории.

План местности Санкт-Петербурга 1698 года отражает существование обширных болотных массивов на территории будущей столицы. Значительное по площади болото было в районе Лахты. На месте современной Выборгской стороны полоса болотных образований тянулась вдоль Большой Невки, примерно от современного Финляндского вокзала и далее на север и северо-восток, вдоль левого берега Черной речки. Обширные болотные массивы простирались на левом берегу Невы, начиная от ее излучины (в районе Смольного) и далее к югу

(от Волкова кладбища); а на противоположном берегу болота располагались по берегам Охты, в районе шведской крепости Ниеншанц. На будущей Московской стороне болотный массив прослеживался примерно в районе нынешнего Московского парка Победы.

Болото под названием Козье располагалось на месте будущей Коломны — между Фонтанкой, Мойкой, Пряжкой и Крюковым каналом. Обширные болотные массивы простирались в излучине Невы, на Васильевском острове, близ Александро-Невской лавры. К юго-востоку от

Петербурга существовало обширное Глухозерское торфяное болото, которое в середине XIX века оказалось вблизи от Николаевского (современного Московского) вокзала [1].

На месте Сенной площади был заболоченный участок с редкими деревьями и кустарниками, вырубленными в 1737 году, после чего разрешили торговать на этом месте сеном и соломой. Болотистое редколесье покрывало нынешнюю Театральную площадь.

Необходимо упомянуть и другие крупные болотные массивы, долго сохранявшиеся в окрестностях столицы, к числу которых относятся Шушаровский, Шуваловский, Обуховский, Лахтинский, Левашовский (названные по их местоположению) [5].

Согласно анализу исторических документов, «борьба» с болотами началось одновременно с началом строительства города, так заболоченные участки осушались путем создания дренажных каналов, а затем производился подъем территории, для чего использовали загрязненные отложения, извлеченные при дноуглублении и расчистке малых рек, строительстве каналов и пр., которые в дальнейшем дополнительно уплотнялись в ходе строительных работ [1].

В период правления Екатерины II, при инженерной подготовке болотные отложения частично снимаются, и производится подъем территории с использованием песков различной крупности. Полное снятие болотных отложений проводилось только при их мощности, не превышающей 2-3 метра.

Большинство маломощных болотных отложений на территории Санкт-Петербурга было частично снято при освоении территории, при большей мощности болотных образований и заторфованных отложений они оказывались погребенными и продолжают жить, являясь наиболее активным геоэкологическим элементом подземной среды города.

Во второй половине XX века подъем территории города в прибрежной зоне Финского залива производился путем намыва без предварительного удаления болотных отложений. Для намыва использовались донные отложения Невской губы (загрязненные пески, супеси и в меньшей степени суглинки). При этом под слоем намывных образований были погребены не только торфа и заторфованные породы, но и старые хранилища хозяйственно-бытовых отхо-

дов, промышленные свалки и пр. Подобное регулирование территории сопровождалось активизацией физико-химических и биохимических процессов в подземном пространстве города с выраженным негативным характером. Повсеместное присутствие прослоев и линз торфа, погребенных торфяников в разрезе предопределяет существование богатого природного биогенеза и является важным фактором в формировании физико-химических и биохимических условий обводненной толщи, а также формирования ряда опасных геологических процессов и явлений в подземном пространстве.

Захороненные болота служат основным источником обогащения органическими компонентами биотического и абиотического генезиса, нижележащих дисперсных пород при нисходящем потоке подземных вод. Увеличение бактериальной массы в глинистых грунтах под болотными отложениями, сопровождается снижением показателей сопротивления сдвигу, вплоть до их перехода в квазипластичное состояние [3].

Под влиянием болотных отложений пески различного гранулометрического состава переходят в состояние плавунцов в результате снижения их коэффициента фильтрации и водоотдачи, в процессе накопления органической компоненты, развития микроорганизмов и образования продуктов их метаболизма. [2]

Приведенные данные свидетельствуют о необходимости при наличии в разрезе погребенных болотных отложений уделить особое внимание инженерным изысканиям, выполняемых на соответствующих этапах освоения и использования территории: разработка градостроительной, предпроектной и проектной документации, строительство (реконструкция), эксплуатация и ликвидация (консервация) предприятий, зданий и сооружений.

Целесообразно использовать комплексный подход, реализуемый во взаимодействии между различными видами изысканий: инженерно-геодезическими, инженерно-геологическими, инженерно-геотехническими, инженерно-гидрометеорологическими и инженерно-экологическими.

Особое внимание следует уделить взаимодействию между инженерно-геологическими и инженерно-экологическими изысканиями. Проведение инженерно-экологических изысканий позволяет получить данные о химическом

и радиоактивном загрязнении исследуемых территорий; объемы и состав выбросов специфических токсичных веществ вблизи расположенных предприятий; факты аварийного загрязнения; использование территорий под организованные и неорганизованные свалки, хранилища отходов и т.д. Что в свою очередь позволяет провести анализ и оценку контаминации подземного пространства и ее влияния на изменение физико-химических и биохимических условий в зоне воздействия захороненных болот, и рассмотреть трансформацию песчано-глинистых грунтов под болотными отложениями с учетом техногенных факторов, и дать прогнозную оценку их дальнейшего преобразования с учетом инженерной подготовки территории и последующего строительства и эксплуатации проектируемых зданий и сооружений. Наиболее актуален такой подход при исследовании территорий, не только характеризующихся наличием погребенных торфов, но и высокой техногенной нагрузкой, такой как наличие в верхней части разреза свалочных масс, насыпных или намывных отложений.

Захоронение болот и торфяников при инженерной подготовке и подъема территории

городской инфраструктуры и их последующее загрязнение вызывает кардинальные изменения состава грунтовых вод, но и приводит к интенсификации процессов биохимического газообразования, в том числе генерации сероводорода, обычно не характерного для болотных систем [4].

Особого внимания в зонах развития захороненных болот требует анализ коррозионного воздействия, повышения уровня агрессивности подземной среды по отношению к строительным материалам, используемым в подземных конструкциях и инженерных коммуникациях.

На основании изложенных факторов можно говорить о необходимости комплексного подхода для определения необходимых и достаточных видов и объемов исследований как для различных этапах освоения и использования территории, так и для различных видов изысканий с учетом специфики инженерно-геологических условий в пределах Санкт-Петербурга определяющихся широким развитием погребенных болот, влияющих на трансформацию вмещающих песчано-глинистых пород и развитие физико-химических и биохимических процессов.

### Литература

1. Горышина, Т.К. Зеленый мир старого Петербурга / Т.К. Горышина. – СПб. : Искусство – СПб, 2003.
2. Дашко, Р.Э. Микробиологический фактор в решении инженерно-геологических и гео-экологических проблем / Р.Э. Дашко // Наука в Санкт-Петербургском государственном горном институте (ТУ) : сб. научных трудов. – СПб, 1998. – Вып. 2.
3. Дашко, Р.Э. Анализ гео-экологического состояния подземного пространства (ПП) исторического центра Санкт-Петербурга / Р.Э. Дашко, Л.П. Норова // Международный симпозиум.
4. Дашко, Р.Э. Инженерно-геологический и геоэкологический анализ и оценка условий строительства и эксплуатации зданий и сооружений в историческом центре Санкт-Петербурга / Р.Э. Дашко, А.В. Волкова, Е.Г. Захарова // Сергеевские чтения : материалы годичной сессии Научного совета РАН. – М. : ГЕОС, 2003. – Вып. 5.
5. Мавродин, В.В. Основание Петербурга / В.В. Мавродин. – Л. : Лениздат, 1983. – 232 с.

### References

1. Goryshina, T.K. Zelenyi mir starogo Peterburga / T.K. Goryshina. – SPb. : Iskusstvo – SPb, 2003.
2. Dashko, R.E. Mikrobiologicheskii faktor v reshenii inzhenerno-geologicheskikh i geo-ekologicheskikh problem / R.E. Dashko // Nauka v Sankt-Peterburgskom gosudarstvennom gornom institute (TU) : sb. nauchnykh trudov. – SPb, 1998. – Vyp. 2.
3. Dashko, R.E. Analiz geo-ekologicheskogo sostoiانيا podzemnogo prostranstva (PP) istoricheskogo tcentra Sankt-Peterburga / R.E. Dashko, L.P. Norova // Mezhdunarodnyi simpozium.
4. Dashko, R.E. Inzhenerno-geologicheskii i geoekologicheskii analiz i otenka uslovii stroitelstva i

ekspluatatsii zdaniy i sooruzheniy v istoricheskom tsentre Sankt-Peterburga / R.E. Dashko, A.V. Volkova, E.G. Zakharova // *Sergeevskie chteniia : materialy godichnoi sessii Nauchnogo soveta RAN.* – M. : GEOS, 2003. – Vyp. 5.

5. Mavrodin, V.V. *Osnovanie Peterburga* / V.V. Mavrodin. – L. : Lenizdat, 1983. – 232 s.

---

© Е.Г. Вержбицкая, 2025

## РАЗВИТИЕ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ ЖИЛЫХ ДОМОВ В СССР С 1926 ПО 1975 ГОДЫ

А.С. ПЯТКОВ, А.П. ИВАНОВА

ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет»,  
г. Хабаровск

*Ключевые слова и фразы:* планировочное решение, санитарно-гигиенические помещения, санузлы, функциональное зонирование.

*Аннотация:* В статье представлено исследование поэтапного развития санитарно-гигиенических помещений (санузлов) квартир жилых домов массового строительства в период с 1926 по 1975 годы в СССР в зависимости от тех или иных факторов, что является целью исследования. Для достижения этой цели была поставлена задача: на основе метода комплексного историко-аналитического анализа планировочных решений квартир для массового строительства на разных временных этапах развития, постановлений правительства, нормативных документов, исследований Платонова Г.Д., Ружже В.Л., Козюлина В.В., Рябушина А.В., Овсянникова В.А. - выявить особенности типов санузлов с набором оборудования, их функциональное зонирование; отделочные материалы, колористическое решение, предметное наполнение и искусственное освещение в интерьерах санузлов.

Состав санитарно-гигиенических помещений и их оборудования, уровень комфортности в зависимости от типов санузлов (раздельный или совмещенный), от принципов заселения (покомнатное или посемейное) и их зонирования в планировочной структуре жилища менялись, начиная с 1926 г., когда была необходимость ускоренного воспроизводства жилого фонда и по 1975 г. проектирования и строительства более комфортного жилища. В заключительной части статьи представлен более подробный анализ с хронологической последовательностью развития санитарно-гигиенических помещений жилых домов.

Данная статья является частью поэтапного исследования санитарно-гигиенических помещений жилых домов массового строительства, начиная с периода 1926–1975 гг., в котором представлено исследование на основе анализа планировочных решений квартир с типами санузлов, зонированием, для необходимости понимания роли этих помещений в структуре жилища и особенностями очень ограниченных возможностей видов отделки, искусственного освещения и предметного наполнения в силу экономических факторов. Последующие периоды исследования направлены на анализ предметно-пространственных и объемно-пространственных составляющих решения интерьеров санитарно-гигиенических помещений.

Санитарно-гигиенические помещения (уборная и ванная) являются важным составляющим объемно-планировочного решения жили-

ща, обеспечивающие комфорт гигиенических процессов жизнедеятельности жильцов. «От принципов организации гигиенических процессов во многом зависит планировочный тип жилой ячейки – с одним-двумя санузлами, полногабаритным и малогабаритным оборудованием. По своей структуре гигиенические процессы в жилой ячейке включают в себя следующие самостоятельные, но взаимосвязанные типы процессов:

- гигиена тела;
- гигиена одежды и жилища;
- создание условий жизнедеятельности отдельной личности и семьи в целом;
- поддержание и оздоровление микроклимата жилого пространства» [5].

Состав санитарно-гигиенических помещений, их площадь, функциональное зонирование в планировочной структуре жилища менялись в

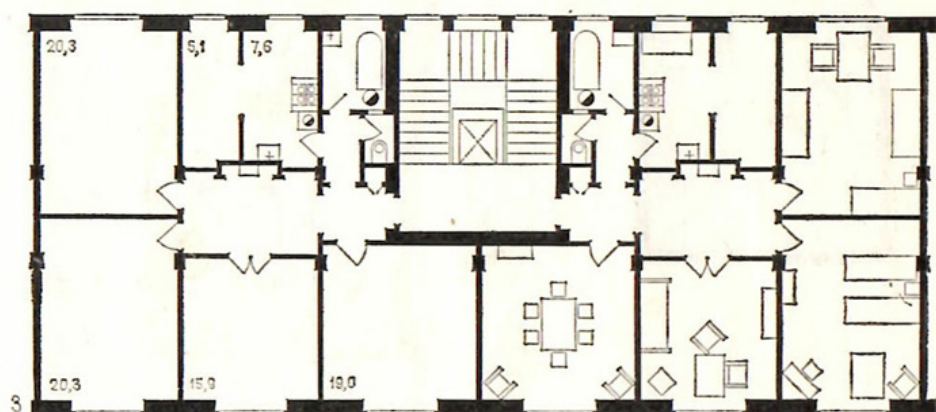


Рис. 1. Секция четырехкомнатных квартир, 1934 г. [4]



Рис. 2. Ванная [2]

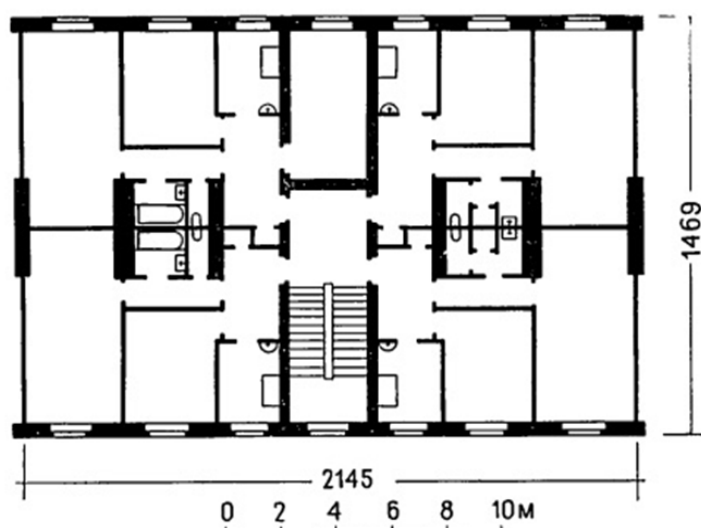


Рис. 3. Москва. Секция 1940 г. [1]

зависимости от поэтапного развития жилища в СССР, которое, в свою очередь, зависело от социально-экономических условий, индустриальных возможностей того или иного исторического периода и поставленных задач правительства в сфере жилищного строительства.

Апрельский пленум ЦК ВКП (б) 1926 года, а затем и объединенный Пленум ЦК и ЦКК ВКП (б), прошедший в июле 1926 года дали старт проектированию и строительству нового типа жилых домов. «Жилищный вопрос в быту

рабочих становится одним из наиболее острых вопросов, без положительного решения которого невозможно сколь-нибудь значительное улучшение положения рабочих» [3].

С этого времени начинаются поиски оптимального решения поставленной задачи. От вариантов переосмысления традиционной планировки квартир с учетом новых потребностей до проектирования новых типов жилых домов.

Начиная с 1933 г. появляются проекты многокомнатных квартир с увеличенной площадью

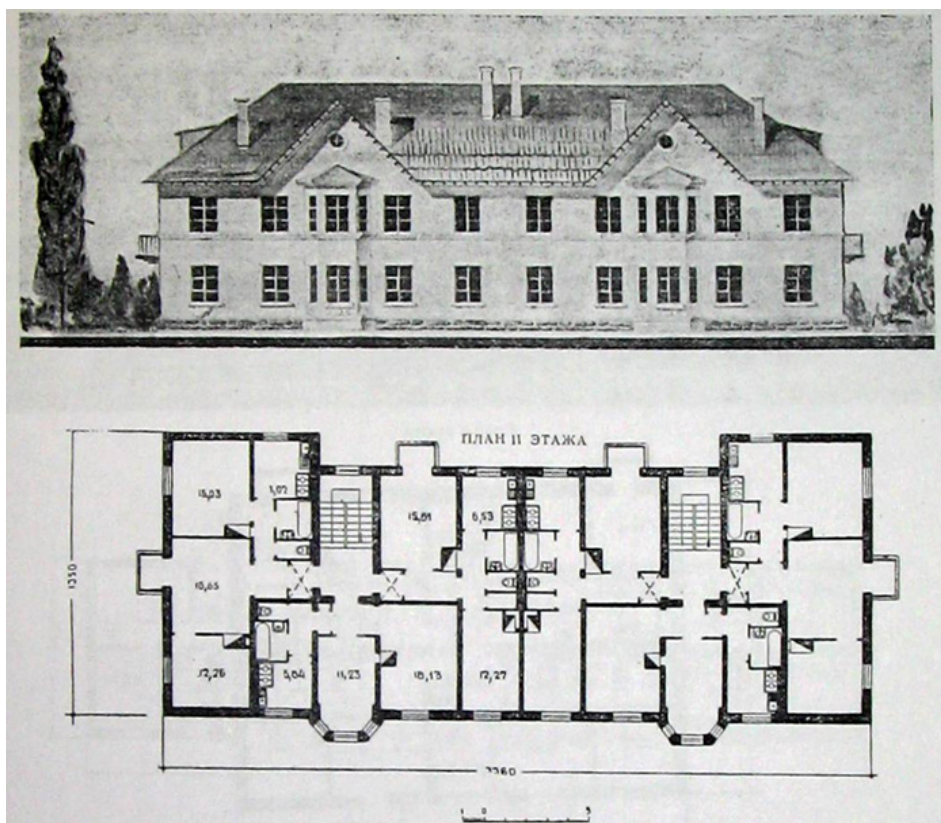


Рис. 4. Двухэтажный 12-квартирный жилой дом [7]

жилых комнат, подсобных помещений с включением в их состав ванной и уборной.

На рис. 1 представлена двухквартирная секция с четырехкомнатными квартирами. Архитекторы: С. Ильинская, С. Чеботарева.

Зонирование квартиры имеет четкое разделение на входную зону (передняя) с входом из нее в зону подсобных помещений (кухня, санузел) и жилую зону с просторным холлом. В состав санитарно-гигиенических помещений квартиры включена уборная (оборудованная унитазом) с небольшим окошком в перегородке, разделяющей уборную и ванную, ванная комната (оборудованная ванной и умывальником) с естественным освещением и водогрейной колонкой, предусмотренной при отсутствии централизованного горячего водоснабжения.

Пример ванной комнаты, оборудованной водогрейной колонкой на твердом топливе, ванной и умывальником представлен на рис. 2.

Учитывая, что аналогичные проекты жилых домов с многокомнатными квартирами с увеличенными площадями жилых и подсобных помещений были первоначально рассчитаны на строительство в крупных городах, при недо-

статке жилья перешли из посемейного в коммунальное заселение квартир. Один отдельный санузел для семей при покомнатном заселении не способствовал удовлетворению санитарно-гигиенических процессов жильцов.

Для возможности посемейного заселения квартир были спроектированы новые типы секций.

На рис. 3 представлена 4-х квартирная жилая секция (архитекторы: П. Блохин и А. Зальцман и др.) с одной 3-х комнатной и тремя 2-х комнатными квартирами с двумя вариантами решения отдельных санузлов. Ванная комната (оборудованная ванной и умывальником) и уборная в трехкомнатной и одной двухкомнатной квартирах с отдельным входом в них из внутриквартирного коридора. В двух двухкомнатных квартирах (в каждой из них) предусмотрен один вход в санузел с уборной и душевой через помещение оборудованное умывальником с входом в него из внутриквартирного коридора. Изменилось функциональное зонирование ванной и уборной, уменьшились их площади.

Дальнейшие планы по жилищному строительству были прерваны с началом Великой

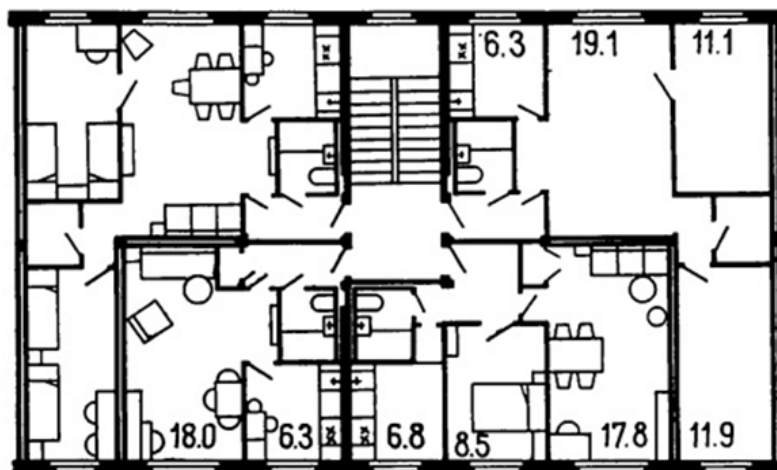


Рис. 5. Серия типовых проектов жилых домов 1-335. Секция 1-2-3-3 [1]

Отечественной войны. В послевоенный период предстояла серьезная программа восстановления жилищного фонда и повышения обеспеченности жилищем. Поэтому Жилищные нормы допускали как посемейное, так и коммунальное заселение квартир.

Для выполнения этой программы, учитывая индустриальные возможности страны, в начале послевоенного периода были разработаны типовые проекты малоэтажных и многоэтажных жилых домов с использованием различных стеновых материалов.

Один из таких проектов - серия 228. Проект 1-228-3 двухэтажного шлакобетонного двенадцатиквартирного жилого дома с водопроводом, канализацией и вариантами печного или центрального отопления, горячим водоснабжением от кухонной плиты при отсутствии централизованного горячего водоснабжения. Архитекторы: С.П. Селивановский, С.П. Тургенев (Рис.4).

Планировочное решение жилого дома разработано с набором из трехкомнатной и двумя двухкомнатными квартирами на каждом этаже с отдельными санузлами (уборной и ванной комнатой, оборудованной ванной с умывальником) расположенными рядом с кухней с входом в них из внутриквартирного коридора. Наличие в квартирах отдельных санузлов было обусловлено возможностью коммунального заселения квартир.

Строительство 2-х этажных жилых домов было прекращено со строительством 4-х – 5-и этажных жилых домов.

Продолжаются поиски оптимального планировочного решения квартир. Разрабатыва-

ются многоэтажные жилые дома для массового строительства с использованием различных стеновых материалов и конструктивных схем.

Постановление ЦК КПСС и СМ СССР от 31 июля 1957 г. «О развитии жилищного строительства в СССР» определило новый этап в проектировании жилых домов для массового строительства с экономичными благоустроенными квартирами для заселения одной семьей.

Нормативные требования СНиП II-V. 10-58 «Жилые здания» дополнились необходимостью в квартирных домах экономичных благоустроенных квартирах для заселения одной семьей, а также: обязательном наличие ванной (или душевой), уборной; допускается устройство совмещенного санузла в квартирах жилой площадью не более 45 кв. м; из спальни допускается вход в ванную или душевую; высота жилых помещений 2,5 м. от пола до потолка.

На первоначальном этапе были спроектированы и построены крупнопанельные и крупноблочные жилые дома серий: 1-464, 1-335, 1-467, 1-468, 1-439 и другие, а также серия из кирпича 1-447.

На рис. 5 представлена четырехквартирная секция серии 1-335 экономичных квартир для посемейного заселения. Ленинградский Горстройпроект, руководитель — инж. Л. Юзбашев

В секции предусмотрены две 3-х комнатные, одна 2-х комнатная и одна однокомнатная квартиры с совмещенными санузлами небольшой площади, вход в которые осуществляется из передней. Принятый единый небольшой размер совмещенных санузлов для однокомнатных и многокомнатных квартир не способствовал



Рис. 6. Девятиэтажная серия типового проекта жилого дома 1-464Д [9]

созданию комфортной среды для жильцов с различным численным составом.

«Вместе с тем следует признать, что переход на массовое строительство малометражных квартир позволил сделать решительный шаг по пути радикального улучшения жилищных условий трудящихся и ознаменовал собой начало нового, современного этапа массового жилищного строительства» [6].

В середине 60-х годов было принято решение о разработке улучшенных серий жилых домов с разнотипными квартирами: от однокомнатных до пятикомнатных для возможности заселения семей различного состава. Сокращено количество проходных комнат, предусмотрены отдельные санузлы (кроме однокомнатных квартир) с незначительным увеличением их площади в первых улучшенных сериях и с увеличением площади отдельных санузлов в последующих модификациях серий. Разработаны жилые дома повышенной этажности, начиная с 9-и этажных, а позднее и выше.

Один из примеров девятиэтажного жилого дома - серия 1-464Д с широким набором секций и увеличенными площадями подсобных помещений, включая отдельные санузлы, являющейся модификацией серии 1-464. (Рис. 6)

Планировочное решение квартир с отдельными санузлами и входом в них из передней или внутриквартирного коридора, приближенного к входной зоне в квартиру, все также сгруппированные в единый блок с кухней и наличие транзита через общую комнату в спаль-

ню в 3-х комнатных квартирах не улучшило функциональное зонирование квартир.

С улучшением экономического благосостояния, индустриальных возможностей и повышением требований к улучшению планировочных решений квартир к 1969 году, было принято решение о проектировании и строительстве, начиная с 1971 года новых типовых проектов с повышенным уровнем комфортности, включая строительство разработанных в конце 60-х годов типовых проектов для перспективного строительства.

СНиП П-Л.1-71 «Жилые здания» дополнился новыми требованиями к санузлам: размер ванных комнат должен быть не менее 1,73X1,50 м.; в однокомнатных квартирах и двухкомнатных квартирах типа А с совмещенным санитарным узлом допускается установка ванны длиной 1,2 м.; в кухне или ванной должно быть предусмотрено место для стиральной машины размером не менее 0,75X0,45 м.

Постановление правительства подтвердило важность, начатых в конце 60-х годов разработок типовых проектов жилых домов для перспективного строительства.

Отличительная особенность этих проектов в изменении функционального зонирования зоны сна и отдельных санузлов в многокомнатных квартирах. Ванные с уборной расположены рядом со спальнями в глубине квартиры. При увеличении размеров ванной комнаты устанавливаются ванны длиной 1700 и шириной 750, предусматривается место для стиральной ма-

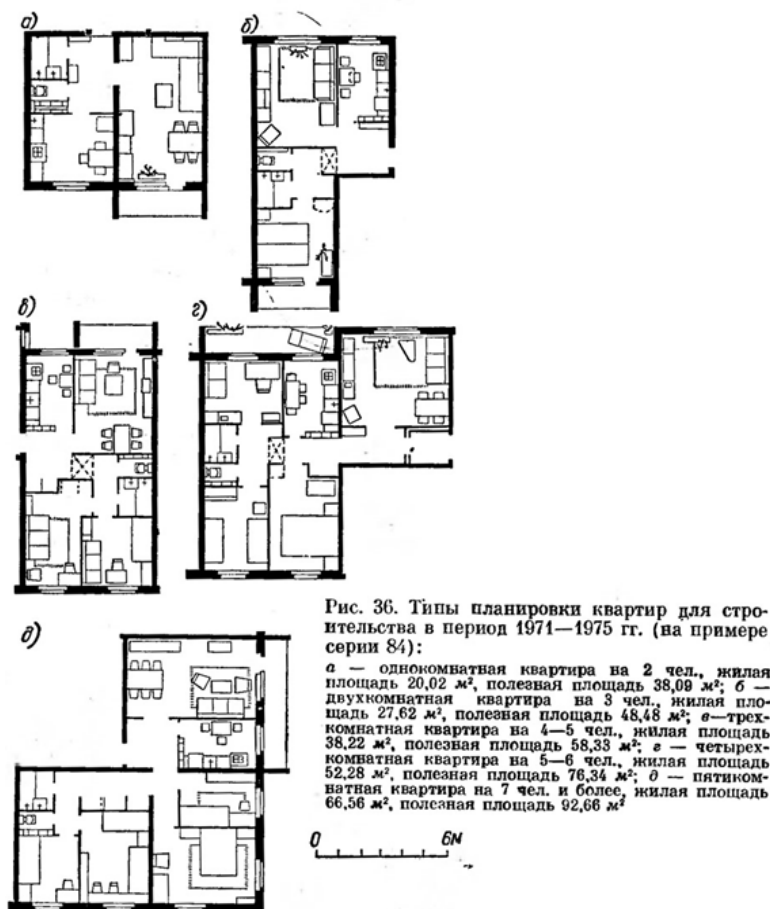


Рис. 36. Типы планировки квартир для строительства в период 1971—1975 гг. (на примере серии 84):

а — однокомнатная квартира на 2 чел., жилая площадь 20,02 м<sup>2</sup>, полезная площадь 38,09 м<sup>2</sup>; б — двухкомнатная квартира на 3 чел., жилая площадь 27,62 м<sup>2</sup>, полезная площадь 48,48 м<sup>2</sup>; в — трехкомнатная квартира на 4—5 чел., жилая площадь 38,22 м<sup>2</sup>, полезная площадь 58,33 м<sup>2</sup>; г — четырехкомнатная квартира на 5—6 чел., жилая площадь 52,28 м<sup>2</sup>, полезная площадь 76,34 м<sup>2</sup>; д — пятикомнатная квартира на 7 чел. и более, жилая площадь 66,56 м<sup>2</sup>, полезная площадь 92,66 м<sup>2</sup>

Рис. 7. Типы планировки квартир для строительства в период 1971—1975 гг. [8]

шины.

Примером нового функционального зонирования могут служить фрагменты квартир новых планировочных решений типового проекта 84 серии. (Рис. 7)

Рассмотрим отделочные материалы с колористическим решением, искусственное освещение, предметное наполнение интерьеров санитарно-гигиенических помещений.

Следует заметить, что использование отделочных материалов для помещений ванных и уборных в жилых домах массового строительства отличалось от жилых домов экспериментального строительства и зависело от материально-технической базы предприятий.

Пол в большинстве случаев облицовывался метлахской плиткой белого, бежевого и коричневого цветов. Популярным решением было создание геометрического рисунка в комбинации этих трех цветов. Отделка поверхности стен, как правило, предусматривала 2 варианта. Первый: для снижения стоимости строитель-

ства применялась окраска до уровня потолка или на высоту от пола 1800 с бордюром влагостойкими красками бежевого, салатового, голубого, белого цветов; второй: облицовка керамической, а в дальнейшем глазурованной плиткой на высоту от пола 1800 с бордюром самого распространенного белого или голубого цвета. Потолок окрашивался в белый цвет.

Для искусственного освещения использовались 2 вида светильников: единичные небольшие потолочные или настенные с защитным плафоном.

Что же касается предметного наполнения, то выбор их был невелик. Над раковиной размещалось зеркало и небольшая полочка для гигиенических принадлежностей. Зубные щетки (в большинстве случаев) ставили в стаканы. В некоторых квартирах использовались деревянные небольшие шкафчики для мелких предметов. Хранение чистых (неиспользованных) полотенец предусматривалось в общесемейной зоне.

Таким образом, в данном периоде из-за

масштабных планов по обеспечению жильем населения в целом и отдельной квартирой для каждой семьи, необходимостью восстановления в послевоенные годы промышленных предприятий и строительством новых интерьеры санузлов были аскетичными, сугубо функциональными со стандартными решениями. В них не шла речь ни о стиле, ни о образном решении.

Комфортность жильцов, проживающих в квартире, зависит от ряда факторов: типа заселения: покомнатное или посемейное; от типа санитарных узлов: совмещенные или раздельные, их площади, состава и размеров оборудования; принципов зонирования в планировочной структуре квартиры; отделочных материалов и колористического решения, искусственного освещения, предметного наполнения интерьеров санузлов.

В предвоенный период присутствовало требование посемейного заселения квартиры; в послевоенный период допускалось как посемейное, так и коммунальное (покомнатное) заселение квартир, а с 1957 года только посемейное заселение квартир.

Типы санузлов, их площадь, виды оборудования изменялись на разных исторических этапах планировочных решений квартир для массового строительства. Следует заметить, что «Нормирование ...санитарно-гигиенических помещений (уборной, ванной) осуществлялось, как правило, не по площадям, а по их габаритам, основанным на антропометрических данных, размерах оборудования и приборов» [4]. Что же касается оборудования уборных и ванных. В уборных первоначально устанавливали унитазы с верхним бачком, а затем с нижним бачком. СНиП II-V. 10-58 «Жилые здания» является последним, в котором присутствует размер площади уборной в зависимости от установки типа унитаза: с верхним бачком или с нижним бачком. Оборудование ванных предусматривается с раковиной, ванной или душевой. Использовались ванны длиной: 1200, 1500, 1700. При отсутствии централизованного горячего водоснабжения устанавливались водогрейные колонки двух типов: на твердом топливе в жилых домах высотой до 5 этажей или газовые в жилых домах высотой до 9 этажей.

Что касается дизайна умывальников и ванн. До 60-х годов в большинстве случаев устанавливали фаянсовые умывальники с верхними бортами и встроенными мыльницами, отказавшись в дальнейшем от них из санитарно-гиги-

енических соображений. Чугунные эмалированные ванны первоначально выпускались с закругленными бортами, включая ванны с закругленными формами корпуса у изголовья, а затем прямобортные.

Анализируя особенности развития санитарно-гигиенических помещений на разных этапах, можно выявить хронологическую последовательность их развития.

Так, в планировочных решениях квартир с 1933 по 1940 гг. применялись раздельные санузлы с двумя вариантами площадей и набором оборудования ванных комнат: 1. с увеличенными площадями и установкой ванны и умывальника; 2. с уменьшением площади ванных и вариантами использования, как ванн, так и душевых. В уборных устанавливается только унитаз.

С 1946 до 1957 гг. применяются раздельные санузлы со снижением их площади по сравнению с предыдущим периодом. Ванные комнаты оборудованы ванной и умывальником, а уборные – унитазами.

С 1957 года до середины 60-х годов разрабатываются малометражные экономичные квартиры с минимальными размерами совмещенных санузлов, оборудованные унитазом, ванной и умывальником. Разработанные для скорейшего решения жилищного вопроса, данные санузлы самые некомфортные из-за совмещения в одном помещении нескольких типов процессов.

С середины 60-х до конца 60-х годов разрабатываются и строятся улучшенные серии жилых домов с раздельными санузлами и незначительным увеличением их площади в первых улучшенных сериях и с увеличением площади раздельных санузлов в последующих модификациях серий. Однако, в некоторых первых улучшенных сериях еще присутствуют совмещенные санузлы в двухкомнатных квартирах, хотя и с небольшим увеличением их площади. В конце этого этапа разрабатываются типовые проекты для перспективного строительства. Оборудование ванных комнат: ванная и умывальник, в уборных устанавливается унитаз.

Следующий этап с 1969 по 1975 годы характеризуется началом создания и строительства (включая разработанные в конце 60-х годов типовые проекты для перспективного строительства) жилых домов с более комфортными решениями функциональных связей помещений квартиры и раздельных санузлов с увеличением площади ванных с возможностью

установки бытовой техники и приближением их к спальным комнатам в многоквартирных квартирах. Ванная комната оборудуется ванной и умывальником, уборная унитазом.

Что касается предусмотренных в планировочных решениях квартир в период с 1933 по 1975 годы ванных комнат и совмещенных санузлов с небольшими или минимальными площадями. Ванная комната в данном периоде предусматривает два основных типа процессов: 1. гигиена тела; 2. гигиена одежды и жилища. С применением бытовой техники, минимальные площади ванных небольшой площади и совмещенных санузлов, в которых добавляется процесс физиологических потребностей, не обеспечивают необходимого гигиенического комфорта для жизнедеятельности жильцов, учитывая, что данные помещения рассчитаны на поочередное их использование членами семьи

Принятая во многих планировочных решениях стандартная схема размещения санитарных узлов рядом с кухней была обусловлена необходимостью сокращения стоимости подвода инженерных коммуникаций. Поэтому, с учетом поставленных задач снижения стоимости строительства, была принята эта схема.

С совершенствованием бытовой техники, расширением типов гигиенического оборудования и гигиенических процессов, возросших требований населения к комфорту санитарных узлов, включая возможность применения в интерьерах более разнообразных отделочных материалов различной цветовой гаммы и фактур; разнообразие видов светильников; предметного наполнения для создания индивидуального решения интерьера санузла, предстояла серьезная работа архитекторов и дизайнеров над решением этой задачи в последующих временных периодах.

### Литература

1. Соловьев, В. Принципы устройства жилого пространства в СССР / В. Соловьев // Books.deziiign [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://books.deziiign.com/project/a1539dafde9d467884c9bb3fabdcab17>.
2. Дровяной водогрев в ванной комнате // Pinterest [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ru.pinterest.com/pin/971088738382353700>.
3. КПСС в резолюциях и решениях съездов, конференций и пленумом ЦК. – М. : Издательство политической литературы. – 1970. – Т. 3. – 351 с.
4. Овсянников, В.А. Нормирование массовой квартиры как отражение социально-экономических условий развития жилища. Жилая ячейка в будущем / В.А. Овсянников – М. : Стройиздат, 1982. – С. 29; 35.
5. Платонов, Г.Д. Социально-пространственная организация гигиенических процессов. Жилая ячейка в будущем / Г.Д. Платонов, В.Л. Ружже, В.В. Козюлин. – М. : Стройиздат, 1982. – 92 с.
6. Рябушин, А.В. Развитие жилой среды / А.В. Рябушин. – М. : Стройиздат, 1976. – 142 с.
7. Шкода, Р. Сидорова, 4 / Р. Шкода // Царицын.рф [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://царицын.рф/2024/04/2872-sidorova-4.html>.
8. Типы планировки квартир для строительства в период 1971–1975 гг. // ARHPLAN.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.arhplan.ru/buildings/residential/drawing/1404/3>.
9. Типовая серия дома 1-464Д // Prawdom.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://prawdom.ru/projekt\\_docs/1-464d-plan1.jpg](https://prawdom.ru/projekt_docs/1-464d-plan1.jpg).

### References

1. Solovev, V. Printcipy ustroistva zhilogo prostranstva v SSSR / V. Solovev // Books.deziiign [Electronic resource]. – Access mode : <https://books.deziiign.com/project/a1539dafde9d467884c9bb3fabdcab17>.
2. Drovianoi vodogrev v vannoi komnate // Pinterest [Electronic resource]. – Access mode : <https://ru.pinterest.com/pin/971088738382353700>.
3. KPSS v rezoliutciiakh i resheniiakh sezdov, konferentsii i plenumom TcK. – M. : Izdatelstvo politicheskoi literatury. – 1970. – T. 3. – 351 s.
4. Ovsiannikov, V.A. Normirovanie massovoi kvartiry kak otrazhenie sotcialno-ekonomicheskikh

uslovii razvitiia zhilishcha. Zhilaia iacheika v budushchem / V.A. Ovsianikov – М. : Stroiizdat, 1982. – S. 29; 35.

5. Platonov, G.D. Sotsialno-prostranstvennaia organizatsiia gigienicheskikh protsessov. Zhilaia iacheika v budushchem / G.D. Platonov, V.L. Ruzhze, V.V. Koziulin. – М. : Stroiizdat, 1982. – 92 s.

6. Riabushin, A.V. Razvitie zhiloi sredy / A.V. Riabushin. – М. : Stroiizdat, 1976. – 142 s.

7. Shkoda, R. Sidorova, 4 / R. Shkoda // Tcaritcyn.rf [Electronic resource]. – Access mode : <http://tcaritcyn.rf/2024/04/2872-sidorova-4.html>.

8. Tipy planirovki kvartir dlia stroitelstva v period 1971–1975 gg. // ARHPLAN.ru [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.arhplan.ru/buildings/residential/drawing/1404/3>.

9. Tipovaia seriia doma 1-464D // Prawdom.ru [Electronic resource]. – Access mode : [https://prawdom.ru/projekt\\_docs/1-464d-plan1.jpg](https://prawdom.ru/projekt_docs/1-464d-plan1.jpg).

---

© А.С. Пятков, А.П. Иванова, 2025

## О РОЛИ ПРОЕКТНОГО МЕТОДА В ОБУЧЕНИИ ШКОЛЬНИКОВ НА УРОКАХ МУЗЫКИ

С.С. ЕРМАКОВА

*ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет имени И.Я. Яковлева»,  
г. Чебоксары*

*Ключевые слова и фразы:* проектный метод, уроки музыки, современное образование, музыкально-проектная деятельность, навыки исследовательской работы.

*Аннотация:* На современном этапе особую важность приобрела гуманистическая философия образования. Она транслируется с помощью различных технологий, одной из которых является проектная методика. Проектная деятельность основана на исследовательском поиске, творческом мышлении и умении использовать изученные технологии в практической работе. В последние годы наблюдается рост интереса к данной форме обучения, благодаря чему метод проектов занимает значительное место в современной системе образования, в том числе музыкально-педагогическом.

Цель статьи заключается в кратком обзоре истории включения проектной деятельности в систему образования и ее задач; описании этапов проведенного педагогического эксперимента по реализации проектной деятельности на уроках музыки. Анализ результатов эксперимента показал, что системная и целенаправленная работа по развитию навыков проектно-исследовательской деятельности у учащихся дала положительную динамику.

Образование развивается вместе с современным ему миром, его запросами, возможностями и стремлениями. На сегодняшний день востребованным является активный, способный к саморазвитию и межличностной коммуникации человек. В соответствии с этим главными направлениями деятельности современной школы являются: разностороннее развитие ученика, формирование навыков коллективной работы, усиление мотивации к обучению, познанию и самосовершенствованию.

Проектная деятельность, будучи одной из современных педагогических технологий, основана на исследовательском поиске, творческом мышлении и умении использовать изученные технологии в практической работе. В России проектно-исследовательская деятельность особое внимание привлекает в настоящее время, благодаря чему будет являться актуальной темой исследований, внедрения в систему образования еще долгое время. Уроки музыки, как обязательная и необходимая часть системы основного образования, могут и должны включать методы и приемы проектной деятельности.

Использование метода в учебной и внеурочной музыкальной деятельности старших школьников способствует углублению их учебной мотивации, развивает организованность.

Проектная деятельность имеет достаточно протяженный период формирования в истории образования. В первой трети XX столетия вклад в научно-методическое обеспечение проектной деятельности в образовательной среде внесли такие известные ученые, как Дж. Дьюи, К. Поппер, Г. Саймон, В.Х. Килпатрик. Осуществление проектов в первую очередь связано с именем Джона Дьюи. Он полагал, что обучение будет успешным, если соблюдать следующие условия: проблематизация учебного материала; активность ребенка; связь обучения с жизнью ребенка, игрой, трудом [1].

Роль проектного метода обучения в российской системе образования весьма значительна, поскольку его создание привело к формированию личностно-ориентированной педагогики. В 1920-х гг. проектный метод в Советском Союзе применяли такие педагоги и исследователи, как С.Т. Шацкий, С.М. Гессен и др. В 1960-е гг. воз-

никла идея о развивающем обучении, принадлежащая Л.В. Занкову. Развивающее обучение базировалось на экскурсиях, походах в библиотеки, посещениях кружков с тем, чтобы ребенок смог самостоятельно искать нужные сведения и правильно их применять. 1970-80-х гг. отмечены появлением в отечественной педагогике большого количества новаторов. Они выделяли такие качества настоящего учителя, как любовь к предмету, умение вовлечь максимальное количество учащихся в активный ход урока, уважительное к ним отношение. В.Ф. Шаталов разработал подход, в котором охватывались все ученики; он заключался в создании творческой работы и увлеченной атмосферы вокруг учащихся [2].

В последние годы, как отмечалось, наблюдается рост интереса к данной форме обучения, благодаря чему метод проектов занимает значительное место в современной системе образования. Основой проектной деятельности является «метод проектов». Доктор педагогических наук Е.С. Полат дал следующее определение: «Метод проектов – это метод обучения, который предполагает определенную совокупность учебно-познавательных приемов, которые позволяют решить ту или иную проблему в результате действий учащихся с обязательной презентацией проекта» [3, с. 108]. Среди задач проектной деятельности выделяют: развитие познавательных способностей, умения ориентироваться в образовательном пространстве, повышение мотивации к обучению, стремление к самообразованию, обучение публичным выступлениям [4].

Музыкально-проектная деятельность является следствием внедрения в музыкальное образование педагогических инноваций. Сегодня она рассматривается как универсальная педагогическая технология, основанная на идеях личностно ориентированного, гуманного подхода к учащимся, а метод проектов, реализующийся в музыкально-проектной деятельности, – как действенное средство их музыкально-творческого развития и самоопределения.

Важным компонентом исследования являлась организация опытно-экспериментальной работы по реализации проектной деятельности на уроках музыки в соответствии с ФГОС. Эмпирическую базу исследования составила опытно-экспериментальная работа с группой учащихся 1 курса «ГАПОУ Набережночелнинский педагогический колледж» в составе 20 человек

(которые по возрасту соответствуют учащимся старших классов). Занятия с ними строились в соответствии с содержанием уроков музыки для старшеклассников. Исследование включало три этапа: констатирующий, формирующий, контрольный.

На первом этапе была проведена диагностика мотивационной сферы учащихся, в ходе которой мы определили отдельные мотивы учебной деятельности и общее отношение к обучению. Вопросы анкет были сформулированы таким образом, чтобы выявить характер отношения к обучению и мотивы обучения у учащихся (познавательные или социальные).

Анализ результатов анкетирования показал, что высокий уровень учебной мотивации проявили 25% (5 человек): у них высокий уровень общего отношения к обучению; преобладают познавательные мотивы обучения («учусь потому, что на уроках интересно, ...нравится учиться, ...узнаю много нового»). Средний уровень учебной мотивации продемонстрировали 35% (7 человек): у них преобладают социальные (широкие и узкие) мотивы обучения («учусь, чтобы потом было легко работать, ...не отставать от товарищей, ...потому что за хорошую учебу ставят в пример товарищам»). Низкий уровень учебной мотивации оказался у 40% (8 человек): преобладают социальные (узкие) мотивы обучения (мотивы одобрения и избегания неприятностей, а именно: «учусь потому, что учитель хвалит за успехи, ...чтобы доставить радость родителям, ...родители ругают за плохие оценки, ...наказывают за двойки»).

По констатирующему этапу эксперимента можно сделать следующий вывод: большинство участников имеет средний и низкий уровень учебной мотивации, а, значит, обладает низкой вовлеченностью в процесс занятий. Перед нами встала проблема повысить уровень учебной мотивации учащихся посредством вовлечения в проектную деятельность.

Переходим к описанию второго – формирующего – этапа опытно-экспериментальной работы. Для повышения учебной мотивации учащихся был разработан цикл уроков музыки с применением проектного метода. При организации проектной работы необходимо учесть несколько условий: актуальность темы музыкального проекта; формулировка темы должна направлять учащихся на обращение к различным источникам информации; нужно привлечь к работе всех, кто учится в классе или в группе

[5].

Для студентов 1 курса интересными оказались темы, в которых ярко отражается взаимосвязь различных видов искусств. Поэтому мы решили организовать проект на тему «Тайные смыслы образов искусства, или загадки музыкальных хитов». Работа над данным проектом велась в течение двух уроков музыки. Была поставлена цель: дать представление о взаимодействии искусств (музыки и кинематографа) и средствах их эмоционального воздействия.

Первый урок – вводный этап. На первом занятии я предложила ученикам прослушать фрагмент произведения Томазо Альбинони «Адажио». Провела анализ-размышление: познакомила их с автором произведения, историей создания, уточнила у учеников, какое душевное состояние вызывает данная музыка, слышали ли они ее ранее. Рассказала, что «Адажио» Томазо Альбинони было использовано в качестве музыкального сопровождения в мультипликационном фильме Гарри Бардина «Адажио». Ученики смотрят фильм, затем определяют его основную мысль, рассуждают, как музыка влияет на восприятие.

В заключении урока мы слышим «Адажио» Т. Альбинони в аранжировках известных современных певцов: Сары Брайтман, Лары Фабиан, Николая Баскова. Акцентировала внимание на главенство любовной темы в поэтическом содержании песен. В конце занятия предложила учащимся самостоятельно найти подобные примеры сочетания музыки с другими видами искусств, а также примеры интерпретации музыкальных произведений. Ученики поделились на четыре группы по пять человек. Домашнее задание для каждой группы – сделать выступление и презентацию на заданную тему.

Второй урок – основной этап формирующего эксперимента. Ученики демонстрируют свои выступления на темы: первая группа – фильм-опера «Евгений Онегин»; вторая группа – фильм-балет «Ромео и Джульетта»; третья группа – музыка Д. Гершвина в фильме «Американец в Париже»; четвертая группа – как связаны «Либертанго» и «Северный мост». Каждая группа защищала свой проект в течение 7-10 минут, проекты были оформлены в соответствии с заданными требованиями. После каждого выступления учащиеся задавали друг другу вопросы по теме проекта, обсуждали информацию, делились личным опытом.

Так, например, после выступления второй

группы некоторые учащиеся рассказали, что много раз слышали музыку к балету С. Прокофьева «Ромео и Джульетта» в рекламах или развлекательных видеороликах, но такой способ использования произведений мировой классики они считают недопустимым. Некоторые студенты поделились своими впечатлениями от знакомства с современными постановками балета «Ромео и Джульетта».

Выступление на тему «Как связаны “Либертанго” и “Северный мост”» также вызвало активное, заинтересованное обсуждение в группе. Оказалось, что некоторые студенты были ранее знакомы с произведением Астора Пьяццоллы «Либертанго». Они слышали его в переложении для органа и саксофона на концерте «Музыка навсегда...», проходившем в органном зале г. Набережные Челны. Студенты сравнили звучание произведения в оригинальном исполнении и в переложении для органа и саксофона. Многим учащимся, посетившим концерт, больше понравился оригинальный вариант «Либертанго», так как в нем ярче отражается дух аргентинского танго с его характерной меланхолией, страстью и миролюбием.

Активные обсуждения после каждого выступления проявили заинтересованность и, следовательно, результативность применения проектной деятельности на уроках музыки. Ведь студенты не просто слушали информацию, а еще и стали активными участниками групповой беседы. Все учащиеся были вовлечены в деятельность на каждом этапе урока независимо от того, какая именно группа выступала в данный момент. В конце урока обобщила основную информацию, подвела итоги проектной деятельности, организовала рефлексию.

Третий этап опытно-экспериментальной работы представлял собой контрольную диагностику результатов. Анализируя общие выводы о формировании учебной мотивации – Рисунок 1, следует отметить положительную динамику: высокий уровень учебной мотивации появился у 40% (8 человек), средний уровень – у 40% (8 человек), низкий уровень – у 20% (4 человека).

Познавательный мотив также увеличился до 50% (10 человек). Широкий социальный мотив вырос до 50% (10 человек). Количество учащихся с узким социальным мотивом уменьшилось – 20% (4 человека). Также уменьшилось количество учащихся, которые мотивируют себя только тем, чтобы избежать неприятностей – 20% (4 человека) и получить

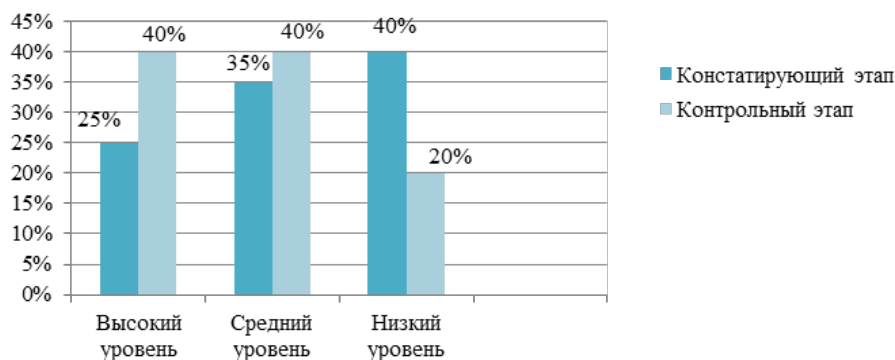


Рис. 1. Уровень сформированности учебной мотивации

одобрение от учителей и родителей – 10% (2 человека). То есть, можно сказать, что в группе внешняя мотивация у некоторых учащихся перешла во внутреннюю.

По результатам повторной диагностики можно констатировать, что приемы проектной деятельности создали положительную динамику в формировании учебной мотивации: возросли показатели высокого и среднего уровня сформированности учебной мотивации.

На основе проведенного педагогического эксперимента можно сделать следующие выводы. Системная и целенаправленная работа по развитию навыков проектно-исследовательской деятельности позволила прийти к положительным результатам. Учащиеся, занимающиеся

исследовательской деятельностью, стали более общительными, у них увеличились учебная мотивация и знания – гуманитарного характера и музыкальные, они с желанием выполняют исследовательские работы. Также отметим: применение в обучении методов и приемов проектной деятельности помогает усвоению специальных музыкальных знаний и навыков; усилению интереса к занятиям музыкой; школьники учатся самостоятельно находить знания, получают навык познавательной и исследовательской работы. На современном этапе особую важность приобрела гуманистическая философия образования. Она транслируется с помощью различных технологий, одной из которых и является проектная методика.

### Литература

1. Дьюи, Д. От ребенка – к миру, от мира – к ребенку / Д. Дьюи; сост. и вступ. ст. Г.Б. Корнетова. – М. : Карапуз, 2019. – 352 с.
2. Пахомова, Н.Ю. Учебное проектирование в образовательном процессе современной школы / Н.Ю. Пахомова. – М. : Изд-во Совр. гуманитар. ун-та, 2011. – 143 с.
3. Полат, Е.С. Метод проектов : учеб. пособие / Е.С. Полат. – М. : Флинта, 2018. – 270 с.
4. Полат, Е.С. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования / Е.С. Полат, М.Ю. Бухаркина, М.Ю. Моисеева, А.Е. Петров; под ред. Е.С. Полат. – М. : Академия, 2012. – 272 с.
5. Сергеев, И.С. Как организовать проектную деятельность учащихся / И.С. Сергеев // Преподавание. – 2021. – № 4. – С. 80–82.

### References

1. Diui, D. Ot rebenka – k miru, ot mira – k rebenku / D. Diui; sost. i vstup. st. G.B. Kornetova. – M. : Karapuz, 2019. – 352 s.
2. Pakhomova, N.Iu. Uchebnoe proektirovanie v obrazovatelnom protsesse sovremennoi shkoly / N.Iu. Pakhomova. – M. : Izd-vo Sovr. gumanit. un-ta, 2011. – 143 s.
3. Polat, E.S. Metod proektov : ucheb. posobie / E.S. Polat. – M. : Flinta, 2018. – 270 s.
4. Polat, E.S. Novye pedagogicheskie i informatcionnye tekhnologii v sisteme obrazovaniia / E.S.

Polat, M.Iu. Bukharkina, M.Iu. Moiseeva, A.E. Petrov; pod red. E.S. Polat. – M. : Akademiia, 2012. – 272 s.

5. Sergeev, I.S. Kak organizovat proektnuiu deiatelnost uchashchikhsia / I.S. Sergeev // Prepodavanie. – 2021. – № 4. – S. 80–82.

---

© С.С. Ермакова, 2025

## ЗНАЧЕНИЕ СОЦИОГУМАНИТАРНОГО ЗНАНИЯ В УКРЕПЛЕНИИ ДУХОВНО-НРАВСТВЕННЫХ ЦЕННОСТЕЙ КУРСАНТОВ ВУЗОВ ФСИН РОССИИ

Т.В. КИРИЛЛОВА, С.Е. КОРЫШЕВА

ФКУ «Научно-исследовательский институт Федеральной службы исполнения наказаний»,  
г. Москва;

ФКОУ ВО «Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний»,  
г. Рязань

*Ключевые слова и фразы:* социогуманитарное знание, духовно-нравственные ценности, образовательные организации ФСИН России, курсанты, воспитание.

*Аннотация:* Цель статьи актуализировать необходимость изучения значения социогуманитарного знания в укреплении духовно-нравственных ценностей курсантов вузов ФСИН России. Задачи: определение значения социально-гуманитарного знания, выделение функций и их связей с укреплением духовно-нравственных ценностей. Автор решает задачу на основе общенаучных методов. В статье анализируются социально-гуманитарные знания, наиболее важные для укрепления духовно-нравственных ценностей, выделяются определенные направления, подчеркивается необходимость религиозного просвещения. Делается вывод о том, что в укреплении духовно-нравственных ценностей курсантов вузов ФСИН России особое внимание следует уделять формированию нравственного сознания личности, духовно-нравственных отношений, развитию воли и критического мышления, способности осмысления собственного поведения и поступков. Предлагается разработка программ, направленных на развитие духовно-нравственных качеств и укрепление духовно-нравственных ценностей будущих специалистов уголовно-исполнительной системы.

В Указе Президента Российской Федерации от 9 ноября 2022 г. N 809 определены основы государственной политики по сохранению и укреплению традиционных российских духовно-нравственных ценностей. К ним, согласно Указу, относятся жизнь, достоинство, патриотизм, гражданственность, служение Отечеству, высокие нравственные идеалы, гуманизм, милосердие, справедливость, историческая память и преемственность поколений, а также единство народов России. Необходимость реализации этих основ в процессе обучения курсантов в ведомственных образовательных организациях актуализирует изучение эффективности использования потенциала социогуманитарного знания [4].

Область научных дисциплин, охватываемая понятием социально-гуманитарного знания, включает в себя знания об обществе, человеке, истории и культуре. В силу того, что социально-гуманитарные науки направлены на иссле-

дование жизни человека и общества, они представляют собой наиболее перспективное поле для исследований как в настоящем, так и в будущем.

Социально-гуманитарные науки, несмотря на то, что формально они относятся к разным областям знания (социологическим и гуманитарным наукам), фактически представляют собой единую систему. К социальным наукам относятся социология, антропология, социальная философия, история, психология, юриспруденция, политология, культурология, педагогик и т.д. К гуманитарным дисциплинам, в свою очередь, сегодня относят историю, философию, религиоведение, психологию, педагогику, культурологию, искусствоведение, юриспруденцию и другие. Таким образом, большинство наук, входящих в социально-гуманитарную группу, можно отнести как к гуманитарным, так и к социальным дисциплинам.

Социально-гуманитарное знание играет

важную роль в укреплении духовно-нравственных ценностей, поскольку оно направлено на изучение человека и общества, а также на формирование системы взглядов индивида на социум. Это знание включает в себя такие науки, как социология, философия, политология, культурология, антропология, история, педагогика.

Рассмотрим функции и значение социально-гуманитарного знания и определим его связь с укреплением духовно-нравственных ценностей.

1. Методологическая функция: эти науки учат правилам социального взаимодействия, что важно для формирования ответственного поведения и осознания гражданского долга [1].

2. Познавательная и мировоззренческая функции: социально-гуманитарные науки помогают людям понимать смысл социальных явлений и формировать мировоззрение, включающее духовно-нравственные ценности.

3. Социокультурные функции: гуманитарное знание может выполнять критические и идеологические функции, влияя на трансформацию личности и общества.

4. Воспитательная функция: образование, основанное на социально-гуманитарных науках, пробуждает нравственное чувство и любовь к Отечеству, что соответствует традиционным духовно-нравственным ценностям.

5. Формирование ценностей: социально-гуманитарное знание способствует формированию таких ценностей, как любовь, патриотизм, уважение, гуманизм и справедливость, которые являются ключевыми духовно-нравственными ориентирами.

6. Сохранение традиционных ценностей: в условиях современных социальных и технологических изменений социально-гуманитарное знание помогает сохранять и передавать традиционные духовно-нравственные ценности, что важно для стабильности общества [6].

Для укрепления духовно-нравственных ценностей наиболее важны следующие социально-гуманитарные знания: Философия: она помогает осмыслить основные концепции добра и зла, справедливости и морали, что является фундаментом для формирования духовно-нравственных ценностей. Культурология: изучение культурного наследия и традиций позволяет глубже понять и оценить духовно-нравственные ценности, которые передаются из поколения в поколение. Педагогика: этот раздел знаний фокусируется на методах воспитания и образования, которые способствуют развитию

личности и формированию духовно-нравственных качеств. Социология: она изучает социальные структуры и отношения, что помогает понять, как духовно-нравственные ценности влияют на поведение и взаимодействие людей в обществе [2]. История: изучение исторического контекста формирования ценностей позволяет лучше понять их значение и актуальность в современном мире. Религиоведение: понимание религиозных традиций и их влияния на духовно-нравственное развитие личности может быть важным для формирования целостной системы ценностей [7]. Эти области знаний взаимосвязаны и дополняют друг друга, обеспечивая комплексный подход к укреплению духовно-нравственных ценностей.

В укреплении духовно-нравственных ценностей курсантов вузов ФСИН России можно выделить определенные направления. Приобщение к отечественному культурно-историческому наследию и гражданским ценностям. Например, участие в фестивалях искусств помогает обрести уважение к чести и достоинству каждого народа, способствует бережному отношению к историческому наследию и культурным традициям. Также воспитание бережного отношения к родному языку способствует личностному росту обучающихся и формированию национального самосознания [8]. Мы указывали ранее и на потенциал добровольческого движения в укреплении духовно-нравственных ценностей курсантов [5].

Религиозное просвещение. Сюда относятся встречи со священнослужителями, на которых обсуждаются вопросы национальной и религиозной терпимости, противостояния религиозному и политическому экстремизму, сохранения духовных ценностей. Информационно-пропагандистская работа. Можно проводить проблемные лекции, лекции-диалоги, семинары, практические занятия, диспуты, дискуссии по патриотической тематике. Культурно-досуговые мероприятия. К ним относятся викторины, экскурсии, концерты, тематические вечера, конкурсы, просмотр кинофильмов по военно-патриотической тематике с последующим обсуждением. Спортивно-массовые мероприятия. Например, спортивные праздники, посвященные героическим историческим личностям разных лет, отдавшим жизнь за Россию. Также для полноценного духовно-нравственного воспитания необходима взаимодополняемость теоретической и практической составляющих об-

разования, преемственность подготовки на всех курсах, интеграция аудиторной и внеаудиторной деятельности [3].

Таким образом, говоря о значении социогуманитарного знания в укреплении духовно-нравственных ценностей курсантов вузов ФСИН России, духовно-нравственных ориентирах учебной деятельности, в процессе духовного становления будущего специалиста уголовно-исполнительной системы следует выделить такие аспекты как: формирование нравственного сознания личности через обогащение духовного опыта и системы ценностей курсантов; развитие критического мышления курсантов как залог саморазвития обучающегося во всех

сферах его жизнедеятельности, способности осмысления собственного поведения и поступков; развитие воли как необходимого компонента духовно-нравственного совершенствования человека; развитие духовно-нравственных отношений, как показателя реального проявления укрепления духовно-нравственных ценностей.

Требуется дальнейшее исследование характеристик духовности курсантов образовательных организаций ФСИН России и значение социогуманитарного знания, что позволит разработать программы, направленные на развитие духовно-нравственных качеств и укрепление духовно-нравственных ценностей будущих специалистов уголовно-исполнительной системы.

### Литература

1. Аркова, Т.И. Духовно-нравственные ценности вузовского образования современного российского общества: социально-философский анализ : автореф. дисс. ... канд. философ. наук / Т.И. Аркова. – М., 2017. – 24 с.
2. Галиев, Р.Р. Формирование духовно-нравственных ценностей и патриотизма в современной России / Р.Р. Галиев // Социально-гуманитарные знания. – 2022. – № 5 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-duhovno-nravstvennyh-tsennostey-i-patriotizma-v-sovremennoy-rossii>.
3. Кареева, И.В. Проблема духовно-нравственного воспитания личности сотрудника уголовно-исполнительной системы в современном образовательном процессе вузов ФСИН России / И.В. Кареева, И.Н. Федотова // Государство, право и общество в контексте обеспечения национальной безопасности Российской Федерации : материалы научно-практической конференции. – Владимир, 2022. – С. 97–102.
4. Кириллова, Т.В. Оценка воспитательных результатов мероприятий по сохранению и укреплению традиционных российских духовно-нравственных ценностей в образовательных организациях ФСИН России / Т.В. Кириллова // Глобальный научный потенциал. – СПб. : НТФ РИМ. – 2025. – № 1(166). – С. 85–88.
5. Кириллова, Т.В. Добровольчество работников уголовно-исполнительной системы в контексте сохранения и укрепления традиционных российских духовно-нравственных ценностей / Т.В. Кириллова, С.Е. Корышева // Глобальный научный потенциал. – СПб. : НТФ РИМ. – 2024. – № 10(163). – С. 213–216.
6. Маковецкая, Ю.Г. Духовно-нравственные ценности – необходимое условие развития личности школьника / Ю.Г. Маковецкая, Г.В. Петухова, С.Ю. Петухов // Мир педагогики и психологии: международный научно-практический журнал. – 2024. – № 08(97) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://scipress.ru/pedagogy/articles/dukhovno-nravstvennye-tsennosti-neobkhodimoe-uslovie-razvitiya-lichnosti-shkolnika.html>.
7. Мартынова, Е.А. Факторы духовно-нравственного формирования личности педагога / Е.А. Мартынова, Н.И. Еналеева // Современные проблемы науки и образования. – 2018. – № 5 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://science-education.ru/ru/article/view?id=28117>.
8. Тюменева, Н.П. Опыт формирования духовно-нравственных ценностей курсантов и студентов образовательных организаций Федеральной службы исполнения наказаний / Н.П. Тюменева, И.Л. Кашинцева // Человек: преступление и наказание. – 2020. – Т. 28. – № 4. – С. 639–645.

### References

1. Arkova, T.I. Dukhovno-nravstvennye tsennosti vuzovskogo obrazovaniia sovremennogo

rossiiskogo obshchestva: sotsialno-filosofskii analiz : avtoref. diss. ... kand. filosof. nauk / T.I. Arkova. – M., 2017. – 24 s.

2. Galiev, R.R. Formirovanie dukhovno-nravstvennykh tcennostei i patriotizma v sovremennoi Rossii / R.R. Galiev // Sotsialno-gumanitarnye znaniia. – 2022. – № 5 [Electronic resource]. – Access mode : <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-duhovno-nravstvennykh-tsennostey-i-patriotizma-v-sovremennoy-rossii>.

3. Kareeva, I.V. Problema dukhovno-nravstvennogo vospitaniia lichnosti sotrudnika ugolovno-ispolnitelnoi sistemy v sovremennom obrazovatelnom protsesse vuzov FSIN Rossii / I.V. Kareeva, I.N. Fedotova // Gosudarstvo, pravo i obshchestvo v kontekste obespecheniia natsionalnoi bezopasnosti Rossiiskoi Federatsii : materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii. – Vladimir, 2022. – S. 97–102.

4. Kirillova, T.V. Otsenka vospitatelnykh rezultatov meropriiati po sokhraneniui i ukrepleniiu traditsionnykh rossiiskikh dukhovno-nravstvennykh tcennostei v obrazovatelnykh organizatsiiakh FSIN Rossii / T.V. Kirillova // Globalnyi nauchnyi potentsial. – SPb. : NTF RIM. – 2025. – № 1(166). – S. 85–88.

5. Kirillova, T.V. Dobrovolchestvo rabotnikov ugolovno-ispolnitelnoi sistemy v kontekste sokhraneniia i ukreplenii traditsionnykh rossiiskikh dukhovno-nravstvennykh tcennostei / T.V. Kirillova, S.E. Korysheva // Globalnyi nauchnyi potentsial. – SPb. : NTF RIM. – 2024. – № 10(163). – S. 213–216.

6. Makovetckaia, Iu.G. Dukhovno-nravstvennye tcennosti – neobkhodimoe uslovie razvitiia lichnosti shkolnika / Iu.G. Makovetckaia, G.V. Petukhova, S.Iu. Petukhov // Mir pedagogiki i psikhologii: mezhdunarodnyi nauchno-prakticheskii zhurnal. – 2024. – № 08(97) [Electronic resource]. – Access mode : <https://scipress.ru/pedagogy/articles/dukhovno-nravstvennye-tsennosti-neobkhodimoe-uslovie-razvitiya-lichnosti-shkolnika.html>.

7. Martynova, E.A. Faktory dukhovno-nravstvennogo formirovaniia lichnosti pedagoga / E.A. Martynova, N.I. Enaleeva // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia. – 2018. – № 5 [Electronic resource]. – Access mode : <https://science-education.ru/ru/article/view?id=28117>.

8. Tiimeneva, N.P. Opyt formirovaniia dukhovno-nravstvennykh tcennostei kursantov i studentov obrazovatelnykh organizatsii Federalnoi sluzhby ispolneniia nakazanii / N.P. Tiimeneva, I.L. Kashintceva // Chelovek: prestuplenie i nakazanie. – 2020. – T. 28. – № 4. – S. 639–645.

---

© Т.В. Кириллова, С.Е. Корышева, 2025

## АДАПТАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА И ФОРМАТОВ ОЦЕНИВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ШИРОКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТУДЕНТАМИ НЕЙРОСЕТЕЙ И ТЕХНОЛОГИЙ ИИ

Л.И. ЛАРИНА, Л.Ю. ВИТРУК, Е.А. ЧИГИРИН, Т.Ю. ЧИГИРИНА

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

*Ключевые слова и фразы:* искусственный интеллект, нейросети, образовательный процесс, образовательный результат.

*Аннотация:* Статья посвящена исследованию влияния инноваций в области искусственного интеллекта (ИИ) на сферу образования. Рассматриваются различные этапы педагогического процесса по модели ADDIE (анализ, проектирование, разработка, реализация и оценка) и роль ИИ в решении конкретных образовательных задач на каждом из них. Приведены примеры популярных универсальных и специализированных ИИ-сервисов, которые помогают автоматизировать процесс создания учебных программ, разработки контента, обратной связи и оценки результатов. Основной гипотезой исследования является следующее положение: применение нейросетей в сфере образования способствует разработке инновационных методов обучения, основанных на анализе данных и прогнозировании результатов, и открывает широкие перспективы для оптимизации процесса обучения, персонализации образовательных подходов. В то же время авторы особо акцентируют внимание на необходимости сохранения критического мышления при использовании ИИ и постепенного внедрения этих технологий в образовательный процесс.

Современное образование претерпевает революционные перемены. Новые технологии, изменение приоритетов в мире и на рынке труда неизбежно влияют на образовательный процесс. В своей практике при создании и актуализации образовательных курсов мы используем, пожалуй, самую популярную и эффективную модель педагогического дизайна ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). По этой причине мы взяли концепцию ADDIE в качестве базовой структуры анализа ИИ-инструментов. Мы рассмотрели самые популярные ИИ-решения и «приземлили» их на конкретные задачи преподавателей (и отчасти студентов) на каждом из этапов. Такой подход позволил проанализировать реальную ценность ИИ для образования и определить конкретные образовательные задачи, которые может решить ИИ на различных стадиях образовательного процесса. Сводная таблица используемых нами и рекомендуемых ИИ-сервисов для каждого

этапа и задачи приведена ниже (табл. 1).

### 1) Анализ (*Analysis*)

Этап анализа направлен на понимание проблемы и определение оптимального решения. Этот этап включает несколько ключевых задач:

- Определение образовательных целей
- Анализ целевой аудитории и оценка контекста
- Формулировка образовательных результатов

ИИ на этом этапе может выступать в роли ассистента преподавателя, что позволяет сэкономить время и повысить креативность. Основной задачей этапа, для которых можно использовать ИИ, является погружение в тему курса и систематизация информации (что особенно актуально при разработке курса с нуля). Кроме генеративных моделей, развиваются сервисы на основе ИИ, нацеленные на «умное» чтение, «умный» обзор литературы, а также на перевод материалов с иностранных языков.

Таблица 1. ИИ-сервисы для решения образовательных задач

| Этап           | Задачи                                                                   | ИИ-сервисы                                                                                                                            |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Анализ         | Определение образовательных целей<br>Формулирование результатов обучения | ChatGPT, DeepSeek, GigaChat, YaGPT, Perplexity                                                                                        |
| Проектирование | Описание курса<br>Разработка сценариев занятий                           | CourseFactory, Learningstudioai, ChatGPT, DeepSeek, GigaChat, YaGPT                                                                   |
| Разработка     | Создание образовательного контента<br>Разработка заданий для оценивания  | Magicschool, Gamma, Brisk Teaching, Educaplay, Smartests, Slides AI, Kandinsky, DezGo, Midjourney, ChatGPT, DeepSeek, GigaChat, YaGPT |
| Реализация     | Обратная связь<br>Автоматическое оценивание<br>Персонализация            | Brisk Teaching, Brainly, Adaptemy, Edint, Teachology, Turnitin                                                                        |
| Оценка         | Анализ образовательных результатов                                       | Adaptemy, Wiley                                                                                                                       |

## 2) Проектирование (Design)

Во время этапа проектирования разработчики трансформируют свой анализ в план для учебного опыта:

- Составление учебного плана, описание курса
- Разработка сценариев занятий, подбор мультимедиа
- Выбор модели обучения (традиционная, перевернутый класс, смешанная)

Нейросети подходят для этих задач, так как они отлично суммаризируют тексты и облегчают процесс анализа информации из разных источников: нормативно-правовых документов, научной литературы и др. Кроме того, инструменты на основе ИИ хорошо справляются со следующими задачами: разработка структуры дисциплины, создание шаблона программы курса, плана занятий, проверочных и раздаточных материалов, формирование матрицы компетенций.

## 3) Разработка (Development)

На данном этапе происходит создание и упаковка контента курса. Задачи, решаемые на этапе разработки:

- Оцифровка материалов в электронной среде
- Создание образовательного контента (текстов, презентаций и т.д.)
- Разработка заданий для оценивания

Внедрение ИИ-сервисов для этой задачи — главный тренд создания образовательных продуктов. Активно развиваются как многофункциональные платформы, так и узкоспециализированные инструменты. ИИ-сервисы помо-

гут подобрать образовательные ресурсы к теме урока, сгенерировать раздаточные материалы, в том числе мультимедиа, автоматически создать презентацию и домашнее задание по текстовому, аудио или видео файлу и многое другое.

## 4) Реализация (Implementation)

На этом данном этапе разработанный учебный контент представляется студентам. В задачи этапа входят:

- Сопровождение курса
- Обратная связь
- Оценивание

Занятие — это ключевой момент процесса обучения. Поэтому закономерно, что обучающиеся хотят улучшить образовательный опыт с учетом собственных потребностей и способностей. В то же время для преподавателя важнейшими задачами в эпоху ИИ становятся мотивирование обучающихся, удержание внимания и повышение вовлеченности в образовательный процесс. Цифровые технологии и ИИ призваны помочь обеим группам с помощью персонализации и адаптации обучения.

## 5) Оценка (Evaluation)

Оценка имеет ключевое значение для понимания эффективности учебной программы. Этап подразумевает:

- Анализ образовательных результатов
- Оценка эффективности каждого этапа
- Ревизия целей и результатов обучения

ИИ расширяет возможности образовательной аналитики и представляет возможность предсказывать образовательные результаты и предоставлять отчеты о наиболее распространенных ошибках студентов. Подобные анали-

тические сводки дают возможность выявить проблемные зоны в программе и своевременно скорректировать учебный курс. Однако приходится признать, что большинство подобных ИИ-сервисов неотделимы от платформы, на которой они используются, и внедрение их в *LMS* вуза требует кастомизированного подхода.

Подводя итоги рассуждений о возможностях и вызовах ИИ для образования, можно сказать с высокой долей уверенности, что вдумчивое применение этой технологии способно уже сейчас создавать ценность для всех участников образовательного процесса. Применение нейросетей в сфере образования способствует разработке инновационных методов обучения, основанных на анализе данных и прогнозировании результатов. Например, с помощью нейросетей можно улучшить стратегии обучения, учитывая особенности каждого студента. Также применение нейросетей в образовании открывает широкие перспективы для оптимизации процесса обучения, персонализации образовательных подходов для каждого студента и разработки инновационных методов преподавания. Это помогает сделать образование более доступным, эффективным и увлекательным для всех участ-

ников.

Проанализировав свыше 20 ИИ-сервисов по вышеописанной методологии, мы получили представление о том, какие задачи преподавателя (и отчасти студента) могут быть решены с помощью ИИ. Спектр решаемых проблем весьма широк: от анализа вводных данных и разработки дисциплины до реализации образовательного процесса и оценки его эффективности.

Однако следует отметить, что мы рекомендуем использовать нейросети в качестве ассистентов и помощников, но не экспертов. Крайне важно сохранять критическое мышление при работе с *GPT* и перепроверять ответы нейросети в надежных источниках в случае возникновения сомнений. Внедрять ИИ следует поэтапно, фокусируясь на решении конкретных задач. Кроме того, несмотря на значительные улучшения таких технологий, как большие языковые модели и генеративный искусственный интеллект, нельзя сказать, что они широко доступны, особенно в области образования. Внедрение подобных передовых решений требует ресурсов и остается малодоступным для многих образовательных учреждений.

### Литература

1. Ковальчук, С.В. Применение искусственного интеллекта для обучения иностранному языку в вузе / С.В. Ковальчук, И.А. Тараненко, М.Б. Устинова // Современные проблемы науки и образования. – 2023. – № 6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://science-education.ru/ru/article/view?id=33000>.
2. Колесник, В.П. Применение искусственного интеллекта и нейросетей в образовательном процессе / В.П. Колесник, Е.Н. Соломаха, М.И. Колдина // Проблемы современного педагогического образования. – 2024. – № 83(3). – С. 210–212.
3. Жукова, Н.Н. Актуальные проблемы и перспективы цифровой трансформации отечественной системы профессионального образования / Н.Н. Жукова, К.В. Булах, Т.Г. Чумак // Вестник АГУ. Серия 3: Педагогика и психология. – 2020. – № 3(263). – С. 62–70.
4. Витрук, Л.Ю. Оценка эффективности результатов междисциплинарных студенческих научных проектов / Л.Ю. Витрук, Е.А. Чигирин, Т.Ю. Чигирина // Глобальный научный потенциал. – СПб. : ТМБпринт. – 2023. – № 3(144).

### References

1. Kovalchuk, S.V. Primenenie iskusstvennogo intellekta dlia obucheniiia inostrannomu iazyku v vuze / S.V. Kovalchuk, I.A. Taranenko, M.B. Ustinova // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia. – 2023. – № 6 [Electronic resource]. – Access mode : <https://science-education.ru/ru/article/view?id=33000>.
2. Kolesnik, V.P. Primenenie iskusstvennogo intellekta i neirosetei v obrazovatelnom protsesse / V.P. Kolesnik, E.N. Solomakha, M.I. Koldina // Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniia. – 2024. – № 83(3). – S. 210–212.
3. Zhukova, N.N. Aktualnye problemy i perspektivy tcifrovoi transformacii otechestvennoi sistemy

professionalnogo obrazovaniia / N.N. Zhukova, K.V. Bulakh, T.G. Chumak // Vestnik AGU. Seriya 3: Pedagogika i psikhologiya. – 2020. – № 3(263). – S. 62–70.

4. Vitruk, L.Iu. Otsenka effektivnosti rezultatov mezhdistsiplinarnykh studencheskikh nauchnykh proektov / L.Iu. Vitruk, E.A. Chigirin, T.Iu. Chigirina // Globalnyi nauchnyi potencial. – SPb. : TMBprint. – 2023. – № 3(144).

---

© Л.И. Ларина, Л.Ю. Витрук, Е.А. Чигирин, Т.Ю. Чигирина, 2025

## ФОРМИРОВАНИЕ МОТИВАЦИИ СТУДЕНТОВ К ПОДДЕРЖАНИЮ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ И СИСТЕМАТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРОЙ И СПОРТОМ В ВУЗЕ

А.М. СЕДЫХ<sup>1</sup>, Ю.В. АБАПолов<sup>1</sup>, А.Э. БЕЛАНОВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГКВООУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»;

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

*Ключевые слова и фразы:* здоровый образ жизни, мотивация, неблагоприятные факторы, работоспособность, физическая культура.

*Аннотация:* В настоящее время существует проблема в снижении интереса и положительной мотивации молодых людей к регулярным занятиям физической культурой и спортом. В результате возникает противоречие в практике между необходимостью формирования мотивации студентов для поддержания двигательной активности и систематическим занятиям физической культурой и спортом в вузе и низкими возможностями существующей системы формирования мотивации. Цель исследования заключается в повышении эффективности функционирования системы формирования мотивации студентов для поддержания двигательной активности и систематическим занятиям физической культурой и спортом за счет разработки и внедрения способа формирования мотивации у студентов. Для достижения цели необходимо решить научную задачу по разработке способа формирования мотивации обучающихся, позволяющую увеличить количество студентов с высокой двигательной активностью.

В ходе исследования использованы методы теории эффективности целенаправленных процессов, исследования операций и теории вероятностей.

В результате исследования разработан способ формирования мотивации у студентов для поддержания двигательной активности и систематическим занятиям физической культурой и спортом.

Большая часть населения нашей страны не хочет проявлять желание к ведению активного и здорового образа жизни, поэтому государством утверждены программы и концепции, призывающие людей к занятиям физической культурой и спортом. К ним также относятся и студенты [1].

У школьников старших классов и студентов высших образовательных учреждений наблюдается ухудшение показателей здоровья. Избыточный лишний вес, хронические заболевания не позволяют в полной мере заниматься физической культурой и спортом. А ведь студенты – это будущее нашей страны, будущие родители, будущие выдающиеся деятели науки и искусства, и от их отношения к своему здоровью за-

висит наше будущее [2].

На протяжении многих лет человечество прививало правила организации своей жизни, учитывая их можно качественно улучшить состояние своего тела, как физически, так и морально. Если распределить жизненные ценности по приоритету важности и значимости – физкультура и спорт находятся на одном из важнейших мест. Поэтому очень важно сочетать обычную жизнь, учебу с правильными физическими нагрузками, они регулируют многие процессы в организме, появляется общий тонус, который существенно повышает работоспособность [3].

Физическая культура и спорт всегда были важной составляющей в процессе физическо-

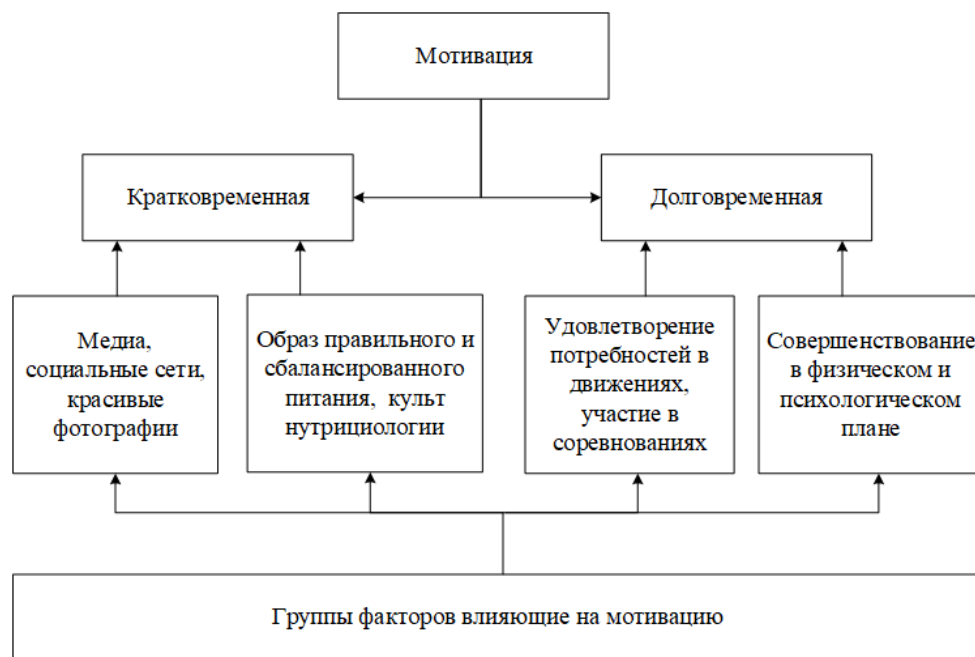


Рис. 1. Виды мотивации и группы влияющих на нее факторов

го, умственного развития и формирования здорового образа жизни. Они способствуют укреплению здоровья и всестороннему развитию физических способностей, а также помогают обучающимся овладеть профессиональными навыками, необходимыми для успешной деятельности в различных сферах жизни, включая производство, военное дело и другие области. [4].

В нашей стране в каждом крупном населенном пункте функционируют фитнес-центры, физкультурно-оздоровительные клубы, плавательные бассейны, игровые площадки, где можно заниматься различными видами спорта и просто активно проводить время. В чем же причина того, что у студентов снижается интерес к физической активности, несмотря на обилие доступных ресурсов?

В отечественной психологии проблемами мотивации занимались Коломейцев Ю.А., Гогунев Е.Н. и др. Они выделяют следующие функции мотивации: побуждение к двигательной активности (мотив, который заставляет человека действовать); направление двигательной активности (как именно занимающийся сможет добиться поставленной цели и удовлетворить определенную потребность); контроль и поддержание двигательной активности, что будет способствовать к достижению цели [5].

Мотивация играет немаловажную роль в

достижении поставленных задач и целей. В современной литературе мотивация как психологическое явление трактуется по-разному. Выделим то, которое более полно и точно раскрывает нашу проблему.

Мотивация к физической активности – особое состояние личности, которое направлено на достижение оптимального уровня физической работоспособности, поддержания функционального состояния всех органов и систем в здоровом и бодром состоянии.

Надо понимать, что мотивацию можно разделить на кратковременную и долговременную (рис.1).

Кратковременную мотивацию можно рассматривать как начальный эмоциональный импульс, который мотивирует человека внести изменения в свою жизнь и начать заниматься физической активностью. Причинами такого толчка, как правило, является красивая картинка из социальных сетей: стройное, красивое телосложение, образ правильного и сбалансированного питания, появление культа нутрициологии – все это где-то есть, но не с тобой. Основная особенность кратковременной мотивации в том, что она со временем пропадет, возникает плохое настроение и занятия пойдет на спад. Чтобы поддерживать интерес к спорту и физической активности, необходимо создать устойчивую мотивацию. Это поможет моло-



Рис. 2. Факторы снижающие мотивацию к регулярным занятиям физической культурой

дому человеку сохранить желание заниматься, сформировать полезную привычку и развить самодисциплину.

Долговременную мотивацию можно представить как комплекс различных элементов, которые позволяют человеку, занимающемуся спортом, с удовольствием выполнять физические упражнения и получать от этого радость. Чтобы избежать эмоционального и физического перенапряжения, занятия должны быть увлекательными, с оптимальной нагрузкой и перерывами для отдыха. Также важно соблюдать технику выполнения упражнений. Для выполнения данных критериев руководителю занятий необходимо заранее готовить план занятия и строго его соблюдать, так же учитывать индивидуальные особенности занимающихся и их физическое состояние.

Помимо интереса к занятию, для долговременной мотивации у молодого человека должна быть цель (мотив) для систематических тренировок. На наш взгляд, такие мотивы можно разделить на две подгруппы:

- 1) удовлетворение потребностей в движениях, участие в соревнованиях;
- 2) совершенствование в физическом и психологическом плане.

Из проведенного анкетирования обучае-

мых Воронежского государственного университета мы можем выделить некоторые мотивы, побуждающие студентов к регулярным занятиям физической культурой и спортом: желание укрепить здоровье и иммунитет; желание выглядеть красиво, быть подтянутым; желание общаться с друзьями и противоположным полом по интересам; желание быть лучше в каком-то виде спорта, в соревновании, упражнении; желание исправить задолженность по сдаче определенного норматива, получить положительную оценку; желание получать удовольствие не от результата, а от самого занятия, отвлечься от учебного процесса, проблем и негативных мыслей; желание быть дисциплинированным, отказаться от вредных привычек.

Для того чтобы желание преобразовалось в самоцель и личную мотивацию студента, его нужно заинтересовать чем-то, в осуществлении чего им помогут занятия спортом, но далеко не у каждого педагога, родителя и других авторитетных лиц получается замотивировать молодого человека.

В период обучения в вузе у некоторых обучающихся слабо формируются устойчивые мотивы и интерес к систематическим занятиям физической культурой и спортом. Данная проблема является одной из главной в системе об-

разовательной деятельности студентов.

Студенты выделяют некоторые факторы, которые препятствуют развитию мотивации к регулярным занятиям спортивной деятельности (рис. 2). Недостаточно свободного времени, постоянное погружение в учебный процесс, при этом свободное время хочется потратить на развлечения и пассивный отдых. И здесь сразу происходит снижение мотивации к спортивной деятельности, часто студент полностью исключает двигательную активность, что в последствии приводит к ухудшению здоровья, формированию различных заболеваний.

Нередко снижение мотивации к активным занятиям физической культурой и спортом происходит по причине низкой квалификации педагога. Преподаватель должен не просто назвать упражнение, но и по возможности показать личным примером или с помощью наиболее подготовленного студента, объяснять его цель, задачу, что оно формирует, развивает и с помощью каких подводящих движений и приемов его тренировать. При этом объяснять доступно, конкретно, понятно, какой результат он желает получить в итоге от обучаемого.

В процессе обучения мы можем выделить ряд причин, влияющие на низкую посещаемость занятий по физической культуре и в целом на отсутствии заинтересованности и мотивации к спортивной деятельности у студентов вузов: недостаточное состояние учебно-материальной базы (нестандартные спортивные площадки, отсутствие оборудования и инвентаря, раздевалок душевых, гигиены спортзала); неграмотно составленное расписание занятий

по физической культуре, большое количество групп на занятии приводит к снижению плотности и интенсивности занятия; проблемы со здоровьем, избыточный вес, хронические заболевания; отсутствие индивидуального подхода к занимающимся, не разрабатываются индивидуальные программы и комплексы, отсутствие методов поощрения; недостаточное материальное положение студента для возможности приобретения качественной формы одежды, посещать фитнес-центры; родители с детства не уделяли должного внимания своему ребенку на физическое воспитание и поддержание двигательной активности, отсюда идет элементарное отсутствие привычки к занятию спортом.

Итак, для формирования мотивации к спортивной деятельности у студентов необходимо применять индивидуальный подход к учащимся, учитывать уровень подготовленности, функционального развития и состояния. Использовать методы поощрения и наказания, рейтинговое ранжирование студентов. Большую роль в формировании мотивации к занятиям физической культурой и спортом играют личные качества педагога: его профессионализм и компетенции, уважение к студентам, личный пример, включать в учебный процесс спортивные и подвижные игры, эстафеты. Это позволит сформировать тактико-технические умения и навыки, развитию взаимодействия в коллективе, повышению эмоционального фона. Преподаватель должен учитывать пожелания студентов, личный выбор учащимися видов спорта, которые им интересны.

## Литература

1. Сухостав, О.А. Отношение студентов к формированию здорового образа жизни / О.А. Сухостав, Е.И. Смирнова // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2022. – № 8(155). – С. 196–198.
2. Филиппова, Е.В. Оценка влияния занятий физической культурой и спортом на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы студентов первого курса технических специальностей / Е.В. Филиппова // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2024. – № 3(229). – С. 255–260.
3. Павленкович, С.С. Комплексный подход к оценке состояния здоровья и физической работоспособности студентов физкультурного вуза / С.С. Павленкович., Е.А. Казакова // Физическое воспитание и студенческий спорт глазами студентов : материалы V Международной научно-методической конференции / Под ред. Р.А. Юсупова, Б.А. Акишина. – Казань, 2019. – С. 18–20.
4. Подскребышева, Н.П. Физическая культура и спорт в системе высшего образования / Н.П. Подскребышева, М.Ю. Разиньков // Мотивация обучающихся в процессе профессиональной подготовки : материалы международной научно-методической конференции, 2019. – С. 173–177.
5. Пягай, Л.П. Методы повышения мотивации студентов к самостоятельным занятиям фи-

зической культурой спортом / Пягай Л.П. // Каталог научных и инновационных разработок ФГБОУ ВО Омский ГАУ. Серия: Иностранный язык. Физическая культура и спорт. – Омск, 2021. – С. 298–300.

### References

1. Sukhostav, O.A. Otnoshenie studentov k formirovaniu zdorovogo obraza zhizni / O.A. Sukhostav, E.I. Smirnova // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2022. – № 8(155). – S. 196–198.
2. Filippova, E.V. Otcenka vliianiia zaniatii fizicheskoi kulturoi i sportom na funktsionalnoe sostoianie serdechno-sosudistoi sistemy studentov pervogo kursa tekhnicheskikh spetsialnostei / E.V. Filippova // Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta. – 2024. – № 3(229). – S. 255–260.
3. Pavlenkovich, S.S. Kompleksnyi podkhod k otcenke sostoianiia zdorovia i fizicheskoi rabotosposobnosti studentov fizkulturnogo vuza / S.S. Pavlenkovich., E.A. Kazakova // Fizicheskoe vospitanie i studencheskii sport glazami studentov : materialy V Mezhdunarodnoi nauchno-metodicheskoi konferentsii / Pod red. R.A. Iusupova, B.A. Akishina. – Kazan, 2019. – S. 18–20.
4. Podskrebysheva, N.P. Fizicheskaiia kultura i sport v sisteme vysshego obrazovaniia / N.P. Podskrebysheva, M.Iu. Razinkov // Motivatsiia obuchaiushchikhsia v protsesse professionalnoi podgotovki : materialy mezhdunarodnoi nauchno-metodicheskoi konferentsii, 2019. – S. 173–177.
5. Piagai, L.P. Metody povysheniia motivatsii studentov k samostoiatelnym zaniatiiam fizicheskoi kulturoi sportom / Piagai L.P. // Katalog nauchnykh i innovatsionnykh razrabotok FGBOU VO Omskii GAU. Serii: Inostrannyi iazyk. Fizicheskaiia kultura i sport. – Omsk, 2021. – S. 298–300.

---

© А.М. Седых, Ю.В. Абаполов, А.Э. Беланов, 2025

## ТВОРЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ НАЧАЛЬНЫХ КЛАССОВ НА ВНЕКЛАССНЫХ ЗАНЯТИЯХ ПО ИЗОБРАЗИТЕЛЬНОМУ ИСКУССТВУ

М.Г. ХАРИТОНОВ, С.В. ПАВЛОВА

*ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет имени И.Я. Яковлева»,  
г. Чебоксары*

*Ключевые слова и фразы:* творческое развитие, младшие школьники, начальные классы, изобразительное искусство, внеклассные занятия.

*Аннотация:* В статье рассматривается проблема творческого развития младших школьников в процессе внеклассных занятий по изобразительному искусству. Анализируется значение внеурочной деятельности в формировании художественных способностей, эмоционально-эстетического восприятия и креативного мышления обучающихся. Приводятся методические подходы, способствующие развитию воображения, оригинальности и художественного самовыражения младших школьников. Рассматриваются основные принципы организации внеклассных занятий, их формы и методы, направленные на активизацию творческого потенциала обучающихся.

Творческое развитие обучающихся начальных классов является одним из важнейших аспектов образовательного процесса, поскольку именно в этом возрасте закладываются основы художественного восприятия, эстетического вкуса и креативных способностей. Изобразительное искусство, благодаря своей специфике, позволяет ученику выразить свое отношение к миру, развивать фантазию и экспериментировать с различными художественными средствами. Важно учитывать, что школьная программа, ориентированная на базовое освоение дисциплины, не всегда позволяет в полной мере раскрыть творческий потенциал обучающихся. В этой связи особую роль приобретают внеклассные занятия, которые «создают благоприятные условия для самовыражения, расширения художественного кругозора» [3] и развития индивидуальных способностей учащихся. Важным аспектом является также психологическая составляющая внеклассных занятий, поскольку благоприятная и непринужденная атмосфера способствует снижению тревожности, формированию уверенности в своих силах и способности выражать эмоции через искусство.

Внеурочная деятельность по изобрази-

тельному искусству представляет собой дополнительную образовательную среду, в которой ученик получает возможность раскрыть свой творческий потенциал без строгих рамок школьной программы. Внеклассные занятия способствуют развитию художественного восприятия и эстетического вкуса, формированию умений и навыков работы с различными художественными материалами и техниками, развитию пространственного и образного мышления, воспитанию самостоятельности, инициативности и уверенности в собственных творческих возможностях.

Эффективность внеклассных занятий во многом зависит от используемых педагогом методических подходов. Среди наиболее результативных можно выделить следующие: игровой подход, использование которого помогает создать благоприятную атмосферу, мотивирует учащихся к художественной деятельности и делает процесс более увлекательным; проектный метод, включающий обучающихся в работу над коллективными и индивидуальными проектами, что развивает самостоятельность, ответственность и креативность, а также позволяет ученикам исследовать различные темы, экспе-

риментировать с материалами и представлять свои работы в виде выставок или презентаций; метод художественного эксперимента, заключающийся в предоставлении детям возможности пробовать различные техники и материалы, комбинировать их, находить нестандартные решения, что стимулирует художественный поиск и развивает оригинальность мышления; междисциплинарный подход, предполагающий интеграцию изобразительного искусства с другими предметами, такими как литература, музыка, история, что помогает расширять художественный кругозор обучающихся и формировать целостное восприятие искусства.

Существует множество форм внеклассных занятий, которые могут быть эффективно использованы для творческого развития младших школьников. Среди них можно выделить творческие мастерские, позволяющие детям освоить различные художественные техники, создавать коллективные и индивидуальные работы; пленэры, проведение которых способствует развитию наблюдательности, умения передавать особенности окружающего мира в художественных образах; выставки детских работ, дающие возможность обучающимся презентовать свои произведения, получать обратную связь и стимулирующие интерес к изобразительной деятельности; музейные и галерейные экскурсии, формирующие у детей представления о разных стилях, направлениях искусства, развивающие художественный вкус и эстетическое восприятие; художественные конкурсы, мотивирующие учащихся к самосовершенствованию, позволяющие развивать соревновательный дух и уверенность в своих творческих возможностях. Особое значение имеет также совместная деятельность детей и родителей в рамках творческих мероприятий, что способствует укреплению детско-родительских отношений, «обмену идеями и созданию атмосферы поддержки и взаимопонимания» [1].

Для того, чтобы внеклассные занятия действительно способствовали развитию творческого потенциала младших школьников, важно учитывать ряд психолого-педагогических условий, таких как создание атмосферы свободы творчества, в которой ребенок не боится выражать свои идеи и экспериментировать, учет индивидуальных особенностей каждого обучающегося, его интересов и предпочтений в выборе художественных материалов и тематики работ, «поддержка инициативы и самостоятельности,

предоставление детям возможности предлагать собственные художественные замыслы» [4], поощрение нестандартного мышления, формирование положительного отношения к художественному поиску и импровизации.

Исследовательский метод помогает детям осваивать новые художественные приемы и стили, изучать особенности творчества известных художников и применять полученные знания в собственных работах. Например, можно организовать мини-исследования по теме «Как создаются мультфильмы?» или «Почему картины великих мастеров так популярны?».

Визуальные методы, такие как, работа с иллюстрациями, картами ума, комиксами и инфографикой, позволяют развивать образное мышление и воображение. Метод ментальных карт является эффективным инструментом для структурирования идей и поиска новых взаимосвязей между элементами знаний. Использование визуализации помогает учащимся легче представлять абстрактные понятия и выстраивать логические связи. Сторителлинг в изобразительном искусстве проявляется через создание серий рисунков, комиксов или иллюстрированных историй, что делает процесс обучения более увлекательным и эффективным.

Каждый методический подход имеет свои достоинства и ограничения. Игровой метод особенно эффективен в младшем школьном возрасте, но может требовать значительных временных затрат и подготовки. Проектный метод способствует глубокому усвоению знаний, но требует высокой мотивации и самоорганизации учащихся. Исследовательский метод развивает критическое мышление, но может быть сложен в реализации без соответствующей методической поддержки. Визуализация облегчает понимание информации, но требует развития графических навыков.

Развитие творческого потенциала учащихся является одной из ключевых задач современного образования. Внеклассные занятия выступают важным инструментом в реализации данной цели, поскольку «предоставляют учащимся возможность раскрыть свои способности» [2] в менее формализованной и более комфортной среде. Организация таких занятий требует соблюдения ряда принципов, выбора адекватных форм и методов, которые способствуют формированию и развитию творческих способностей у обучающихся. Принципы организации внеклассных занятий включают в себя несколько

ключевых аспектов. Принцип добровольности означает, что участие детей во внеклассных мероприятиях должно быть основано на их личной заинтересованности, что стимулирует мотивацию и повышает эффективность занятий. Принцип индивидуального подхода предполагает учет личных интересов, способностей и потребностей каждого ученика, что позволяет создать условия для максимального раскрытия его творческого потенциала. Принцип активности и самостоятельности подразумевает, что организация занятий должна стимулировать обучающихся к самостоятельному поиску решений, экспериментированию и творческой деятельности. Принцип интеграции и межпредметности требует, чтобы внеклассные занятия охватывали различные области знаний, способствуя формированию целостного восприятия мира. Принцип сотрудничества создает атмосферу поддержки и взаимопонимания между педагогами и учащимися, что способствует более продуктивному процессу творческого развития.

Существуют различные формы внеклассной работы, каждая из которых направлена на развитие определенных аспектов творческого потенциала обучающихся. Кружки и секции (художественные, технические, научные, спортивные) позволяют углубленно развивать интересы и способности учащихся.

Методы активизации творческого потенциала включают разнообразные технологии. Метод проектов предусматривает самостоя-

тельный выбор темы, исследование и представление результатов, что формирует навыки саморегуляции и креативности. Метод эвристических бесед направляет рассуждения школьников в поиске новых решений и идей. Эффективная организация внеклассных занятий, использование разнообразных форм и методов работы являются важными условиями для раскрытия творческого потенциала обучающихся.

В ходе таких занятий учащиеся осваивают способы эффективного взаимодействия с окружающими, учатся аргументированно выражать свою точку зрения, находить компромиссы и принимать совместные решения. Это особенно важно в условиях стремительно изменяющегося общества, где навыки межличностного общения и кооперации становятся неотъемлемой частью профессиональной и личной успешности.

Таким образом, организация внеклассных занятий способствует формированию ценностных ориентаций и нравственных установок учащихся. Участие в совместных творческих проектах, в благотворительных и социальных инициативах помогает обучающимся осознавать значимость коллективной деятельности, воспитывает ответственность, эмпатию и уважение к мнению других. Внеклассные занятия не только способствуют интеллектуальному и творческому развитию, но и формируют гармоничную, социально адаптированную личность, способную успешно реализовывать себя в различных сферах жизни.

## Литература

1. Выготский, Л.С. Воображение и творчество в детском возрасте / Л.С. Выготский // Психология и образование. – 2021. – № 13(2). – С. 78–90.
2. Харитонов, М.Г. Содержание этнопедагогической подготовки учителя национальной школы / М.Г. Харитонов // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. – 2011. – № 4-2(72). – С. 182–186.
3. Харитонов, М.Г. Этнопедагогическое образование учителей начальных классов в системе повышения квалификации / М.Г. Харитонов // Вестник НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Серия: Управление в социальных системах. Коммуникативные технологии. – 2013. – № 1. – С. 83–91.
4. Харитонов, М.Г. Научно-методическое содержание профессионального развития будущих учителей начальных классов в условиях региональной системы педагогического образования / М.Г. Харитонов // Глобальный научный потенциал. – СПб. : НТФ РИМ. – 2024. – Т. 1. – № 12(165). – С. 186–189.

## References

1. Vygotskii, L.S. Voobrazhenie i tvorchestvo v detskom vozraste / L.S. Vygotskii // Psikhologiya i obrazovanie. – 2021. – № 13(2). – S. 78–90.
2. Kharitonov, M.G. Soderzhanie etnopedagogicheskoi podgotovki uchitelia natsionalnoi shkoly /

M.G. Kharitonov // Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. I.Ia. Iakovleva. – 2011. – № 4-2(72). – S. 182–186.

3. Kharitonov, M.G. Etnopedagogicheskoe obrazovanie uchitelei nachalnykh klassov v sisteme povysheniia kvalifikatsii / M.G. Kharitonov // Vestnik NGTU im. R.E. Alekseeva. Seriya: Upravlenie v sotcialnykh sistemakh. Kommunikativnye tekhnologii. – 2013. – № 1. – S. 83–91.

4. Kharitonov, M.G. Nauchno-metodicheskoe sodержanie professionalnogo razvitiia budushchikh uchitelei nachalnykh klassov v usloviakh regionalnoi sistemy pedagogicheskogo obrazovaniia / M.G. Kharitonov // Globalnyi nauchnyi potentsial. – SPb. : NTF RIM. – 2024. – T. 1. – № 12(165). – S. 186–189.

---

© М.Г. Харитонов, С.В. Павлова, 2025

## ИССЛЕДОВАНИЕ О ВРАЧАХ РУССКОЙ ДУХОВНОЙ МИССИИ В ПЕКИНЕ

ЦЗЮЙ ХАЙНА

*Чжэцзянский океанический университет,  
г. Чжоушань (Китай)*

*Ключевые слова и фразы:* Россия; православие; духовная миссия; врачи.

*Аннотация:* Начиная с 1820 года Россия регулярно направляла в Китай врачей в составе миссии. Помимо общих характеристик, присущих всем членам миссии, эти врачи, благодаря своей профессиональной деятельности, демонстрировали уникальные особенности работы во время пребывания в Пекине. Цель данной статьи — на основе систематизации и анализа деятельности врачей миссии, причин их приезда в Китай. Задача данной работы заключается в раскрытии особой роли и глубокого влияния русской духовной миссии в Пекине на историю российско-китайских отношений. Достигнутые результаты — врачи в качестве членов Русской духовной миссии в Пекине вносили значительный вклад в развитие российско-китайского медицинского обмена. В исследовании использован комплексный подход, сочетающий теоретические и практические методы.

Еще в XVII веке русские торговые караваны и дипломатические миссии, направлявшиеся в Китай, часто включали в свой состав врачей. Их задачей был «поиск целебных корней, трав и семян в этих землях». В начале XVIII века император Канси, разрешая деятельность Русской духовной миссии в Пекине, потребовал, чтобы Россия направила вместе с миссией опытного хирурга. В 1715 году по приказу Петра Великого в Китай отправился врач Лоренц Ланг, который вернулся в Россию два года спустя. Впоследствии российское правительство продолжало направлять медиков: в 1719 году в Китай прибыл врач Иоганн Белл, а Франц Элачич сопровождал русские торговые караваны в 1747 и 1753 годах. Регулярная отправка российских врачей в Китай началась с 1820 года — все они прибывали в качестве членов Русской духовной миссии в Пекине и по истечении срока возвращались на родину вместе с другими участниками миссии. Всего в составе миссии в Китай работали пять врачей.

Осип Павлович Войцеховский (1793–1850) — первый российский врач, направленный в Китай в составе Русской духовной миссии. Особую известность Войцеховский приобрел после излечения князя Ли, что привлекло к нему поток пациентов — от высших чиновников до

простолюдинов. Брат князя, Цюаньчан, преподнес врачу почетную табличку с надписью «Искусство Чансана» (长桑妙术), восхвалявшей его мастерство. В 1820–1821 годах, во время эпидемии холеры в Пекине, Войцеховский успешно применял западные медицинские методы, способствуя сдерживанию болезни. Прожив в Китае десять лет, он вернулся в Россию в 1830 году и был назначен врачом Азиатского департамента МИД.

Порфирий Петрович Кириллов (1801–1864) — второй российский врач, направленный в Китай в составе Русской духовной миссии. В 1836 году высокопоставленные пациенты, излеченные врачом, преподнесли ему две памятные таблички с надписями: «Милосердие, достигающее дальних земель» (惠济遐方) и «Искусство, объединяющее Китай и Запад» (道行中外). Дополнительным свидетельством его мастерства стало прозвище «Цинь Хуань» (秦缓), данное ему командующим знаменными войсками Игуа за успешное лечение матери высокопоставленного чиновника Ицзи из храма Гуанцзисы. Прожив в Пекине десять лет, Кириллов вернулся в Россию в 1840 году, оставив значительный след в истории российско-китайской медицинской коммуникации.

Александр Алексеевич Татаринов (1817–

1886) служил врачом Русской духовной миссии в Пекине с 1840 по 1850 год. Его фундаментальный труд «Китайская медицина» был опубликован во втором томе «Трудов членов Российской духовной миссии в Пекине» (1855). Работа охватывала: происхождение традиционной китайской медицины, статус и образование китайских врачей, организацию медицинской практики, структуру Императорского медицинского управления (Тайиюань), анатомические представления в китайской медицине. Татаринов стал первым российским исследователем, переведшим на русский язык фрагменты «Бэньцао» «本草», приписываемого Ци Бо, а также одним из первых, кто изучил китайскую акупунктуру.

Стефан Иванович Базилевский (1822–1878) прибыл в Пекин в 1849 году. Помимо врачебной практики, он переводил классические медицинские произведения: «Бэньцао ганму» «本草綱目», медицинские разделы из «Сыку цюаньшу» «四庫全書», трактаты по акупунктуре и судебной медицине, описания санитарного состояния Пекина и эпидемий. Его работы содержат уникальные данные о взаимодействии европейской и китайской медицинских традиций в середине XIX века.

Петр Федорович Корниевский (1833–1878) прибыл в Китай в качестве врача Русской духовной миссии в 1857 году. Его дневниковые записи объемом в 587 страниц, охватывающие период с конца 1858 по начало 1862 года, содержат: детальное описание политической и дипломатической обстановки в Китае, свидетельства о Тайпинском восстании, наблюдения за повседневной жизнью Пекина. Примечательно, что медицинские заметки составляют лишь пятую часть этого уникального исторического источника.

Врачи Российской духовной миссии в Пекине сыграли ключевую роль в двустороннем медицинском обмене между Россией и Китаем. В период своей работы в Пекине они: внедря-

ли западную медицину в Китае, демонстрируя ее значимость, систематически изучали и переводили китайские медицинские труды для европейской аудитории. Как отмечал Александр Татаринов в своей работе «Китайская медицина и врачи»: «Хотя медицинская теория китайских врачей отличается от европейской, осмелюсь утверждать, что они часто достигают результатов, недостижимых для европейской медицины, — и это поистине замечательно». Научное наследие врачей миссии □ Александр Татаринов (1817–1886): «Китайская медицина» (1853), «Методы исследования внезапных смертей в Китае», «Китайские методы анестезии», «О состоянии медицинской науки в Китае», «Теория кровообращения в китайской медицине», «Монография о женьшене», «Физиолого-анатомические концепции китайцев». Петр Корниевский (1833–1878): «Китайская спланхнология», «Медицинские пословицы китайцев», «Лечение перемежающейся лихорадки в Китае», «Очерки о китайских врачах», «Материалы по истории китайской медицины». Рукописные материалы: Стефан Базилевский: «Биографии 40 китайских врачей», «Перевод «Бэньцао ганму»» (фрагменты). Корниевский: «Полный курс китайской акушерской науки», «Патология китайцев», «Китайцы с медицинской точки зрения».

Помимо собственных переводов и сочинений о китайской медицине, врачи Российской духовной миссии в Пекине собрали значительную коллекцию классических медицинских текстов, которые были вывезены в Россию. Интерес российских ученых к флоре Китая имеет глубокие исторические корни. Врачи Российской духовной миссии в Пекине, как по официальным предписаниям, так и по личной инициативе, активно занимались изучением местной растительности, внося значительный вклад в развитие ботаники.

### Литература

1. Скачиков, К.А. Очерки Китая / К.А. Скачиков. – М. : Унив. тип. (Катков и К), 1875.
2. Смирнов, Н.А. Миссионерская деятельность церкви (Вторая половина XIX в. – 1917 г.) / Н.А. Смирнов // Русское православие: Вехи истории. – М., 1989. – С. 438–462.
3. Дацышен, В.Г. Русская духовная миссия в Пекине: новые архивные находки / В.Г. Дацышен. – СПб. : Изд-во СПбГУ, 2022.

**References**

1. Skachikov, K.A. Ocherki Kitaia / K.A. Skachikov. – M. : Univ. tip. (Katkov i K), 1875.
  2. Smirnov, N.A. Missionerskaia deiatelnost tserkvi (Vtoraia polovina XIX v. – 1917 g.) / N.A. Smirnov // Russkoe pravoslavie: Vekhi istorii. – M., 1989. – S. 438–462.
  3. Datsyshen, V.G. Russkaia dukhovnaia missiia v Pekine: novye arkhivnye nakhodki / V.G. Datsyshen. – SPb. : Izd-vo SPbGU, 2022.
- 

© Цзюй Хайна, 2025

## ОСОБЕННОСТИ ТРЕВОЖНОСТИ У ДЕТЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

О.В. ЧЕРНОВА, С.А. ЧЕРНОВ

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет имени И.Я. Яковлева»,  
г. Чебоксары

*Ключевые слова и фразы:* тревожность, дети с ОВЗ, детский церебральный паралич, родительское поведение, гиперопека, социальная изоляция, эмоциональная дезадаптация.

*Аннотация:* Статья посвящена выявлению особенностей тревожности у детей с ДЦП. Ее целью является определение факторов ее формирования и оценке коррекционных стратегий. Задачами выступают: анализ причин повышенной тревожности; выявление моделей родительского поведения, влияющих на ее уровень и экспериментальная проверка коррекционной программы. Гипотеза состоит в том, что повышенная тревожность у детей с ДЦП связана не только с медицинскими, но и социально-психологическими факторами, а ее снижение достигается коррекцией родительского поведения. Применяются следующие методы: теоретический анализ, эмпирическое исследование, диагностические методики, психолого-педагогическая коррекция, статистический анализ. В результате установлены провоцирующие факторы: гиперопека родителей, ограничение социальных контактов. Выявлены модели родительского поведения, снижающие тревожность: вовлечение ребенка в семейные обязанности и обсуждение бытовых вопросов, поддержание социальных связей.

На сегодняшний день проблема детской тревожности занимает одно из важных мест в науке. Анализ особенностей личностной сферы детей в дошкольных образовательных учреждениях показывает, что современные дети отличаются повышенной возбудимостью, напряженностью, что сочетается с замкнутостью и застенчивостью.

Причем эти особенности поведения проявляются не только в общении со сверстниками, педагогами и родителями, но и в учебно-воспитательном процессе, осуществляемом в образовательном учреждении. То есть, тревожность, которая проявляется внешне, как эмоциональная напряженность, повышенное беспокойство и неуверенность, влияет не только на эмоциональный фон, но и препятствует интеллектуальному и социальному развитию ребенка.

Несмотря на то, что некий индивидуальный уровень тревожности характерен для каждого человека, не только взрослого, но и ребенка, превышение некоего порогового значения критично для личностного и социального развития ребенка. Если оптимальный уровень тревоги

способствует самоконтролю и является существенным компонентом самовоспитания, то повышенный уровень трактуется субъективно, как неблагополучие личности.

Возникновение, а затем и закрепление тревожности связано, как правило, с неудовлетворением возрастных потребностей ребенка. Появление тревожности приводит к пониженной самооценке, эмоциональной нестабильности. Отрицательный эмоциональный опыт закрепляется, что в свою очередь приводит к еще большей тревожности. Таким образом, создается порочный круг, из которого ребенок уже не в состоянии выбраться самостоятельно, поскольку отрицательный опыт изменяет внутренние суждения и прогностическую оценку актуальной и будущих ситуаций.

Необходимо отметить, что тревожность связана, как с историческим периодом, которое проживает общество, так и с возрастным этапом, на котором находится ребенок. Такому влиянию подвержены как содержание страхов, так и частота и интенсивность переживания тревоги. Возрастные пики тревожности, как

правило, отражают актуальные социогенные потребности ребенка. И несмотря на то, что тревога чаще оказывает дезорганизующее воздействие, когда ребенок в случае повышенной тревоги отказывается от осуществления какого-либо действия, частично она может иметь и мобилизирующий характер.

Перечисленные выше особенности тревожности характерны для всех детей, однако существуют дети, для которых данная проблема является еще более актуальной. Это дети с ограниченными возможностями здоровья. Данная категория детей характеризуется наличием некоего ограничения или полным отсутствием способности осуществлять деятельность теми способами и в тех рамках, которые считаются нормативно признанными. Как правило, основные затруднения этих детей связаны с неготовностью или непригодностью осуществлять жизнедеятельность в системе существующих социальных отношений.

У детей с ограниченными возможностями здоровья уровень тревожности, как правило, еще выше. Предметом нашего исследования стал уровень тревожности у детей с детским церебральным параличом. Высокая тревожность этих детей обусловлена рядом объективных факторов, к которым относятся: церебрально-органическая недостаточность, частые и длительные госпитализации, негативная оценка собственной внешности и возможностей.

Анализ консультационной практики показал, что основными причинами повышенной тревожности у детей с детским церебральным параличом являются: особенности внешности, отсутствие некоторых физических возможностей, и, как следствие, физическая незащищенность, социальная изоляция многих семей, особенности детско-родительских отношений. Так, часто встречающаяся в таких семьях, потворствующая гиперопека приводит к формированию высоких притязаний, реализация которых бывает затруднена в силу неразвитости коммуникативных и лидерских способностей, а также ввиду действительных затруднений, связанных с имеющимся дефектом, а доминирующая гиперопека приводит к тревожности по любым поводам в случае, если ребенок оказывается без этой опеки.

На основе анализа теоретических работ и консультационного опыта нами были выделены особенности поведения родителей детей с детским церебральным параличом, у которых

обнаружен низкий уровень тревожности. Это позволяет сделать вывод, что существует некое оптимальное родительское поведение, которое служит профилактикой повышения тревожности у детей. Эти родители отличались тем, что не жалели ребенка из-за его отличий от других детей, равномерно распределяли внимание между всеми членами семьи, включали детей в обсуждение семейных вопросов и не ограждали их от обязанностей. Они умели отказывать ребенку, если считали его желания неправомерными, не пренебрегали встречами с друзьями и расширяли круг общения как ребенка, так и всей семьи. Кроме того, родители следили за своей внешностью и ухаживали за собой, что позволяло ребенку гордиться ими и перенимать этот опыт отношения к себе.

Таким образом, несмотря на то, что чем выше коэффициент интеллектуального развития ребенка, тем больше ребенок осознает свои ограничения, а значит выше вероятность возникновения мнительности и тревожности, грамотное поведение родителей является способом предупреждения личностной дезадаптации детей с ограниченными возможностями здоровья.

В рамках нашего исследования (2024 г.) 25 детей с ДЦП в возрасте 6-10 лет прошли 3-месячный курс коррекции, сочетающий КПТ, арт-терапию и родительские тренинги. Диагностика по шкале Спилбергера-Ханина выявила:

- Снижение ситуативной тревожности с 58 до 42 баллов ( $p < 0.01$ );

- Уменьшение личностной тревожности с 63 до 48 баллов ( $p < 0.05$ );

- У 68% детей улучшились показатели социальной адаптации (опросник «Мои друзья»).

Рекомендации для практики:

1. Ранняя диагностика. Включение скрининга тревожности в ежегодное обследование детей с ДЦП (методика «Рисунок человека» с акцентом на символику страхов).

2. Междисциплинарные команды. Сотрудничество неврологов, психологов и педагогов для разработки индивидуальных маршрутов.

3. Цифровые инструменты. Использование приложений с VR-тренингами социальных ситуаций для постепенной десенсибилизации.

Тревожность у детей с ДЦП — многомерная проблема, требующая учета биопсихосоциального контекста. Эффективность коррекции зависит от синхронизации усилий семьи, специалистов и общества. Перспективным направлением является изучение роли нейробиологии в

регуляции эмоциональных состояний, а также разработка мобильных приложений для самостоятельной работы детей с тревогой. Важно помнить, что даже при тяжелых формах ДЦП формирование устойчивой самооценки и со-

циальной включенности возможно — но лишь при условии отказа от стигматизации и культивации принятия на всех уровнях взаимодействия.

### Литература

1. Велиева, С.В. Специфика психических состояний детей младшего школьного возраста с нарушениями интеллекта / С.В. Велиева, Н.Л. Максимова, Е.М. Литвинова, Е.Л. Николаев // Проблемы современного педагогического образования. – 2016. – № 51-5. – С. 493–499.
2. Исмаилова, И.С. Психолого-педагогическая диагностика развития лиц с ограниченными возможностями здоровья : учебно-метод. пособие / авт.-сост. И.С. Исмаилова, В.И. Лахмоткина. – Армавир, 2019. – 132 с.
3. Чернова, О.В. Психолого-педагогические основы профилактики аутодеструктивного поведения молодежи / О.В. Чернова, С.А. Чернов // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2024. – № 4(175). – С. 342–344.

### References

1. Velieva, S.V. Spetsifika psikhicheskikh sostoianii detei mladshego shkolnogo vozrasta s narusheniiami intellekta / S.V. Velieva, N.L. Maksimova, E.M. Litvinova, E.L. Nikolaev // Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniia. – 2016. – № 51-5. – S. 493–499.
2. Ismailova, I.S. Psikhologo-pedagogicheskaiia diagnostika razvitiia litc s ogranichennymi vozmozhnostiami zdorovia : uchebno-metod. posobie / avt.-sost. I.S. Ismailova, V.I. Lakhmotkina. – Armavir, 2019. – 132 s.
3. Chernova, O.V. Psikhologo-pedagogicheskie osnovy profilaktiki autodestruktivnogo povedeniia molodezhi / O.V. Chernova, S.A. Chernov // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2024. – № 4(175). – S. 342–344.

---

© О.В. Чернова, С.А. Чернов, 2025

## ОПТИМИЗАЦИЯ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА СТУДЕНЧЕСКОЙ КОМАНДЫ ПО ЧИР СПОРТУ

Т.И. ЭПП<sup>1</sup>, О.В. ТИМОФЕЕВА<sup>2</sup>, Д.А. ПОТАПОВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Омский государственный педагогический университет»,  
г. Омск;

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»,  
г. Москва

**Ключевые слова и фразы:** чирлидинг, чир спорт, студенты, команда, студенческий спорт, методика.

**Аннотация:** в статье представлены результаты изучения средств и методов подготовки спортсменов-чирлидеров, которые позволят оптимизировать учебно-тренировочный процесс студенческой команды по чир спорту. Целью данного исследования стало выявление средств и методов подготовки спортсменов-чирлидеров, которые позволят оптимизировать учебно-тренировочный процесс студенческой команды по чир спорту. В ходе работы использовались теоретические методы: изучение данных научно-педагогической литературы, анализ и обобщение.

В ходе работы использовались теоретические методы: изучение данных научно-педагогической литературы, анализ и обобщение. В ходе исследования определено, что ежегодная ротация состава сборной команды по чир спорту и неоднородность уровня физической и технической подготовленности новичков, выявляет необходимость применения в учебно-тренировочном процессе научно обоснованных средств и методов подготовки спортсменов-чирлидеров, которые позволят в кратчайшие сроки набирать и совершенствовать недостающие качества. При анализе научно-педагогической литературы, авторами выявлены три разработки, которые направлены на совершенствование отдельных сторон физической и технической подготовленности чирлидеров. Применение этих средств и методик в учебно-тренировочном процессе студенческой команды, по мнению авторов, позволит в кратчайшие сроки наработать недостающие качества и навыки спортсменов и тем самым оптимизирует спортивную подготовку сборной по чир спорту.

Студенческий спорт – важная часть российской системы физического воспитания, предполагающая развитие и практической и методической составляющих процесса подготовки спортсменов. Организация секций чир спорта в вузах и включение его в программу студенческих соревнований на городском, региональном, всероссийском и мировом уровне, обнаруживает необходимость методически обоснованных подходов к подготовке спортивной команды [2, 4].

В настоящее время в программу студенческих соревнований входят дисциплины «чир перформанс» и «чирлидинг», которые включают командные, групповые и парные выступления спортсменов. В связи с этим, перед преподава-

телями и тренерами вуза ежегодно стоит задача сформировать сборную команду и организовать студентов к выступлению на спортивных состязаниях, в соответствии с действующими правилами вида спорта.

Подготовка студенческой команды, в том числе и по чир спорту, имеет свои специфические особенности как в формировании состава, который ежегодно обновляется новыми учащимися, с неоднородной технической и физической подготовленностью, так и в методике учебно-тренировочного процесса [3, 6, 11, 12]. В связи с этим, некоторые авторы отмечают, что одной из проблем подготовки студенческой команды по чир спорту является как формирование состава секции, так и оптимальное вы-

страивание тренировочного процесса с учетом индивидуального уровня развития физической и технической подготовленности новых спортсменов для успешной командной деятельности [3, 5, 7]. Также сама подготовка сборной для участия в соревнованиях ежегодно осуществляется в режиме дефицита времени, по сравнению с многолетним тренировочным процессом подготовки чирлидеров в спортивных школах, так как основная деятельность студентов – это учеба, а занятия в секции – внеучебная деятельность. В связи с этим, возникает необходимость в применении преподавателями научно-обоснованных средств и методов подготовки спортсменов-чирлидеров, которые позволят в кратчайшие сроки нарабатывать и совершенствовать недостающие физические качества, технические навыки и тем самым оптимизируют тренировочный процесс студенческой команды.

В научно-методической литературе широко представлены разработки по вопросам отбора, формирования состава и содержания спортивной подготовки детских и юношеских команд по чир спорту и отмечается недостаток методик для организации различных этапов учебно-тренировочного процесса студенческой сборной. По материалам изучаемых публикаций выявлено, что на этапе формирования состава секции чир спорта, а в дальнейшем и сборной команды, рекомендуется провести отборочное тестирование уровня развития наиболее важных физических качеств и технических навыков студентов, изъявивших желание заниматься этим видом спортом [1, 5, 7]. Определено, что многие специалисты указывают на то, что оценка исходного уровня исследуемых показателей физической и технической подготовленности претендентов, является важным аспектом дальнейшего выстраивания содержания учебно-тренировочного процесса [3, 6, 8, 11].

В изучаемых публикациях выявлена только одна разработка отборочных тестов О.В. Тимофеевой для формирования студенческой команды дисциплин «чир-перфоманс», в качестве контрольных заданий автор предлагает применять исполнение базовых элементов соревновательных программ (шпагаты, поочередные махи ногами, базовые движения рук, блок обязательных «чир-прыжков», блок обязательных «лип-прыжков», пируэты различной сложности, акробатические элементы) [6]. Для дисциплин «чирлидинга» выявлен ряд вариантов

отборочного тестирования в студенческую секцию, содержание которых составляют упражнения, оценивающие уровень развития наиболее важных физических качеств и отсутствуют тесты оценивающие показатели технической подготовленности спортсменов [1, 3, 5, 8]. По правилам соревнований в программах дисциплин «чирлидинга» участвуют как девушки, так и юноши, поэтому логичным было бы предположить, что отборочные тесты должны быть разработаны с учетом пола чирлидеров, однако, в изучаемых публикациях некоторые авторы не уделили внимание этому вопросу. Обобщая результаты исследования определено, что по мнению специалистов этап формирования состава студенческой команды по чир спорту является основополагающим для дальнейшего выстраивания тренировочного процесса, при этом в научно-методической литературе наблюдается недостаток научно обоснованных разработок отборочных тестов для различных соревновательных дисциплин.

При изучении материалов научно-педагогической литературы по вопросам планирования учебно-тренировочного процесса студенческой команды по чир спорту, проанализированы три программы подготовки спортсменов в различных дисциплинах этого вида спорта. В ходе исследования определено, что только педагогическая модель подготовки сборной команды по чир спорту в дисциплинах «чир перфоманс», разработанная О.В. Тимофеевой, является наиболее детально оформленной, в соответствии со спецификой деятельности студенческой секции [7]. Учебно-тренировочная программа И.А. Цыба содержит подробный методический материал, но выстроена как многолетний процесс спортивной подготовки, а такое планирование, по нашему мнению, не отвечает специфике деятельности секции чир спорта в вузе [9]. Содержание программы спортивной подготовки для дисциплин «чирлидинга», разработанной К.О. Борисовой с соавторами, описано только в общих чертах, что затрудняет ее практическое применение, однако, необходимо отметить, что по многим параметрам эта разработка соответствует особенностям организации учебно-тренировочного процесса студенческой секции по чир спорту [1].

Учитывая специфические особенности планирования учебно-тренировочного процесса студенческой команды по чир спорту, такие как ежегодная ротация состава сборной и неодно-

родность уровня физической и технической подготовленности новичков, в ходе исследования определена необходимость в применении преподавателями научно обоснованных средств и методов подготовки спортсменов-чирлидеров, которые позволят в кратчайшие сроки нарабатывать и совершенствовать недостающие качества. При анализе научно-педагогической литературы, нами изучены разработки, которые направлены на совершенствование отдельных сторон технической подготовленности чирлидеров.

Применение в основной части учебно-тренировочного занятия комплексов узконаправленных упражнений, способствующих повышению уровня технической подготовленности спортсменов, предлагает А.Д. Федосеева [8]. Автором разработана годовая программа для девушек в возрасте 16-20 лет, что, по нашему мнению, делает возможным применять ее для подготовки студенческих соревновательных программ в дисциплинах «чирлидинга».

Методика применения специальных средств для совершенствования согласованности командных двигательных действий в дисциплинах «чир перформанс» разработана Т.И. Эпп [10]. Включение в содержание учебно-тренировочного процесса предложенных автором серий заданий особенно актуально для процесса подготовки студенческих соревновательных программ, так как состав сборной команды по чир спорту сформирован из спортсменов, прежде не выступавших вместе.

Для обучения и совершенствования предметной подготовки чирлидеров в дисциплинах «чир перформанс» М.Б. Савченко с соавторами

предлагают включить в содержание учебно-тренировочного процесса специальные двигательные комплексы, применение которых позволит в кратчайшие сроки овладеть техникой работы с помпонами различной сложности [5]. По нашему мнению, эта разработка является актуальной при подготовке студенческой сборной команды, так как ее состав сформирован из участников различной спортивной и хореографической специализации, многие из которых не владеют предметной подготовкой.

Таким образом, обобщая результаты нашего исследования определено, что организация и планирование процесса спортивной подготовки студенческой команды по чир спорту имеет свои специфические особенности и требует дальнейшего изучения, так как в научно-педагогической литературе отмечается недостаток актуальных исследований по этим вопросам, в том числе, программно-методических разработок для различных дисциплин чир спорта. По нашему мнению, для оптимизации учебно-тренировочного процесса студенческой команды по чир спорту на этапе формирования состава тренерам необходимо провести отборочное тестирование уровня развития физической и технической подготовленности новичков, затем, на основе полученных данных, планировать программу спортивной подготовки чирлидеров с использованием научно-обоснованных средств и методов, которые позволят в кратчайшие сроки нарабатывать и совершенствовать недостающие физические качества и технические навыки спортсменов для успешной командной деятельности.

### Литература

1. Борисова, К.О. Программа спортивной подготовки в вузе на примере секции чир спорта / К.О. Борисова, М.М. Соловьев, Р.Г. Тихонов, М.В. Купреев // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2021. – № 1(191). – С. 24–26.
2. Коростелева, Е.Н. Черлидинг как путь повышения мотивации к занятиям спортом студенческой молодежи / Е.Н. Коростелева // Физическое воспитание и студенческий спорт глазами студентов : материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 85-летию КНИТУ-КАИ, 2016. – С. 133–136.
3. Мясникова, Т.И. Оценка готовности к спортивной деятельности в чир спорте спортсменов-студентов, имеющих опыт в разных видах спорта / Т.И. Мясникова, А.А. Ившина // Актуальные вопросы спортивной психологии и педагогики. – 2023. – Т. 3. – № 2. – С. 86–97.
4. Полетаева, А.А. Мотивация студентов высших учебных заведений к занятиям черлидингом / А.А. Полетаева, О.А. Горбачева // Наука-2020. – 2018. – № 1-1(17). – С. 191–194.
5. Савченко, М.Б. Совершенствование техники упражнений в черлидинге / М.Б. Савченко, И.А. Сыроваткина, Г.В. Хвалебо // Физическое воспитание и спортивная тренировка. – 2019. – № 1(27). – С. 22–28.

6. Тимофеева, О.В. Формирование сборной команды по черлидингу на основе контроля базовых элементов / О.В. Тимофеева, А.Д. Дугблей, А.Д. Мальченко // Теория и практика физической культуры. – 2020. – № 1. – С. 58–59.
7. Тимофеева, О.В. Модель подготовки сборной команды по чирлидингу в физическом воспитании студенток / О.В. Тимофеева, С.Ю. Размахова, А.А. Кривенков // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2022. – № 8(210). – С. 355–359.
8. Федосеева, А.Д. Спортивная подготовка по чир спорту в дисциплинах чирлидинга / А.Д. Федосеева // Вопросы педагогики. – 2021. – № 6-2. – С. 194–198.
9. Цыба, И.А. Черлидинг в высших учебных заведениях : учеб. пособие / И.А. Цыба. – М., 2010. – 80 с.
10. Эпп, Т.И. Согласованность двигательных действий как комплексный показатель соревновательной подготовленности командных программ в черлидинге / Т.И. Эпп, Г.Н. Пшеничникова // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2014. – № 9(60). – С. 30–33.
11. Grigoriu, C. Optimizing the Physical Training of the Female Students in the Cheerleading Team of the University Politehnica of Bucharest / C. Grigoriu [et al.] // Gymnasium. – 2019. – T. 20. – No. 2. – P. 68–84.
12. Wen, Y. Research on Team Learning in College Cheerleading Teaching / Y. Wen // EMEHSS 2019 : Proceedings of the 3rd International Conference on Economics and Management, Education, Humanities and Social Sciences. – Suzhou : Atlantis Press, 2019. – P. 429–432.

### References

1. Borisova, K.O. Programma sportivnoi podgotovki v vuze na primere sekcii chir sporta / K.O. Borisova, M.M. Solovlev, R.G. Tikhonov, M.V. Kupreev // Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta. – 2021. – № 1(191). – S. 24–26.
2. Korosteleva, E.N. Cherliding kak put povysheniia motivatsii k zaniatiiam sportom studencheskoi molodezhi / E.N. Korosteleva // Fizicheskoe vospitanie i studencheskii sport glazami studentov : materialy II Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posviashchennoi 85-letiiu KNITU-KAI, 2016. – S. 133–136.
3. Miasnikova, T.I. Otsenka gotovnosti k sportivnoi deiatelnosti v chir sporte sportsmenov-studentov, imeiushchikh opyt v raznykh vidakh sporta / T.I. Miasnikova, A.A. Ivshina // Aktualnye voprosy sportivnoi psikhologii i pedagogiki. – 2023. – T. 3. – № 2. – S. 86–97.
4. Poletaeva, A.A. Motivatsiia studentov vysshikh uchebnykh zavedenii k zaniatiiam cherlidingom / A.A. Poletaeva, O.A. Gorbacheva // Nauka-2020. – 2018. – № 1-1(17). – S. 191–194.
5. Savchenko, M.B. Sovershenstvovanie tekhniki uprazhnenii v cherlidinge / M.B. Savchenko, I.A. Syrovatkina, G.V. Khvalebo / Fizicheskoe vospitanie i sportivnaia trenirovka. – 2019. – № 1(27). – S. 22–28.
6. Timofeeva, O.V. Formirovanie sbornoi komandy po cherlidingu na osnove kontrolya bazovykh elementov / O.V. Timofeeva, A.D. Dugblei, A.D. Malchenko // Teoriia i praktika fizicheskoi kultury. – 2020. – № 1. – S. 58–59.
7. Timofeeva, O.V. Model podgotovki sbornoi komandy po chirldingu v fizicheskom vospitanii studentok / O.V. Timofeeva, S.Iu. Razmakhova, A.A. Krivenkov // Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta. – 2022. – № 8(210). – S. 355–359.
8. Fedoseeva, A.D. Sportivnaia podgotovka po chir sportu v distciplinakh chirldinga / A.D. Fedoseeva // Voprosy pedagogiki. – 2021. – № 6-2. – S. 194–198.
9. Tsyba, I.A. Cherliding v vysshikh uchebnykh zavedeniiax : ucheb. posobie / I.A. Tsyba. – М., 2010. – 80 с.
10. Epp, T.I. Soglasovannost dvigatelnykh deistvii kak kompleksnyi pokazatel sorevnovatelnoi podgotovlennosti komandnykh programm v cherlidinge / T.I. Epp, G.N. Pshenichnikova // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2014. – № 9(60). – S. 30–33.

## ОСОБЕННОСТИ МОТИВАЦИОННОЙ СФЕРЫ СОТРУДНИКОВ И ОБУЧАЮЩИХСЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ МВД РОССИИ

А.В. МЕДВЕДЕВ<sup>1</sup>, О.В. ФИНИКОВА<sup>1</sup>, С.В. РАЗНОВСКАЯ<sup>2</sup>, В.Б. ПАРАМЗИН<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ФГКОУ ВО «Белгородский юридический институт  
Министерства внутренних дел Российской Федерации имени И.Д. Путилина»,  
г. Белгород;

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»,  
г. Петрозаводск;

<sup>3</sup> ФГКВООУ ВО «Краснодарское высшее военное орденов Жукова и Октябрьской Революции  
Краснознаменное училище имени генерала армии С.М. Штеменко»,  
г. Краснодар

*Ключевые слова и фразы:* профессиональная мотивация, эффективность службы, профессиональная деятельность, сотрудник полиции, профессиональная готовность, успешность профессиональной деятельности.

*Аннотация:* Уровень подготовленности сотрудника полиции к профессиональной служебной деятельности всегда связан с особенностями его личности, совокупность которых связана со степенью развития мотивации к данной профессии. Профессиональная деятельность сотрудников органов внутренних осуществляется в различных условиях оперативной обстановки со сложной системой субъектно-субъектных отношений. Эффективность этих отношений обеспечивается психологической организацией личности сотрудника и одно из главных мест в ней занимает мотивация.

Цель исследования заключается в изучении профессиональной мотивации сотрудников органов внутренних дел.

Задачи исследования:

- рассмотреть теоретические основы психологии мотивации, современные теории и представления о структуре;
- провести эмпирическое исследование профессиональной мотивации сотрудников органов внутренних (на примере обучающихся и сотрудников Бел ЮИ МВД России имени И.Д. Путилина);
- провести анализ профессиональных мотивов у сотрудников и обучающихся образовательной организации МВД России.

Предмет исследования – психологические особенности мотивации профессиональной деятельности сотрудников органов внутренних дел.

Методы и методики исследования. Использовались такие методы научного исследования как сравнение, анкетирование, систематизация и обобщение.

Описание выборки. В выборку исследования вошло 250 сотрудников и обучающихся Бел ЮИ МВД России имени И.Д. Путилина. Из них 26 человек имели высшее юридическое образование и стаж работы от 12 до 20 лет, 32 человека – высшее юридическое образование и стаж работы от 2 до 5 лет и 14 человека со средним профессиональным образованием, имеющие стаж работы 2-3 года. Также, в исследовании участвовали 176 обучающихся 1-5 курсов. Результаты исследования направлены на практическое решение проблем мотивационного обеспечения профессиональной деятельности, определение основных направлений индивидуальной и групповой психологической работы, направленной на повышения профессиональной мотивации сотрудников ОВД.

Изучение и исследование мотивации, а именно преобладание того или иного мотива при выполнении профессиональных обязанностей, является важным для деятельности сотрудника правоохранительной системы. Даже при наличии у сотрудника всех других профессионально важных качеств, его деятельность не будет в полной мере эффективной до тех пор, пока он не будет достаточно замотивирован. Мотивационная функция в профессиональной деятельности – важнейший фактор эффективности службы в органах внутренних дел, и в этом качестве он составляет основу трудового потенциала. Поэтому так важно рассмотреть данный вопрос более детально для того, чтобы повысить качество выполнения сотрудниками своих служебных обязанностей.

Мотив – сложное интегральное психологическое образование, осознанная потребность, сопровождаемая желанием ее удовлетворить.

Профессиональная мотивация правоохранителя – это стремление сотрудника удовлетворить свои потребности посредством служебно-трудовой деятельности по выполнению своих правоохранительных и правообеспечивающих задач и функций.

Интегративным образованием мотивационной сферы личности, которое отражает ее систему отношений к действительности, является направленность. В научной литературе выделяют такие ее виды, как направленность на себя, направленность на дело и направленность на взаимодействие. Основной тип направленности сотрудников мы выявляли с помощью методики Б. Басса.

Результаты оказались следующими: большинство сотрудников (42,5 %) и обучающихся (44,2 %) института имеют ведущую направленность на дело, что позволяет предположить достаточную заинтересованность при выполнении профессиональных обязанностей.

У части сотрудников (24,2%) и обучающихся (28,7%) ведущей направленностью личности является направленность на взаимодействие, то есть на совместную коллективную деятельность и общение с людьми, что является профессионально-важными качествами для сотрудника.

У 23,3 % обследованных сотрудников института и 27,1 % обучающихся ведущей направленностью личности является направленность на себя. Люди с данной направленностью стремятся к подтверждению своего личного первен-

ства и престижа. Думаем, что это связано с личностными качествами испытуемых, жизненным опытом и жизненными целями.

Следующей задачей было выявление иерархии мотивов профессиональной деятельности сотрудников и курсантов образовательной организации. Эту задачу мы решали с помощью методики диагностики мотивов трудовой деятельности Т.Л. Бадоева.

Результаты диагностики по методике Т.Д. Бадоева обнаружили, что на первых местах по значимости у сотрудников и обучающихся образовательной организации МВД располагаются такие мотивы как, возможность творчества в процессе службы и потребность в реализации индивидуальных особенностей. Наименее значимым оказался мотив престижности профессии, на втором месте у сотрудников мотив «организация труда», а у обучающихся «размер заработной платы». На основании этого делаем вывод, что профессиональная деятельность сотрудников ОВД является сферой удовлетворения потребностей более высокого порядка респондентов.

Следует отметить полную удовлетворенность сотрудниками и обучающимися взаимоотношениями с коллегами, общением и коллективной деятельностью (не удовлетворенных нет как среди курсантов, так и среди сотрудников полиции.).

Курсанты и сотрудники полиции понимают значимость личностного и профессионального роста, поэтому потребность в повышении квалификации для них актуальна. В ходе исследования выяснилось, что лишь 20% сотрудников полиции не удовлетворены и скорее не удовлетворены возможностью эффективно повышать свою квалификацию в данный момент. Среди курсантов таких нет. Предполагаем, что это связано с загруженностью их учебной, поэтому на данный момент необходимости в повышении квалификации они не испытывают.

Сотрудники института, согласно результатам исследования, придают большее значение денежному содержанию, чем курсанты. Неудовлетворенность заработной платой составляет у них 57%, в то время как у курсантов только лишь – 26%. Полагаем, что этот фактор объясним. В современном обществе значимым фактором является денежное вознаграждение за исполнение профессиональных обязанностей. Так с ростом доходов, могут начинать расти и способы удовлетворения потребностей человека.

Для курсантов материальное вознаграждение имеет определенное значение, но не в такой степени, как для сотрудников со стажем.

Диагностика социально-психологических установок личности является инструментом, позволяющим анализировать социально-психологические установки личности в мотивационной сфере. Разработанный профессором О.Ф. Потемкиной, этот метод опирается на классические исследования человеческого поведения и мотивации. Ответы на 80 вопросов теста, требующие выбора «Да» или «Нет», позволяют составить многогранный портрет установок индивида в таких аспектах, как отношение к деньгам, труду, результатам своей деятельности, процессу работы, а также уровень эгоизма и альтруизма, стремление к власти и потребность в свободе.

У сотрудников полиции в диаде ориентации на «альтруизм – эгоизм» равные значения – 50% на 50%. У курсантов в диаде «альтруизм – эгоизм» преобладает ориентация на альтруизм (67%). Традиционно установка «альтруизм» считается ценной, а человек, обладающий ею, – заслуживающим всяческого уважения, т. к. альтруизм определяется как самоотверженная забота о благе других, в противоположность эгоисту.

В диаде «процесс – результат» доминирует ориентация сотрудников на результат работы – 57% на 43%. У курсантов также доминирует

ориентация на результат (58%), то есть сотрудники ориентированы на достижение результата в своей деятельности, не смотря на различные сбивающие внешние и внутренние факторы.

В диаде «свобода – власть» – у сотрудников института доминирует ориентация на власть (71%), а у курсантов на свободу (78%). Для сотрудников, в преобладающей мотивационной ориентацией «власть» значима, возможность контролировать деятельность окружающих, а для лиц, с противоположной мотивационной ориентацией – возможность свободно планировать свою деятельность.

В диаде «труд – деньги» у сотрудников института доминирует ориентация на деньги (86%). Это относится и к курсантам, где доминирование ориентации на деньги составляет 67%. Ведущей ценностью для людей с этой ориентацией является доступ к материальным ресурсам, возможность реализовать престижную мотивацию.

Актуальной проблемой органов внутренних дел Российской Федерации на данном этапе является значительный некомплект кадров, поэтому проблемы мотивационной готовности сотрудников приобретают особое значение. В ходе нашего исследования не было выявлено значимых перекосов в структуре мотивационной сферы сотрудников ОВД, однако выявленные особенности требуют внимания и дальнейшего развития.

### Литература

1. Психологическая работа в органах внутренних дел [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://yurpsy.com/files/ucheb/psysl/01.htm>.
2. Родин, В.Ф. Особенности профессиональной мотивации сотрудников органов внутренних дел / В.Ф. Родин, В.А. Лысова // Вестник Московского университета МВД России. – 2022. – № 3.
3. Светлакова, Е.В. Профессиональная мотивация сотрудников полиции на стадии профессионального становления / Е.В. Светлакова // Вестник Тюменского института повышения квалификации сотрудников МВД России. – 2019. – № 2(13).

### References

1. Psikhologicheskaya rabota v organakh vnutrennikh del [Electronic resource]. – Access mode : <http://yurpsy.com/files/ucheb/psysl/01.htm>.
2. Rodin, V.F. Osobennosti professionalnoi motivatsii sotrudnikov organov vnutrennikh del / V.F. Rodin, V.A. Lysova // Vestnik Moskovskogo universiteta MVD Rossii. – 2022. – № 3.
3. Svetlakova, E.V. Professionalnaya motivatsiya sotrudnikov politcii na stadii professionalnogo stanovleniia / E.V. Svetlakova // Vestnik Tiimenskogo instituta povysheniia kvalifikatsii sotrudnikov MVD Rossii. – 2019. – № 2(13).

## СОДЕЙСТВИЕ РАЗВИТИЮ КОММУНИКАТИВНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ СТУДЕНТОВ

Е.П. ПОСЕЛЬСКАЯ, А.П. КОЛПАКОВА

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова»,  
г. Якутск

*Ключевые слова и фразы:* колледж культуры и искусства, коммуникативная компетентность, среднее профессиональное образование, студент.

*Аннотация:* Актуальность статьи отражает требования профессионального образования. Цель – изучить уровень развития коммуникативной компетентности студентов культуры искусств. Задачи: рассмотреть понятие «коммуникативная компетентность» в психолого-педагогической литературе; раскрыть источники и структурный состав коммуникативной компетентности; провести опрос студентов по специальности «Народное художественное творчество» ГПБОУ РС(Я) «Якутский колледж культуры и искусства им. А.Д. Макаровой» по методике «Самооценка коммуникативной компетентности» И.А. Мартыановой. Гипотеза заключается в том, что активность применения разнообразных форм и методов по профессионально-ориентированному общению способствовать развитию коммуникативной компетентности студентов. Методы: анализ научно-педагогической литературы и интернет-ресурсов, обобщение, опрос. Результаты: представлены средства повышения уровня развития коммуникативной компетентности студентов.

В каждом профессиональном стандарте специалиста и федеральном государственном образовательном стандарте по их подготовке обозначены необходимые к овладению компетенции. В федеральном государственном образовательном стандарте среднего профессионального образования по специальности 51.02.01 «Народное художественное творчество (по видам)» (от 2022 года) выделяют общие и профессиональные компетенции. Так в списке общих компетенций выделим две, подтверждающие значимость коммуникации для профессиональной деятельности будущего работника культуры и искусства, как «эффективно взаимодействовать и работать в коллективе, команде» и «осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке РФ с учетом социального и культурного контекста». От общих компетенций зависит формирование и развитие представлений о качественных характеристиках личности, гуманистический потенциал, целеполагание в образовательной политике и в управлении образования.

Выпускник учебного заведения профессиональной образовательной организации должен

обязательно владеть базовым набором гибких навыков (*soft skills*), позволяющих быстро адаптироваться в профессиональном мире, независимо от ее сферы. К ним относится и коммуникация по эффективному взаимодействию с коллегами, партнерами, умение работать в команде и др. [5].

Анализ психолого-педагогической литературы свидетельствует, что междисциплинарный феномен «коммуникативная компетентность» выступает составляющей профессиональной коммуникативной культуры и значимой личностной характеристикой, но при этом однозначного определения нет. Как «система внутренних ресурсов личности, необходимых для реализации эффективных коммуникативных действий в широком диапазоне ситуаций межличностного взаимодействия» (Е.В. Руденский) [1]; «знание способов взаимодействия с окружающими и удаленными людьми и владение различными социальными ролями в коллективе» (А.В. Хуторской) [7]; «интегративную способность, основанную на гуманистических качествах личности и направленную на обеспечение результативности коммуникативной деятель-

ности, обусловленная опытом межличностного общения, уровнем обученности, воспитанности и развития» (С.Г. Трофимова) [6]; «комплексное свойство личности, характеризующееся степенью включенности в коммуникативную деятельность» (В.Ф. Ремизова) [3].

Источники формирования и развития коммуникативной компетентности представлены И.В. Новгородцевой, как «восприятие невербального языка общения, знание норм и правил общения, уровень речевого развития, умение воздействия на собеседника, учет гендерно-возрастных и социально-культурных особенностей собеседника, умение вести себя адекватно ситуации коммуникации» [2]. С.И. Обущак рассматривая структурный состав коммуникативной компетентности выделяет «личностные качества (эмпатия, доброжелательность, толерантность, коммуникабельность, рефлексия); профессиональные навыки (владение нормами литературного языка, культура речи, знание речевого этикета и др.); профессиональные умения (устанавливать и поддерживать общение, учитывать коммуникационную ситуацию, прогнозировать результат высказывания, обладать техникой речи и др.)» [4].

С целью изучения уровня коммуникативной компетентности будущих работников культуры и искусства совместно со студентами Филологического факультета ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова» (под руководством А.П. Колпаковой) проведен опрос по методике И.А. Мартыановой «Самооценка коммуникативной компетентности», в котором приняли участие 47 обучающихся 1-3 курсов по специальности «Народное художественное творчество» ГПБОУ Республики Саха (Якутия) «Якутский колледж культуры и искусства им. А.Д. Макаровой».

Результаты опроса показали, что 11 % студентов колледжа имеют высокий уровень коммуникативной компетентности, что свидетельствует о наличии у них положительных установок на общение и взаимодействие, студенты доброжелательны, эмпатичны, деликатны, умеют корректировать свое речевое поведение и моделировать различные формы общения. Выше среднего имеют 14,5 % будущих работников культуры и искусства, что демонстрирует стремление к общению, умение выстраивать диалог, наличие адекватной оценки поведения и образа своего собеседни-

ка, готовность к взаимодействию и работать в команде, но не всегда они владеют средствами саморегуляции, имеются затруднения в логике аргументации, что иногда мешает публичному выступлению и участию в дискуссии.

Ярко выражен средний уровень, который отмечен у 38,5 % обучающихся, что отражает стремление к установлению и поддержанию контакта, взаимопониманию, при этом имеется недостаточный опыт публичного выступления, вести дискуссию, аргументировано формулировать свои мысли, чему мешает не только этнокультурные речевые барьеры, но и личностно-психологические затруднения. Средний с тенденцией к низкому уровню показали 24,5% студентов, которые имеют достаточно внушительный список коммуникативных проблем, это и зажатость при общении с незнакомыми людьми, страх перед публичным выступлением, серьезные трудности в речевом поведении и этнокультурные барьеры. Для 11,5% обучающихся характерен низкий уровень коммуникативной компетентности, выражающийся иногда в высокомерном или подозрительном отношении к людям, неосознанный выбор речевого поведения, не развита эмпатия, неспособность воспринимать критику, не умение и нет готовности работать в команде, раздражительность, вспыльчивость, не умеет управлять эмоциями.

В связи с этим, для повышения уровня коммуникативной компетентности студентов авторами разработан спецкурс «Деловая коммуникация» в рамках дисциплины «Культура речи», в котором особое место занимают разработанные образовательные кейсы, направленные на развитие коммуникативных навыков в профессионально-ориентированном и педагогическом общении будущих руководителей творческих коллективов («Педагогический совет», «Вопросы родителей», «Профориентационный нетворкинг», «Интервью в СМИ» и др.).

Также студентами филологического факультета организованы с обучающимися колледжа сюжетно-ролевые игры «Совещание творческого коллектива» и «Письмо (видео-обращение) самому себе (будущему специалисту)». В рамках данных мероприятий составлены профессионально-коммуникативные игровые ситуации, разработаны командные проекты, проведен конкурс на лучшего спикера, дебаты и т.д.

Для создания условий поддержки студента в колледже практикуется со-кураторство ма-

стера-педагога с преподавателями общеобразовательного и общепрофессионального циклов для понимания коммуникативных процессов и формирования знаний, умений, навыков продуктивного общения в учебном заведении, особенно это актуально для первокурсников, начиная с недели адаптации. Со-куратор (филолог, историк, информатик, искусствовед и др.) содействует освоению студентами интеллектуальных умений, в том числе коммуникативных. Необходимо отметить, что такая формы педагогической поддержки также способствует сохра-

нению контингента студентов.

В заключение следует подчеркнуть важность организации разнообразных форм и методов по развитию коммуникативной компетентности, поскольку будущий специалист культуры и искусства будет заниматься не только творческой деятельностью, но и педагогической и управленской работой, что потребует высокого уровня коммуникативной культуры, умений взаимодействовать и решать коммуникативные задачи.

### Литература

1. Захарова, Т.В. Коммуникативная компетентность: понятие, характеристики / Т.В. Захарова, Н.В. Басалаева, Т.В. Казакова, Н.К. Игнатьева, Е.В. Киргизова, Т.А. Бахор // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://science-education.ru/ru/article/view?id=20413>.
2. Новгородцева, И.В. Коммуникативный подход к формированию студентов технических специальностей / И.В. Новгородцева // Сибирский педагогический журнал. – 2007. – № 12. – С. 17–35.
3. Ремизова, В.Ф. Формирование коммуникативной компетентности студентов в образовательном процессе : дисс. ... канд. пед. наук / В.Ф. Ремизова. – Оренбург, 2006. – 218 с.
4. Обущак, С.И. Коммуникативная компетентность как составляющая профессионального образования менеджера : дисс. ... канд. пед. наук / С.И. Обущак, 2006.
5. Панина, С.В. Формирование межкультурной компетенции будущих специалистов в полиэтнической среде вуза / С.В. Панина, Е.Е. Алексеева // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2022. – № 4(151). – С. 209–212.
6. Трофимова, Г.С. Дидактические основы формирования коммуникативной компетентности обучающихся : дисс. ... докт. пед. наук / Г.С. Трофимова. – СПб., 2000. – 362 с.
7. Хуторской, А.В. Ключевые компетенции как компонент личностно-ориентированной парадигмы образования / А.В. Хуторской // Народное образование. – 2003. – № 2. – С. 58–64.
8. Дохоян, А.М. Коммуникативная компетентность в свете реализации новых стандартов образования / А.М. Дохоян // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2015. – № 3(66). – С. 117–120.

### References

1. Zakharova, T.V. Kommunikativnaia kompetentnost: poniatie, kharakteristiki / T.V. Zakharova, N.V. Basalaeva, T.V. Kazakova, N.K. Ignateva, E.V. Kirgizova, T.A. Bakhor // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia. – 2015. – № 4 [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa : <https://science-education.ru/ru/article/view?id=20413>.
2. Novgorodtceva, I.V. Kommunikativnyi podkhod k formirovaniu studentov tekhnicheskikh spetsialnostei / I.V. Novgorodtceva // Sibirskii pedagogicheskii zhurnal. – 2007. – № 12. – S. 17–35.
3. Remizova, V.F. Formirovanie kommunikativnoi kompetentnosti studentov v obrazovatelnom protsesse : diss. ... kand. ped. nauk / V.F. Remizova. – Orenburg, 2006. – 218 s.
4. Obushchak, S.I. Kommunikativnaia kompetentnost kak sostavliaiushchaia professionalnogo obrazovaniia menedzhera : diss. ... kand. ped. nauk / S.I. Obushchak, 2006.
5. Panina, S.V. Formirovanie mezhkulturnoi kompetentcii budushchikh spetsialistov v polietnicheskoi srede vuza / S.V. Panina, E.E. Alekseeva // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2022. – № 4(151). – S. 209–212.
6. Trofimova, G.S. Didakticheskie osnovy formirovaniia kommunikativnoi kompetentnosti

obuchaemykh : diss. ... dokt. ped. nauk / G.S. Trofimova. – SPb., 2000. – 362 s.

7. Khutorskoi, A.V. Kliuchevye kompetentcii kak komponent lichnostno-orientirovannoi paradigmy obrazovaniia / A.V. Khutorskoi // Narodnoe obrazovanie. – 2003. – № 2. – S. 58–64.

8. Dokhoian, A.M. Kommunikativnaia kompetentnost v svete realizatsii novykh standartov obrazovaniia / A.M. Dokhoian // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2015. – № 3(66). – S. 117–120.

---

© Е.П. Посельская, А.П. Колпакова, 2025

## ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ У БАКАЛАВРОВ В ОБЛАСТИ WEB-ДИЗАЙНА

Н.А. САБЛИНА<sup>1</sup>, А.В. ГАХОВА<sup>2</sup>, А.Р. САМОХИНА<sup>1</sup>, Е.Р. КРЫЛОВА<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Липецкий государственный педагогический университет  
имени П.П. Семенова-Тян-Шанского»;

<sup>2</sup> МАУ ДО ЦРТ «Левобережный»,  
г. Липецк

*Ключевые слова и фразы:* компетенции, бакалавр, web-дизайн, компьютерные технологии, образовательный процесс.

*Аннотация:* Целью исследования является анализ факторов, способствующих формированию необходимых компетенций для выполнения профессиональных действий у бакалавров в области web-дизайна.

Основные задачи направлены на рассмотрение и выявление критериев и факторов, участвующих в процессе формирования компетенций у бакалавров в области web-дизайна.

Предложенная гипотеза основывается на теоретических и практических исследованиях авторов, работающих в этом направлении. И заключается в том, что формирование компетенций, необходимых для выполнения трудовых функций в области web-дизайна это привитие не только профессиональных качеств, но и общекультурных.

Полученные результаты рассматриваются как совокупность предложенных условий, необходимых для приобретения компетенций бакалаврами в ходе реализации образовательного процесса.

Формирование компетенций является одним из основных важнейших процессов в профессиональном образовании.

В Федеральном государственном образовательном стандарте высшего профессионального образования компетенция зафиксирована как «способность применять знания, умения и личностные качества для успешной деятельности в определенной области», а результаты обучения – как «усвоенные знания, умения, навыки и личностные качества для успешной деятельности в определенной области» [2].

Рассмотрим два вида компетенций:

1. Универсальные компетенции – общность знаний, навыков, культурного опыта, которые позволяют человеку свободно ориентироваться в социальном и культурном мире и взаимодействовать с его элементами;

2. Общепрофессиональные компетенции – совокупность ЗУН, которые необходимы для выполнения профессиональных функций в выбранной области трудовой деятельности. Данные компетенции включают в себя не только

специальные знания, относящиеся к определенной профессии, но и более общие, способствующие работе в трудовом коллективе.

Совокупность компетенций, установленных программой бакалавриата, должна обеспечивать выпускнику способность осуществлять профессиональную деятельность в выбранной профессиональной области.

Среди наиболее важных объектов изучения в области информационных технологий являются тенденция развития web-дизайна, оказывающая воздействие на привитие определенных качеств, входящих в состав необходимых компетенций для осуществления трудовых функций в области web-дизайна.

Области, связанные с IT-технологиями, в том числе и web технологии постоянно развиваются и эволюционируют.

Можно выделить несколько главных тенденций, которые происходят как в области создания сайтов, так и в области технологий развития интернета.

Одной из главных причин, которые влия-

ют на *web*-дизайн, является техническое и программное обеспечение.

Основной характеристикой, которая определяет требования к дизайну сайта, это скорость загрузки страницы, раньше скорость передачи данных была чрезвычайно низкой, и потому возникли ограничения в использовании графики. На замену устаревших технологий приходят новые, более усовершенствованные и оптимизированные. Вследствие этого возникла возможность создавать сайты с более сложным дизайном и с большим количеством фото и видео контентом [3].

Последующей тенденцией развития технического обеспечения является повышение качества техники и программного обеспечения. Мониторы с низким разрешением переходят на более высокие и «продвинутые», улучшается матрица и графический процессор, также старые браузеры заменяются на более современные.

По итогу, у *web*-дизайнеров открываются широкие двери для сотворения необычного дизайна, который диктует современный мир [3].

Принципиальным фактором, позволившим выделить главные составляющие компетенций, учащихся высших учебных заведений в области *web*-дизайна, является разбор этапов создания сайта в *digital* компании, так как она несет в себе более коммерческую направленность и помимо разработки сайта занимается еще и его продвижением. При выявлении компетенций у студентов вузов в области *web*-дизайна были учтены этапы:

1. Составление технического задания.
2. Создание архитектуры сайта.
3. Прототипирование. Создание вайрфреймов.
4. Разработка макета дизайна сайта.
5. Разработка в *html* ключевых страниц сайта.
6. Программирование и публикация.
7. Поддержка и развитие сайта.

Стоит отметить, что почти каждый этап согласовывается с заказчиком, а на некоторых работа ведется совместно с заказчиком.

Опираясь на вышеперечисленные этапы разработки сайта, был выявлен определенный алгоритм, способствующий формированию необходимых компетенций профессии *web*-дизайнера.

В первую очередь этот алгоритм является методом постановки задач. Основными принци-

пами которого, является целостность, структуризация, иерархичное построение, множественность.

Внедрение в систему высшего профессионального образования данного алгоритма направлено на улучшение сотрудничества с рынком труда, увеличение конкурентоспособности профессионалов, обновление методологии в соответствующей среде обучения [1].

Знания, умения, навыки не единственное что необходимо *web*-дизайнеру, каждая творческая профессия должна проявлять творческий подход.

Художественные навыки человека не связаны с его способностями к учению, они могут не показываться при анализе теста на интеллект.

Напротив, стремлению к творчеству может поспособствовать восприимчивость к иному мышлению, которое может сломать устоявшиеся стереотипы.

Развитие творческих способностей является необходимым условием для успешной адаптации к новым условиям и эффективного использования технологических достижений в такой профессии как *web*-дизайнер.

Творческий подход позволяет находить нестандартные решения различных проблем, что особенно важно в условиях постоянных изменений и инноваций. Таким образом, творческий потенциал становится ключевым фактором успешности и конкурентоспособности в современном мире.

Таким образом, *web*-дизайн представляет собой уникальное сочетание инноваций и творческого подхода в профессиональной деятельности.

Эти факторы предоставляют возможность для более глубокого анализа информации, оптимизации процессов, а также создания более креативного и оригинального контента.

Формирование компетенций у бакалавров в области *web*-дизайна требует комплексного подхода, состоящего как из технических навыков, так и из развитых способностей генерировать креативные идеи. Важно помнить, что при формировании компетенций у будущих специалистов необходимо прививать им желание постоянно самообразовываться

Таким образом, успешное сочетание творческих способностей и передовых технологий может стать основой для достижения новых высот в индустрии *web* - дизайна.

### **Литература**

1. Елисеева, И.М. Особенности преподавания проектных дисциплин в дизайн-образовании / И.М. Елисеева, И.В. Самойлова, А.Р. Бутко // Региональная культура как компонент содержания непрерывного образования : материалы III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Липецк, 2021. – С. 308–312.
2. О разработке вузами основных образовательных программ : письмо Министерства образования и науки РФ от 13 мая 2010 г. № 03-956 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://aero.garant.ru/internet/?id=71202658&utm\\_source=ivo&utm\\_medium=text&utm\\_content=demo-regional&utm\\_campaign=lead-from-dri#form\\_title](https://aero.garant.ru/internet/?id=71202658&utm_source=ivo&utm_medium=text&utm_content=demo-regional&utm_campaign=lead-from-dri#form_title).
3. Саблина, Н.А. Компьютерные технологии как средство дифференциации и индивидуализации образовательного процесса / Н.А. Саблина, И.М. Елисеева, А.Х. Ахмерова, М.А. Полковникова // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2023. – № 5(164). – С. 239–242.
4. Саблина, Н.А. Технология формирования профессиональных компетенций в образовании бакалавров / Н.А. Саблина, Н.Т. Нуруллаева, К.К. Саблина // Глобальный научный потенциал. – СПб. : ТМБпринт. – 2022. – № 4(133). – С. 118–122.

### **References**

1. Eliseeva, I.M. Osobennosti prepodavaniia proektnykh distciplin v dizain-obrazovanii / I.M. Eliseeva, I.V. Samoilova, A.R. Butko // Regionalnaia kultura kak komponent soderzhaniia nepreryvnogo obrazovaniia : materialy III Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdnarodnym uchastiem. – Lipetck, 2021. – S. 308–312.
2. O razrabotke vuzami osnovnykh obrazovatelnykh programm : pismo Ministerstva obrazovaniia i nauki RF ot 13 maia 2010 g. № 03-956 [Electronic resource]. – Access mode : [https://aero.garant.ru/internet/?id=71202658&utm\\_source=ivo&utm\\_medium=text&utm\\_content=demo-regional&utm\\_campaign=lead-from-dri#form\\_title](https://aero.garant.ru/internet/?id=71202658&utm_source=ivo&utm_medium=text&utm_content=demo-regional&utm_campaign=lead-from-dri#form_title).
3. Sablina, N.A. Kompiuternye tekhnologii kak sredstvo differentciatcii i individualizatcii obrazovatel'nogo protcessa / N.A. Sablina, I.M. Eliseeva, A.Kh. Akhmerova, M.A. Polkovnikova // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2023. – № 5(164). – S. 239–242.
4. Sablina, N.A. Tekhnologiiia formirovaniia professionalnykh kompetentcii v obrazovanii bakalavrov / N.A. Sablina, N.T. Nurullaeva, K.K. Sablina // Globalnyi nauchnyi potencial. – SPb. : TMBprint. – 2022. – № 4(133). – S. 118–122.

---

© Н.А. Саблина, А.В. Гахова, А.Р. Самохина, Е.Р. Крылова, 2025