

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»

АРЗАМАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)

АРЗАМАССКАЯ АССОЦИАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННИКОВ И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ

АССОЦИАЦИЯ УЧЕНЫХ г. АРЗАМАС

## НАУКА МОЛОДЫХ

СБОРНИК ТРУДОВ  
XVIII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ



© Нижегородский  
государственный технический  
университет  
им. Р.Е. Алексеева, 2025

Нижний Новгород, 2025

**УДК 338: 316: 34**

**ББК 65+60+67**

**Наука молодых:** сборник статей по материалам XVIII Всероссийской научно-практической конференции / Электрон.дан. – Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2025. – 1 электрон.диск (CD-ROM): зв., цв., 12 см. – Систем. требования: ПК с процессором 486; ОЗУ 8 Мб.; операц. система Windows 95; CD-ROM дисковод; мышь. – Загл. с экрана. – 100 экз.

Настоящий сборник включает в себя статьи студентов, магистрантов, аспирантов, преподавателей высших учебных заведений, руководителей и специалистов предприятий ОПК, основанные на докладах XVIII Всероссийской научно-практической конференции «Наука молодых», прошедшей 20-21 ноября 2025 г. в г. Арзамасе. Среди авторов – ученые из городов Арзамас, Уфа, Рязань, Томск и др. Статьи охватывают научные направления, связанные с актуальными проблемами технических наук.

#### **РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

ответственный редактор – кандидат технических наук,  
доцент М.В. Кангин,  
ведущий инженер отдела ПР А.А. Чучкова,  
кандидат технических наук, доцент А.А. Гуськов,  
кандидат технических наук, доцент Н.М. Прис,  
кандидат технических наук, доцент Н.В. Жидкова,  
доктор физико-математических наук, профессор П.В. Пакшин,  
кандидат экономических наук, доцент Е.Г.Моисеева,  
кандидат физико-математических наук, доцент Т.Е. Эварт

Редактор О.В. Пугина

Электронное издание подготовлено ЦДОТ НГТУ им. Р.Е. Алексеева,  
компьютерная верстка С.А. Зубкова

**ISBN 978-5-502- 01968-2**

Адрес издающей организации:

НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 603155, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24.

© Нижегородский государственный  
технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, 2025

## СОДЕРЖАНИЕ

### Секция 1. ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

МОДЕЛИРОВАНИЕ И СТАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАЖИМНОГО УЗЛА ПОЛУАВТОМАТА ЗАЧИСТКИ С ПОМОЩЬЮ ПРИЛОЖЕНИЯ T-FLEX АНАЛИЗ <i>В.А. Авакумов</i> .....	7
МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ СТЕНДА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ НА СТОЙКОСТЬ К ИСТИРАНИЮ С ПОМОЩЬЮ ПРИЛОЖЕНИЯ T-FLEX АНАЛИЗ <i>И.А. Алексеева</i> .....	13
РАЗРАБОТКА ПЕРЕНОСНОГО ТРАНСПОРТНОГО ИНКУБАТОРА ДЛЯ НОВОРОЖДЕННЫХ <i>А.М. Кангин</i> .....	18
КОНСТРУКТОР, СОЗДАВШИЙ СКОРОСТНОЙ ФЛОТ (К 110-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Р.Е. АЛЕКСЕЕВА) <i>А.М. Кангин</i> .....	21
ЗНАЧЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ЗАТРАТАМИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ БИЗНЕСА <i>А.В. Курбаков, А.А. Чучкова</i> .....	24
ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ ШЕСТИОСЕВЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ <i>О.В. Егоркин, А.Д. Лаптев</i> .....	29
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ШЕСТИОСЕВЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ <i>О.В. Егоркин, А.Д. Лаптев<sup>2</sup></i> .....	34
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СУХОГО ЭЛЕКТРОПОЛИРОВАНИЯ ОБРАЗЦОВ, ПОЛУЧЕННЫХ СЕЛЕКТИВНЫМ ЛАЗЕРНЫМ СПЛАВЛЕНИЕМ <i>М. В. Лукашов, Д. А. Байдимиров</i> .....	40
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ ПРЕСС-ФОРМЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ «КОРПУС» ПРИ ЗАМЕНЕ ПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА <i>Е.В. Шилина</i> .....	51
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ДЕТАЛИ «ПЛАСТИНА» С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ШТАМПОВКИ <i>А.В. Шокурова</i> .....	58

### Секция 2. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

АНАЛИЗ БЮДЖЕТНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ НА ВОЗМОЖНОСТЬ ВСТРАИВАНИЯ В ЧПУ СТАНКИ <i>М.П. Воробьев, В.В. Шергин</i> .....	66
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ <i>С.Д. Галиаскарова</i> .....	70
ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦЕХА С ПОМОЩЬЮ ИСТОЧНИКОВ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ <i>А.А. Галиева</i> .....	73
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ИНЕРЦИАЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО БЛОКА АКСЕЛЕРОМЕТРОВ С ИНФОРМАЦИОННОЙ ИЗБЫТОЧНОСТЬЮ <i>О.А. Гоголев</i> .....	77

РАЗРАБОТКА МАКЕТА НЕОРТОГОНАЛЬНОГО БЛОКА ИНЕРЦИАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ НА БАЗЕ ARDUINO <i>Г.В. Голишиников</i> .....	85
РАЗРАБОТКА РЕКУПЕРАТОРА С БАКТЕРИЦИДНЫМ ЭФФЕКТОМ <i>Ю.Н. Горячев</i> .....	91
РАЗРАБОТКА БЕСПРОВОДНОГО АДАПТЕРА ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С ОПТИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА СЧЕТЧИКОВ ПО BLUETOOTH <i>С.О. Ермолин</i> .....	97
АНАЛИЗ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ И НЕЙРОСЕТИ <i>Д.А. Захарова</i> .....	102
АРХИТЕКТУРА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АНАЛИЗА ВИБРАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ В SIMULINK <i>Н.В. Зубков</i> .....	105
МАЛОБЮДЖЕТНАЯ СИСТЕМА СБОРА ДАННЫХ С БЫТОВЫХ СЧЁТЧИКОВ НА БАЗЕ МОДУЛЯ LORA <i>А.В.Морохотов</i> .....	110
КЛАССИФИКАЦИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЯХ <i>М.С. Огальцов</i> .....	116
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛИРОВКИ СФЕРИЧЕСКИХ ПОДЛОЖЕК <i>И.А. Панкратов, А.А. Куприн</i> .....	120
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ FDM-ПРИНТЕРОВ <i>Г.А. Фролов, В.В. Шергин</i> .....	126

### **Секция 3. РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ**

О ВОСПРИЯТИИ СЖАТИЯ В АУДИО СИГНАЛАХ <i>М.С. Бунин</i> .....	132
ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ МЕДИЦИНСКИХ ИМПЛАНТОВ В СОВРЕМЕННОЙ РАДИОЧАСТОТНОЙ СРЕДЕ <i>И.А. Гусев, Ю.А.Гуськова</i> .....	137
ИССЛЕДОВАНИЕ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНО-ОХРАННОЙ СИСТЕМЫ <i>Д.А. Кашаев</i> .....	142
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА КОМПЕНСАЦИИ ВЛИЯНИЯ ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ НА СИГНАЛ НЕИНВАЗИВНОГО ГЛЮКОМЕТРА <i>К.О. Комар</i> .....	146
ИССЛЕДОВАНИЕ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОФИСНОГО ПОМЕЩЕНИЯ <i>С.В. Королев</i> .....	151
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ-НА-КРИСТАЛЛЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ВВОДА/ВЫВОДА И ОБРАБОТКИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ДАННЫХ <i>А.С. Косенков</i> .....	156
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФРАКРАСНОГО ТЕПЛОВИЗОРА <i>М.Е. Костин</i> .....	162

РАЗРАБОТКА БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ РАЗДАТОЧНОЙ КОРОБКОЙ С ОТДЕЛЬНОЙ ПЛАТОЙ УПРАВЛЕНИЯ <i>Н.А. Курлыков, Е.И. Лазарева</i> .....	166
МЕТОДЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СЕТЕВОГО ТРАФИКА <i>Е.Д. Носадкин, Ю.А. Гуськова</i> .....	170
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКРЫТИЯ LORA-СЕТИ В УСЛОВИЯХ СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ И ВЕРИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН <i>А.А. Савинова</i> .....	174
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЧАСТОТЫ ПЕРЕДАЧИ ПО LORAWAN НА ТОЧНОСТЬ КООРДИНАТ И ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ GPS-УСТРОЙСТВ <i>А.А. Савинова</i> .....	178
РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ARDUINO-МЕНТОРА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОНИКЕ И ПРОГРАММИРОВАНИЮ <i>Д.А. Самарин, Г.А. Гуськов</i> .....	182
РАЗРАБОТКА МАКЕТА АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ <i>И.Е. Тюльтин, А.А. Тужилкин, Д.А. Червяков, К.С. Сычѳв</i> .....	187
РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ТЕРМОСТАТА ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ <i>М.А. Цыкунов</i> .....	192
РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ МОДУЛЯ ИСПЫТАТЕЛЯ СТАБИЛИТРОНОВ <i>М.В. Шарафетдинов</i> .....	197

#### **Секция 4. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ**

СОГЛАСОВАНИЕ АСТРОВИЗИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА И БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ <i>М.Д. Бочкарева</i> .....	202
РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА АВТОНОМНОЙ НАВИГАЦИИ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ЛИДАРНОГО СКАНИРОВАНИЯ И МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ МАРШРУТОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ В СКЛАДСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ <i>А. А. Зонтов, В. В. Летов, М. А. Рассолов, Е. Ю. Косенко</i> .....	206
РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ С ЧИСЛАМИ В РАЗНЫХ СИСТЕМАХ СЧИСЛЕНИЯ <i>Е.Р. Канашикина</i> .....	211
РАЗРАБОТКА ПЕРСОНАЛЬНОГО МЕНЕДЖЕРА ПАРОЛЕЙ <i>А.А. Капранов</i> .....	216
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНИМАЦИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ 3D-ОБЪЕКТОВ <i>Л.Н. Каиштанова, Е.М. Швецова</i> .....	221
РАЗРАБОТКА ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСА КОНТРОЛЯ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ В ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНЕ <i>И.Ю. Кочешков, И.Д. Маркин</i> .....	225
РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ, КОММУНИКАЦИИ И ТРУДОУСТРОЙСТВА СТУДЕНТОВ <i>А.Н. Куклин</i> .....	231

МЕТОД ГЕНЕРАЦИИ СТРУКТУР ПОЛЕЙ ПОСЕВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА ПЕРЛИНА ДЛЯ ОЦЕНКИ РОБАСТНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	
<i>И.А. Маслов</i> .....	235
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛЬНЫМИ ЗНАНИЯМИ	
<i>Е.Д. Носадкин</i> .....	238
МОДЕРНИЗАЦИЯ ОНЛАЙН-КОНФИГУРАТОРА АВТОМОБИЛЕЙ КОМПАНИИ «НИЖЕГОРОДЕЦ ВОСТОК»	
<i>А.А. Сагин</i> .....	244
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БАЗОЙ ДАННЫХ НА ПЛАТФОРМЕ 1С:ПРЕДПРИЯТИЕ	
<i>Е.Д. Филина</i> .....	249
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОПОДОБНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОДНОЗВЕННОЙ СИСТЕМОЙ С НЕИДЕАЛЬНЫМИ АКТУАТОРАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ	
<i>Л.С. Харитонов</i> .....	257
АНАЛИЗ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ НЕЙРОСЕТЕВОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ ПСИХИЧЕСКИХ РАССТРОЙСТВ	
<i>С.А. Чичварин, Ю.А. Гуськова</i> .....	264
ПЕРСОНАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЗАДАЧАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА	
<i>С.А. Чичварин</i> .....	269
РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ	
<i>М.П. Воробьев, М.А. Ямпурин</i> .....	276

#### **Секция 5. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ**

РАЗРАБОТКА ИНКЛЮЗИВНОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ	
<i>М.А. Кожевяткина, С.М. Зотов, Я.А. Раскаткин</i> .....	280
РАЗРАБОТКА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ КОРРЕКЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ	
<i>А.Н. Куклин, Ю.А. Гуськова, А.А. Сергеев</i> .....	285
ФИЗИКА В ФОРМАТЕ КВЕСТА: ИННОВАЦИОННЫЙ ВЕБ-РЕСУРС	
<i>Е.Н. Мякишева</i> .....	289
НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКЛОННОСТИ СТУДЕНТОВ К ВЫГОРАНИЮ ПО ЛИЧНОСТНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ	
<i>Т.С. Симонов, А.Г. Тишаева, Ю.П. Ехлаков</i> .....	295
О ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ ПРИЛОЖЕНИЯ «КАЛЬКУЛЯТОР ПЛОЩАДЕЙ ПРОИЗВОЛЬНЫХ ФИГУР»	
<i>Л.Е. Тютерева</i> .....	299
МОДЕЛИРОВАНИЕ 3D-ЭКСКУРСИИ ПОУЧЕБНОМУ ЗАВЕДЕНИЮ	
<i>В.Д. Фокина</i> .....	304
СОЗДАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ИГРОВОГО ЭЛЕКТРОННОГО РЕСУРСА «CSS ТИП» ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ КАСКАДНЫМ ТАБЛИЦАМ СТИЛЕЙ	
<i>А.С. Царьков</i> .....	310

УДК 004.942

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И СТАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАЖИМНОГО УЗЛА  
ПОЛУАВТОМАТА ЗАЧИСТКИ С ПОМОЩЬЮ ПРИЛОЖЕНИЯ T-FLEX  
АНАЛИЗ**

*В.А. Авакумов<sup>1</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,<sup>1</sup> магистрант  
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул.Калинина, д.19;  
e-mail:vladabakumov245@icloud.com

Научный руководитель: Мельникова О.Ю, к.э.н., доцент,  
Oksi\_0000@mail.ru

*Статья посвящена моделированию и статическому прочностному анализу зажимного узла полуавтомата зачистки с применением приложения T-FLEX Анализ. Методика проведения исследования, представленная в данном материале, может быть распространена на оптимизацию аналогичных зажимных устройств и технологической оснастки на этапе их проектирования.*

***Ключевые слова:** статический анализ, зажимной узел, полуавтомат зачистки, T-FLEX Анализ, коэффициент запаса прочности, конечно-элементное моделирование, цанга.*

Современные системы инженерного анализа позволяют проводить всестороннее исследование проектируемых узлов и механизмов, моделируя различные эксплуатационные нагрузки[3]. С их помощью можно анализировать деформации и напряжения в деталях, испытывающих критические силовые воздействия, и т.д. [1]. Особую практическую ценность представляют расчеты, направленные на оптимизацию и проверку надежности существующих конструкций с целью повышения их эксплуатационных характеристик [2].

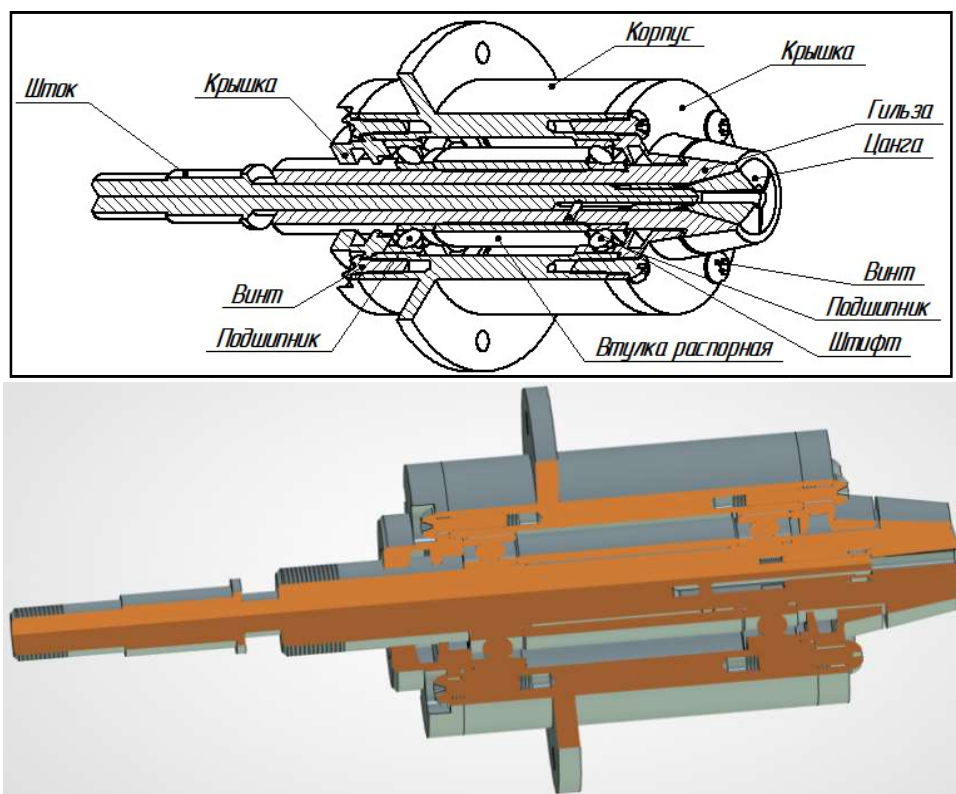
В данном исследовании проводится моделирование и статический анализ зажимного узла полуавтомата зачистки с использованием приложения T-FLEX Анализ. Основная цель работы – оценка прочности и деформации узла при имитации рабочих нагрузок, что позволяет подтвердить его корректность и определить оптимальный диапазон обрабатываемых заготовок.

- 1) процедура расчета включала в себя несколько стандартных этапов [3]:
- 2) разработку трехмерной модели изделия;
- 3) создание «Задачи», которая объединяет одно или несколько контактирующих твердых тел (соединенных по типу «клеевого» контакта);

- 4) назначение материалов для модели;
- 5) построение конечно-элементной сетки;
- 6) применение граничных условий, описывающих физическую сущность процесса;
- 7) непосредственное выполнение расчета;
- 8) интерпретацию полученных результатов.

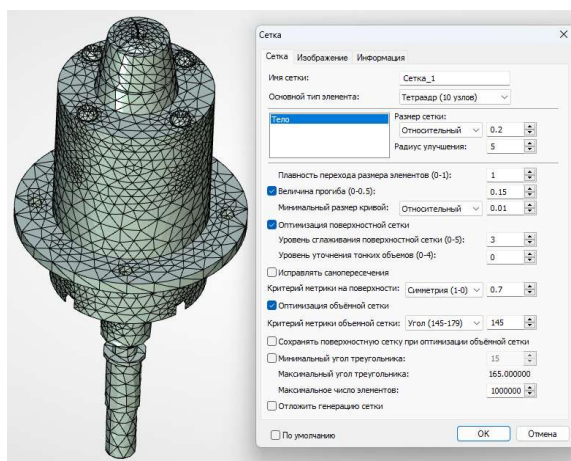
Расчет на прочность проводился для детали «Стержень» при действии крутящего момента  $M = 56 \text{ Н} \cdot \text{мм}$ .

На рис. 1 показаны компоненты зажимного узла полуавтомата зачистки, которые были исследованы в процессе моделирования и статического анализа. Моделировались следующие детали: цанга, гильза, шток, корпус, крышки, подшипники, винты, штифт и распорная втулка.



**Рис.1. Объекты исследования при моделировании и статическом анализе зажимного узла полуавтомата зачистки**

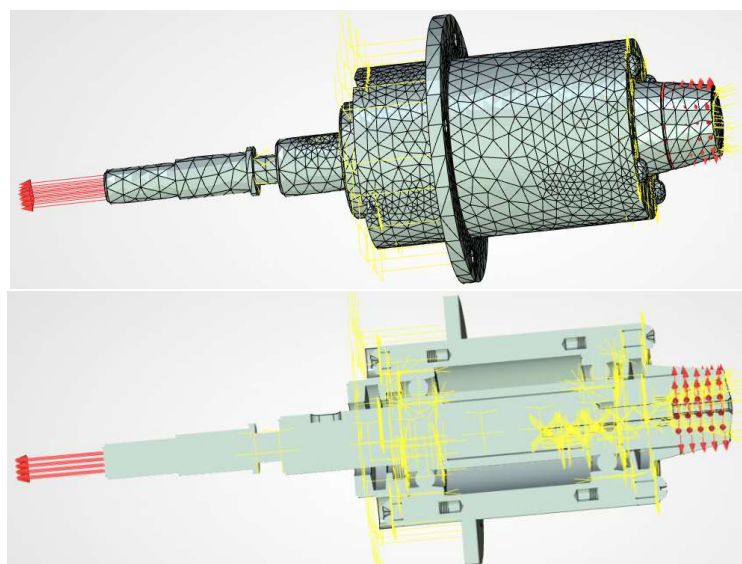
После создания 3D-модели узла в T-FLEX CAD (или ее импорта в систему) была подготовлена конечно-элементная модель. Вид сетки и параметры ее генерации для статического анализа представлены на рис. 2. Параметры сетки использовались стандартные, рекомендованные для задач данного типа.



**Рис. 2. Вид сетки 3D-модели зажимного узла полуавтомата зачистки и параметры при генерации сетки для статического анализа**

Для приложения нагрузок в T-FLEX Анализе применялись специализированные команды. Крутящий момент задавался как распределенная нагрузка заданной величины на определенных гранях, с указанием величины в Н·м и оси действия.

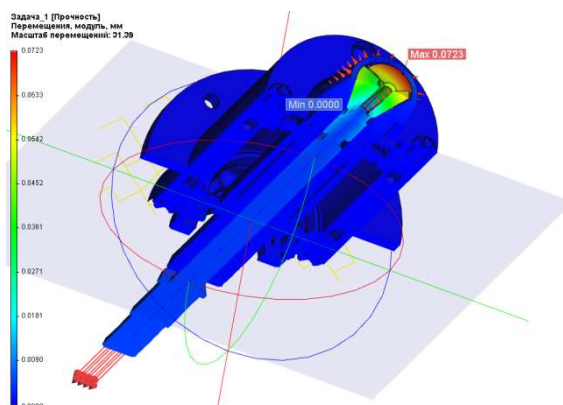
На рис. 3 изображена 3D-модель зажимного узла с нанесенными нагрузками (красные стрелки) и закреплениями (желтые стрелки). Моделировалось воздействие крутящего момента  $M=56$  Н·мм на лепестки цанги и усилия зажима  $Q=600$  Н на шток. Корпус был жестко закреплен, а для остальных деталей заданы условия контакта и частичного закрепления.



**Рис. 3. 3D-модель зажимного узла полуавтомата зачистки с указанием приложенных нагрузжений и указанием мест закрепления**

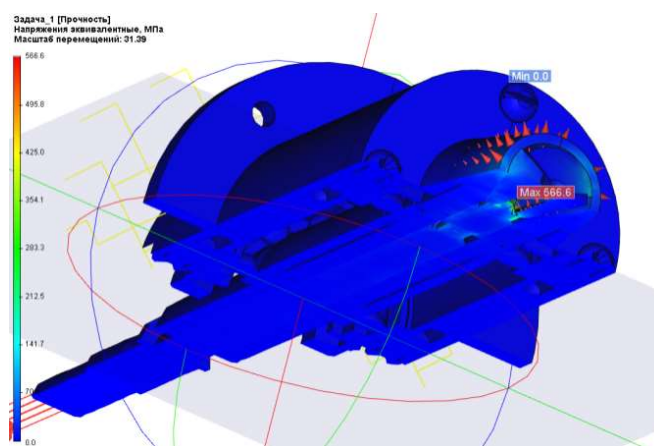
После задания сетки и граничных условий был запущен расчет, в ходе которого решались системы линейных алгебраических уравнений.

На рис. 4 показано распределение перемещений в узле под действием указанных нагрузок. Максимальное перемещение конструкции составило 0,0723 мм и наблюдалось на лепестках цанги в радиальном направлении.



**Рис.4. Значение перемещения деталей зажимного узла полуавтомата зачистки при имитации воздействия крутящего момента и усилия зажима**

На рис. 5 отображены эквивалентные напряжения в конструкции. Пиковое значение напряжения (566,6 МПа) было зафиксировано у основания лепестков цанги.

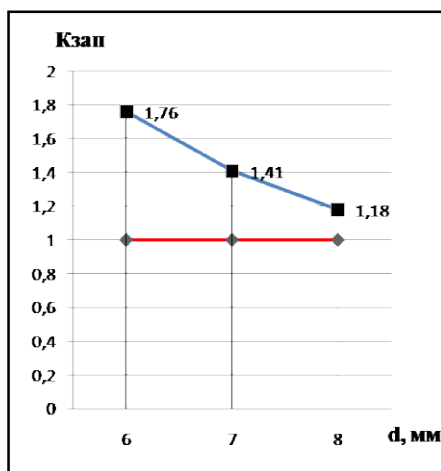


**Рис. 5. Эквивалентные напряжения, возникающие в конструкции зажимного узла полуавтомата зачистки при имитации воздействия крутящего момента и усилия зажима**

Прочность конструкции оценивалась через коэффициент запаса, который показывает отношение допускаемого напряжения материала к расчетному. Если этот коэффициент приближается к единице или меньше нее, условие прочности не выполняется. В нашем случае минимальный коэффициент запаса составил  $K_{зап} = 1,76 > 1$ , что подтверждает прочность конструкции.

Дополнительно были проведены статические анализы для разных диаметров обрабатываемой заготовки (7 мм и 8 мм). График на сис. 6

демонстрирует, что с увеличением диаметра заготовки коэффициент запаса снижается.



**Рис.6. Зависимость коэффициента запаса  $K_{зап}$  от диаметра зажатия и обработки заготовки  $d$**

Хотя условие прочности ( $K_{зап} > 1$ ) выполняется для всех случаев, при диаметре 8 мм он приближается к критическому значению ( $K_{зап} = 1,18$ ). Оптимальные значения коэффициента запаса наблюдаются для диаметров от 6 до 7 мм.

Итоги моделирования и исследования конструкции зажимного узла:

- смоделированы основные узлы полуавтомата: ротор с приводом, опиловочное приспособление и зажимной узел (шпиндель с цангой);
- рассчитаны режимы резания и усилия зажима для операции зачистки;
- проведен графический анализ зависимости момента резания ( $M$ ), усилия зажима ( $Q$ ), силы сжатия лепестков цанги ( $W1$ ) и действительной силы зажима ( $Wд$ ) от диаметра заготовки ( $d$ ). Установлено, что без конструктивных доработок полуавтомат может обрабатывать заготовки диаметром 6, 7 и 8 мм;
- выполнено моделирование зажимного узла в T-FLEX CAD;
- статический расчет на прочность подтвердил корректность конструкции узла. Минимальный коэффициент запаса для заготовки диаметром 6 мм составил 1,76;
- построена зависимость коэффициента запаса ( $K_{зап}$ ) от диаметра заготовки ( $d$ ). Сделан вывод, что при доработке посадочного отверстия цанги возможна надежная обработка заготовок диаметром от 6 до 7 мм.

### ***Библиографический список***

1. Кочеров Е. П. Численно-аналитические методы расчета деформаций и оценка прочности элементов конструкций в машиностроении // Вестник СГАУ. 2007. №1. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/chislenno-analiticheskie-metody>

rascheta-deformatsiy-i-otsenka-prochnosti-elementov-konstruktsiy-v-mashinostroenii (дата обращения: 21.10.2025).

2. Хромов А. И., Кочеров Е. П., Григорьева А. Л. Поверхность нагружения, связанная с линиями уровня поверхности деформаций несжимаемого жесткопластического тела // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер.: Физ.-мат. науки. 2006. №43. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/poverhnost-nagruzeniya-svyazannaya-s-liniyami-urovnya-poverhnosti-deformatsiy-neszhimaemogo-zhestkoplasticheskogo-tela> (дата обращения: 21.10.2025).

3. Шермухамедова А. А., Мелиев Х. О. Расчет прочности рамной конструкции универсального шасси тракторного прицепа в программном комплексе T-FLEX и сопоставительный анализ результатов // Механика и технология. 2022. №6. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/raschet-prochnosti-ramnoy-konstruktsii-universalnogo-shassi-traktornogo-pritsepa-v-programmnom-komplekse-t-flex-i-sopostavitelnyy> (дата обращения: 21.10.2025).

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ СТЕНДА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ НА СТОЙКОСТЬ К ИСТИРАНИЮ С ПОМОЩЬЮ ПРИЛОЖЕНИЯ T-FLEX АНАЛИЗ

*И.А. Алексеева<sup>1</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,<sup>1</sup> магистрант  
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д.19;  
e-mail:natalialez75@gmail.com  
Научный руководитель: Мельникова О.Ю, к.э.н., доцент,  
Oksi\_0000@mail.ru

*Данная статья посвящена моделированию и прочностному анализу стенда для испытаний на стойкость к истиранию накладки рычага сцепления с применением приложения T-FLEX Анализ. Методика проведения исследования, представленная в данном материале, может быть распространена на проектирование и верификацию аналогичного испытательного оборудования на этапе его разработки.*

**Ключевые слова:** статический анализ, испытательный стенд, стойкость к истиранию, T-FLEX Анализ, коэффициент запаса прочности, конечно-элементное моделирование.

Создание и изучение оборудования для тестирования износостойкости накладок рычага сцепления – важная задача для инженеров, занимающихся разработкой испытательных стендов и оборудования для оценки материалов и изделий [1]. Ведущие предприятия машиностроительной и автомобильной отрасли, такие как АО ЦНИИмаш и НАМИ, активно работают над технологиями, повышающими долговечность и эксплуатационные характеристики автокомпонентов.

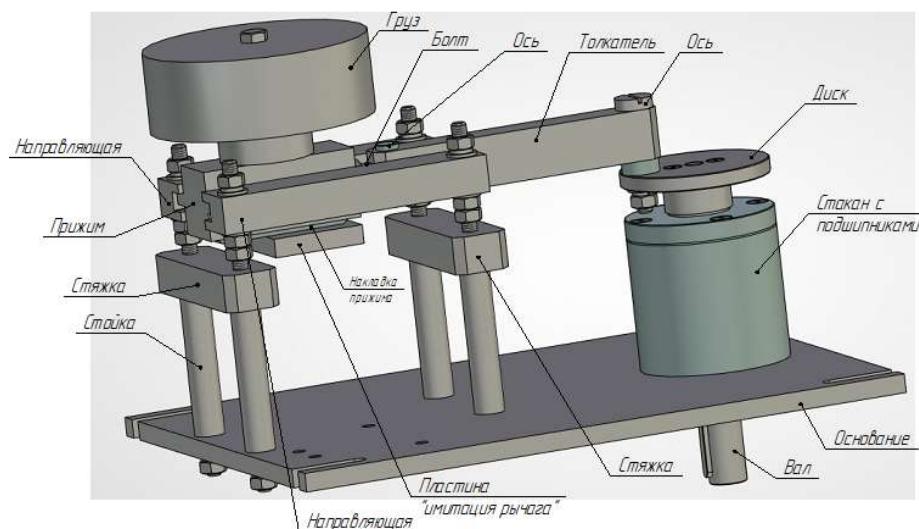
Целью данной работы является разработка методики испытаний накладки рычага педали сцепления, направленной на повышение ее стойкости к истиранию и, как следствие, увеличение срока службы детали.

Для этого было проведено моделирование и анализ испытательного стенда с использованием модуля T-FLEX Анализ.

Статический прочностной анализ позволяет оценить напряженное состояние конструкции под действием постоянных нагрузок с целью проверки ее на соответствие условиям прочности [2]. В данном случае расчет проводился при имитации крутящего момента на валу  $M = 200 \text{ Н} \cdot \text{мм}$ .

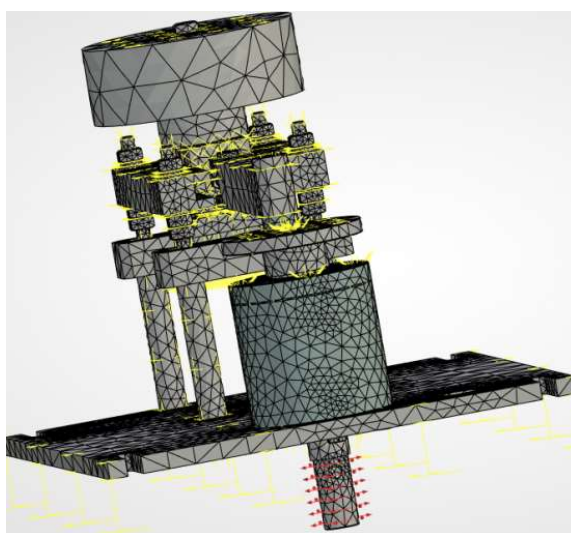
На рис. 1 представлены объекты исследования. Для имитации рычага педали использовалась неподвижная стальная пластина, на которую

воздействует система «Диск-Толкатель-Прижим». Накладка прижима была смоделирована как стальная деталь.



**Рис.1. Объекты исследования при моделировании и статическом анализе стенда для испытаний на стойкость**

После создания 3D-модели стенда в T-FLEX CAD была подготовлена конечно-элементная модель. На рис. 2 показана модель с приложенными нагрузками (красные стрелки) и закреплениями (желтые стрелки). Основание и имитационная пластина были закреплены жестко, а для остальных деталей заданы условия контакта.

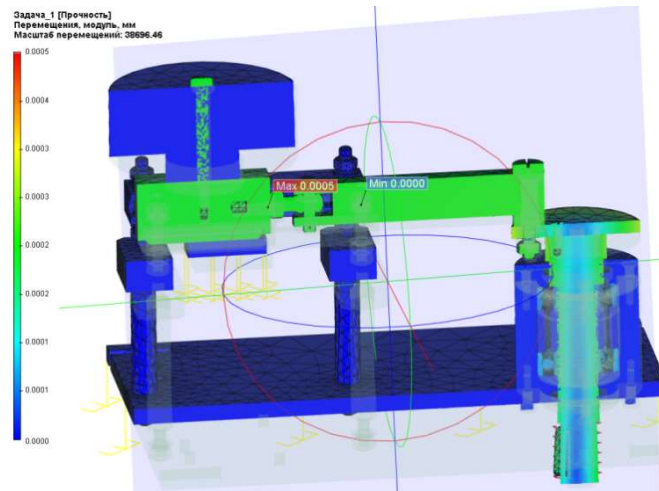


**Рис. 2. Задание закреплений и нагружения стенда для испытаний на стойкость (общий вид)**

После построения сетки и задания граничных условий был запущен расчет, в ходе которого решались системы линейных алгебраических

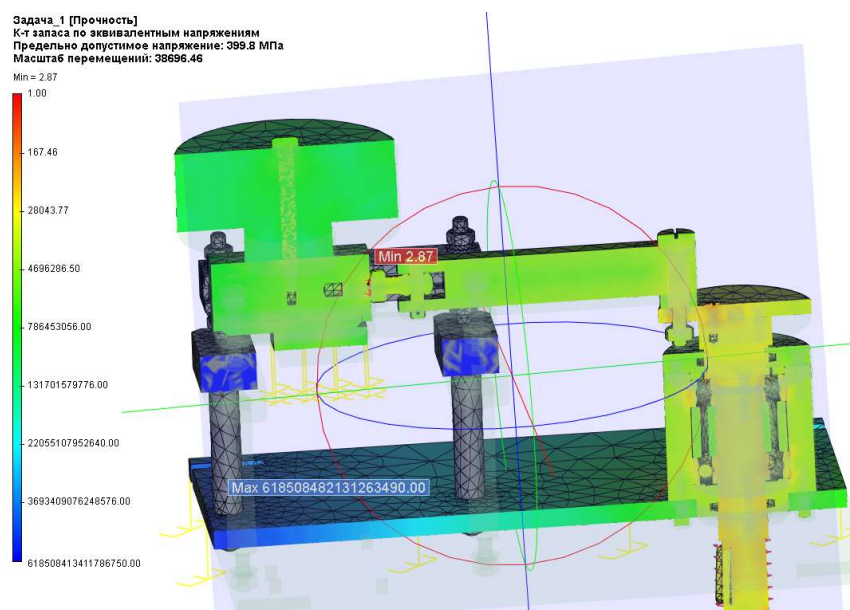
уравнений (СЛАУ).

На рис. 3 показаны перемещения деталей станда под действием крутящего момента. Максимальное перемещение конструкции составило 0,0005 мм и было зафиксировано в резьбовом соединении М10 «Болт-Прижим».



**Рис. 3. Значение перемещения деталей станда для испытаний на стойкость при имитации воздействия на вал крутящего момента**

На рис. 4 отображен коэффициент запаса по эквивалентным напряжениям, который показывает отношение допускаемого напряжения материала к расчетному. Если он приближается к единице или меньше нее, условие прочности не выполняется. В нашем случае минимальный коэффициент запаса составил  $K_{зап} = 2,87 > 1$ , что подтверждает прочность конструкции.



**Рис. 4. Коэффициент запаса по эквивалентным напряжениям конструкции станда для испытаний на стойкость к истиранию при имитации воздействия на вал крутящего момента**

Далее было проведено сравнение коэффициента запаса для разных размеров резьбового соединения «Болт-Прижим»: М6, М8 и М12.

Для М6 минимальный  $K_{\text{зап}} = 1,88$

Для М8 минимальный  $K_{\text{зап}} = 2,42$

Для М12 минимальный  $K_{\text{зап}} = 3,18$

График на рис. 5 наглядно демонстрирует, что с увеличением размера резьбы коэффициент запаса растет. Условие прочности ( $K_{\text{зап}} > 1$ ) выполняется для всех вариантов, однако соединение М6 находится ближе к критическому значению. Варианты с М8, М10 и М12 являются оптимальными, поэтому для конструкции стенда был выбран болт М10.

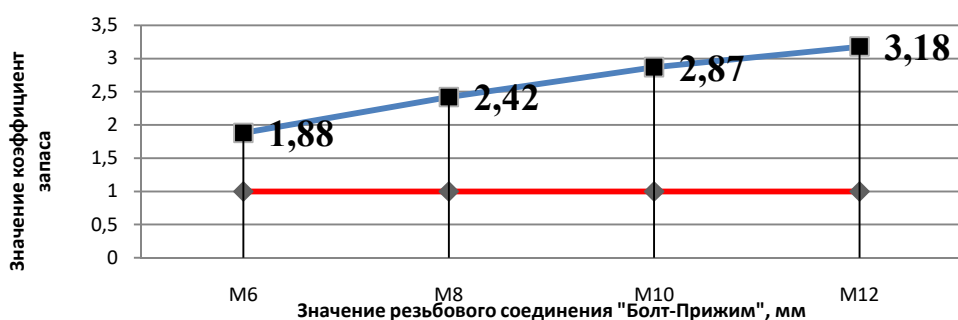


Рис. 5. График сравнения коэффициентов запаса конструкции стенда для испытаний на стойкость при разных значениях резьбового соединения

Как видим, методами компьютерного моделирования в T-FLEX CAD подтверждена прочность деталей испытательного стенда. Статический расчет при крутящем моменте 200 Н·мм показал, что условия прочности выполняются: максимальное перемещение – 0,0005 мм, максимальное напряжение – 139,2 МПа, минимальный коэффициент запаса – 2,87.

Проведенное исследование позволило достичь поставленной цели и решить следующие задачи.

1. Разработана и верифицирована методика моделирования. В работе представлена последовательная методика проведения статического прочностного анализа с использованием приложения T-FLEX Анализ, которая может быть успешно применена для проектирования и проверки аналогичного испытательного оборудования на ранних этапах разработки.

2. Подтверждена прочность и жесткость конструкции. Результаты конечно-элементного моделирования доказали, что спроектированный стенд обладает значительным запасом прочности и жесткости при воздействии рабочей нагрузки (крутящий момент 200 Н·мм). Максимальное эквивалентное напряжение (139,2 МПа) существенно ниже предела текучести для выбранных материалов, а мизерная величина максимального перемещения (0,0005 мм) свидетельствует о высокой жесткости конструкции.

3. Количественно оценен запас прочности. Минимальное значение

коэффициента запаса прочности ( $K_{зап} = 2,87$ ) для базовой конфигурации стенда не только удовлетворяет условию прочности ( $K_{зап} > 1$ ), но и указывает на надежность и долговечность конструкции, позволяя ей выдерживать возможные кратковременные пиковые нагрузки.

4. Проведен параметрический анализ и выбрано оптимальное решение. Исследование влияния размера резьбового соединения «Болт-Прижим» на прочностные характеристики выявило четкую зависимость: с увеличением диаметра болта коэффициент запаса прочности возрастает. На основании анализа был сделан обоснованный выбор в пользу соединения М10, который обеспечивает оптимальный баланс между высокой надежностью ( $K_{зап} = 2,87$ ) и рациональностью конструкции, исключая неоправданное утяжеление и удорожание, характерное для варианта М12.

5. Определено «слабое звено» конструкции. Расчеты идентифицировали зону резьбового соединения М10 «Болт-Прижим» как область концентрации максимальных перемещений. Это знание позволяет целенаправленно осуществлять контроль за данной зоной в ходе последующей эксплуатации и возможных модернизаций стенда.

Таким образом, в результате комплексного моделирования и статического анализа экспериментально обоснована и подтверждена корректность конструкции разработанного испытательного стенда. Стенд соответствует всем критериям прочности и жесткости, а предложенная методика может служить эффективным инструментом для проектировщиков аналогичного оборудования, позволяя сократить сроки разработки и минимизировать затраты на изготовление физических прототипов.

### ***Библиографический список***

1. Лаптев А. Б., Павлов М. Р., Новиков А. А., Славин А. В. Современные тенденции развития испытаний материалов на стойкость к климатическим факторам (обзор) часть 1. Испытания новых материалов // Труды ВИАМ. 2021. №1 (95). [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tendentsii-razvitiya-ispytaniy-materialov-na-stoykost-k-klimaticheskim-faktoram-obzor-chast-1-ispytaniya-novyh> (дата обращения: 25.10.2025).

2. Лата В. Н., Марков С. В., Ерёмченко А. А., Елховикова А. П. Анализ прочности и долговечности деталей ходовой части на ранней стадии проектирования автомобиля // Известия МГТУ. 2008. №2. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-prochnosti-i-dolgovechnosti-detaley-hodovoy-chasti-na-ranney-stadii-proektirovaniya-avtomobilya> (дата обращения: 25.10.2025).

## РАЗРАБОТКА ПЕРЕНОСНОГО ТРАНСПОРТНОГО ИНКУБАТОРА ДЛЯ НОВОРОЖДЕННЫХ

*А.М. Кангин*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, студент,  
г. Арзамас

Научный руководитель: Глебов Владимир Владимирович, к.т.н., доцент

*В статье рассмотрен вопрос разработки конструкции переносного транспортного инкубатора для новорожденных оснащенного автономной системой подачи кислорода.*

**Ключевые слова:** *кувез, неонатальный инкубатор, трехмерная модель.*

Транспортировка новорожденных требует условий, которые могут обеспечить тепло, надежность и безопасность.

Ребенок нигде не чувствует себя так хорошо, как на руках своей матери, но и здесь есть риск переохлаждения или ушибов, в случае если транспортное средство попало в аварию или было вынужденно совершить резкий маневр, а в случае авиатранспортировки – если самолет попал в зону турбулентности во время полета.

До сих пор единственным способом обеспечить ребенку теплую и безопасную среду было использование громоздких и тяжелых транспортных кувезов (рис.1). Эти дорогостоящие установки работают от электричества и, как правило, требуют использования специального транспорта.



**Рис.1. Транспортный кувез**

Транспортный инкубатор BABY POD II компании Advanced Healthcare Technology Ltd, Великобритания разработанный для новорожденных весом до 9 кг, при несложной конструкции имеет многие характеристики, присущие стандартному транспортному инкубатору (рис.2).



**Рис.2. Транспортный инкубатор BABY POD II**

Разработанный транспортный инкубатор для новорожденных представляет собой кувез (неонатальный инкубатор) т.е. приспособление с автоматической подачей кислорода и с поддержанием оптимальной температуры, в которое помещают недоношенного или заболевшего новорождённого при транспортировке его в медицинское учреждение (рис.3).

При разработке переносного транспортного инкубатора использованы технологии, материалы и особенности конструкции, которые обеспечивают защиту от механических опасностей [1], сохранение тепла и подачу кислорода в требуемой концентрации во время транспортировки новорожденных весом до 7 кг.

Особенности разработанного переносного транспортного инкубатора для новорожденных:

- несложная облегченная конструкция из углепластика вес 7 кг;
- амортизирующая внутренняя конструкция с мягкими ремнями для фиксации младенца;
- соответствие самым последним стандартам краш-тестов;
- обеспечивает стабильность снабжения кислородом;

- обеспечивает стабильность температуры новорожденного;
- уникальная приспособляемость к размещению в транспорте (машине скорой помощи, вертолете, самолете);
- невысокая стоимость по сравнению со стоимостью стандартного транспортного инкубатора.



**Рис.3.Разработанный транспортный инкубатор для новорожденных**

---

1. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин : учебник для СПО / В. В. Глебов, М. В. Кангин, Е. М. Кангин [и др.]. — Саратов, Москва : Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2026. — 263 с. — ISBN 978-5-4488-2723-5, 978-5-4497-4978-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/156158.html> (дата обращения: 25.11.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

## КОНСТРУКТОР, СОЗДАВШИЙ СКОРОСТНОЙ ФЛОТ (К 110-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Р.Е. АЛЕКСЕЕВА)

*А.М. Кангин<sup>1</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, <sup>1</sup>студент  
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; e-mail: lartem.kangin@mail.ru  
Научный руководитель: Глебов В.В., к.т.н, zhidkova-arz@yandex.ru

*Приведена биография Р.Е. Алексеева, связанная с периодом деятельности в сфере разработки и строительства судов на подводных крыльях. Показаны наиболее знаковые моменты, повлиявшие на дальнейшую жизнь и конструкторскую деятельность. Дана оценка личности и роли Алексеева в развитии отечественного и мирового судостроения – как военного, так и гражданского.*

**Ключевые слова:** Алексеев Ростислав Евгеньевич, подводные крылья, скорость, корабль.

История российской науки и техники знает немало имен, ставших мировыми брендами. Однако имя Р.Е. Алексеева стоит в этом списке особняком. Выдающийся конструктор, чей жизненный путь неразрывно связан с Нижним Новгородом (бывшим Горьким), стал символом целой эпохи в мировом судостроении. Сегодня его имя с гордостью носит Нижегородский государственный технический университет – вуз, ставший колыбелью для множества его идей. Деятельность Алексеева пришлась на золотой век авиации и кораблестроения, когда технологическая модернизация шла семимильными шагами, а смелость инженерной мысли не знала границ.

Ростислав Евгеньевич родился в конце 1916 г. в Новозыбкове (Брянская область). Его родители были представителями сельской интеллигенции: отец занимался агрономией, а мать преподавала в школе. Переезд семьи в Горький в 1932 г. определил дальнейшую судьбу юноши. Путь в большую науку начался с вечернего рабфака, который Алексеев совмещал с работой оформителем и чертежником. В 1935 г. он становится студентом кораблестроительного факультета Горьковского индустриального института.

Ключевым моментом в карьере будущего гения стало изучение работ Шарля Даламбера, инженера Российской империи XIX века. Даламбер пытался поднять судно над водной поверхностью с помощью крыльев, но потерпел неудачу: его модели показывали нестабильное поведение: то поднимались из воды, то резко уходили на глубину. Основная проблема заключалась в значительной разнице плотности воды и воздуха. Проанализировав ошибки предшественника, Алексеев пришел к выводу: крыло не должно погружаться слишком глубоко. Современная идея «отрыва» корпуса от поверхности воды легла в основу его дипломной работы «Глиссер на подводных крыльях». Защита проекта состоялась в труднейшее для страны время – 1 октября 1941 г. Экспертная комиссия была поражена: скорость судна превышала 100 км/ч, а уровень проработки темы на поминал кандидатскую диссертацию.

Несмотря на желание попасть на фронт, молодой инженер был отправлен на завод «Красное Сормово», где во время войны он отвечал за контроль качества сборки танков Т-34. Но страсть к скоростным лодкам и судам не угасала. Вечерами, после основной смены, он продолжал делать расчёты и создавать модели. Замечая его усердие и талант, руководство предприятия выделило ему больше времени и ресурсов для экспериментальных разработок.

Первым результатом стала испытанная в 1943 году модель «А-4». Через два года был создан скоростной катер «А-5», способный развивать скорость свыше 80 км/ч – очень высокий показатель для того времени. Несмотря на то, что эти машины не успели участвовать в боях, их создание показало реальную возможность реализации концепции быстрого водного транспорта.

После войны интерес военно-морских сил к таким катерам немного утих. Чтобы преодолеть бюрократические преграды, Алексеев принял необычное решение – в 1946 г. он сам на катере отправился в Москву. Эта смелая поездка в итоге завершилась триумфом: командование ВМФ лично опробовало судно и было в полном восторге. В результате началось массовое производство торпедных катеров по проекту «123БИС», которые на долгие годы укрепили преимущество советского флота в прибрежных водах.

Мечтой Алексеева было сделать скоростной водный транспорт таким же популярным и удобным, как городской автобус. Несмотря на сопротивление части военного руководства, он решительно перенастроил конструкторский бюро на гражданские нужды.



Рис. 1. «Ракета»



Рис. 2. «Метеор»

В 1957 г., во время Всемирного фестиваля молодежи и студентов, миру была представлена легендарная «Ракета». Расстояние от Горького до Москвы судно преодолело всего за 15 часов. Появление «Ракеты» произвело эффект разорвавшейся бомбы: судно на подводных крыльях (СПК) стало символом прогресса. За десятилетия КБ Алексеева создало целую плеяду выдающихся судов:

- «Ракета» (1957–1976): Первенец серии, эксплуатировавшийся не только в СССР, но и в Европе и Канаде;
- «Метеор» (с 1958 г.): Более вместительное (115 человек) и мореходное судно для работы на озерах и водохранилищах;
- «Комета» (с 1961 г.): Морская модификация, ставшая успешным экспорт-

ным товаром (поставлялась в 39 стран);

- «Спутник» (1961 г.): Настоящий гигант того времени, вмещавший 300 пассажиров;
- «Беларусь» (1963 г.): Специальное мелкосидящее судно для малых рек;
- «Буревестник» (1964 г.): Флагман с авиационными двигателями от Ил-18, развивавший скорость около 100 км/ч;
- «Восход» и «Ласточка»: Второе поколение СПК, отличавшееся улучшенной экономичностью и современным дизайном.

Достижения Алексева были не случайными, а результатом системного подхода, основанного на точных научных расчетах и смелых экспериментальных исследованиях. В ту эпоху, когда еще не существовало современных компьютеров, решение сложных уравнений осуществлялось с помощью логарифмических линеек и аналоговых моделирующих устройств. Алексев умело объединял усилия ведущих российских научных институтов, в том числе МАИ, для разработки методов контроля устойчивости и управляемости судов с подводными крыльями.

Вследствие этого появился так называемый «эффект Алексева» – мало погруженное подводное крыло, которое со временем стало частью учебных материалов по кораблестроению. Он лично проводил испытания каждого нового судна, не боясь брать на себя риски и ответственность. Алексев был не только теоретиком, но и практиком: он умел своими руками собирать механизмы из доступных материалов.

За свои достижения он был награжден престижными премиями, такими как Сталинская и Ленинская, а также получил ученую степень доктора технических наук без защиты диссертации – редкое и очень уважаемое признание его исключительного вклада в практическое машиностроение.

В завершение стоит отметить, что за 25 лет под руководством Алексева было построено более восьми тысяч судов различных типов, объединенных 17 моделями. Его корабли успешно бороздили реки и моря мира, укрепляя статус СССР как ведущего морского государства. Несмотря на бюрократические препоны и сложности, он шел к своей цели, придерживаясь убеждения, что истинное измерение инженера – это масштаб внедряемых им идей. Сегодня суда на подводных крыльях продолжают активно использоваться и служат ярким свидетельством гениальности этого выдающегося нижегородского инженера.

### *Библиографический список*

1. Судана подводных крыльях [Электронный ресурс]: («Ракеты», «Метеоры» и прочие) //DRIVE2.RU–2015.–URL:<https://www.drive2.ru/b/1941563>(дата обращения:15.11.2016).
2. История советских судов на подводных крыльях [Электронный ресурс] / Livejournal – 2016. – URL: <http://paradoxov.livejournal.com/189906.html> (дата обращения: 15.11.2016).
3. Ильин, В.Адмирал скоростного флота/В.Ильин.– М.:Политиздат,1983.

## ЗНАЧЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ЗАТРАТАМИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ БИЗНЕСА

*А.В. Курбаков<sup>1</sup>, А.А. Чучкова<sup>2</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,

<sup>1</sup> аспирант НГТУ им. Р.Е. Алексеева,

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; e-mail: kurbakov99@list.ru

<sup>2</sup> магистр НГТУ им. Р.Е. Алексеева,

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; e-mail: chuchkova.a.a@yandex.ru

Научный руководитель: Гусева И.Б., д.э.н., профессор,

iran\_guseva@mail.ru

*Статья посвящена исследованию влияния цифровой трансформации бизнес-процессов на управление затратами в высокотехнологичной производственной среде. Анализируется кардинальное изменение структуры себестоимости наукоемкой продукции под воздействием автоматизации, которое приводит к сокращению постоянных издержек и вместе с тем к росту накладных расходов и сложности их управления. В работе также оцениваются риски и комплекс затрат при процессе интеграции инновационных решений для достижения долгосрочной конкурентоспособности.*

**Ключевые слова:** цифровизация; цифровая трансформация; промышленные предприятия; промышленность; управление затратами.

Известно, что цифровая трансформация бизнеса ставит на лидирующую позицию задачу построения интегрированной и взаимосвязанной умной производственной среды. В данном контексте, успех современного конкурентоспособного предприятия прямым образом зависит от способности руководства обеспечить слаженное рациональное сочетание всех компонентов производственной системы: человеческий капитал, объекты основных средств, информационные и технологические ресурсы и др. [2].

Решение данной задачи на ранних этапах организации бизнес-процессов открывает путь к достижению критически важных стратегических, тактических и оперативных целей по повышению производительности труда, эффективности и результативности управленческих решений, масштабированию выпуска конкурентоспособной продукции, росту фондоотдачи и бережливому использованию как материальных, так и человеческих ресурсов во времена кадрового голода.

Практическим воплощением данной задачи является внедрение комплексных решений по цифровизации производства – от концепции до

поставки готовой продукции потребителям – на базе передовых технологических решений, цифровых методов и моделей управления [1].

Так, вышеописанный факт детерминировало возникновение в 1980-е годы ряд инновационных технологий и производственных методик, среди которых ключевую роль заняли гибкие производственные системы (ГПС), системы автоматизированного проектирования (САПР), станки с числовым программным управлением (ЧПУ), методики ЛТ (от англ. Justintime – «точно в срок»), 5С, Kanban, диаграммы Исикавы и др.

Благодаря интеграции данных новаций в производственные бизнес-процессы произошло наглядное расширение операционных возможностей промышленного сектора, что выразилось в трансформации производственного потенциала, обеспечив таким образом с одной стороны – интенсивность объемов выпускаемой продукции, улучшение технических характеристик, а с другой – рост эффективности и результативности без расширения кадрового состава предприятий. Однако параллельно с этим трансформировались требования к методологии калькуляции затрат и издержек, необходимость в адаптации к изменениям способов их управления и контроля.

Естественно, что цифровизация производства, подразумевающая внедрение инновационных технологий на базе цифровых моделей, кардинально воздействует на структуру себестоимости продукции. Так, рост производительности, снижение производственного, и, как следствие, операционного циклов, оптимизация эксплуатационных расходов (энергоресурсы, человеческие ресурсы, сокращение инструментальной базы) прямым образом ведут к сокращению доли постоянных издержек. Однако, данный эффект формирует проблему контроля и учета накладных расходов, чей вес в балансе становится все более значимым. Ввиду трансформации структуры издержек существует острая необходимость в пересмотре классических методов калькуляции. Таким образом, все более востребованными становятся инструменты управленческого учета, такие как «стандарт-кост», «директ-костинг» и «кайзен-костинг», которые в сложившейся ситуации способны адекватно отражать новые экономические реалии.

Закономерно, что оценка экономической отдачи от интеграции автоматизированных систем и цифровых решений становится приоритетным направлением в управлении производственным предприятием. Взвешенное и грамотное решение данной задачи позволяет провести сравнение альтернативных систем управления, обосновать целесообразность выбора конкретного решения и четко определить результирующий экономический эффект для предприятия.

Достижение указанных целей представляется возможным лишь при условии использования выверенной методики анализа, то есть в котором нет противоречий содержательного и формального характера (экономического,

математического, логического). Кроме того, методика в данном контексте должна учитывать как специфику исходных данных, характер изменения технических и экономических параметров во времени, так и периоды осуществления затрат и получения доходов за весь операционный цикл.

Внедрение принципиально новых технических решений, как показывает исторический опыт, неизбежно связан с комплексом потенциальных проблем и трудностей. Ярким примером служит интеграция в бизнес-процессы в 70-80-е годы прошлого века автоматизированных систем, такие как ранее описанные ГПС и САПР. Масштаб и сложность сложившихся барьеров – технологических, организационных, кадровых и др. – на практике оказались кардинально выше изначальных прогнозов.

Далее, сложилась обратная тенденция, интеграция данных систем сыграла роль катализатора дальнейшей трансформации предприятий, заложив основы для современной цифровизации промышленности. Внедрение указанных решений носило комплексный и структурно-зависимый характер, затрагивая и существо видоизменяя работу всех производственных служб предприятия, начиная от конструкторских подразделений и цехов и заканчивая отделами сбыта, планирования и др. Так, по своей природе, описанный феномен стал прототипом сквозной цифровой трансформации, требующий создания единого и унифицированного информационного контура.

Если рассматривать данный вопрос с точки зрения контроллинга затрат в формирующейся высокотехнологичной среде, то результатом всего процесса стал синергетический эффект. Так, цифровизация стала фактором повышения производительности труда и объема товарного выпуска, улучшения потребительских свойств продукции, снижения производственных издержек ввиду оптимизации производственного цикла и снижения доли брака. Поэтому преодоление первоначальных барьеров позволило решить не только комплекс производственных, социальных и кадровых проблем, но и позволило сформировать новаторскую управленческую парадигму. В данной теории инвестиции в технологическую среду являются предметом долгосрочного снижения затрат и создания конкурентных преимуществ, что является детерминантом управления себестоимостью конкретного продукта в условиях высокотехнологичной цифровой среды.

Долгосрочная конкурентоспособность предприятий, основанных на выпуске наукоемкой продукции обособлена эффективностью построения инновационного цикла, который подразумевает собой период от создания новой технологии до ее адаптации под требования серийного производства. Отличительными особенностями современных высокотехнологичных предприятий являются прежде всего высокая доля затрат на исследования и разработки, а также длинные инновационные циклы [3].

Кроме того, модификации должны касаться и организационной и производственной структуры, т.к. они влияют на состав и размещение основного, вспомогательного и обслуживающего производств и формы их взаимодействия. Данному процессу присущи три ключевых фактора: консолидация разнородных операций в одном производстве, выстраивание более эффективных управленческих систем коммуникации, автоматизации перемещения материальных ресурсов между цехами и складами. В результате продолжается структурная перестройка всей производственной инфраструктуры, включая системы материально-технического обеспечения, методологию учета затрат и системы менеджмента в части управления объемом незавершенного производства.

В разрезе общего менеджмента управление издержками при внедрении ГПС ключевой проблемой выступает их структурный характер. К примеру, при интеграции технических и информационных решений в систему механообрабатывающего подразделения влечет за собой необходимость трансформации смежных звеньев производственного цикла, таких как транспортно-логистические, складские и др. подсистемы. Ввиду этого формируется значительная интенсификация объема первоначальных капиталовложений, включающих не только закупку новых дорогостоящих объектов основных средств, программного обеспечения, но и затраты на адаптацию и локализацию к ранее существующим ИТ-системам. Правильно оценить целесообразность внедрения такого рода систем и является основной проблемой в создании и применении ГПС [4].

На основе вышесказанного можно сделать вывод, что доминирующим фактором, ограничивающим распространение цифровых решений, интеграции ГПС, САПР и др. информационных производственных платформ является высокий уровень инвестиционных и последующих операционных расходов. Как следствие, центральной задачей при планировании инновационной трансформации является не столько техническая осуществимость, сколько комплексная оценка целесообразности и эффективности отдачи. Формирование сбалансированной производственной архитектуры позволяет снизить вероятность возникновения рисков неэффективной капиталоемкой автоматизации и обеспечить полезный эффект, при котором рост промышленного потенциала производства сопровождается приемлемым уровнем совокупной стоимости затрат в высокотехнологичной среде.

### ***Библиографический список***

1. Гусева, И. Б. Разработка комплексного инструментария методов анализа и оценки затрат на НИОКР / И. Б. Гусева, Е. Г. Моисеева // Развитие и безопасность. – 2025. – № 2(26). – С. 104-114. – EDN EPGZIC.

2. Курбаков, А. В. Анализ и обобщение результатов Российской практики и международного опыта по развитию направлений цифровой трансформации / А. В. Курбаков, И. Б. Гусева // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. – 2025. – № 2. – С. 111-121. – DOI 10.24143/2073-5537-2025-2-111-121. – EDN PVAJCT.

3. Короткова, Г. К. Развитие высокотехнологичных предприятий в период глобализации мировой экономики / Г. К. Короткова, Е. Дай // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – № 9(92). – С. 212-216. – EDN STHTEN.

4. Лосев, В. В. К вопросу развития гибких производственных систем / В. В. Лосев, А. О. Калинин // Информатика. Экономика. Управление. – 2023. – Т. 2, № 4. – С. 247-256. – DOI 10.47813/2782-5280-2023-2-4-0247-0256. – EDNDAUGTF.

## ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ ШЕСТИОСЕВЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ

*О.В. Егоркин<sup>1</sup>, А.Д. Лантев<sup>2</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского  
государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,  
<sup>1</sup> ст.преподаватель, <sup>2</sup> студент

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д. 19

*Статья посвящена анализу современных шестиосевых промышленных манипуляторов и их технических особенностей. Рассмотрены конструкции и характеристики моделей ведущих производителей (ABB, Fanuc, Yaskawa, KUKA, Kawasaki). Отмечены общие тенденции в конструкции, обеспечивающие высокую точность и надёжность работы.*

*Ключевые слова:* шестиосевой манипулятор; электромеханические приводы; волновые редукторы.

Современные промышленные манипуляторы применяются для решения широкого спектра задач. Их внедрение оправдано высокой точностью, повторяемостью операций и безопасностью при выполнении опасных или монотонных задач. Типичными областями применения являются: сборочные, сварные операции, литьё под давлением, раскрой металла, шлифовка, маркировка и транспортировка деталей[1].

Для оценки современных решений при конструировании промышленных манипуляторов рассмотрим пять популярных роботов от разных производителей.

Манипулятор ABB IRB 6750S является высокопроизводительным 6-осевым промышленным роботом, оснащённым современным контроллером OmniCore с фирменным программным обеспечением RobotWare, обеспечивающим высокую точность управления и повторяемость позиционирования до  $\pm 0,05$  мм при точности траектории 0,9 мм. Робот рассчитан на работу с грузами до 350 кг и может устанавливаться над рабочей зоной, под навесом или на высоте, что позволяет оптимизировать использование производственной площади.

Приводные системы построены на базе мощных АС-сервомоторов ABB MotorUnit с постоянными магнитами, интегрированными в мотор-редукторные блоки. На каждой оси установлены высокоточные оптические энкодеры, обеспечивающие обратную связь по положению и высокую точность позиционирования даже при динамических нагрузках. Встроенные датчики

температуры и вибрации позволяют контролировать состояние привода и редукторов в реальном времени, повышая надёжность и безопасность эксплуатации.

Конструкция корпуса выполнена из легированного алюминия и стали с защитным покрытием стандарта IP-67, что гарантирует устойчивость к агрессивным производственным средам и возможность работы в тяжёлых условиях. Интегрированная система DressPack обеспечивает упорядоченное размещение кабелей и шлангов, предотвращая их повреждение и упрощая обслуживание [2].

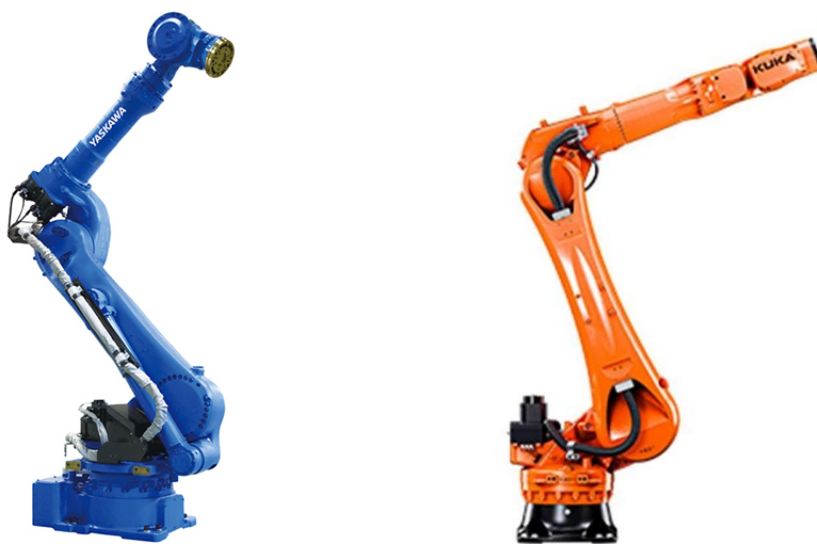
Манипулятор Fanuc M-950iA/500 — это 6-осевой промышленный робот, предназначенный для работы с грузами до 500 кг при рабочем вылете 2830 мм [3]. Управление манипулятором осуществляется с помощью контроллера серии R-30iB Plus, который обеспечивает повторяемость позиционирования до  $\pm 0,08$  мм и возможность применения расширенных функций для высокоточных операций, включая трением перемешивающую сварку и сверление [4]. Приводы построены на базе АС-серводвигателей FANUC с постоянными магнитами, отличающихся высокой динамикой и жёсткостью, что позволяет роботу эффективно работать с тяжёлыми и громоздкими заготовками [5]. На каждой оси установлены встроенные высокоточные энкодеры, обеспечивающие обратную связь по положению и точность позиционирования в динамике. Корпус манипулятора соответствует степени защиты IP-54 (базовый блок) и IP-67 (запястье), что гарантирует надёжность работы в условиях запылённого и влажного производства [4; 5]. Дополнительно конструкция оснащена модульной системой кабелей и сервисных линий (пневматика, Ethernet и др.), что упрощает интеграцию в автоматизированные производственные комплексы [6].



**Рис.1. Промышленные 6-осевые манипуляторы модели «ABB IRB 6750S» и модели «Fanuc M-950iA/500»**

Японский промышленный робот модели Yaskawa GP225 представляет собой 6-осевой манипулятор, предназначенный для работы с полезной нагрузкой до 225 кг и рабочим радиусом около 2,5 м [7]. Управление обеспечивается контроллером серии YRC100, который гарантирует высокую точность позиционирования и широкий функционал программирования [8]. Приводы состоят из бесщеточных сервомоторов постоянного тока с волновыми редукторами, обеспечивая плавность и повторяемость движения  $\pm 0,05$  мм. Все оси оснащены высокоточным оптическим энкодером для точной обратной связи. Корпус изготовлен из алюминиевых сплавов с усиленной защитой, степень защиты IP54, что обеспечивает надежность работы в стандартных промышленных условиях.

Решений от немецкой компании KUKA представляет собой мощный 6-осевой манипулятор, способный работать с нагрузкой до 300 кг и рабочим радиусом до 3,2 м [9]. Контроллер серии KR C5 предоставляет расширенные возможности управления движением и интеграции с системами автоматизации [10]. Серводвигатели KUKA с планетарными редукторами обеспечивают высокую динамику и жесткость, а оптические энкодеры с высоким разрешением гарантируют точную обратную связь по определению положения всех звеньев. Корпус изготовлен из прочных материалов с покрытием, соответствующим степени защиты IP67, что позволяет эксплуатировать робота в сложных условиях влажности и пыли.



**Рис. 2. Промышленный 6-осевой манипулятор модели «Yaskawa GP225» и модели «KUKA KR IONTEC Ultra»**

Модель от японской компании Kawasaki представляет собой 6-осевой промышленный манипулятор для работы с грузом до 1000 кг и рабочим радиусом около 4 м [11]. Управляется контроллером серии FS100, обеспечивающим высокую точность и стабильность работы [12]. Приводы

состоят из бесщеточных двигателей постоянного тока с волновыми редукторами, а высокоточные инкрементальные энкодеры обеспечивают точную обратную связь по положению каждой оси. Корпус изготовлен из алюминиевого сплава с защитой IP54, что подходит для стандартных производственных условий.

Анализ конструктивных решений ведущих мировых производителей промышленных роботов показывает, что в современной промышленной робототехнике прослеживается устойчивая тенденция к использованию электромеханических приводов на базе сервомоторов постоянного тока. Такие двигатели обеспечивают высокую точность управления положением и скоростью, обладают большим сроком службы и требуют минимального обслуживания, что делает их оптимальными для интенсивной эксплуатации.



**Рис. 3. Промышленный 6-осевой манипулятор модели «Kawasaki MG10HL»**

Все рассмотренные модели оснащены волновыми редукторами, которые благодаря компактным размерам, минимальному люфту и высокому передаточному отношению позволяют достичь большей точности позиционирования и плавности движения манипулятора. Данная тенденция свидетельствует о стремлении производителей повысить надежность и производительность оборудования при сохранении компактности конструкции.

Проведённый анализ показал, что современные шестиосевые промышленные манипуляторы развиваются в направлении повышения точности, надёжности и универсальности применения. Рассмотренные модели ведущих производителей используют электромеханические приводы и волновые редукторы, обеспечивающие стабильную работу и высокую повторяемость позиционирования.

## *Библиографический список*

1. HowToRobot. Industrial robot applications: assembly, welding, die casting, metal cutting, grinding, marking, material handling [Электронный ресурс] // HowToRobot. – Режим доступа: <https://howtorobot.com/expert-insight/industrial-robot-applications>, свободный. – Загл. с экрана
2. ABB Robotics. IRB 6750S — шестиосевой промышленный робот [Электронный ресурс] // ABB Robotics. — 2025. — Режим доступа: <https://new.abb.com/products/robotics/robots/articulated-robots/irb-6750s> - Дата обращения: 28.07.2025
3. FanucEurope. M-950iA/500 [Электронный ресурс] // Fanuc.eu. – Режим доступа: <https://www.fanuc.eu/ch/fr/robots/page-de-filtre-des-robots/m-950-series/m-950ia-500> -Дата обращения: 31.07.2025.
4. FanucAmerica. M-950iA/500 Series Robot [Электронный ресурс] // Fanucamerica.com. – Режим доступа: <https://www.fanucamerica.com/products/robots/series/m-950-series/m-950ia-500> (дата обращения: 31.07.2025).
5. FanucCorporation. RobotM-950iA/500 Brochure [Электронный ресурс] // Fanuc.co.jp. – Режим доступа: <https://www.fanuc.co.jp/en/product/catalog/pdf/robot/RM-950iA%28E%29-01.pdf> (дата обращения: 31.07.2025).
6. AutomatedSolutions. FanucM-950iA/500 [Электронный ресурс] // Automatedsolutions.com.au. – Режим доступа: <https://automatedsolutions.com.au/fanuc-m-950ia-500/> - Дата обращения: 31.07.2025.
7. Yaskawa Electric Corporation. GP225 [Электронный ресурс]. // Yaskawa Global. – Режим доступа: <https://www.yaskawa.eu.com/products/robotics/robots/gp225>
8. Yaskawa Electric Corporation. YRC100 Controller Brochure [Электронный ресурс]. // Yaskawa Global. – Режим доступа: <https://www.yaskawa.eu.com/products/robotics/controllers/yrc100>
9. KUKA AG. KR IONTEC Ultra [Электронный ресурс]. // KUKA. – Режим доступа: <https://www.kuka.com/en-de/products/robot-systems/industrial-robots/kr-iontec-ultra>
10. KUKA AG. KR C5 Controller [Электронный ресурс]. // KUKA. – Режим доступа: <https://www.kuka.com/en-de/products/robot-systems/robot-controller/kr-c5>
11. KawasakiRobotics. MG10HL [Электронный ресурс]. // KawasakiRobotics. – Режим доступа: <https://robotics.kawasaki.com/en1/products/robots/industrial/mg10hl.html>
12. KawasakiRobotics. FS100 Controller Brochure [Электронный ресурс]. // KawasakiRobotics. – Режим доступа: <https://robotics.kawasaki.com/en1/products/controllers/fs100.html>

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ШЕСТИОСЕВЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ

*О.В. Егоркин<sup>1</sup>, А.Д. Лантес<sup>2</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского  
государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,

<sup>1</sup> ст.преподаватель, <sup>2</sup> студент

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д. 19

*В статье рассматриваются ключевые преимущества и современные тенденции развития шестиосевых промышленных манипуляторов. Особое внимание уделяется интеллектуальным методам управления, в частности, применению нейросетевых алгоритмов для решения задачи обратной кинематики.*

***Ключевые слова:** шестиосевой манипулятор; обратная кинематика; нейронные сети; точность позиционирования; интеллектуальные системы.*

Шестиосевые манипуляторы считаются самым универсальным видом промышленных роботов благодаря своей конструкции, включающей шесть степеней свободы (шесть вращательных осей). Такая особенность обеспечивает возможность размещения рабочего органа в любой точке рабочей зоны под любым желаемым углом, что и роднит их с человеческой рукой по функциональности.

Шестиосевые промышленные манипуляторы выделяются своей исключительной комбинацией гибкости, точности и многофункциональности. Их конструкция позволяет использовать этих роботов в операциях, выполняемых в труднодоступных местах, что недостижимо для SCARA роботов, декартовых или параллельных манипуляторов.

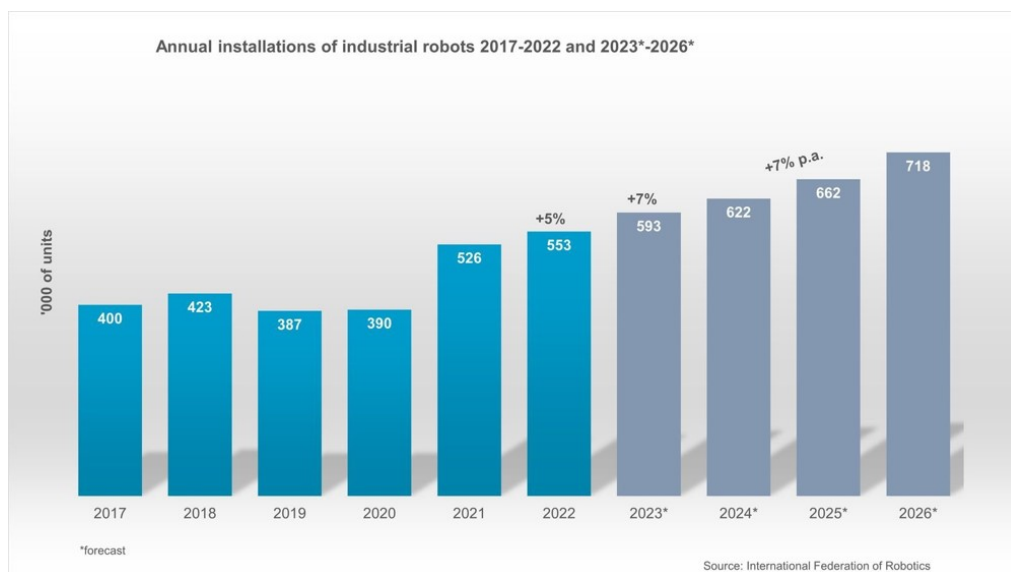
Промышленные манипуляторы с высокой эффективностью могут заменить человека при выполнении рутинных работ, производя манипуляции с высокой точностью и снижая издержки, затраты окупаются уже через 2–4 года. [8, 9, 10]

Согласно данным Международной федерации робототехники (IFR), мировые объемы использования промышленных роботов неуклонно растут: в 2022 году было установлено 553 052 робота (+5% к предыдущему году), причём 73% этих установок пришлось на Азию, 15% – на Европу и 10% – на Америку.

Рост рынка стимулируют и новые подходы к использованию и проектированию манипуляторов: интеллектуальные датчики, связь по промышленному IoT и интеграция с системами «Индустрия 4.0» позволяют

роботам работать в условиях стремительно изменяющегося рынка. Так, современные манипуляторы могут работать при помощи облачных технологий для самодиагностики и оптимизации работы, получать данные с бортовых датчиков и встраивать их в алгоритмы управления [5, 6, 7].

Несколько научных исследований подтверждают высокую точность и повторяемость 6-осевых манипуляторов по всему рабочему пространству. Так, в исследовании Клаудиу Флоринеля Бису [2] была изучена динамика и точность робота KUKA KR240-2 во время фрезерной обработки. Исследование выявило, что этот робот демонстрирует стабильные показатели точности и воспроизводимости при любой ориентации инструмента в рабочем объеме.



**Рис.1. Историческая и прогнозная динамика мировых установок промышленных роботов, согласно данным Международной федерации робототехники**

Данные результаты показывают значительное отличие шестиосевых манипуляторов от параллельных роботов, при выполнении операций, у которых точность часто значительно снижается при удалении от центра рабочей зоны. Кроме того, в работе Кай Ву [1] отмечается, что шестиосевые манипуляторы способны компенсировать недостаточную жёсткость за счёт применения математических моделей упругости и алгоритмов коррекции деформаций. Такой подход расширяет возможности их использования в задачах механической обработки, которые ранее выполнялись исключительно с помощью систем с высокой жесткостью. Грузоподъемность шестиосевых манипуляторов значительно превосходит возможности SCARA и дельта-роботов, которые обычно рассчитаны на нагрузки до 20–30 кг. Эти манипуляторы способны работать с инструментами и заготовками весом от нескольких десятков до сотен килограммов, что расширяет сферу их применения в промышленности. Высокая грузоподъемность обеспечивается за

счет конструкции робота и мощных приводных систем, позволяющих эффективно выполнять тяжелые операции.

Для выявления современных тенденций в проектировании промышленных роботов проведено сравнение пяти моделей от ведущих мировых производителей: ABB IRB 6750S, Fanuc M-950iA/500, Yaskawa GP225, KUKA KR IONTEC Ultra и Kawasaki MG10HL. В табл. 1 представлены основные технические характеристики указанных манипуляторов, включая грузоподъемность, радиус действия, повторяемость, массу, а также особенности двигателей и редукторов.

**Таблица 1**

**Сравнительные характеристики промышленных роботов ведущих мировых производителей**

Параметр	ABB IRB 6750S	Fanuc M-950iA/500	Yaskawa GP225	KUKA KR IONTEC Ultra	Kawasaki MG10HL
Грузоподъемность, кг	350	500	225	300	1000
Радиус действия, мм	2650	2830	2500	3200	4005
Повторяемость, мм	±0,05	±0,08	±0,05	±0,03	±0,1
Масса робота, кг	≈2050	≈3400	≈1700	≈1980	≈4400
Оси	6	6	6	6	6
Приводы	Электро-механические	Электро-механические	Электро-механические	Электро-механические	Электро-механические
Редукторы	Волновые	Волновые	Волновые	Волновые	Волновые
Двигатели	АС-серводвигатели ABB	АС-серводвигатели FANUC	Бесщеточные DC двигатели	Высокоэффективные серводвигатели KUKA	Бесщеточные DC двигатели
Датчики	Встроенные инкрементальные энкодеры	Встроенные высокоточные энкодеры	Оптические энкодеры	Оптические энкодеры	Инкрементальные энкодеры
Управление	ABB IRC5 контроллер	FANUC R-30iB Plus	Yaskawa YRC100	KUKA KR C5	Kawasaki FS100
ПО	ABB RobotStudio	FANUC Robotics Software	Yaskawa MotoSim	KUKA Sunrise	Kawasaki Controller Software
Типовые применения	Сварка, сборка, обработка, погрузка	Сварка, обработка металла, тяжелая сборка	Сборка, упаковка, обработка	Сварка, обработка, погрузка	Сборка, мелкая обработка, лабораторные задачи

Нейросетевые модели и методы машинного обучения дают роботам гибкость в динамичной среде: алгоритмы глубокого обучения позволяют повысить адаптивность к новым задачам и условиям на производстве.

Актуальной тенденцией в контексте применения нейросетей для промышленной робототехники является решение задачи обратной кинематики.

Задача обратной кинематики у роботов обычно решается либо аналитическими методами, когда для каждой степени свободы выводятся уравнения и находятся замкнутые формулы для углов сочленений, либо численными методами, которые итерационно минимизируют разницу между текущим и целевым положением рабочего органа. Аналитический подход быстрее и точнее, но применим только к роботам с простой кинематикой, тогда как численные алгоритмы (например, метод Ньютона–Рафсона или градиентный спуск) универсальны и подходят для сложных конфигураций [11, 12].

Вместо них все чаще предлагается использовать обученные многослойные нейронные сети. Так для решения обратной кинематики промышленного манипулятора KUKA KR-16 была создана многослойная персептронная сеть (MLP) с прямым распространением сигнала [4].



**Рис. 2. Промышленный 6-осевой манипулятор модели «KUKAKR-16»**

Нейросеть представляла собой 3-слойную модель с 6 входами (координаты и ориентация захвата) и 6 выходами (углы сочленений). В скрытом слое использовались сигмоидальные функции активации, на выходном – линейные. Для обучения служили пары «задаваемое положение захвата - соответствующие углы», полученные по прямой кинематической модели KUKA, собранные с помощью численного решения прямой задачи. Обучение сети проводилось в MATLAB на выборках различного объема: от 100 до 1000 случайно сгенерированных конфигураций.

В результате ошибка обучения для многомерного выхода составила порядка  $10^{-3}$ , что считается достаточным для практических задач. Такие результаты показывают эффективность подхода: нейросеть значительно упрощает расчёт обратной кинематики, избавляя от громоздких аналитических вычислений.

Проведённый анализ показал, наряду с совершенствованием конструкции активно развиваются интеллектуальные методы управления, в частности нейросетевые алгоритмы решения задачи обратной кинематики, позволяющие повысить точность и сократить время вычислений, что делает их перспективным инструментом для дальнейшей автоматизации робототехнических систем.

### *Библиографический список*

1. Wu, K., Li, J., Zhao, H., Zhong, Y. Review of Industrial Robot Stiffness Identification and Modelling [Электронный ресурс] // Applied Sciences. 2022. Т. 12, № 17, 8719. Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/17/8719>
2. Bisu, C.-F., Lartigue, C., Gilard, V., Neveu, E., K'Nevez, J.-Y. Dynamic behavior analysis for a six axis industrial machining robot [Электронный ресурс] // arXiv preprint. 2012. Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1201.4443>
3. International Federation of Robotics. World Robotics 2023 Report: Asia ahead of Europe and the Americas // IFR press-release. Frankfurt, Sep 26, 2023. — электронный ресурс (текст, HTML). — Режим доступа: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/world-robotics-2023-report-asia-ahead-of-europe-and-the-americas>
4. Оськин Д.А., Дыда А.А., Константинова Е.А. Нейросетевое моделирование задачи обратной кинематики для манипуляционного робота // Современные наукоемкие технологии. 2015. № 12-2. С. 254-257;
5. Saini A., Gupta R., Singh R. Optimized Real-Time Monitoring and Fault Diagnosis System for Industrial Robots with Integrated Sensor Data // 2024 International Conference on Intelligent Processing and Communication Networks (ICIPCN). – IEEE, 2024. – P. 187–192. – DOI: 10.1109/ICIPCN2024.2024.1234567.
6. Luo Z., Su H., Behera L. Fault detection and diagnosis of industrial robots and manipulators: A review // Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. – 2024. – Vol. 86. – P. 102647. – DOI: 10.1016/j.rcim.2023.102647.
7. Zhou X., Wang J., Chen M. Bi-Objective Optimization for Industrial Robotics Workflow Resource Allocation // Applied Sciences. – 2021. – Vol. 11, No. 21. – P. 10066. – DOI: 10.3390/app112110066.
8. Ženišek D., Broum T., Šimon M. Payback calculation refinement of industrial robot applications // MM Science Journal. – 2023. – № OCT 2023. – С. 6785–6792. – DOI: 10.17973/MMSJ.2023\_10\_2023077
9. Landscheidt S., Kans M. Method for assessing the total cost of ownership of industrial robots // Procedia CIRP. – 2016. – Vol. 57, Pp. 746–751. – DOI: 10.1016/j.procir.2016.11.129
10. Belgiu G., Cărauşu C., Iftode I.-A., Duroi A. Some aspects regarding the selection of industrial robots in manufacturing or assembly processes // International Journal of Manufacturing Economics and Management. – 2022. – Vol. II, No. 1. – С. 6–15. – DOI: 10.54684/ijmem.2022.2.1.6
11. Kalaycioglu S., de Ruiter A., Fung E., Zhang H., Xie H. Analytical Solution for Inverse Kinematics of 6-DOF Serial Manipulator // arXiv. — Oct. 29, 2024. — Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2410.22582>-Дата обращения: 31.07.2025

12. Syed Yaseen, Prakash J. Analysis of Numerical Method on Inverse Kinematics of Robotic Arm Welding with Artificial Intelligence // Journal of Physics: Conference Series. — 2021. — Vol. 1964, No 6, 062104. — DOI: 10.1088/1742-6596/1964/6/062104-Дата обращения: 31.07.2025.

## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СУХОГО ЭЛЕКТРОПОЛИРОВАНИЯ ОБРАЗЦОВ, ПОЛУЧЕННЫХ СЕЛЕКТИВНЫМ ЛАЗЕРНЫМ СПЛАВЛЕНИЕМ

*М. В. Лукашов, Д. А. Байдимиров*

Уфимский университет науки и технологий, головной ВУЗ, Институт технологий и материалов, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа; e-mail: [lukaschoff.misha@yandex.ru](mailto:lukaschoff.misha@yandex.ru), [bdima080606@gmail.com](mailto:bdima080606@gmail.com)

Научный руководитель: Старший преподаватель  
Давлеткулов Р.К., [davletkulov.rk@ugatu.su](mailto:davletkulov.rk@ugatu.su)

*Данная работа представляет собой демонстрацию преимуществ новейшего способа сухого электрополирования (СЭП) перед традиционными: механическим полированием, электрохимическим полированием (ЭХП) и электролитно-плазменным полированием (ЭПП), в области полирования изделий, полученных селективным лазерным сплавлением, с первичной целью – снижение шероховатости, сохранение точности изделий и удешевления производства.*

***Ключевые слова:** сухое электрополирование, селективное лазерное сплавление, полирование изделий, шероховатость поверхности, коэффициент использования материала, аддитивные технологии, электрохимическое полирование, электролитно-плазменное полирование, механическое полирование, проектирование оснастки.*

Современное машиностроение сталкивается с множеством задач, которые определяются потребностями рынка, одна из главных задач – использование аддитивных технологий. Аддитивные технологии позволяют применять более сложную и эффективную геометрию, а также позволяют получить гораздо более точные размеры конечного изделия. Главным недостатком данной технологии, при применении в области проектирования ГТД, является высокая шероховатость после селективного лазерного сплавления.

Так, аддитивные технологии – обобщенное название технологий, предполагающих изготовление изделия по данным цифровой модели методом послойного добавления материала. Селективное лазерное сплавление – это технологическая операция, при которой деталь создается послойно полным расплавлением металлического порошка с помощью высокомоощного лазерного луча. На каждой стадии лазерный луч выборочно сплавляет частицы порошка, полностью расплавляя их и формируя твердый слой, плотный материал, свойства которого близки к свойствам литого металла [1, с.5, с.14].

Так, например, цикл ГТД выглядит следующим образом: забор, сжатие, расширение и выхлоп. Таким образом, лопатки испытывают постоянные циклические нагрузки, такие как: вибрация, неравномерный нагрев, коррозия,

эрозия и повреждение лопаток посторонними предметами. В этих условиях с лопатками происходит несколько механизмов разрушения: ползучесть материала (медленное нарастание пластической деформации под действием высокой температуры и центробежных сил), усталость (процесс накопления напряжений в металле), термическая усталость (усталость под действием циклически изменяемой температуры), малоцикловая усталость (разрушение при повторных упругопластических деформациях). Именно из-за этого к лопаткам ГТД применяются высокие требования к надежности и качеству [2, с. 961].

Рабочими поверхностями лопатки являются поверхности пера. К ним предъявляются высокие требования по точности геометрических параметров и шероховатости поверхности. Возможные отклонения представлены в ОСТ 102571-86 «Лопатки компрессоров и турбин. Предельные отклонения размеров, формы и расположения пера»

Шероховатость поверхности лопатки оказывает влияние на усталостную прочность изделия, сопротивление протекания жидкости и газов, расход топлива [3, с. 26].

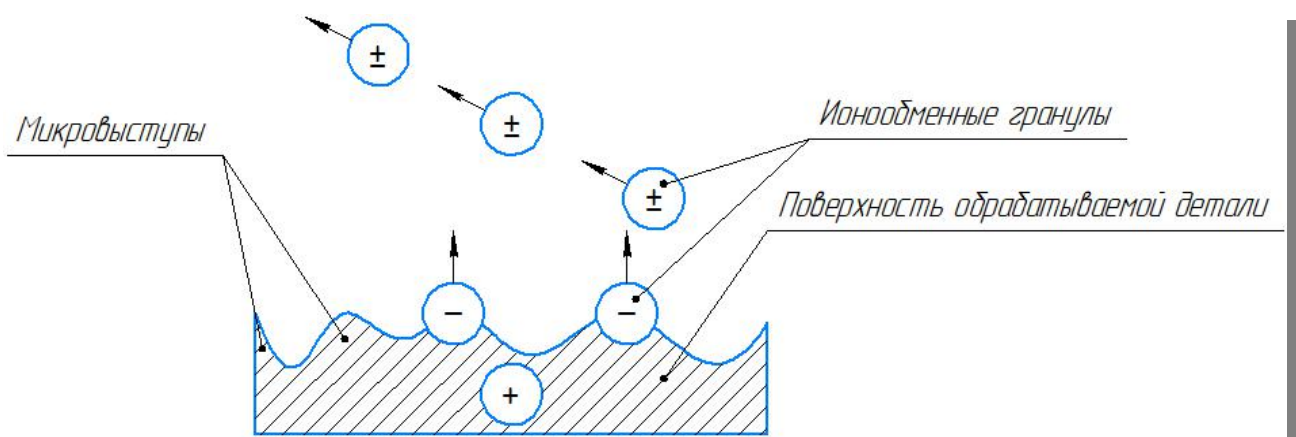


Рис.1. Принцип работы СЭП

Очевидно, что использование аддитивного производства (АП) при создании лопаток открывает новые возможности для конструкторов, такие как более сложная и верная геометрия изделия (что открывает потенциально новые схемы ГТД, с на порядок большим КПД), но также АП требует более сложных методов обработки изделий, ввиду куда более высокой шероховатости изделия сразу после селективного лазерного сплавления, в АП эти методы называют постобработкой.

В данной статье мы рассматриваем новейший способ постобработки в машиностроении – сухое электрополирование.

Суть данного процесса (рис. 1) заключается в ионном уносе материала с поверхности обрабатываемой детали с помощью пористых ионообменных

гранул, пропитанных микродозами химических элементов, которые составляют сотые проценты. Сам процесс задействован на вершинах микровыступов. В качестве анода выступает деталь, в качестве катода либо сами гранулы, либо сетка емкости, в которой происходит обработка, либо же, при необходимости, возможно использование фрагмента электропроводящего материала [7].

СЭП обеспечивает равномерную обработку всей поверхности изделия, не изменяет её физико-механические свойства и структуру, а также сохраняет геометрию изделия, в том числе и острые кромки, это достигается за счёт того, что изделие лишь частично контактирует с ионообменными гранулами, в отличие от методов ЭПП и ЭХП, где деталь помещена в электропроводящую среду постоянно (рис.2). Ещё одна отличительная особенность СЭП – возможность полировать одновременно столько изделий различной геометрии и происхождения, сколько вместит в себя емкость станка по обработке, исключает возникновение оксидной или адгезионной пленки на поверхности изделия, а также всех известных дефектов, получаемых при всех известных ныне методах полирования. Процесс происходит при комнатной температуре, абсолютно безопасен для человека, т.к. отсутствует прямой контакт с электролитом, абразивной пылью или иным видом загрязнения [7].

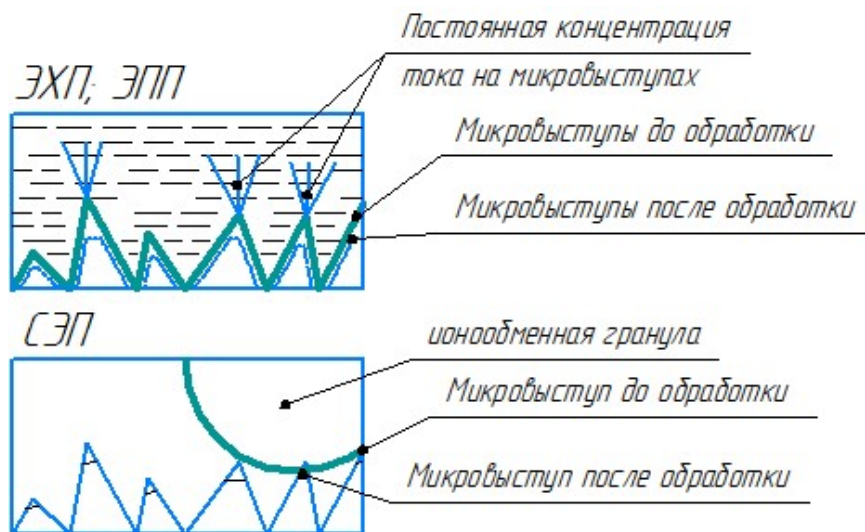
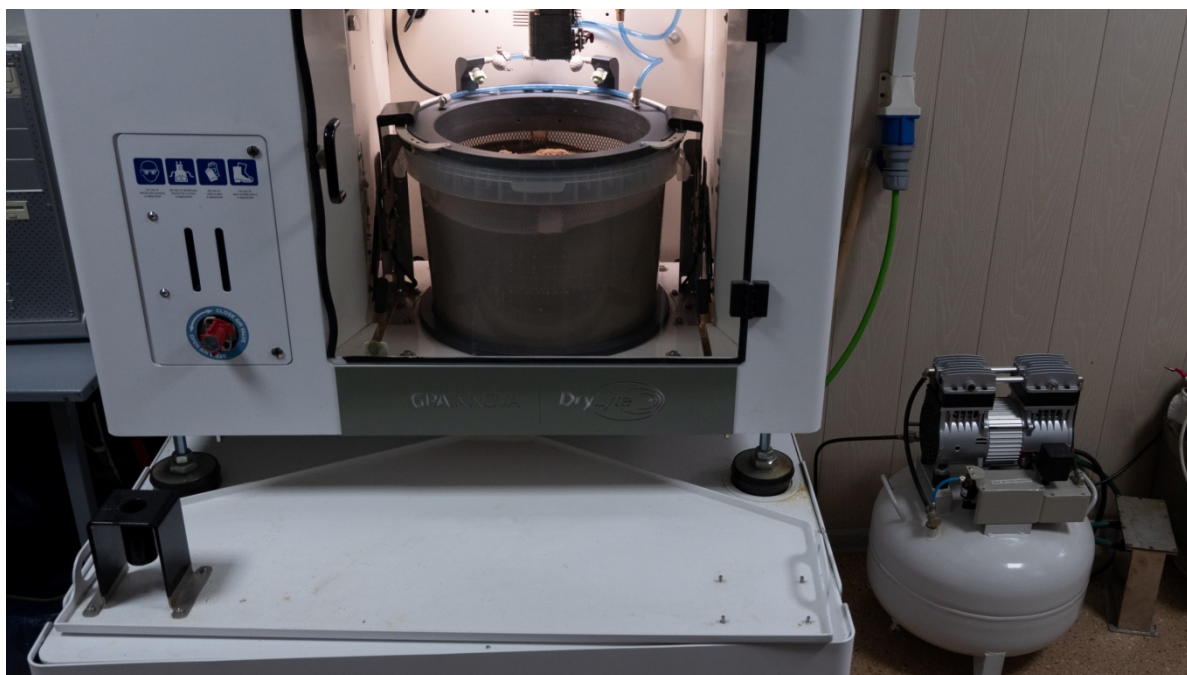


Рис. 2. Сравнение обработки поверхности методами ЭХП/ЭПП и ЭХП

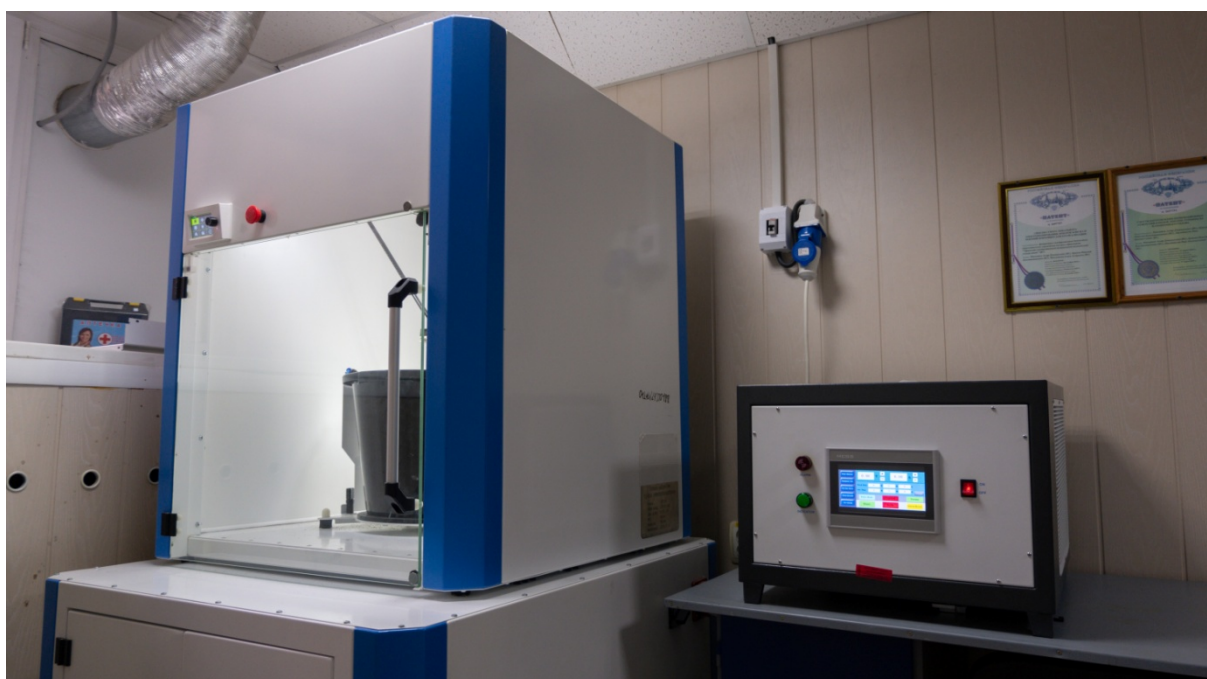
К недостаткам СЭП можно отнести зависимость времени обработки от изначальной шероховатости изделия, так изделие с шероховатостью Ra 7 мкм может занять до 10 часов, тогда как изделие с шероховатостью Ra5 мкм может хватить и 5 часов. Таким образом, для экономии времени следует предварительно обработать изделие, например, фрезеровкой. Также СЭП можно применять и для литых деталей [7].

Исследование проводилось на базе Уфимского университета науки и технологий (УУНиТ) в студенческом конструкторском бюро (СКБ)

«Поверхность». В СКБ имеется 2 станка, использующих технологию СЭП, один из станков импортного производства из Испании (рис. 3), а другой был полностью спроектирован и создан в России, силами работников СКБ (рис. 4).



**Рис.3. Станок СЭП испанского производства**



**Рис.4. Станок СЭП российского производства**

Устройство станка СЭП российского производства (рис. 5) выглядит следующим образом: 1 – манипулятор, 2 – бак с ионообменными гранулами, 3 – защитное стекло, 4 – кожух станка, 5 – электронный модуль управления станком.

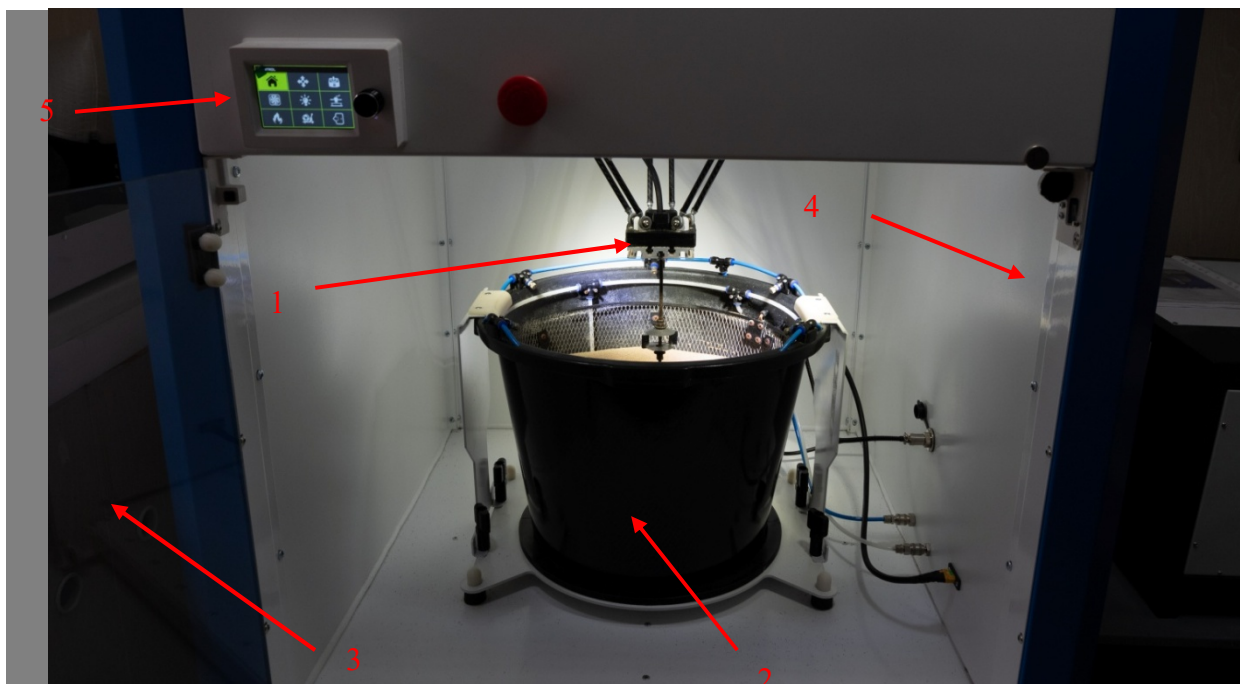


Рис.5. Устройство станка СЭП

Рабочая область станка (рис. 6) представляет собой: 1 – стойка манипулятора, 2 – привода манипулятора по осям  $oX/oY/oZ$ , 3 – ионообменные гранулы, 4 – катодная сетка, 5 – оснастка для закрепления изделий (по совместительству анод), 6 – обрабатываемые изделия.

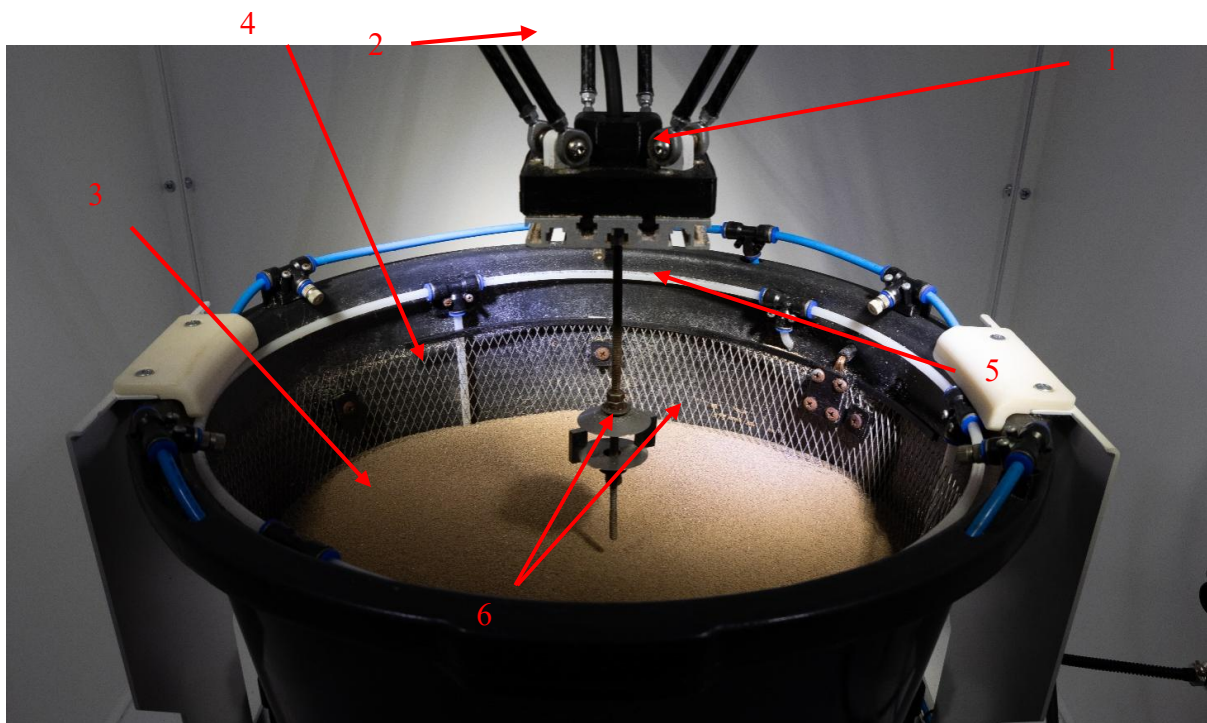
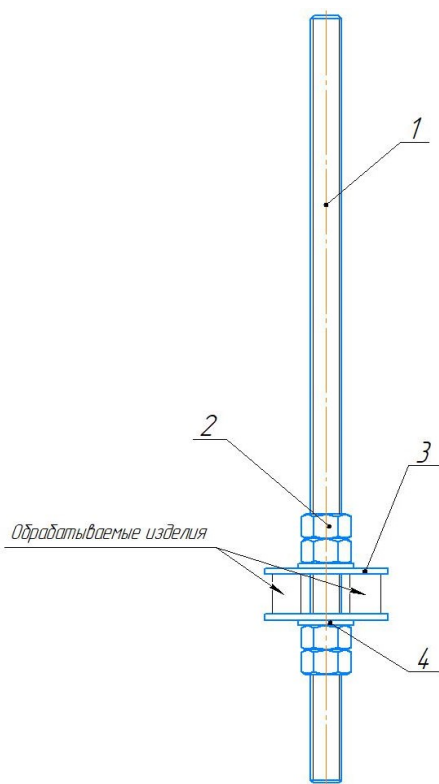


Рис.6. Устройство рабочей зоны станка

Для обработки изделий ионообменными гранулами была использована оснастка (рис. 7-8). Принцип устройства описан далее.



**Рис.7. Оснастка для обработки поверхностей технологией СЭП**



**Рис.8. Условный эскиз оснастки**

Деталь помещается между шайб (поз. 3), для закрепления требуется затянуть гайки М10 (поз. 2). Затем оснастка прикручивается к шпинделю станка шпилькой М10 (поз. 1). В данную оснастку возможно поставить до восьми изделий.

Для исследования шероховатости изделий можно применять такие методы как: щуповой метод, интерференционный метод, метод светового сечения, растровый и рефлектометрический метод.

Щуповой метод состоит в том, что в качестве щупа используется острозаточенная игла, проводимая поступательным перемещением по определенной трассе относительно поверхности [4, с. 123].

Интерференционный метод основан на интерференции двух (или более) когерентных пучках лучей (т. е. выпущенных из одной точки, имеющих одинаковое направление колебаний, одинаковые частоты и постоянную разность фаз) один из лучей отражается от эталонного зеркала, другой от измеряемой поверхности, когда лучи попадают в объектив микроскопа, создается интерференционная картина, так как лучи были когерентны, а в объективе мы увидим интерференционную картину. В случае идеальной гладкости поверхности – интерференционная картина будет в виде равномерных прямых полос, а любая неровность поверхности даст искажения на интерференционную картину, измеряя которые, можно с высокой точностью вычислить шероховатость [4, с. 88-89].

Метод светового сечения заключается в том, что одним микроскопом (проекционным) на исследуемую поверхность направляется под некоторым углом узкий пучок света, при этом на ней получается граница тени от непрозрачной шторки, введенной в часть светового пучка, падающего на поверхность. Граница света и тени (световое сечение) подобна профилю в сечении поверхности плоскостью и по ее конфигурации можно судить о расположении, форме и размерах неровностей на испытываемой поверхности. Вторым микроскопом (наблюдательный), расположенный перпендикулярно к первому, служит для наблюдения светового сечения [4, с. 105].

Растровый метод – на испытываемую поверхность накладывают стеклянную пластинку с нанесенными на ней близко к друг другу штрихами (т. е. с растровой сеткой), то при наклонном падении лучей отраженная картина растровой сетки накладывается на штрихи самой сетки и наблюдаются муаровые полосы (узор, возникающий при наложении двух периодических сетчатых рисунков). Данные муаровые полосы – это топография измеряемой поверхности [4, с. 115].

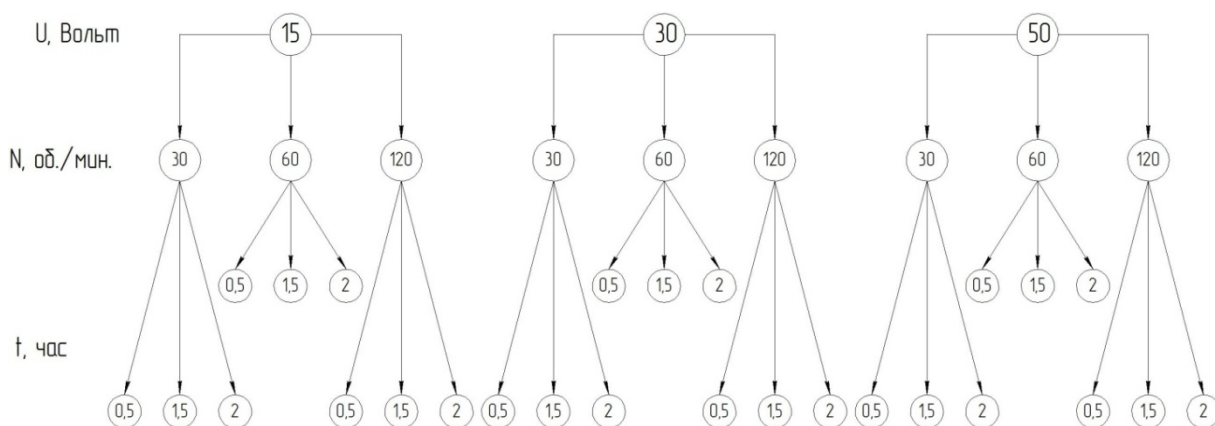
Рефлектометрический метод основан на том, что гладкая поверхность отражает весь свет, попадающий на неё, в объектив микроскопа, а шероховатая будет часть света отражать за пределы видимости микроскопа. Через вычисление интенсивности отражения света и вычисляется шероховатость поверхности [4, с. 120].

Для исследования морфологии поверхности изделия используется металлография. Морфологию поверхности изучают на специально подготовленных образцах (микрошлифах), для этого требуется правильно

определить место вырезки образцов. Для правильного определения этого места существует ГОСТ 1178-70. Изготовление микрошлифов сводится к: грубой шлифовке (при этом выравнивают поверхность среза), тонкая шлифовка и полировка. Далее поверхность микрошлифов подвергают воздействию реактивов при заданной температуре. Под действием кислот выявляются границы зерен в чистых металлах и однофазных сплавах. После травления поверхность микрошлифов наблюдают в микроскоп и изучают морфологию изделия [5, с. 25-28].

Современная качественная металлография обеспечивается средствами оптического контрастирования, среди которых темнопольная микроскопия, поляризационная микроскопия, фазово-контрастная микроскопия; люминесцентная микроскопия; интерференционный контраст; диафрагмирование цветные фильтры. Применение этих методов позволяет визуализировать детали изображения структуры материалов [6, с. 2-3].

Для исследования были использованный следующие технологические параметры обработки СЭП: напряжение  $U$  – 15, 30 и 50 Вольт; число оборотов шпинделя  $n$  – 30, 60 и 120 оборотов в минуту; время полирования  $t$  – 0,5, 1,5 и 2 часа.  $Rh$  ионообменных гранул (ИОГ), температура ИОГ, параметры импульса, средний ток - параметры, измеряемые и устанавливаемые во время процесса обработки.



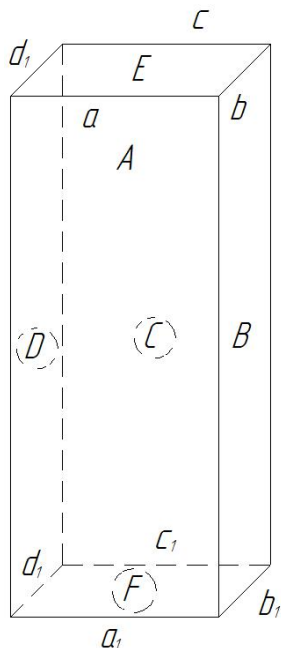
**Рис. 9. Схема режимов обработки СЭП**

Качество поверхности образцов оценивается по четырем боковым граням (рис. 10). Сначала оцениваются показатели образцов после селективного лазерного сплавления, а затем после каждого этапа СЭП.

Первый контролируемый параметр – шероховатость поверхности. Замеры производятся на 4 боковых поверхностях (А, В, С и D) (рис. 10). Оценивается среднее арифметическое отклонение профиля ( $Ra$ ) и высота неровностей профиля по 10 точкам ( $Rz$ ), замер производится снятием профилограммы,

оценка производится как вдоль трека построения СЛС, так и поперек трека, до и после СЭП.

Второй контролируемый параметр – исследование морфологии, микроструктуры поверхности и структурно-фазовый анализ четырех боковых поверхностей.



**Рис.10. Демонстрация обрабатываемых поверхностей**

Для исследования были выбраны образцы сплава стали 12Х18Н10Т прямоугольной формы (рис. 11) с шероховатостью поверхности Ra12 мкм, с исследованной морфологией поверхности. После обработки (рис. 12) заметно появление зеркальной поверхности и шероховатостью Ra2 мкм. Данный образец был отправлен в металлографическую лабораторию на анализ морфологии поверхности.



**Рис. 11. Образец до СЭП (выращенный методом СЛС)**



Рис. 12. Образец после СЭП

По результатам исследования поверхности изделий составлены таблицы зависимости шероховатости поверхности от ключевых технологических параметров (табл. 1 и табл. 2)

Таблица 1  
Результаты полирования на различных режимах

№ Эксперимента	Виды обработки	Обороты шпинделя	Время СЭП	Напряжение обработки			
				15В		30В	
				1 гр.		2 гр.	
				1		2	
				1.1	1.2	2.1	2.2
1	До СЭП	0	0	11,13±0,85	11,85±0,49	11,49±1,42	12,54±0,85
2	После СЭП	60 об/мин	0.5 часа	7,51±1,22	8,40±0,63	8,52±0,63	8,78±0,94
3			1.5 часа	4,56±1,44	5,72±0,47	5,95±0,50	5,77±0,89
4			2 часа	2,51±0,60	2,85±0,37	2,62±0,73	2,28±1,18

Таблица 2

№ Эксперимента	Виды обработки	Обороты шпинделя	Время СЭП	Напряжение обработки	
				50В	
				3 гр.	
				3	
				3.1	3.2
1	До СЭП	0	0	12,82±1,57	11,23±1,22
2	После СЭП	60 об/мин	0.5 часа	8,34±1,42	8,02±1,05
3			1.5 часа	5,92±1,77	5,12±1,10
4			2 часа	2,85±0,63	2,65±0,58

В результате проведенного исследования достигнута цель работы – продемонстрировать возможность применения СЭП для обработки поверхностей изделий, выращенных селективным лазерным сплавлением, а также его преимуществ перед классическими методами полирования в области аддитивного производства. Практически была продемонстрирована полировка образцов нержавеющей стали 12Х18Н10Т, а также были приведены исследования шероховатости и морфологии её поверхности (до и после обработки).

Экспериментальными результатами установлены зависимости между параметрами полировки и шероховатостью поверхности (Ra), которые можно применять для прогнозирования качества поверхности при изменении времени полировки;

Содержание поверхностных химических элементов после СЭП практически идентично содержанию исходных порошков нержавеющей стали 12Х18Н9Т, используемых в СЛС, с незначительными следами кислорода и углерода.

### ***Библиографический список***

1. Кулик В. И., Нилов А. С., Аддитивные технологии в производстве изделий авиационной и ракетно-космической техники. г. Санкт-Петербург
2. Иноземцев А.А., Сандрацкий В.Л. Газотурбинные двигатели. ОАО “Авиадвигатель”. г. Пермь.
3. Злобин В. Г., Верхованцев А. А. Газотурбинные установки. Часть 1. Тепловые схемы. Термодинамические циклы
4. И. В. Душин-Барковский, А. Н. Карташова, Измерения и анализ шероховатости, волнистости и некруглости поверхности.
5. Л. В. Картонова, Основы металлографии.
6. А. Г. Анисович, Современная металлография - основа литейного материаловедения.
7. Мингажев А.Д., Криони Н.К., Мингажева А.А., Давлеткулов Р.К., Патент РФ № 2715398. МПК С25F 3/24. Способ электрополирования детали.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ ПРЕСС-ФОРМЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ «КОРПУС» ПРИ ЗАМЕНЕ ПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА

*Е.В. Шилина<sup>1</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, <sup>1</sup>магистрант;  
Россия, Нижегородская обл.,

г. Арзамас; [katau09@bk.ru](mailto:katau09@bk.ru)

Научные руководители: Рябикина Т.В., к.т.н., доцент,  
[tanya.ryabikina@yandex.ru](mailto:tanya.ryabikina@yandex.ru);

Платонов А.В., к.т.н., доцент, [platonov-alex-v@mail.ru](mailto:platonov-alex-v@mail.ru).

*В статье представлены особенности проектирования пластиковых деталей с учетом конструктивных особенностей и технологических свойств материалов полимеров. Выполнены исследования процесса литья с использованием программного обеспечения *solidworksplastics* для поиска оптимальной конструкции литниковой системы формообразующих пресс-формы при изготовлении детали «корпус». Предложена технология доработки существующей конструкции пресс-формы с применением электроэрозионной обработки.*

**Ключевые слова:** конструкция приспособления, динамический анализ, напряжения, перемещения, статический анализ, моделирование, импортозамещение

В настоящее время большинство предприятий в условиях санкций вынуждены изменять технологические процессы по причине отсутствия импортных материалов. Задача данного исследования сводилась в выборе отечественного полимерного материала–аналога для изготовления детали «Корпус». Моделирование процессов в прикладных программах обеспечивает сокращение цикла экспериментальных исследований, снижение затрат на исследовательские работы [1].

В базовом варианте деталь изготавливалась из полимерного материала АБС HI 121 92764 (LGChem, LTD, производства Южной Кореи). С целью импортозамещения данного материала планируется использовать – пластик АБС 2020–31–901 (черный) ТУ 2214–019–00203521–96. Данная группа пластиков схожа, основное отличие – показатель текучести импортного – 22,7 г/10мин, а отечественного – 5...12 г/10 мин, что привело к появлению брака при использовании существующей пресс-формы.

На (рис.1) представлена деталь «Корпус» полученная литьем на термопластавтомате. При использовании имеющейся пресс-формы для литья, из материала–аналога АБС 2020-31-901 (Россия), выявлен непролив детали, при

номинальном давлении оборудования. Попытки увеличить номинальное давление с целью гарантированной проливаемости привело к возникновению облоя по кромкам смыкания формообразующих пресс-формы. Ранее такой уровень брака при использовании АБС НІ 121 92764 не наблюдался.

Для исключения зон непролива и облоя и снижения количества брака при замене материала предлагается провести виртуальное исследование процесса с целью определения конструктивных изменений в литниковой системе формообразующих пресс-формы.

Для анализа времени заполнения и теоретической проливаемости исследования выполнялись с применением программы SolidWorksPlastics. Последовательность подготовки модели и создание сетки конечных элементов выполнялось по схожим с представленными в работах [2,3].



Рис.1. Деталь «Корпус»

Первым этапом выполнялось моделирование с базовой литниковой системой пресс-формы, имеющей одну точку впрыска (рис.2). Давление впрыска равно 58,9МПа. Результаты расчетов показаны на (рис.3–6).

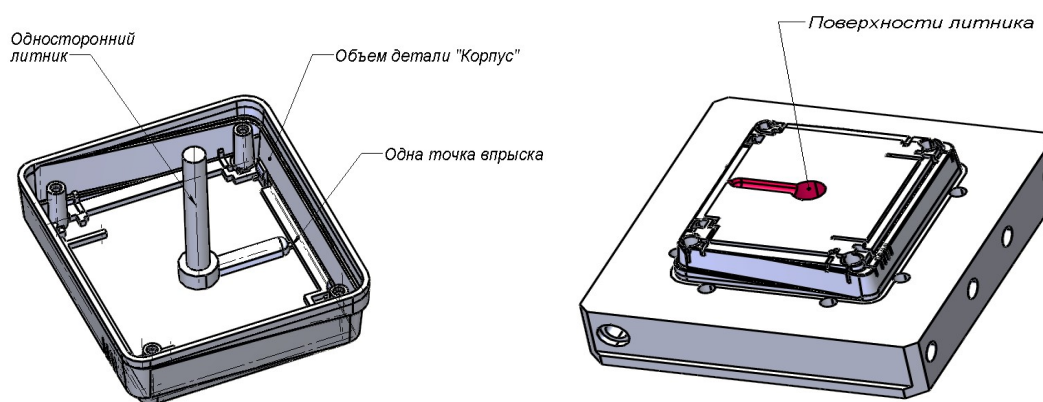


Рис.2. Базовая конструкция литниковой системы

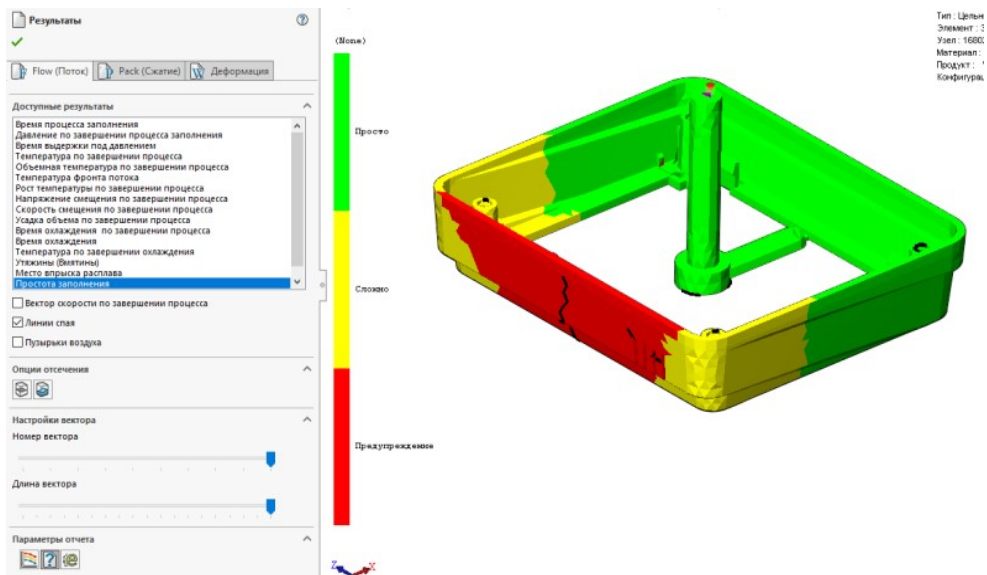


Рис.3.Эюра – простота заполнения

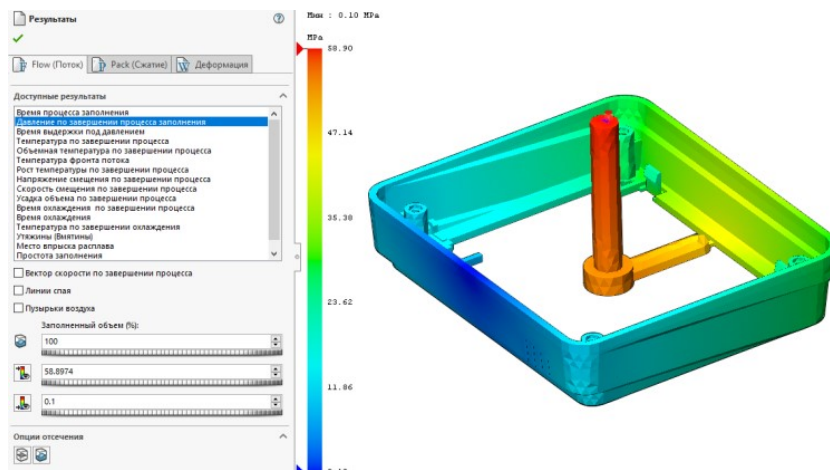


Рис.4. Диаграмма давления

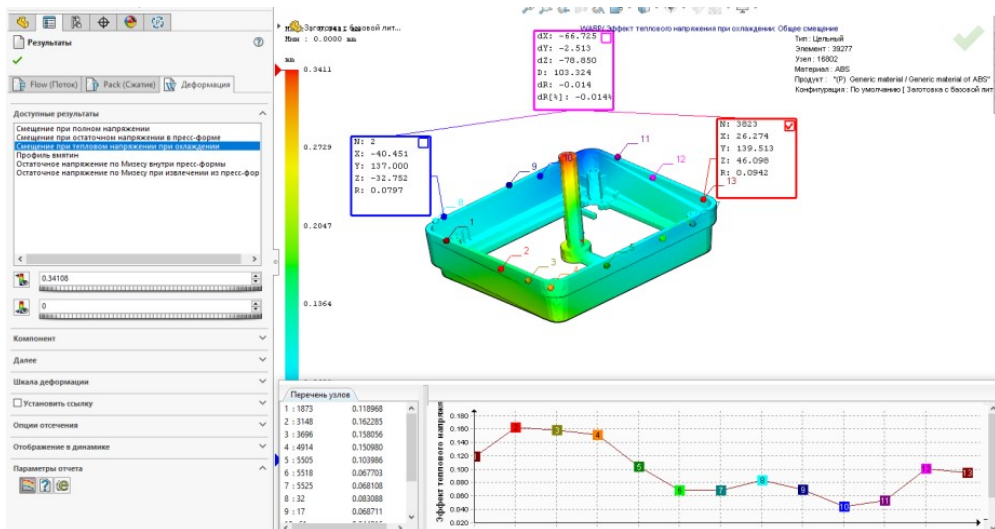


Рис.5.Эюра смещение при тепловом напряжении при охлаждении

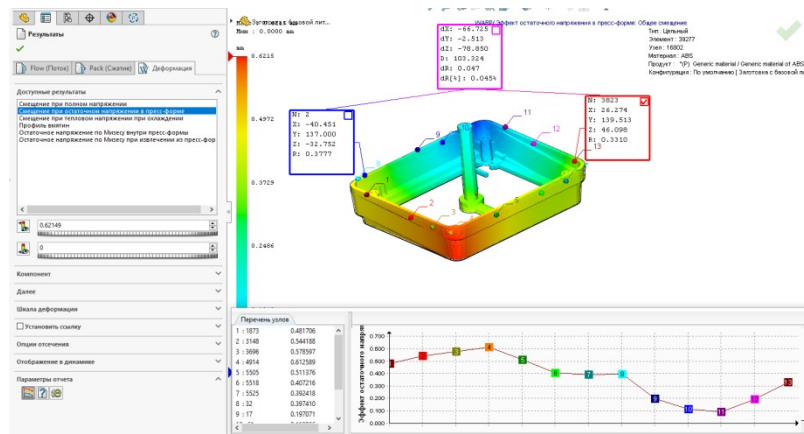


Рис.6. Эпюра «Смещение при остаточном напряжении в пресс-форме»

В результате исследования литья полимерного материала детали «Корпус» с базовой односторонней литниковой системой в программном обеспечении SolidWorksPlastics можно сделать следующие выводы:

- 1) для успешного заполнения детали требуется давление впрыскивания 58.9 МПа. Требуемое давление впрыскивания больше 90% от максимального давления впрыскивания, установленного для используемого технологического оборудования, что с большой вероятностью может вызвать проблемы при заполнении и сжатии в формовочной машине;
- 2) коробление детали при остывании в пресс-форме в максимальном значении равно 0,62 мм;
- 3) коробление детали при полном остывании равно 0,34 мм;
- 4) оформление стенки детали «Корпус», которая находится с другой стороны впрыска расплавленного полимерного материала представляет сложность.

Для исключения брака при литье требуется модернизация литниковой системы пресс-формы. Предлагается добавить дополнительную точку впрыска, (рис.7). Представлена пресс-форма с двумя точками инъекции на четырех внутренних гранях и метод конечных элементов. Сгенерирована сетка КЭ с размером ячейки 2 мм. Общее время заполнения пресс-формы составило 2,09 с. Эпюра «Простота заполнения пресс-формы» показала сложные участки, рекомендовано добавить дополнительные литники.

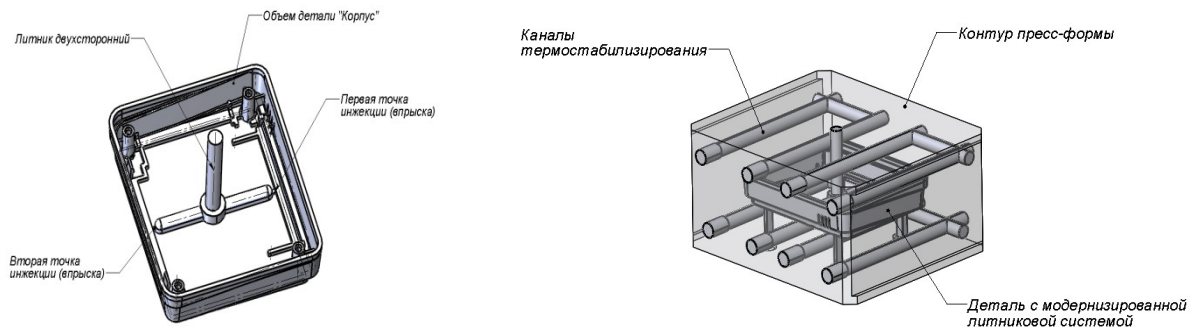


Рис.7. Конструкция и расчетная модель пресс-формы с модернизированной литниковой системой

Результаты расчетов для модернизированной модели литниковой системы пресс-формы – с двумя точками впрыска, представлены на (рис.8–10).

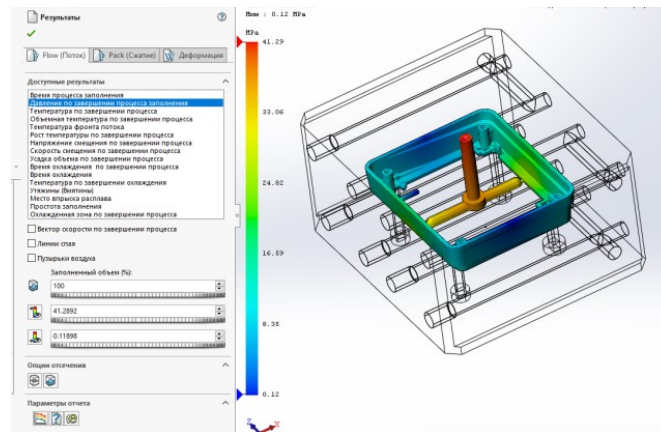


Рис.8. Диаграмма давления

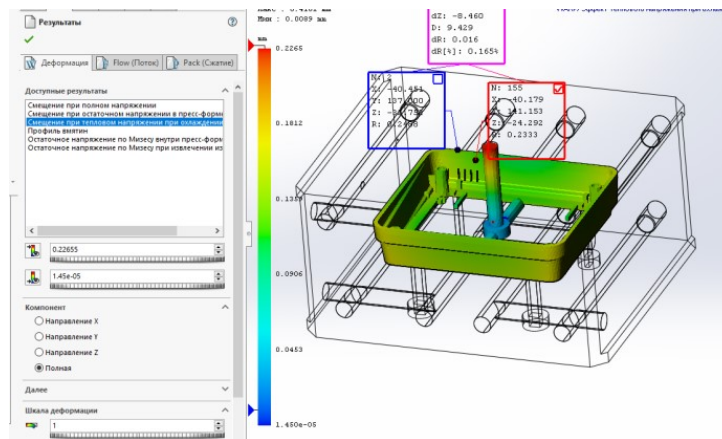


Рис.9.Эпюра смещение при тепловом напряжении при охлаждении

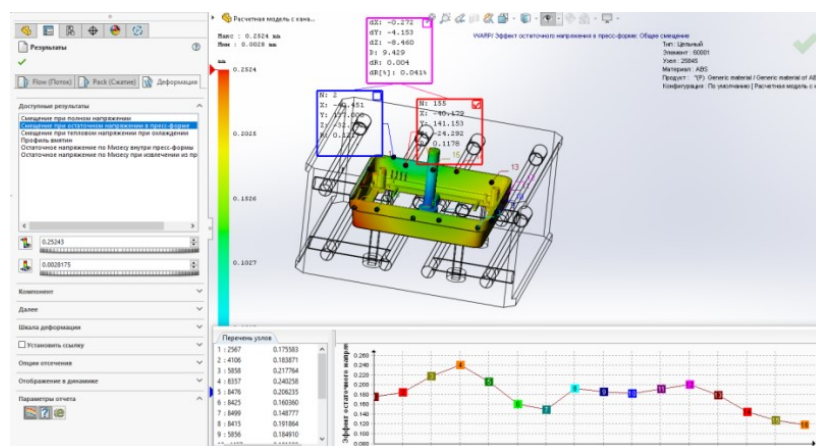


Рис.10.Эпюра «Смещение при остаточном напряжении в пресс-форме

Анализ расчетов показал, что для успешного заполнения детали требуется давление впрыскивания 41,3 МПа. Требуемое для заполнения давление инъекции составит более 66%, но менее 90% от максимального

давления инъекции, указанного для технологического оборудования. Требуемое давление инъекции в допустимом диапазоне, 68,82% от максимального давления инъекции, однако в случае дополнительных потерь давления в системе литников форм и в литьевой машине, необходимо принять меры для снижения давления, необходимого для заполнения.

Коробление детали при остывании в пресс-форме в максимальном значении равно 0,25 мм. Снижение смещения по сравнению с базовым вариантом в 2,48 раза.

Коробление детали при полном остывании равно 0,23 мм. Уменьшение по сравнению с 0,34 мм в базовом варианте на 32%.

Величина внутреннего напряжения в детали «Корпус» равна 21МПа. По сравнению с 32 МПа в базовом варианте произошло снижение на 35%.

Для модернизации конструкции имеющейся пресс-формы разработана технологическая операция - электроэрозионная. Разработана управляющая программа для изготовления второй точки инъекции в пресс-форме, (рис.11).

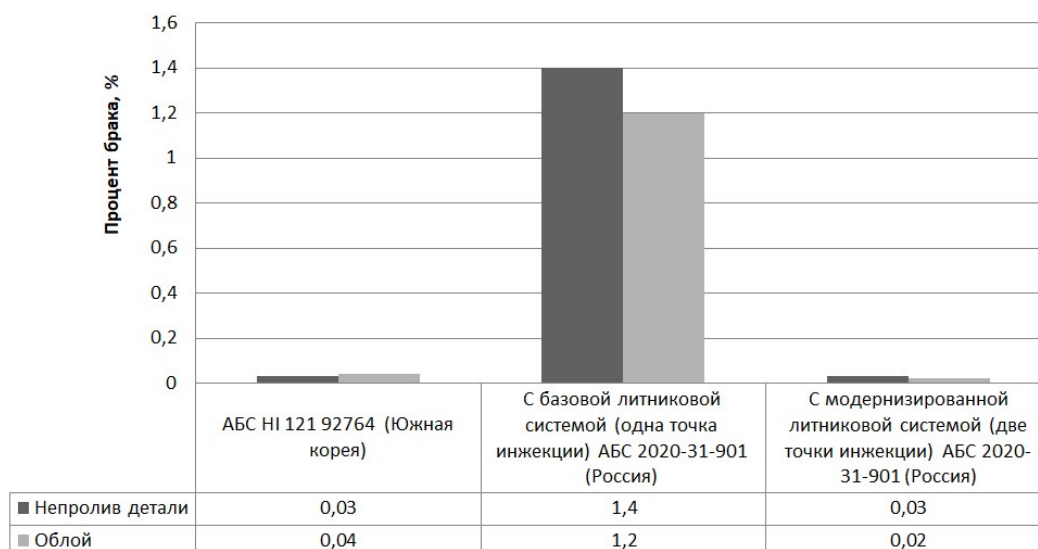


```
O0001
N10 G90
N20 G92 X0. Y0.
N30 S101 D1
N40 G0 X-2.211 Y-1.48
N50 M00
N60 G1 G41 X-2. Y-1.933
N70 G1 X0. Y-1.
N80 G1 X2. Y-1.933
N90 G1 G40 X2.211 Y-1.48
N100 M00
N110 G0 X0. Y0.
N120 M00
N130 M30
```

Рис.11. Фрагмент программы электроэрозионной обработки пресс-формы

При модернизации литниковой системы пресс-формы для изготовления детали «Корпус» удалось снизить уровень брака при замене материала с АБС HI 121 92764 (LGChem, LTD, Южная Корея) на пластик АБС 2020-31-901 (черный) ТУ 2214-019-00203521-96 (Россия) с 1,2...1,4% до 0,02...0,03%. Данный уровень брака сопоставим с уровнем брака при использовании материала с АБС HI 121 92764 (LGChem, LTD, Южная Корея) (рис.12).

В результате выполненного моделирования обеспечено требуемое качество получаемой детали. Замена материала на отечественный аналог при небольшой модернизации имеющихся пресс-форм позволила выполнять процесс литья детали «Корпус» со снижением уровня брака. Стоимость отечественных материалов позволила снизить себестоимость детали.



**Рис.11. Сравнительные данные о снижении брака при изготовлении по предлагаемой технологии**

### ***Библиографический список***

1. Горелов, С. Н. Комплексное применение САПР при подготовке студентов технических специальностей [Электронный ресурс] / С. Н. Горелов, А. В. Попов, И. В. Руднев // Вызовы XXI века и образование : материалы всерос. науч.практ. конф., 3-8 февраля 2019 г. /Оренбург. гос. ун-т. -Оренбург : ГОУ ОГУ, 2019. – [Секция 13, с. 27-34]. –1 электрон.опт. диск (CD-ROM). – Загл. с этикетки диска.– ISBN 5 – 7410 – 0650 – 7.
2. Платонов А.В. Оптимизация технологических параметров изготовления деталей(отливок) из термопластов с использованием программы MOLDFLOWINSIGHT /А.В.Платонов, Т.В.Рябикина, О.Н.Старостина, К.А.Щеглетов, Е.С.Коршунов, С.Н. Гришин // Кузнечно–штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2022. – №8.- с.9-15
3. Кошелев А.В. Оптимизация конструкции зажимного станочного устройства на основе использования комплектов сборно-разборных приспособлений и численного метода моделирования (часть 2) /А.В.Кошелев, А.В.Платонов, Т.В.Рябикина, О.В.Лещева, О.Н.Старостина, И.П.Клоков//Кузнечно–штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2023. – №2.-с.21-28

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ДЕТАЛИ «ПЛАСТИНА» С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ШТАМПОВКИ

*А.В. Шокурова<sup>1</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского  
государственного технического университета

им. Р.Е. Алексеева, магистрант; Россия, Нижегородская обл.,

г. Арзамас; [albina.miryukova@yandex.ru](mailto:albina.miryukova@yandex.ru)

Научные руководители: Рябикина Т.В., к.т.н., доцент,

[tanya.ryabikina@yandex.ru](mailto:tanya.ryabikina@yandex.ru);

Старостина О.Н., старший преподаватель, [olgstarostin@yandex.ru](mailto:olgstarostin@yandex.ru)

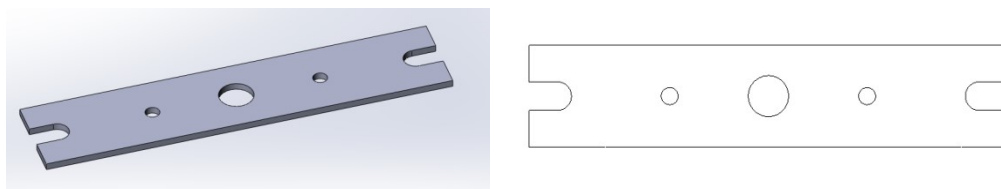
*В статье представлены особенности проектирования детали «пластина» на гибочном штампе прессы chinfont 25. Определены точные габариты развертки с экспериментально определенным значением к-фактора для металла заданной толщины и партии. Предложена технология формообразования с исключением ручной подгонки на листогибочном оборудовании.*

***Ключевые слова:** конструкция штампа, гибка, напряжения, перемещения, статический анализ, моделирование.*

Обработка давлением это не только придание заготовке определённой формы и размеров, но также и получение нужной величины показателей механических, физико-химических и иных свойств металла или сплава деталей машин, элементов сооружений и т.д.

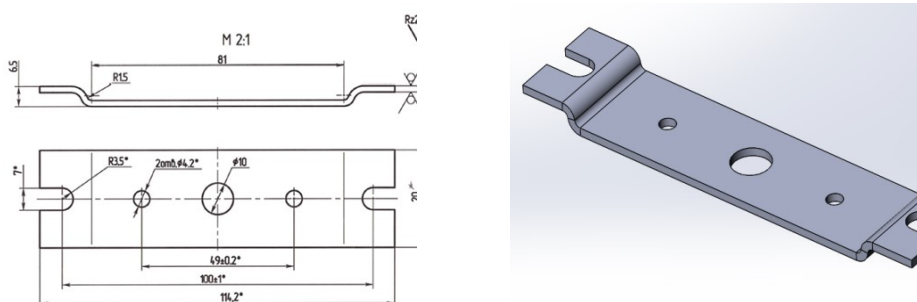
Приоритетное развитие обработки металлов давлением объясняется высокой производительностью её основных процессов, улучшением свойств и структуры, качества поверхности и точности размеров изделий после пластической деформации. Не менее важным является ресурсосберегающий характер способов обработки давлением, то есть значительное сокращение потерь металла в процессе производства по сравнению с другими видами обработки металлов.

Деталь «Пластина» представляет собой пространственно согнутую конструкцию из листового металла толщиной 2 мм. Материал детали – сталь 10 ГОСТ 1050-2013, может деформироваться в процессах штамповки, поковки и обеспечивать весьма длительный срок службы. Для изготовления детали в базовом варианте технологического процесса требуется выполнение двух технологических операций – лазерная резка и листогибочная операция. Для лазерной резки детали «Пластина» используется DXF контур (рис.1).



**Рис.1. Развертка и DXF контур детали «Пластина»**

В базовом технологическом процессе для операции формования использовался листогибочный станок. Штучное время технологической операции гибки (не считая лазерную резку заготовки) – 3,7 минуты, чертеж детали и ее трехмерная модель представлены на (рис.2).

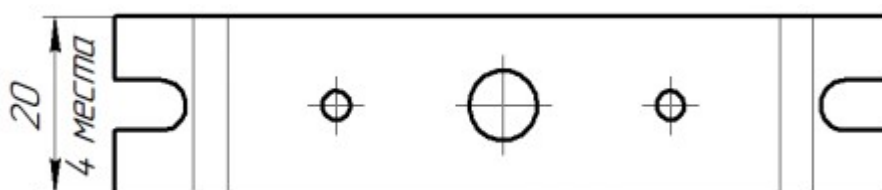


**Рис.2. Чертеж и 3D модель детали «Пластина»**

Для увеличения программы выпуска детали «Пластина» требуется разработка иной технологии формообразования с исключением ручной подгонки на листогибочном оборудовании.

Решением является использование гибочного штампа, который позволил бы за одно смыкание произвести формование детали «Пластина» с высокой степенью повторяемости. Единственной проблемой использования штамповочной оснастки является определение точных габаритов развертки с экспериментально определенным значением К-фактора для металла заданной толщины и партии.

Усилие должно быть достаточным, но не избыточным и определяется исходя из: суммарной длины линии гибки, толщины металла, предела прочности материала. На (рис.3) показаны места изгиба, исходя из размеров детали, суммарная длина составит 80 мм. Коэффициент гибки определяется отношением радиуса гибки 1,5мм к толщине «Пластины», 2 мм, и составит 0,75.



**Рис.3. Определение суммарной длины гибки**

С учетом исходных данных усилие гибки штампа второй очереди составит 117000 Н.

Radbend - автономное CAD/CAM-решение для обработки листового металла в SolidWorks, являющееся лидером в своем классе. В основе Radbend лежат алгоритмы, автоматизирующие расчеты и исключают необходимость ручного вмешательства. Моделирование гибки происходит с учетом реальных технологических параметров, после чего система автоматически корректирует размеры для обеспечения высокой точности. Полученная скорректированная геометрия используется в модуле Radan3D для создания развертки, что гарантирует соответствие готового изделия заданным требованиям и корректность обработки с первой итерации.

С целью разработки элементов штамповой оснастки и усилия гибки разработан упрощенный вариант элементов штамповой оснастки «Матрица», «Пуансон», (рис.3) из материалов ХВГ ГОСТ 5950-2000.

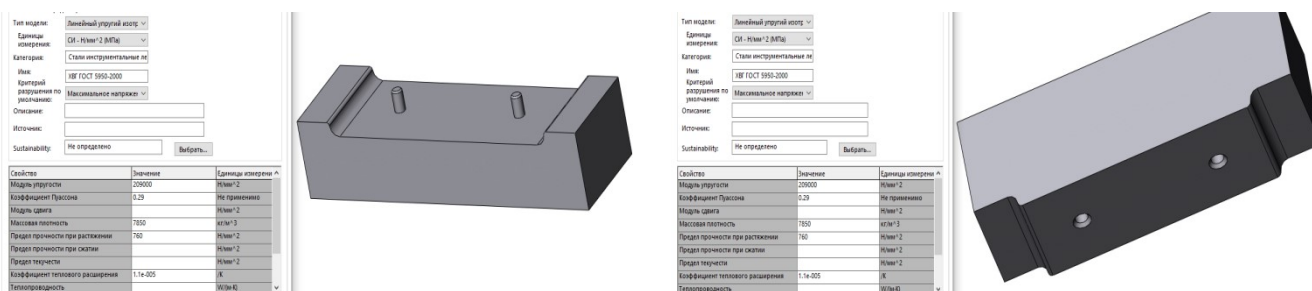


Рис.3. «Матрица» и «Пуансон»

Для проведения статического исследования по формообразованию на разработанные элементы назначены соответствующие контакты и граничные условия, (рис 4, рис.5).

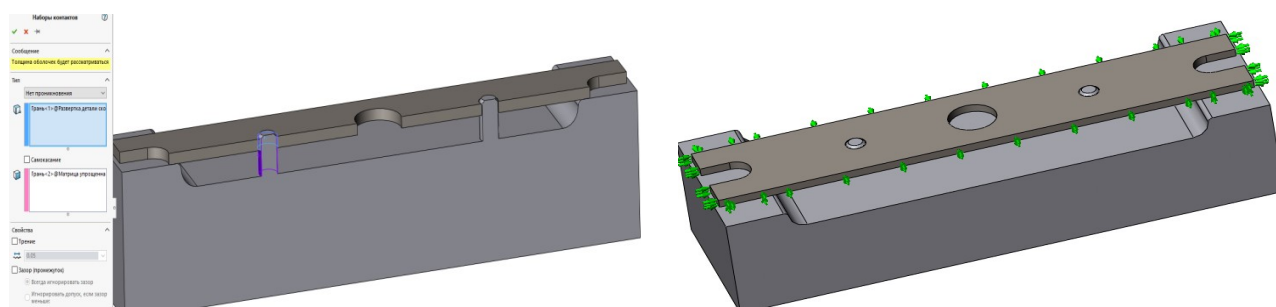


Рис.4. Скольжение по направляющим штифтам и ограничение скольжения «Пластины»

Приложив нагрузку 117000Н к пуансону, получили следующие результаты (рис. 7,8). По диаграмме напряжений видно, что на пластине в зоне её контакта с пуансоном и матрицей возникают высокие напряжения 7700 МПа, то есть возникают пластические деформации. Однако перемещение пуансона

составило всего лишь 0,3 мм, а средняя часть пластины переместилась на 1,3 мм [2,4].

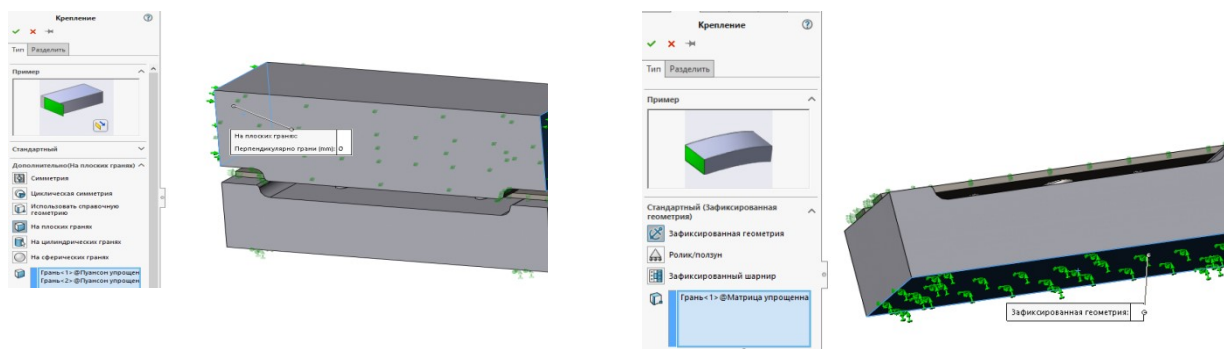


Рис.5. Задание строго вертикального движения пуансона и фиксации матрицы

В результате получена конечно-элементная модель (рис.6).

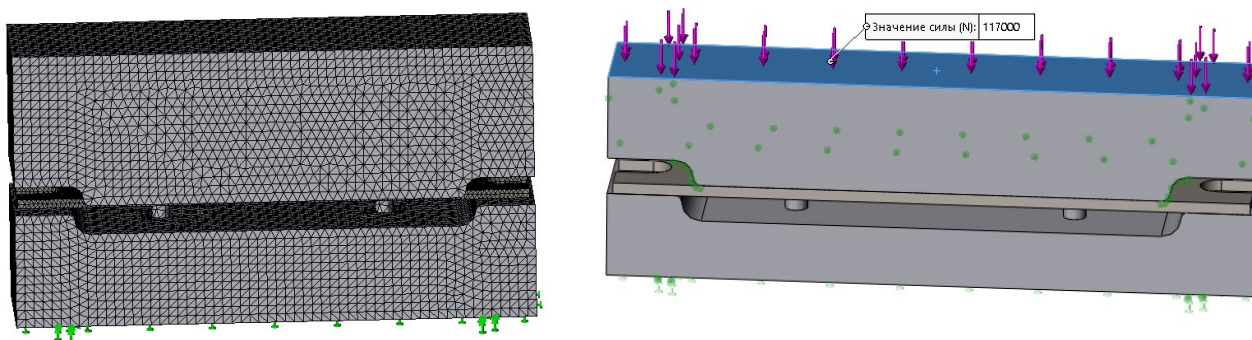


Рис.6. Сетка конечных элементов и приложение усилия гибки

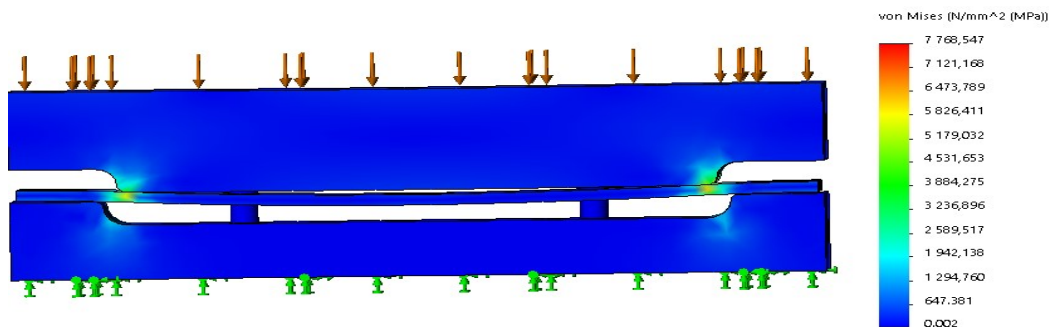


Рис.7. Диаграмма напряжений

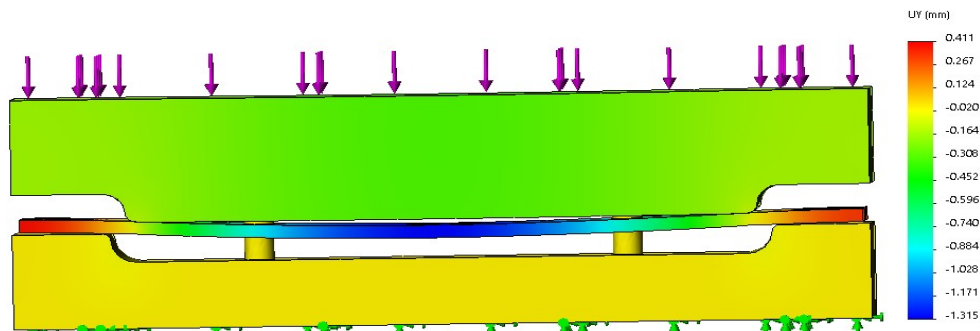


Рис. 8. Диаграмма перемещений

Дальнейшее увеличение нагрузки приводило к пропорциональному росту напряжений и перемещений, что свидетельствует о том, что решение осуществляется с учетом закона Гука, а так как величина напряжений выше предела текучести, то решение должно происходить с учетом нелинейности.

В связи с получением с высокой вероятностью недостоверных результатов расчета предыдущего анализа, который был выполнен в линейной постановке задачи, создано новое исследование нелинейного статического анализа.

Здесь задача решалась от обратного, то есть задавался рабочий ход пуансона на 4,5 мм (рис. 9), который автоматически разбивался на шаги решения.

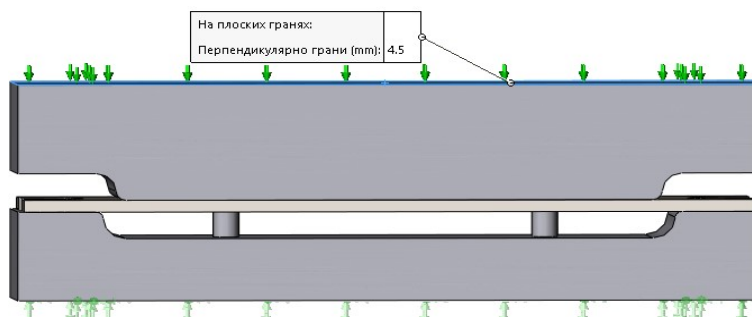


Рис.9. Задание рабочего хода пуансона

В результате получены диаграммы напряжений и перемещений (рис.10,11).

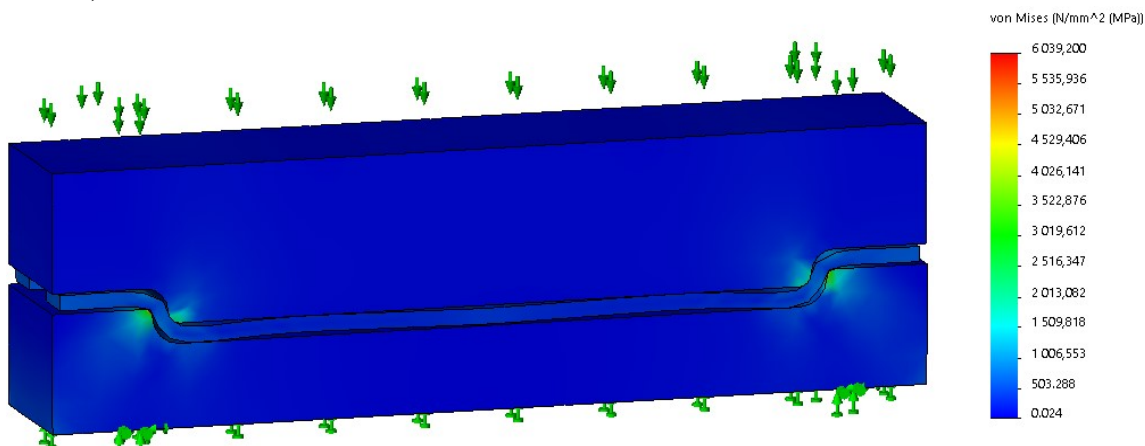


Рис.10. Диаграмма напряжений

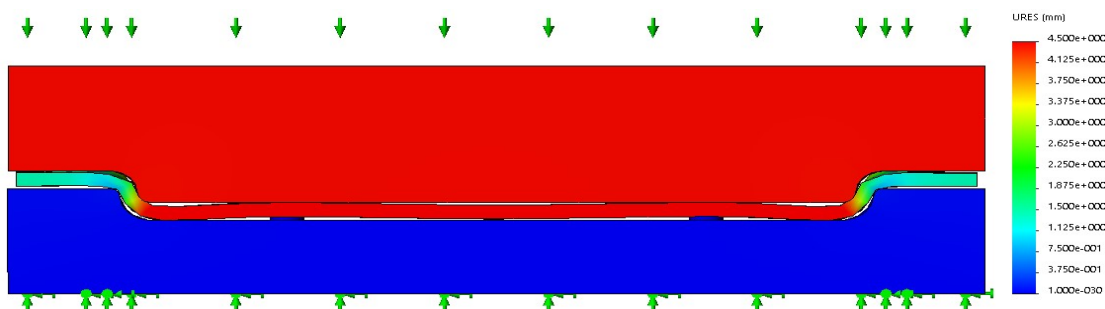


Рис.11. Диаграмма перемещений

Видно, что вертикальные перемещения пуансона и пластины равны и составляют 4,5 мм, что соответствует величине зазора в стартовом положении. Величина напряжений более 6000 МПа говорит о наличии высокой степени деформации в зоне гибки.

На рис. 12 представлена эпюра реакции пуансона, которая составляет 65952 Н., а на рис. 13 представлен график зависимости этой силы реакции на пуансоне. Значение этой реакции мы принимаем в качестве усилия гибки и проводим нелинейный анализ, но уже с учетом того, что на пуансон действует вертикальная сила 65950 Н.

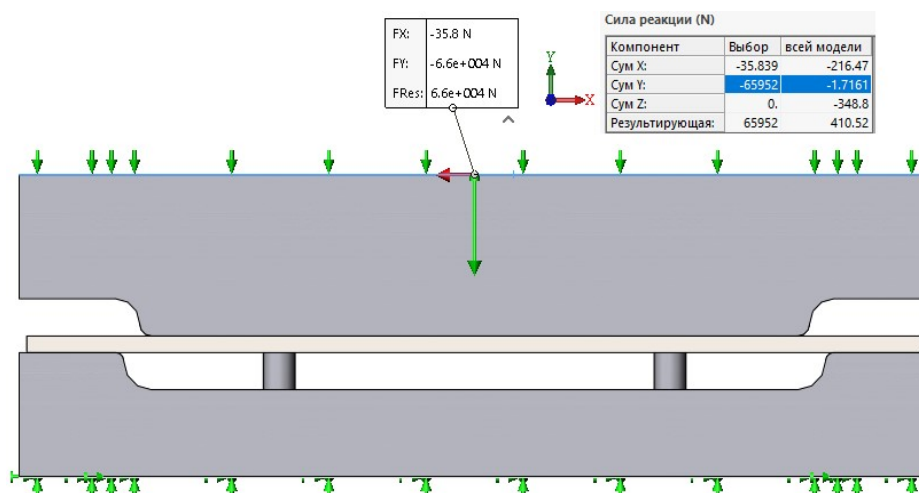


Рис.12. Сила реакции на пуансоне (65952 Н)

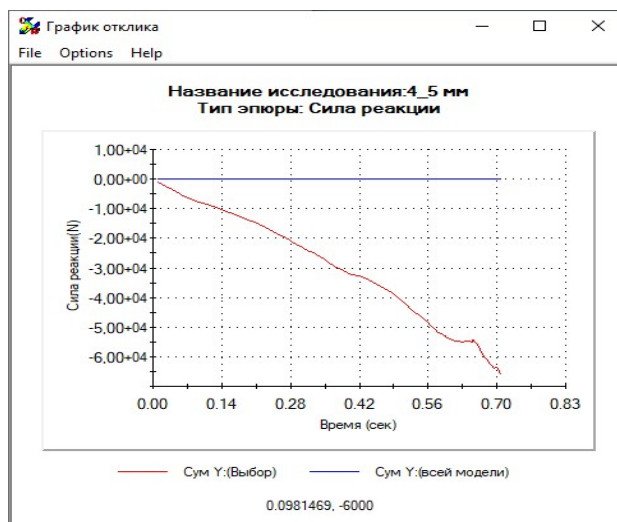


Рис.13. График силы реакции

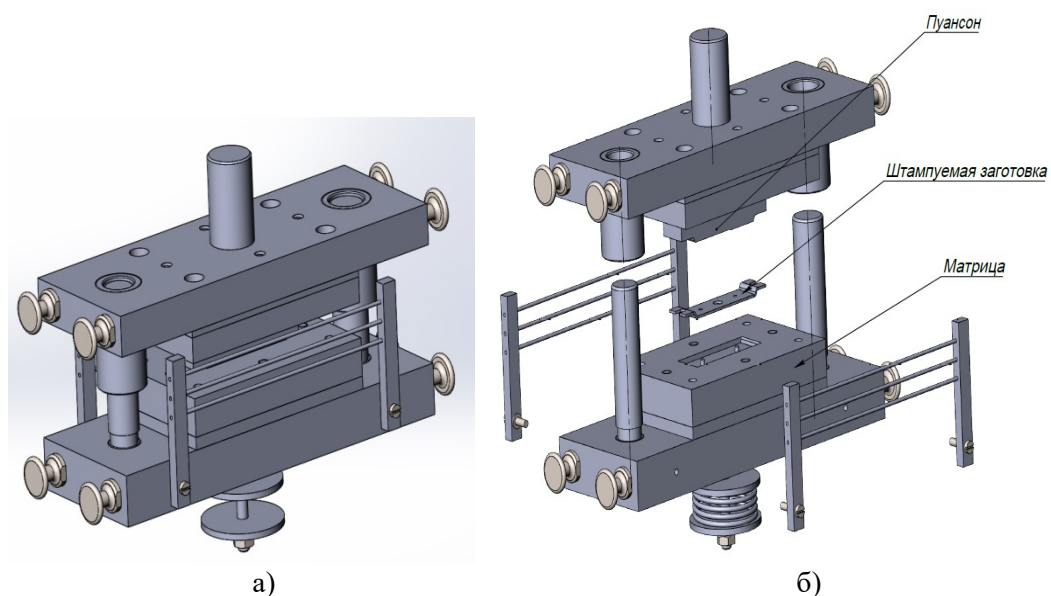
Выполнив анализ, получаем аналогичные результаты. Рабочий ход пуансона составил величину зазора, величина напряжений высокая. Соответственно минимальное усилие гибки должно составлять не менее 66000 Н [1,3].

На основе полученных результатов и учитывая, что на предприятии имеется универсальный однокривошипный пресс CHINFONG 25 для операции штамповочная выбирается данная марка прессы (рис.14).



**Рис.14. Универсальный однокривошипный пресс CHINFONG 25 (номинальное усилие 25 тонн)**

На данный пресс разработан штамп, представленный на рис. 15.



**Рис.15. Твердотельная модель штампа для гибки детали «Пластина» (а), в разнесенном виде (б)**

Методика нелинейного анализа пластического деформирования может быть использована для оценки геометрии формообразования будущей детали и определения/подбора необходимого усилия гибки.

## *Библиографический список*

1. Пестрецов, С.И. CALS-технологии в машиностроении: основы работы в CAD/CAE-системах : учебное пособие / С.И. Пестрецов. – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 104 с.
2. Иванов, С.А. Проектирование и оптимизация конструкций машин и оборудования: учебник для вузов / С.А. Иванов, А. В. Нефедов, Н. А. Чиченев, – Новотроицк: НФ НИТУ «МИСиС», 2014. – 200 с.
3. Рябикина, Т. В. Анализ напряженно-деформированного состояния детали "вкладыш" методом конечно-элементного моделирования с целью обеспечения гарантированного запаса прочности / Т. В. Рябикина, Е. В. Глеков, О. Н. Старостина // Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса России: история, реальность, инновации: Сборник статей по материалам X Всероссийской научно-практической конференции, Арзамас, 16–17 апреля 2024 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2024. – С. 162-168. – EDN QQLEGU.
4. Оптимизация конструкции зажимного станочного приспособления на основе использования комплектов сборно-разборных приспособлений и численного метода моделирования (Часть 1) / А. В. Кошелев, А. В. Платонов, Т. В. Рябикина [и др.] // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2023. – № 1. – С. 30-38. – EDN KWZOYP.

УДК 681.2, 681.3

**АНАЛИЗ БЮДЖЕТНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ  
НА ВОЗМОЖНОСТЬ ВСТРАИВАНИЯ В ЧПУ СТАНКИ**

*М.П. Воробьев<sup>1</sup>, В.В.Шергин<sup>2</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского  
государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,

<sup>1</sup>студент, <sup>2</sup>студент

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

e-mail:matvejvorobev255@gmail.com,vad.shergin@yandex.ru

Научный руководитель: Гайнов.С.И, старший преподаватель,

e-mail:serazhsoft@gmail.com

*В статье проводится сравнительный анализ бюджетных микроконтроллеров для использования в системах числового программного управления трехкоординатными станками. Микроконтроллер определяется как интегральная схема, предназначенная для управления электронными устройствами, представляющая собой однокристалльный компьютер, содержащий процессор, память и периферийные устройства. Исследуются технические характеристики, производительность и стоимость популярных платформ Arduino, STM32 и ESP32. Определены оптимальные решения для управления тремя осями с учетом требований по точности и надежности.*

***Ключевые слова:** микроконтроллер; ЧПУ; трехосевая система; бюджетное решение; шаговые двигатели.*

Актуальность исследования обусловлена растущим спросом на недорогие решения для автоматизации производственных процессов в условиях малых предприятий и образовательных учреждений. Современные микроконтроллеры предлагают достаточную вычислительную мощность для реализации систем ЧПУ начального уровня.

Для трехосевой системы управления станком критическими параметрами являются: количество выводов для управления шаговыми двигателями, быстродействие обработки прерываний, наличие аппаратной ШИМ и интерфейсов связи.

На основе данных можно выделить следующие преимущества и недостатки каждой платформы применительно к задачам ЧПУ.

1. Модуль ArduinoUno (рис.1).

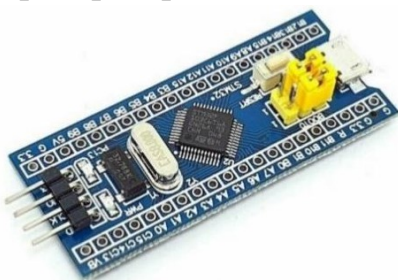


**Рис. 1. Модуль контроллера ArduinoUno**

Преимущества: Высокая простота освоения и программирования; огромное сообщество и множество готовых библиотек, включая специализированные прошивки для ЧПУ (например, Grbl); стабильность и предсказуемость работы. Недостатки: Низкая тактовая частота и ограниченные вычислительные ресурсы; малое количество аппаратных прерываний, что может приводить к потере шагов на высоких скоростях; отсутствие аппаратной поддержки STEP/DIR, увеличивающего нагрузку на процессор [1].

### 2. Модуль STM32F103 (рис.2).

Преимущества: Оптимальное соотношение цены и производительности; высокая тактовая частота; большое количество таймеров и аппаратных прерываний; наличие аппаратной поддержки STEP/DIR, что критически важно для надежного управления; низкое энергопотребление. Недостатки: Более сложное программирование по сравнению с Arduino, требующее работы со средами разработки (STM32CubeIDE, PlatformIO) и знания низкоуровневых библиотек (HAL, LL); менее распространенные готовые решения для ЧПУ[2].



**Рис. 2. Модуль контроллера STM32F103**

### 3. МодульESP32 (рис.3).

Преимущества: наивысшая производительность среди рассматриваемых; большое количество периферии, включая встроенные модули Wi-Fi и Bluetooth, обеспечивающие удаленное управление и мониторинг; максимальное количество аппаратных прерываний и ШИМ-каналов. Недостатки: наивысшая стоимость; повышенное энергопотребление; наличие беспроводных модулей может вносить дополнительные помехи в систему и требует более сложной организации при работе в режиме реального времени [3].



**Рис. 3. Модуль контроллера ESP32**

На основе проведенного анализа установлено, что микроконтроллер STM32F103 представляет оптимальное соотношение цены и функциональности для трехосевой системы ЧПУ. Его преимущества включают: аппаратную поддержку протокола STEP/DIR, достаточное количество таймеров для одновременного управления тремя осями и низкую стоимость (табл. 1).

**Таблица 1**

**Сравнительный анализ характеристик микроконтроллеров для систем ЧПУ**

Параметр	ArduinoUno	STM32F103	ESP32
Стоимость, руб.	450	350	550
Тактовая частота, МГц	16	72	240
Выводы для ШИМ	6	15	16
Аппаратные прерывания	2	16	32
Поддержка STEP/DIR	Программная	Аппаратная	Аппаратная

Таким образом, разработка бюджетной трехосевой системы ЧПУ возможна при использовании современных микроконтроллеров стоимостью не более 1000 рублей (без учета прочих комплектующих механики и двигателей).

*Рекомендации по выбору*

1. Для образовательных целей-ArduinoUno+CNCShield (общая стоимость ~1200 руб.). Данная комплектация обеспечивает минимальный порог начальной разработки, простоту программирования, обширную базу готовых учебных материалов.

2. Для производственных задач- STM32F103+собственный драйвер (общая стоимость ~900 руб.). Комплектация обеспечивает высокую надежность, аппаратное управление шаговыми двигателями, лучшее быстродействие и оптимальную стоимость.

3. Для сетевых решений и сложных систем- ESP32 + Ethernet/Wi-Fi модуль (общая стоимость ~1500 руб.). Комплектация обеспечивает выбор в

пользу максимальной производительности и необходимости реализации функций удаленного управления.

При расширении парка станков и переходе от единичных прототипов к серийному внедрению ключевыми факторами выбора становятся не только первоначальная стоимость, но и общая стоимость эксплуатации, надежность, ремонтпригодность и унификация:

1) STM32F103 остается наиболее сбалансированным решением для крупносерийного развертывания. Низкая стоимость компонента, стабильность аппаратной платформы и возможность создания специализированных, оптимизированных плат управления делают его идеальным кандидатом. Производственный процесс можно стандартизировать, разработав единую печатную плату с распаянным STM32F103, что снизит затраты на сборку и упростит логистику. Однако при этом необходимо инвестировать в создание собственной программной платформы и обеспечить компетенции для ее поддержки;

2) ESP32 становится стратегическим выбором для построения «умной» распределенной производственной линии. Если стоит задача не просто масштабировать количество станков, но и интегрировать их в единую систему управления цехом (MES), собирать данные телеметрии в реальном времени, реализовать удаленный мониторинг и *predictivemaintenance*, то встроенные сетевые возможности ESP32 нивелируют его более высокую стоимость. В этом случае затраты на микроконтроллер окупаются за счет снижения затрат на организацию дополнительной сетевой инфраструктуры и автоматизации процессов сбора данных;

3) ArduinoUno, при масштабировании, теряет свою актуальность для производственных задач. Высокая стоимость готовых плат, ограниченная производительность и отсутствие аппаратной надежности в управлении шаговыми двигателями делают ее экономически нецелесообразной и потенциально ненадежной в условиях интенсивной эксплуатации на множестве станков.

Таким образом, для расширения производства, ориентированного на массовое выполнение однотипных операций, оптимален STM32F103. Для создания гибкой, цифровизированной и онлайн-среды предпочтение следует отдать ESP32.

### ***Библиографический список***

1. Arduinouno сайт. URL: <https://habr.com/ru/companies/ruvds/articles/>
2. STM32F103 сайт. URL: <https://habr.com/ru/articles/>
3. ESP 32 сайт. URL: <https://habr.com/ru/companies/ruvds/articles/>

## ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

*С.Д. Галиаскарова*

Уфимский университет науки и технологий,  
Институт электротехнического инжиниринга, учащийся  
Российская федерация, 450076, г. Уфа, ул.ЗакиВалиди, 32;  
e-mail: s.galiaskarova@mail.ru

Научный руководитель: Мезенцева А.А.

*Информационно-измерительные технологии (ИИС) представляют собой отдельный класс информационных технологий, ключевое отличие которых заключается в реализации уникальных операций, присущий исключительной измерительной деятельности. Актуальность развития ИИС мы можем видеть на примере различных производств, которые внедряют информационно-измерительные технологии.*

*Ключевые слова:* Информационно-измерительные системы, приборостроение, структурный этап, функциональный этап.

В ключевые операции ИИС входят:

- 1) первичное получение данных. Осуществляется с помощью взаимодействия сенсоров с объектом измерения для сбора исходной измерительной информации;
- 2) трансформация данных. Гарантированное точное преобразование измерительных данных согласно установленным алгоритмам;
- 3) метрологическое обеспечение. Сопоставление измерительных сигналов с стандартными единицами измерения, включая оценку и представление характеристик неопределенности результатов измерений.

В теории информационно-измерительных системы выделяются два главных определения.

Структурный этап предлагает нам рассмотреть измерительную систему, как технический комплекс, объединяющий в себя такие компоненты как: измерительные приборы, измерительные преобразователи и прочие вспомогательные технические средства. Данные компоненты как бы распределены по объекту, установлены в различных точках. Основная задача этого комплекса — это измерение одной или нескольких физических величин, и формирование соответствующих измерительных сигналов для дальнейшего использования. Пример такой измерительной системы мы можем наблюдать на теплоэлектростанции (ТЭС). В ней интегрируются десятки измерительных

каналов, собирающих с разных энергоблоков станции данные о параметрах температуры, давления и т.д. Характеризуется интеграцией вычислительной техники в состав измерительных систем. Это помогает формировать систему с гибкой структурой, способной адаптироваться.

Функциональный этап представляет собой измерительную систему, как функциональный объединенный комплекс взаимосвязанных средств измерений и вспомогательных технических устройств или по-другому компонентов системы. Компоненты образуют измерительные каналы, предназначенные для создания процесса измерений. Главная задача системы — это автоматизированное получение результатов измерений, физических величин, которые характеризуют объект измерений.

Сравнительные характеристика этапов

Параметр	Структурный этап	Функциональный этап
Основная характеристика	Интеграция вычислительной техники	Расширение функциональных возможностей
Гибкость системы	Ограниченная	Высокая, адаптивная
Способность к принятию решений	Отсутствует или ограничена	Высокая, на основе алгоритмов ИИ
Примеры систем	Автоматизированные измерительные установки	Интеллектуальные измерительные комплексы

Структура измерительных каналов и их практическая реализация с помощью ИИС.

Измерительный канал является наиболее крупной структурной единицей ИИС, для которой стандартизируются метрологические характеристики (МХ). Он формируется как последовательная цепочка средств измерений (СИ), образующих систему. Многоканальными могут быть и сами отдельные средства измерений. Такое соединение СИ, определяемое алгоритмом работы системы, обеспечивает выполнение законченного цикла определения сигнала: от восприятия входного сигнала измеряемой величины до определения, регистрации и представления результата. А также преобразования результата в форму, готовую для передачи и использования вне ИИС. Типовая структура измерительного канала включает в себя такие основные компоненты как: первичный измерительный преобразователь (датчик), аналого-цифровой преобразователь (АЦП), линии связи, процессор, цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП).

Информационно-измерительные технологии продолжают оставаться динамично развивающейся областью современного приборостроения. Теоретический анализ показал, что ИИС представляют собой сложные комплексы, реализующие уникальные измерительные операции и требующие специального метрологического обеспечения.

#### Основные компоненты измерительного канала.

Компонент	Функциональное назначение	Примеры реализации
Первичный преобразователь	Преобразователь величины в электрический сигнал	Термопара, фотоэлемент
АЦП	Преобразование аналогового сигнала в цифровой сигнал	Микросхемы АЦП последовательного приближения
Процессор	Обработка цифровых данных, реализация алгоритмов	Микроконтроллеры, специализированные процессоры
Линии связи	Передача данных между компонентами	RS-485, Ethernet, беспроводные интерфейсы

Практическая реализация системы контроля микроклимата демонстрирует возможности современных ИИС в решении прикладных задач. Дальнейшее развитие информационно-измерительных технологий будет определяться потребностями в создании интеллектуальных измерительных систем, способных адаптироваться к изменяющимся условиям измерений и принимать решения на основе анализа измерительной информации.

Интеграция достижений в области микроэлектроники, вычислительной техники и информационных технологий позволяет создавать принципиально новые измерительные комплексы, обладающие повышенной точностью, надежностью и функциональностью.

#### *Библиографический список*

1. Международная конференция "Современные технологии научного приборостроения и информационно-измерительных систем". Научно-технологический центр уникального приборостроения РАН.
2. Сергеев А.Г., Крохин В.Н. Метрология и измерительная техника. - М.: Логос, 2020. - 408 с.
3. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология. - СПб.: Питер, 2019. - 352 с.
4. ГОСТ 8.437-2010. Государственная система обеспечения единства измерений. Информационно-измерительные системы. Основные положения.
5. Романов В.В. Проектирование информационно-измерительных систем. - М.: Академия, 2021. - 288 с.
6. Олейников Б.А., Рабинович С.Г. Измерительные информационные системы. - М.: Энергоатомиздат, 2018. - 320 с.
7. Ключникова С.Н., Нагаенко А.В. Основы информационно-измерительных технологий в приборостроении: учебное пособие. – Южный федеральный университет, 2022. – 131 с.

## ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦЕХА С ПОМОЩЬЮ ИСТОЧНИКОВ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

*А.А. Галиева<sup>1</sup>*

Уфимский университет науки и технологий,  
Институт электротехнического инжиниринга, <sup>1</sup>студент,  
Россия, Республика Башкортостан, г.Уфа;  
e-mail: alinka-malinka.a.01@mail.ru;

Научный руководитель: ПашалиД.Ю., канд. техн. наук; доцент,  
e-mail: dipashali@mail.ru

*В статье актуализирована проблематика обеспечения бесперебойного энергоснабжения промышленных предприятий с помощью альтернативных источников энергии, с сохранением эффективности и снижения расходов. Рассмотрен пример реализации системы резервного энергоснабжения на основе производственного цеха с применением генераторного ветроагрегата серии ВЭУ. Предложена конструкция ветроагрегата.*

**Ключевые слова:** ветроэнергетическая установка; возобновляемая энергия.

Проблема достаточного и бесперебойного энергоснабжения в мировой энергетике в настоящее время становится все более актуальной: потребление энергии неуклонно растет, а запасы топлива, на использовании которого основывается традиционная тепло- и электроэнергетика, ограничены и неуклонно уменьшаются.

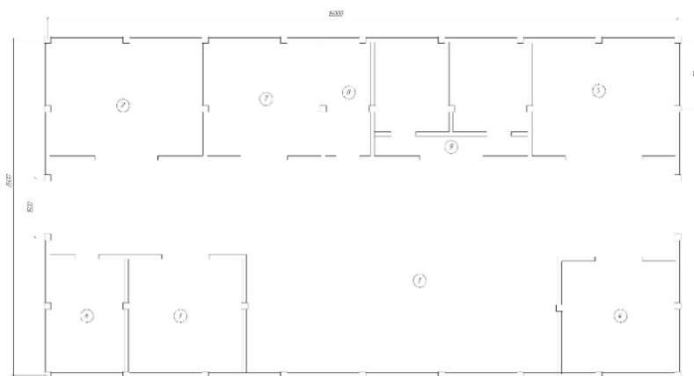
Основное преимущество возобновляемых источников энергии перед другими источниками – их экологичность, широкая распространенность и потенциальная неисчерпаемость. Наиболее перспективными с данной точки зрения являются ветроэнергетические установки.

Ветроэнергетическая установка (ВЭУ) преобразует энергию ветра в механическую или электрическую энергию, удобную для практического использования[1].

Рассмотрим энергообеспечение с помощью ВЭУ одноэтажного производственного цеха, планировки представленной на рис.1.

Электроснабжение осуществляется по воздушной линии 0,38 кВ от комплектной трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ. Отопление и горячее водоснабжение производится от собственных автономных котельных установок. Для отопления цеха применяется местная система отопления с установкой пеллетного котла. Теплоперенос в системе отопления осуществляется водяным теплоносителем. Циркуляция теплоносителя –

принудительная. Тепловой режим здания – постоянный. Система теплоснабжения двухконтурная на ГВС.



**Рис. 1. Схематический план помещений производственного цеха:**  
1 – промпомещение; 2 – котельная; 3 – склад сырья; 4 – склад продукции;  
5 – техпомещение; 6 – офис; 7 – раздевалка; 8 – туалет; 9 – душевые

Водоснабжение и водоотведение осуществляется по централизованным системам водоснабжения и канализации соответственно.

По предварительным расчетам, для поддержания оптимальной температуры в помещении необходима тепловая мощность порядка 31,1 кВт.

Так как в районе нет ТЭЦ и используется холодное водоснабжение, то необходима организация автономного теплоснабжения для нужд предприятия, тепловая мощность горячего теплоснабжения по предварительным расчетам составляет порядка 4,01 кВт в сутки.

Для промышленных нужд применяются достаточно мощные ВЭУ. Существуют два основных конструктивных вида таких установок: с вертикальной и горизонтальной осью вращения.

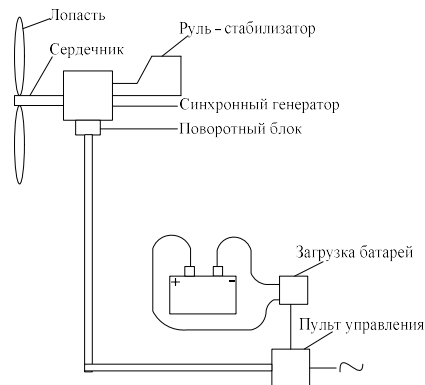
ВЭУ включает следующие основные подсистемы и узлы (рис.2):

а) аэродинамические лопасти, преобразующие энергию ветра в энергию вращения вала генератора;

б) синхронный генератор безколлекторного типа, с несколькими полюсами и постоянными магнитами возбуждения

в) корпус и руль-стабилизатор. Синхронный генератор смонтирован в герметичный корпус, защищающий его от атмосферных воздействий (дождя, пыли). Корпус генератора закреплён на мачте (опоре) посредством поворотного блока, который обеспечивает устойчивое направление «к ветру» благодаря рулю-стабилизатору;

г) пульт управления позволяет контролировать параметры работы ветрового генератора и производимой электроэнергии. Батарея блока стабилизации компенсирует «провалы» генерируемой мощности при колебаниях величины ветрового потока.

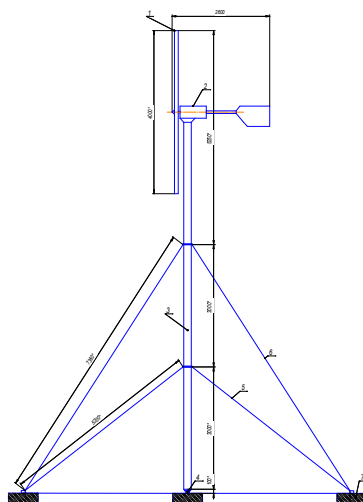


**Рис. 2. Конструктивная схема ВЭУ с синхронным генератором**

Для более эффективной работы энергоустановки при низких ветровых нагрузках рекомендуется совмещать использование ветрогенераторной установки с блоком солнечных панелей [2].

Электрический ветроагрегат ВЭУ-40/1500 представляет собой автономный источник энергии, предназначенный для питания производственного цеха (рис. 3).

От ветроколеса 1 через мультипликатор приводится во вращение синхронный генератор 2. Головка агрегата закреплена на трубчатой опоре (мачте) 3 с шарнирной пятой 4. Опора имеет два яруса растяжек 5 и 6. Внутри мачты размещен электрический кабель. Мачта и якоря растяжек закреплены на фундаменте 7.



**Рис. 3. Ветроэлектрический агрегат ВЭУ-3.8/1500-4:**

1 – ветроколесо, 2 – редуктор в сборе с генератором, 3 – мачта, 4 – шарнирная пята, 5, 6 – ярусы растяжек, 7 – фундамент

Мачта представляет собой стальную трубу, состоящую из трех отсеков, соединённых болтами на фланцах. На нижнем отсеке укреплена лебёдка пуска-

остановки. Энергия, выработанная агрегатом, передаётся к электрическому щиту по трёхжильному кабелю.

**Таблица 1**  
**Техническая характеристика ВЭУ-40/1500**

Параметр	Значение	ед. изм.
Диаметр ветроколеса	14	метр
Число лопастей	3	
Частота вращения лопастей на расчётном режиме	186	об/мин
Расчётная (номинальная) мощность ветроколеса	40	кВт
Диапазон рабочих скоростей ветра	3-40	м/сек
Максимальная расчётная скорость ветра	40	м/сек
Расстояние оси ветроколеса от поверхности земли	9	Метр
Вес комплектного агрегата	850	кг

По результатам работы предложена конструктивная схема ветрогенераторной установки с синхронным генератором на постоянных магнитах мощностью 40 кВт в качестве основного компонента, обеспечивающего электроснабжение, с учетом коэффициента запаса.

### ***Библиографический список***

1. Степанов, В. С. Ветроэнергетика : учебное пособие / В. С. Степанов, Н. В. Старикова.— Иркутск: ИРНИТУ, 2018. — 142 с.
2. Третьяков, А. В. Проектирование системы автоматического управления ветроэнергетической установкой: учебное пособие / А. В. Третьяков, О. И. Пискунова. — Дубна: Государственный университет «Дубна», 2022. — 124 с

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ИНЕРЦИАЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО БЛОКА АКСЕЛЕРОМЕТРОВ С ИНФОРМАЦИОННОЙ ИЗБЫТОЧНОСТЬЮ

*О.А. Гоголев<sup>1</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, <sup>1</sup> магистрант  
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас;

e-mail: gogolevoleg2001@mail.ru;

Научный руководитель: Гуськов А.А., к.т.н., доцент, guskov@apinntu.ru

*В статье представлены результаты моделирования работы бесплатформенной инерциальной навигационной системы на базе инерциально-измерительного блока (ИИБ) акселерометров с информационной избыточностью, состоящего из четырех акселерометров, расположенных в неортогональной конфигурации. Показывается преимущество применения взвешенного метода наименьших квадратов с учетом матрицы ковариации шумов в решении задачи навигации. На примере моделирования траектории движения летательного аппарата доказано повышение точности работы неортогонального блока по сравнению с ИИБ классической ортогональной конфигурации.*

**Ключевые слова:** инерциальный измерительный блок, акселерометр, информационная избыточность, взвешенный метод наименьших квадратов, неортогональный блок датчиков, моделирование БИНС.

Для построения традиционных инерциальных измерительных блоков (ИИБ) в составе бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС) используются схемы построения в ортогональной системе координат, которое обеспечивает измерение ускорений по взаимно перпендикулярным осям. Однако внедрение неортогональных блоков акселерометров позволяет достичь значительных преимуществ:

1. В избыточном ИИБ количество датчиков может быть любое (4,5,6,9,12 и т.д.), в классическом (3 акселерометра, 3 гироскопа).

2. Избыточный ИИБ более устойчив к случайному шуму за счет его усреднения, т.к. в ИИБ с информационной избыточностью значение ускорения по каждой оси блока определяется по сигналам всех акселерометров.

3. Избыточность данных позволяет более точно оценивать и корректировать систематические ошибки.

4. В неортогональном блоке возможно выявление отказавшего датчика с продолжением работы на резервных, за счет чего повышается надежность системы.

Таким образом, актуальность разработки ИИБ с информационной избыточностью обусловлена растущими требованиями к точности и надежности систем управления беспилотными летательными аппаратами.

Целью работы является моделирование алгоритмов работы блока линейных акселерометров (инерциальный измерительный блок) с избыточным числом каналов. Для обеспечения информационной избыточности измерений число каналов измерений должно быть больше трех. В моделируемом блоке выбрано четыре канала измерения.

Расположение осей в блоке выбирается так, чтобы проекции осей чувствительности на координатные плоскости не были параллельны или перпендикулярны осям основания. Оптимальной конфигурацией является «Конус» – равномерное расположение осей по образующим кругового конуса с половиной угла при вершине осевого сечения, равной  $\arccos \sqrt{\frac{7}{3}} \approx 54,7^\circ$  [1]. В этом случае входные воздействия по всем трем осям блока не будут проецироваться в ноль ни на одну из осей чувствительности, и в случае отказа одного из датчиков не произойдет вырождение конфигурации блока.

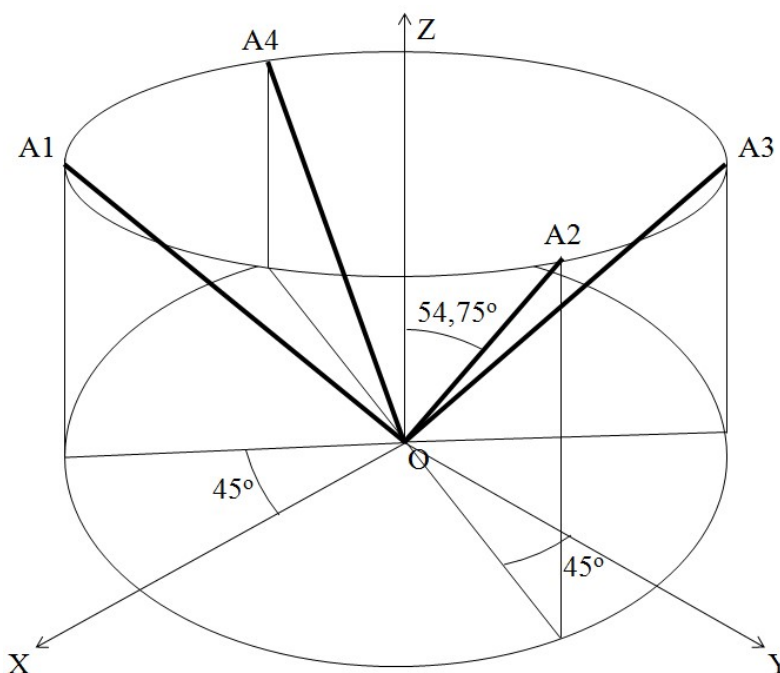


Рис. 1. Расположение осей в неортогональном четырехосном блоке

Задача сводится к моделированию работы БИНС на базе неортогонального ИИБ четырех акселерометров и сравнению результатов с работой классического ортогонального блока трех акселерометров. При моделировании формируются исходные эталонные ускорения вдоль осей системы координат объекта (системы координат ИИБ), проекции ускорений на собственные оси чувствительности акселерометров, а также измеренные

ускорения ортогонального блока трех акселерометров и неортогонального блока.

Движение летательного аппарата рассматривается в трехмерном пространстве. Для упрощения модели предполагается, что летательный аппарат совершает плоско-параллельное движение без крена и тангажа. Силы гравитации в виртуальной среде не учитываются. Начальные условия задаются нулевыми. Для формирования эталонных ускорений, приближенных к реальным, генерируются случайные значения в диапазоне  $[-3g; 3g]$  с условиями: расстояние между соседними точками  $[-g, g]$ , при достижении точки  $2,5g$  вычитается  $g$ , при достижении  $-2,5g$  прибавляется  $g$ . Используется фильтр низких частот Баттерворта 4-го порядка с частотой среза  $0.5$  Гц и частотой дискретизации  $250$  Гц. Фильтрация выполняется двунаправлено для устранения фазового сдвига.

Формируются эталонные ускорения  $A_x, A_y, A_z$  ортогонального блока из  $25000$  точек за  $100$  секунд. Проекция ускорений на измерительные оси неортогонального блока, которые можно считать идеальными показаниями датчиков избыточного блока акселерометров  $A_1, A_2, A_3, A_4$  связаны с проекциями эталонных ускорений  $A_x, A_y, A_z$  на оси системы координат блока следующим уравнением [2]:

$$\begin{bmatrix} A1 \\ A2 \\ A3 \\ A4 \end{bmatrix} = N \times \begin{bmatrix} Ax \\ Ay \\ Az \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где  $N = \begin{bmatrix} /+0,5774528 & -0,5774528 & 0,57714519 / \\ /+0,5774528 & +0,5774528 & 0,57714519 / \\ /-0,5774528 & +0,5774528 & 0,57714519 / \\ /-0,5774528 & -0,5774528 & 0,57714519 / \end{bmatrix}$  – матрица направляющих

косинусов для выбранной конфигурации ИИБ.

В случае, когда случайные составляющие сигналов датчиков представлены белым шумом с нулевым математическим ожиданием, одинаковыми дисперсиями, и когда корреляции между шумами разных датчиков нет, задача решается с помощью классического метода наименьших квадратов (МНК)[2]:

$$\begin{bmatrix} Ax \\ Ay \\ Az \end{bmatrix} = [(N^T \times N)^{-1} \times N^T] \times \begin{bmatrix} A1 \\ A2 \\ A3 \\ A4 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Однако метод наименьших квадратов накладывает серьезные ограничения на шумы (нулевое среднее, гауссов шум, равные дисперсии шумов в разных каналах) [3].

Для приближения модели к реальным условиям реализовано наложение шумовых воздействий на заданные эталонные значения ускорений по ортогональным осям и рассчитанные проекции ускорений на измерительные оси неортогонального блока (идеальные показания датчиков). Таким образом моделируются измеренные значения ускорений акселерометрами, расположенными в классическом ортогональном блоке и неортогональном ИИБ. Для этого формируются четыре массива независимых шумов с распределением, близким к нормальному, которые складываются идеальными значениями ускорений. Методом генерации шумовых сигналов выбран математический метод поэлементного умножения массивов равномерно распределенных псевдослучайных величин.

Для корректной работы МНК требуется, чтобы шумы в сигналах разных датчиков имели одинаковые дисперсии, а также чтобы ковариации этих шумов были равны нулю. Если это допущение убрать, то в алгоритмах необходимо учитывать матрицу ковариаций шумов и присваивать больший вес более точным датчикам (с меньшей дисперсией). В этом случае решение переопределённой системы уравнений (1) возможно с помощью взвешенного МНК [2]:

$$\begin{bmatrix} Ax \\ Ay \\ Az \end{bmatrix} = [(N^T \times R^{-1} \times N)^{-1} \times N^T \times R^{-1}] \times \begin{bmatrix} A1 \\ A2 \\ A3 \\ A4 \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где  $R = \begin{pmatrix} \sigma_{11}^2 & \sigma_{12}^2 & \sigma_{13}^2 & \sigma_{14}^2 \\ \sigma_{21}^2 & \sigma_{22}^2 & \sigma_{23}^2 & \sigma_{24}^2 \\ \sigma_{31}^2 & \sigma_{32}^2 & \sigma_{33}^2 & \sigma_{34}^2 \\ \sigma_{41}^2 & \sigma_{42}^2 & \sigma_{43}^2 & \sigma_{44}^2 \end{pmatrix}$  — матрица ковариации шумов датчиков, в главной

диагонали которой располагаются дисперсии шумов датчиков (квадрат СКО):

$$R_{ii} = D_i = \sigma_{ii}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (A_{ik} - \bar{A}_i)^2, \quad i=1 \dots 4, \quad (4)$$

а вне главной диагонали размещены взаимные ковариации

$$R_{ij} = \sigma_{ij}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (A_{ik} - \bar{A}_i)(A_{jk} - \bar{A}_j), \quad i=1 \dots 4, j=1 \dots 4, i \neq j, \quad (5)$$

где среднее значение (мат. ожидание):

$$\bar{A}_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n A_{ik}, \quad i=1 \dots 4. \quad (6)$$

По рассчитанному вектору ускорений производится последовательное определение скорости и координат летательного аппарата методом численного интегрирования. Для минимизации накопления ошибок интегрирования используется метод трапеций, обеспечивающий достаточную точность. Интегрирование выполняется отдельно для данных классического и избыточного блоков.

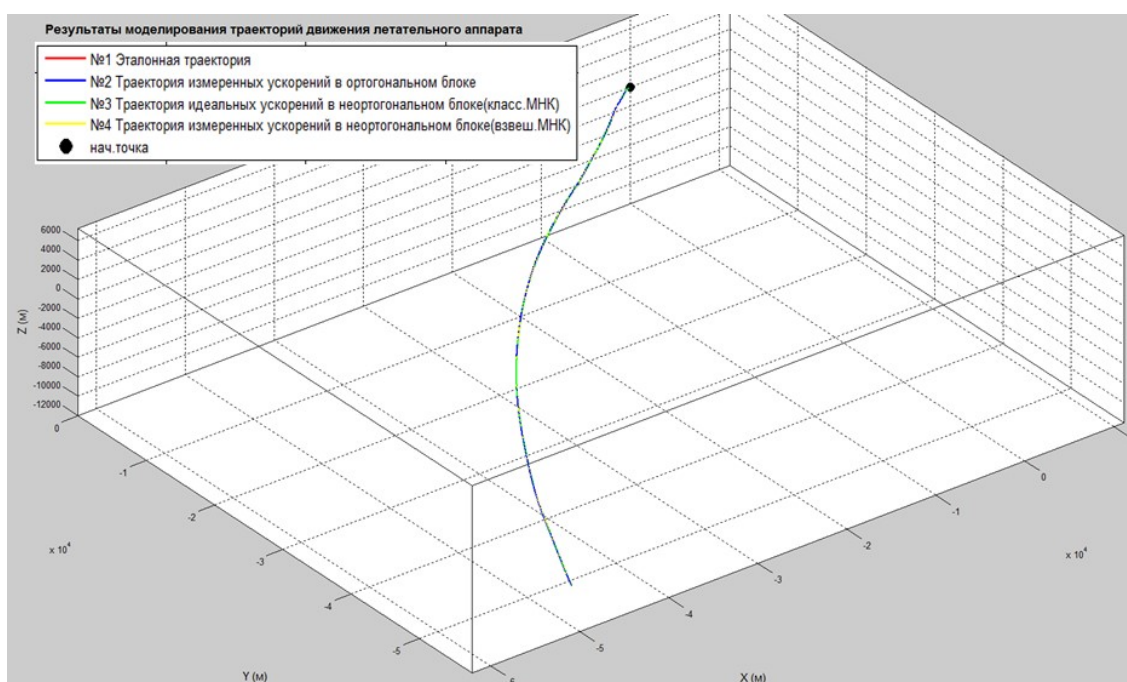
При моделировании рассчитывались четыре траектории движения (рис. 2):

1 – эталонная траектория, рассчитанная по заданным значениям ускорений по ортогональным осям (без шума);

2 – траектория по измеренным значениям ускорения в ортогональном блоке (значения ускорений в ортогональных осях с наложенным на них шумом);

3 – траектория по значениям ускорений, пересчитанным по идеальным ускорениям неортогонального блока (формула (2), классический МНК);

4 – траектория по значениям ускорений, пересчитанным по измеренным ускорениям неортогонального блока (проекции ускорений в неортогональных осях с наложенным на них шумом (формула (3), взвешенный МНК).



**Рис. 2. Результаты моделирования траекторий движения летательного аппарата**

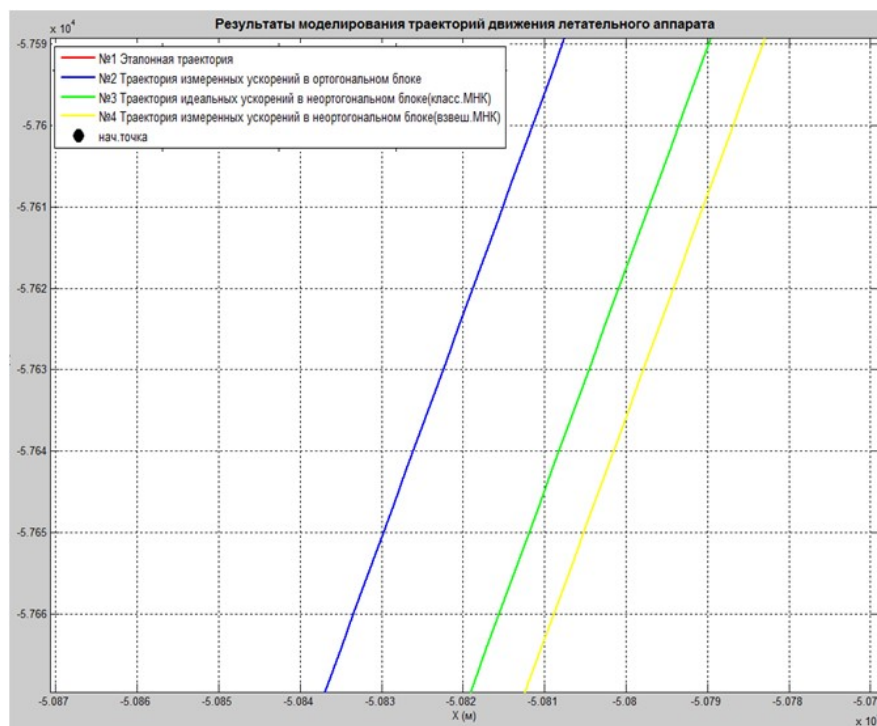
Так как при моделировании исходные (эталонные) значения ускорений формируются случайным образом, для чистоты эксперимента было выполнено несколько итераций моделирования.

В качестве примера на рис. 3 представлены результаты моделирования в виде рассчитанных траекторий движения летательного аппарата. На графиках видно, что первая эталонная траектория полностью совпадает с третьей

траекторией, построенной по идеальным значениям ускорения неортогонального блока (классический МНК). Это доказывает работоспособность неортогонального ИИБ, адекватность выбранного метода решения и корректность математических преобразований.

Таким образом, можно утверждать, что любые расхождения траекторий по измеренным значениям ускорения и ортогонального, и неортогонального блока с эталонной траекторией вызваны наличием шумов в измерениях.

При этом траектория 2, построенная по измеренным значениям ускорения в ортогональном блоке, отличается от эталонной траектории 1 в большей степени, тогда как применение взвешенного МНК в обработке измеренных ускорений неортогонального блока приводит к уменьшению ошибки: траектория 4 становится ближе к исходной траектории 1.



**Рис. 3. Результаты моделирования траекторий движения летательного аппарата (увеличенный фрагмент)**

В табл. 1 представлены значения средней и максимальной погрешности определения траектории в абсолютных и относительных величинах. Погрешности рассчитаны для десяти итераций моделирования. Абсолютная погрешность определялась, как

$$\Delta_i = \sqrt{(X_i^{\text{этал}} - X_i^{\text{оцен}})^2 + (Y_i^{\text{этал}} - Y_i^{\text{оцен}})^2 + (Z_i^{\text{этал}} - Z_i^{\text{оцен}})^2}, \quad (7)$$

где  $X_i^{\text{этал}}, Y_i^{\text{этал}}, Z_i^{\text{этал}}$  – координаты эталонной траектории;  $X_i^{\text{оцен}}, Y_i^{\text{оцен}}, Z_i^{\text{оцен}}$  – координаты оцениваемой траектории.

Абсолютная максимальная и средняя погрешности находились по формулам:

$$\Delta_{\text{макс}} = \max\{\Delta_j\}, \quad (8)$$

$$\Delta_{\text{ср}} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \Delta_j, \text{ где } i = 1 \dots n. \quad (9)$$

Относительная максимальная и средняя погрешности находились по формулам:

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{\Delta_{\text{ср}}}{L} \times 100\%, \quad (10)$$

$$\gamma_{\text{макс}} = \frac{\Delta_{\text{макс}}}{L} \times 100\%, \quad (11)$$

где  $L = \int_0^t \sqrt{v_x(\tau) + v_y(\tau) + v_z(\tau)} d\tau$  – длина эталонной траектории.

**Таблица 1**  
**Погрешности траекторий**

№	S, М	2 VS 1		3 VS 1		2 VS 1		3 VS 1	
		$\Delta_{\text{СР}}, \text{М}$	$\Gamma, \%$	$\Delta_{\text{СР}}, \text{М}$	$\Gamma, \%$	$\Delta_{\text{МАКС}}, \text{М}$	$\Gamma, \%$	$\Delta_{\text{МАКС}}, \text{М}$	$\Gamma, \%$
1	78332.48	20.574	0.026	15.812	0.020	52.082	0.066	33.822	0.043
2	79738.16	14.597	0.018	9.345	0.012	27.628	0.035	24.012	0.030
3	72268.54	14.949	0.021	16.002	0.022	45.352	0.063	53.192	0.074
4	63463.53	14.429	0.023	11.317	0.018	50.079	0.079	39.217	0.062
5	59622.31	19.015	0.032	17.194	0.029	44.213	0.074	37.909	0.064
6	56825.68	21.171	0.037	20.228	0.036	58.442	0.103	53.521	0.094
7	64899.90	12.321	0.019	12.911	0.020	29.753	0.046	33.543	0.052
8	36489.93	9.416	0.026	8.395	0.023	20.944	0.057	17.671	0.048
9	52523.78	16.107	0.031	13.569	0.026	42.536	0.081	24.283	0.046
10	78332.48	20.574	0.026	15.812	0.020	52.082	0.066	33.822	0.043

Проведенное исследование демонстрирует преимущества использования избыточной конфигурации ИИБ БИНС в сочетании со взвешенным МНК для навигационных задач. Результатом является повышение точности работы БИНС: применение взвешенного МНК позволяет учесть различные дисперсии шумов в измерительных каналах, что обеспечивает снижение ошибок в решении навигационных задач.

Практическая применимость метода подтверждается результатами моделирования, которые показывают, что объединение измерений от неортогонально расположенных акселерометров с использованием взвешенного МНК дает улучшение точности в работе БИНС.

Таким образом, введение информационной избыточности и использование взвешенного метода наименьших квадратов обеспечивает повышение точности траектории движения объекта по сравнению с простой обработкой данных отдельных сенсоров.

### *Библиографический список*

1. Водичева Л.В. Повышение надёжности и точности бесплатформенного инерциального измерительного блока при избыточном количестве измерений // Гироскопия и навигация. 1997. № 1 (16). С. 55-67.
2. Маринушкин П. С. Малогабаритная система персональной навигации на базе неортогонального инерциального измерительного блока с избыточной структурой / П. С. Маринушкин, Т. Г. Нестеренко // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. — 2016. — № 8. — [С. 121-134].
3. Неортогональная БИНС. <http://special.habrahabr.ru/kyocera/p/114513>.

## РАЗРАБОТКА МАКЕТА НЕОРТОГОНАЛЬНОГО БЛОКА ИНЕРЦИАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ НА БАЗЕ ARDUINO

*Г.В. Голишников<sup>1</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского  
государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, Россия,

Нижегородская обл., г. Арзамас;

<sup>1</sup>магистрант, e-mail: grigori.golishnikov@yandex.ru

Научный руководитель: Гуськов А.А., к.т.н., доцент каф. АПУ.

e-mail: guskov@apingu.edu.ru

*В статье рассмотрена разработка экспериментального макетанеортогонального блока инерциальных датчиков (ГИБ) на базе ArduinoMega 2560 с информационной избыточностью. Измерительный узел включает четыре модуля MPU6500, ориентированных по тетраэдральной схеме и подключённых через I<sup>2</sup>C-мультиплексор TCA9548A, а также эталонный модуль MPU9250/6500 по ортогональным осям для верификации. Оценена скорость обработки данных.*

*Ключевые слова:* неортогональный блок; информационная избыточность; акселерометр; гироскоп; Arduino; направляющие косинусы.

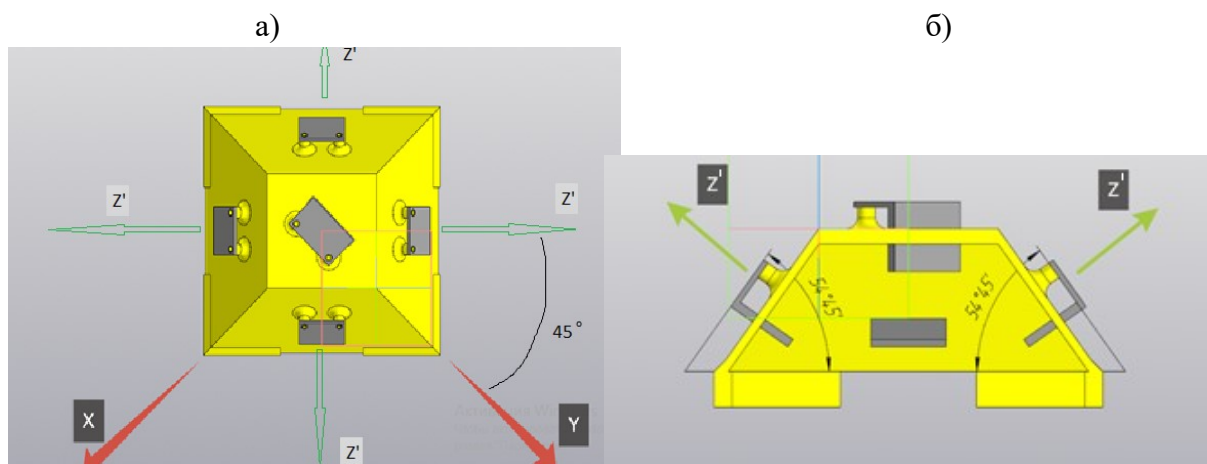
Бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС) применяются для автономной навигации и ориентации, гирокомпасирования и стабилизации на **воздушных, наземных и морских** носителях. БИНС формируют полный набор пилотажно-навигационной информации: **курс, тангаж/крен, ускорения, скорости и координаты**. Работают **автономно и/или винтеграции со спутниковым приёмником (ГЛОНАСС/GPS)** для коррекции [4].

Преимуществами бесплатформенных систем являются: меньшие размеры, масса и энергоёмкость; повышенная надёжность из-за отсутствия сложной механики; отсутствие ограничений по углам разворота; универсальность. Одной из серьёзных проблем недорогих микромеханических датчиков является случайный дрейф нуля. Дрейф – это не стационарная и медленно меняющаяся ошибка выходного сигнала, проявляющаяся в состоянии покоя динамического объекта, при этом распознаваемая как полезный сигнал. Дрейфа включает постоянную составляющую, которую можно скомпенсировать и случайную, сложно поддающуюся компенсации. Существуют разные способы борьбы с данной погрешностью. Одним из таких, является построение неортогональной БИНС с информационной избыточностью [4].

БИНС формируя полный набор пилотажно-навигационной информации (курс, тангаж/крен, ускорения, скорости, координаты), практически автономны – требуют минимум внешних источников измерительной информации. Благодаря высокой точности определения углового положения в широком диапазоне и высокой частоте обновления, такие системы практически не имеют полноценной альтернативы. Это делает БИНС основой навигационных комплексов современных подвижных объектов.

Целью данной работы является разработка и исследование макета неортогонального измерительного блока на базе микроконтроллера Arduino. Микроконтроллер Arduino выбран как недорогой доступный модуль, характеризующийся собственной удобной средой разработки (ArduinoIDE) и разнообразием библиотек для работы с подключаемыми устройствами.

В настоящей работе принята следующая конфигурация неортогонального блока: оси чувствительности датчиков равномерно разнесены по азимуту ( $\beta=45^\circ$ ) и наклонены к основанию на угол  $\alpha=35,264^\circ$  (что эквивалентно  $\theta=90^\circ-\alpha=54,7356^\circ$  к оси Z). Выбор угла  $\beta=45^\circ$  и постановка критерия минимизации следа ковариационной матрицы подробно изложены в [1, с. 125–127]. По результатам анализа оптимальная величина  $\alpha$  равна  $35,264^\circ$ . Это приводит к снижению дисперсий по всем осям и к удобному аналитическому виду матрицы N для четырехканальной конфигурации (рис.1 а, б.)



**Рис. 1. Направление осей блока и БИНС неортогональной конфигурации:**

- а) схема ортогональных осей блока;
- б) схема осей чувствительности датчиков, и их расположения относительно блока

Предложенное направление осей блока обеспечивает удобство расчёта проекций ускорений на все три оси с каждого из датчиков.

Оценка проекций вектора ускорения в базовой системе координат выполняется методом взвешенных наименьших квадратов (ВНМК): измерения четырёх неортогонально ориентированных измерительных датчиков сводятся к модели  $z = N x + v$ , а оценка вычисляется при помощи уравнения:

$$x=(H^T R^{-1} H)^{-1} H^T R^{-1} z \quad (1).$$

Матрица направляющих косинусов  $H$  формируется исходя из геометрии расположения датчиков (азимут  $\beta=45^\circ$ , наклон к основанию  $\alpha\approx 35,264^\circ$ , что эквивалентно  $54,736^\circ$  к оси  $Z$ ), выбранной по критерию минимума следа ковариации оценки; обоснование и вид матрицы приводятся в работе [1, с. 126].

Конструкция блока (рис.1.), в виде усечённой пирамиды с квадратным основанием и наклоном граней относительно нижнего основания на  $54.75^\circ$ , обеспечивает равный угол оси чувствительности датчика ко всем трём координатным осям. Это означает что, если провести из центра координат четыре одинаковых вектора так, чтобы они были равноудалены друг от друга, получится правильный тетраэдр. Косинус угла между любой парой векторов будет равен  $\frac{1}{3}$ , а между каждым вектором и любой осью координат  $\frac{1}{\sqrt{3}}$ . Такая расстановка гарантирует, что матрица направляющих косинусов имеет одинаковые по модулю элементы и численно устойчива. Это минимизирует среднеквадратическую ошибку оценок при белом шуме датчиков.

Также, в случае отказа одного из датчиков, матрица трансформируется до размера  $3\times 3$ , но остаётся невырожденной; благодаря симметрии угол  $54,75^\circ$  даёт лучшее соотношение сигнал-шум для всех осей даже в режиме «3 из 4».

Для правильного расчёта данных с датчиков необходимо в правильном порядке считывать данные с каждого датчика, т.к. код программы микроконтроллера обрабатывает данные последовательно.

Для создания информационной избыточности необходимо, чтобы число осей чувствительности у блока было больше числа измеряемых осей. Для измерения ускорений и угловых скоростей по трём основным осям ( $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$ ) используются 4 датчика MPU6050 с одной активной осью  $Oz$ , направленной перпендикулярно грани пирамиды, на которой устанавливается датчик. Точность посадочных площадок под датчики играет не самую важную роль ввиду того, что у самих датчиков внутренняя погрешность ориентации может быть достаточно велика. После сборки всего блока впоследствии необходимо проводить калибровку датчиков для определения фактических значений матрицы направляющих косинусов и масштабных коэффициентов.

Подключение модулей отображено на схеме (рис.2).

Подключение используемых датчиков осуществляется при помощи переходной  $I^2C$  платы TCA9548A. Это необходимо для установки порядка опроса, т.к. у контроллера Arduino Mega 2560 имеется только два порта  $SDA$  и  $SCL$ , а у датчиков MPU имеется только 2 возможных адреса для опроса:  $0x68$  и  $0x69$ . Мультиплексор TCA9548A, оставляя за датчиками общий адрес опроса  $0x68$ , опрашивает их в установленном на программном уровне порядке. Порядок датчиков обязательно учитывается при программировании, т.к. в случае его нарушения направление осей будет перепутано, и в результате будет

рассчитано неверное значение. Подключение осуществляется следующим образом: контакты *SDA*, *SCL* на плате *ArduinoMega 2560* подключаются к контактам *SDA*, *SCL* на плате *TCA9548A*, также на плату и датчики подаётся питание с платы *ArduinoMega 2560* - 5 вольт, и контакты *SDA*, *SCL* на датчиках соединяются с контактами

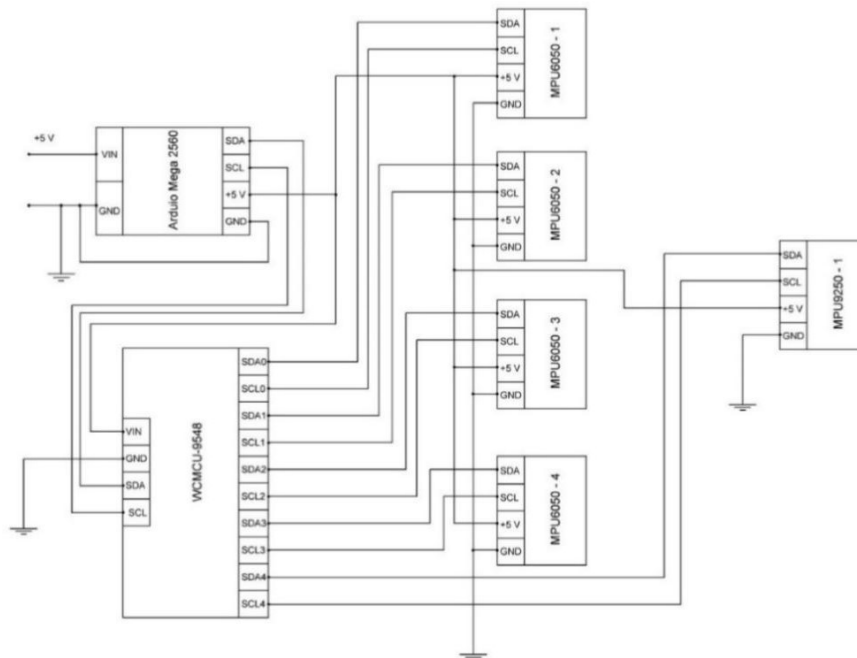


Рис. 2. Схема подключения датчиков к мультиплексу и контроллеру

$SDAi$ ,  $SCLi$  ( $i=0..4$ ) соответствующие порядку опроса программой.

При интерпретации математического моделирования методом ВМК в программный код и программировании микроконтроллера становится возможным получать обработанные пакеты данных (рис. 3).

```

00:02:59.526 ->
00:02:59.572 -> A[g]=-0.0086,-0.0002,1.0047 | W[d/s]=0.73,0.57,-2.84 || W=1.00 1.00 1.00 1.00 || REF[g]=-0.000,-0.013,1.031 || REF[d/s]=0.16,0.11,-0.06
00:02:59.572 -> A[g]=0.0073,-0.0005,1.0081 | W[d/s]=0.90,0.55,-2.71 || W=1.00 1.00 1.00 1.00 || REF[g]=-0.009,-0.017,1.024 || REF[d/s]=1.23,0.91,-0.44
00:02:59.617 -> A[g]=-0.0019,0.0071,1.0043 | W[d/s]=0.76,0.55,-2.74 || W=1.00 1.00 1.00 1.00 || REF[g]=0.003,-0.021,1.031 || REF[d/s]=1.30,0.79,-0.34
00:02:59.617 -> A[g]=-0.0019,-0.0094,1.0053 | W[d/s]=0.81,0.52,-2.75 || W=1.00 1.00 1.00 1.00 || REF[g]=-0.002,-0.021,1.039 || REF[d/s]=1.34,0.69,-0.37
00:02:59.663 -> A[g]=-0.0069,-0.0023,0.9977 | W[d/s]=0.88,0.57,-2.86 || W=1.00 1.00 1.00 1.00 || REF[g]=-0.005,-0.019,1.029 || REF[d/s]=1.19,0.98,-0.37
00:02:59.663 -> A[g]=-0.0031,0.0078,0.9985 | W[d/s]=0.81,0.48,-2.75 || W=1.00 1.00 1.00 1.00 || REF[g]=-0.014,-0.010,1.030 || REF[d/s]=1.34,0.85,-0.37
00:02:59.709 -> A[g]=0.0004,0.0063,0.9994 | W[d/s]=0.96,0.46,-2.87 || W=1.00 1.00 1.00 1.00 || REF[g]=-0.010,-0.012,1.027 || REF[d/s]=1.40,0.76,-0.35
00:02:59.709 -> A[g]=-0.0050,0.0010,0.9931 | W[d/s]=0.82,0.47,-2.71 || W=1.00 1.00 1.00 1.00 || REF[g]=-0.000,-0.024,1.029 || REF[d/s]=1.27,0.77,-0.37
00:02:59.755 -> A[g]=-0.0029,0.0026,1.0048 | W[d/s]=0.79,0.59,-2.73 || W=1.00 1.00 1.00 1.00 || REF[g]=-0.000,-0.021,1.018 || REF[d/s]=1.21,0.85,-0.40
00:02:59.755 -> A[g]=0.0169,0.0023,1.0031 | W[d/s]=0.90,0.46,-2.72 || W=1.00 1.00 1.00 1.00 || REF[g]=-0.009,-0.014,1.036 || REF[d/s]=1.26,0.76,-0.38
00:02:59.755 -> A[g]=0.0084,-0.0020,1.0025 | W[d/s]=0.73,0.34,-2.78 || W=1.00 1.00 1.00 1.00 || REF[g]=-0.006,-0.016,1.028 || REF[d/s]=1.43,0.77,-0.43
00:02:59.801 -> A[g]=0.0108,0.0010,1.0007 | W[d/s]=0.83,0.52,-2.78 || W=1.00 1.00 1.00 1.00 || REF[g]=-0.003,-0.030,1.041 || REF[d/s]=1.32,0.77,-0.45
00:02:59.801 -> A[g]=-0.0033,-0.0010,0.9954 | W[d/s]=0.77,0.37,-2.80 || W=1.00 1.00 1.00 1.00 || REF[g]=-0.001,-0.015,1.030 || REF[d/s]=1.34,0.78,-0.48
00:02:59.846 -> A[g]=0.0058,-0.0001,1.0015 | W[d/s]=0.86,0.64,-2.67 || W=1.00 1.00 1.00 1.00 || REF[g]=0.002,-0.016,1.030 || REF[d/s]=1.15,0.80,-0.44
00:02:59.846 -> A[g]=0.0077,-0.0001,1.0089 | W[d/s]=0.93,0.54,-2.81 || W=1.00 1.00 1.00 1.00 || REF[g]=-0.013,-0.015,1.031 || REF[d/s]=1.29,0.84,-0.39
00:02:59.894 -> A[g]=0.0041,0.0007,1.0037 | W[d/s]=0.94,0.56,-2.65 || W=1.00 1.00 1.00 1.00 || REF[g]=0.000,-0.022,1.038 || REF[d/s]=1.32,0.76,-0.53
00:02:59.894 -> A[g]=-0.0018,0.0034,0.9975 | W[d/s]=0.73,0.36,-2.75 || W=1.00 1.00 1.00 1.00 || REF[g]=-0.001,-0.027,1.037 || REF[d/s]=1.32,0.72,-0.48
00:02:59.940 -> A[g]=-0.0065,0.0069,0.9983 | W[d/s]=1.00,0.58,-2.94 || W=1.00 1.00 1.00 1.00 || REF[g]=0.004,-0.021,1.029 || REF[d/s]=1.36,0.79,-0.39
00:02:59.940 -> A[g]=-0.0061,0.0073,0.9912 | W[d/s]=1.03,0.55,-2.81 || W=1.00 1.00 1.00 1.00 || REF[g]=-0.005,-0.014,1.032 || REF[d/s]=1.37,0.78,-0.44
00:02:59.986 -> A[g]=0.0004,0.0054,0.9965 | W[d/s]=0.93,0.30,-2.64 || W=1.00 1.00 1.00 1.00 || REF[g]=-0.008,-0.019,1.026 || REF[d/s]=1.34,0.78,-0.45

```

Рис. 3. Интерпретированные данные, полученные с датчиков ускорений и угловых скоростей

В таблице результатов (рис. 3) приводятся следующие параметры:

$A[g]$  – пересчитанные ускорения с неортогонально расположенных датчиков на оси  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$ .

$W[d/s]$  – пересчитанные угловые скорости с неортогонально расположенных датчиков на оси  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$

$W$  – показывает работоспособность датчика (1 – работает, 0 – не работает)

$REF[g]$  – значения ускорений, получаемые с ортогонально расположенного датчика по сям  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$ .

$REF[d/s]$ – значения угловых скоростей, получаемые с ортогонально расположенного датчика по сям  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$ .

Эксперименты показали, что среднее время обновления данных при передаче составляет 40 мс. Скорость передачи данных ограничивается пропускной способностью канала вывода - 11520 байт/с, каждая строка занимает около 250 байт информации. Анализ данных, показал, что минимально возможное время формирования вывода одной строки данных в порт вывода составляет 22 мс. Также, в дополнение к времени формирования вывода, присутствуют ограничения по времени на переключение каналов мультиплексора, обмена данными между процессором и модулями, и обработки по алгоритму ВМНК. Уменьшить задержку вывода информации возможно за счет сокращения формата вывода.

В результате выполненной работы сконструирован макетный образец неортогонального блока инерциальных датчиков. Блок сконструирован на четырёх модулях *MPU6500*, с управлением через мультиплексор *TCA9548A* и алгоритмической обработкой сигналов микропроцессором *ArduinoMega 2560*. Для оценки получаемых данных и последующего анализа точностных характеристик, установлен контрольный модуль *MPU9250*. Сконструированный блок рассчитывает проекции ускорения на три оси  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$ . Рассчитанные значения близки к значениям, получаемым с контрольного датчика, таким образом алгоритмы разработаны и применены верно.

В дальнейшем планируется реализовать построение динамических графики при помощи программы *Processing*. Это поможет практически подтвердить верность применяемых алгоритмов и предоставит базу для дальнейших исследований макета.

### **Библиографический список**

1. Маринушкин П. С., Нестеренко Т. Г. Малогабаритная система персональной навигации на базе неортогонального инерциального измерительного блока с избыточной структурой // Наука и образование. Электрон.журн. МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2016. № 08. С. 121–134. DOI: 10.7463/0816.0843239
2. Калихман Д. М., Туркин В. А., Депутатова Е. А. *Mathematical Model of the Measurement Channel for the Six-Axis Linear Acceleration Sensor with Non-Orthogonal Orientation of Sensitivity Axes — BILU Device* // Навигация и управление летательными аппаратами. — 2023. — Вып. 43. — М.: Московский институт электромеханики и автоматики.

3. Галяхов Ю. И., Кучиненко Г. Н. Блок инерциальных чувствительных элементов с избыточной структурой: авторское свидетельство СССР № 1810299. — Оpubл. 23.04.1993, Бюл. № 15. (Заявка № 4859265/22 от 14.08.1990). — 4 с.

4. Коркишко Ю. Н., Фёдоров В. А., Прилуцкий В. Е., Пономарёв В. Г., Морев И. В., Скрипников С. Ф., Хмелевская М. И., Буравлёв А. С., Кострицкий С. М., Фёдоров И. В., Зуев А. И. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы на основе волоконно-оптических гироскопов // **Гироскопия и навигация**. — 2014. — № 1 (84). — С. 15–25

## РАЗРАБОТКА РЕКУПЕРАТОРА С БАКТЕРИЦИДНЫМ ЭФФЕКТОМ

*Ю.Н. Горячев<sup>1</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, <sup>1</sup>магистрант  
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; e-mail: gor.ura1905@mail.ru  
Научный руководитель: Гуськов А.А., к.т.н., доцент, guskov@apingt.u.edu.ru

*Работа посвящена созданию мобильного рекуператора с бактерицидным эффектом, ориентированного на эффективное сочетание функций рекуперации тепла и обеззараживания воздуха в помещениях различного назначения. Основной задачей исследования является разработка устройства, объединяющего простоту конструкции и инновационную технологию дополнительной антибактериальной защиты, что повысило бы качество и безопасность воздуха. Практическая значимость работы обусловлена необходимостью повышения энергоэффективности помещений и создания безопасных условий в них. Работа нацелена на устранение недостатков рекуператоров, таких как низкая эффективность, сложная процедура монтажа и подверженность механическим поломкам. Результатом работы является концептуальная 3D-модель устройства, демонстрирующая функциональность и пригодность реализации.*

**Ключевые слова:** рекуператор, вентиляция, энергоэффективность, качество воздуха

Современная жизнедеятельность предъявляет высокие требования к качеству воздушной среды в помещениях. Использование антибактериальных фильтров и светодиодных ультрафиолетовых ламп обеспечит повышенную защиту от патогенных микроорганизмов, что особенно важно в медицинских учреждениях, учебных зданиях и жилых домах.

Цель работы состоит в создании мобильной версии рекуператора с эффективным механизмом рекуперации тепла и бактерицидным действием. Работа направлена на разработку мобильного рекуператора, сочетающего эффективные функции воздухообмена и бактерицидной обработки воздуха. Основные задачи включают:

- 1) исследование существующих решений на рынке;
- 2) детальное описание принципа работы и функциональных особенностей;
- 3) исследование эффективности и подбор необходимого оснащения для реализации конструкции с наивысшим КПД.

### *Анализ рынка*

Рекуператор — устройство, передающее тепловую энергию вытягиваемого воздуха приточному воздуху, поступающему внутрь

помещения. Благодаря этому достигается экономия энергоресурсов путём повторного использования тепла вытяжного потока.

#### *Функции рекуператора*

Основная функция является, сохранение тепла при проветривании помещения, тем самым экономия энергии для отопления пространства, где находится само устройство. Рекуператор также очищает и предотвращает загрязнения воздуха.

Рекуператоры различаются принципом теплообмена и устройством теплообменника, имеющие свои преимущества и недостатки.

#### *Типы*

1) Роторный – теплообмен осуществляется за счет вращения ротора, который изготавливается из высоко теплопроводимого материала, обычно используется алюминий.

2) Пластинчатый – самый распространенный тип, стоит измножество тонких пластин, собранных в структуру параллельно друг другу.

3) Камерный – используется теплообменник в виде сетки, где сам теплообменник разделен на две камеры, которые регулируется с помощью заслонки.

4) С промежуточный теплоносителем – теплообмен осуществляется за счет двух теплообменников, соединённые трубками для теплопередачи.

5) Фреоновый – между потоками вытяжного и приточного воздуха расположены кольцевые трубки с хладагентом. То есть используется принцип смены агрегатного состояния вещества.

**Таблица 1**  
**Достоинства и недостатки рекуператоров**

<b>Тип</b>	<b>Преимущества</b>	<b>Недостатки</b>
Роторный	Высокая эффективность (~90%)	Возможна небольшая утечка воздуха
Пластинчатый	Простота конструкции	Ограниченная производительность
Камерный	Компактность и мобильность	Низкая эффективность относительно других типов
Промежуточный теплоноситель	Подходит для больших расстояний между системами	Сложность настройки и обслуживание
Фреонный	Универсальность, подходит для климатических зон с экстремальными условиями	Высокие первоначальные затраты

#### *Особенности предлагаемой разработки*

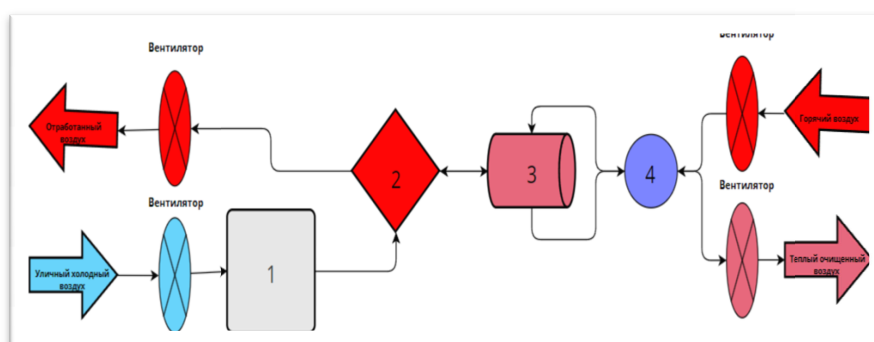
- Предлагаемое мобильное устройство объединяет простоту конструкции и дополнительные элементы защиты здоровья жильцов.
- Отсутствие механических подвижных деталей, снижающих шум и повышающие надёжность.

- Бактерицидные свойства благодаря встроенным УФ-излучателям.
- Простота интеграции в конструкцию окна или сэндвич-панелей.
- Удобство самостоятельной установки без привлечения специализированных монтажных бригад.

Благодаря инновационному подходу проект устраняет многие минусы традиционных моделей, сохраняя высокое качество рекуперации тепла и улучшая санитарные показатели воздушной среды.

Принцип работы включает последовательные этапы (рис. 2):

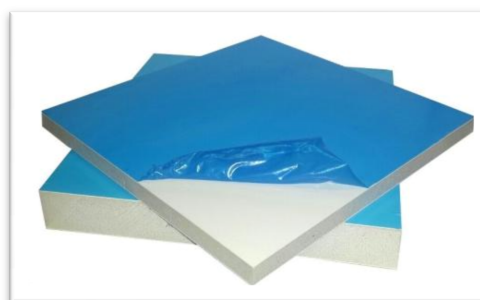
- 1) прохождение загрязнённого воздуха через HEPA-фильтр;
- 2) нагрев воздуха в теплообменнике;
- 3) обработка воздуха УФ-лампами для уничтожения бактерий и вирусов;
- 4) выдача чистого подогретого воздуха обратно в помещение.



**Рис. 2. Функциональная схема изделия;**

1 - HEPA фильтр, 2 - нагревательный элемент, 3 - теплообменник, 4 - УФ светодиоды.

Устройство монтируется непосредственно в оконную систему в специальный предусмотренный стеклопакет (рис.4) или в сэндвич-панель (рис.3). В первом случае, когда изделие монтируется в стеклопакет, такая конструкция сохраняет эстетику интерьера, не перекрывает поступление солнечного света в помещение, но имеет недостаток виде возможности приобрести такое стекло. Для этого возможно применение сэндвич-панели, она всегда в легкой доступности для покупки и является более бюджетным вариантом, но при таком решении, жертвуется освещенность помещения.



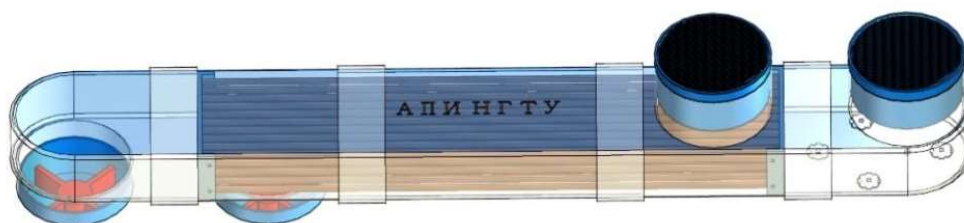
**Рис. 3. Утеплительная сэндвич-панель**



**Рис. 4. Стеклопакет с технологическим окном для рекуператора**

В рамках работы разработана детализированная трёхмерная модель устройства, позволяющая детально визуализировать работу устройства и представить внутреннюю структуру и внешний облик.

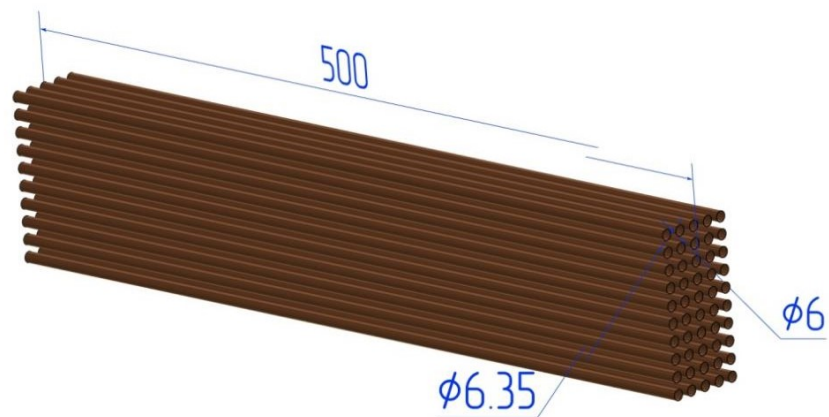
На рис. 5 представлена 3D-модель с использованием функции прозрачности, в которой размещен медный теплообменник, разделенный двумя контурами. Первый контур, через который проходит воздушный поток реализован через отверстия трубок теплообменника. Через него нагревается приточный воздух и проходит систему очистки. Система очистки состоит из угольного фильтра и ультрафиолетовых ламп, позволяющих приточному воздуху поступать в помещение без запахов и вредных примесей. Второй контур – отделенное пространство, служащее для выведения лишнего углекислого газа из помещения и нагревания приточного потока через теплообменник. Внутри корпуса трубки теплообменника закрепляются в специальные кронштейны, позволяющие разделить потоки два контура.



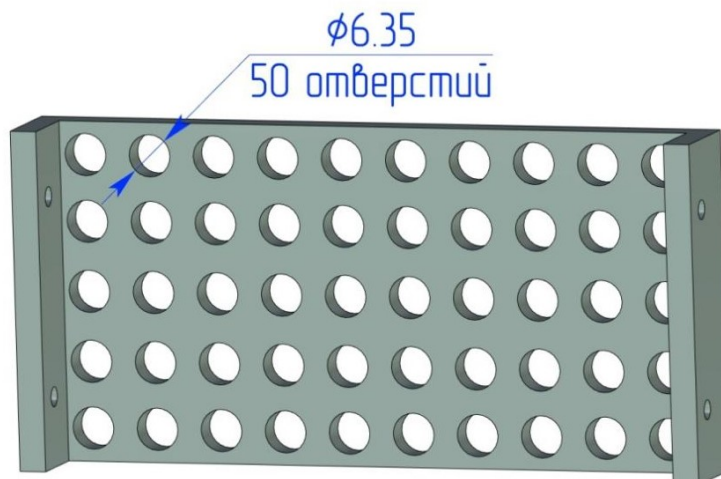
**Рис. 5. 3D-модель рекуператора**

На рис. 6–8 представлены элементы конструкции теплообменника, и его крепление в корпусе. Диаметр и длина трубок, используемых для теплообменника, взяты условно, для реализации макета и исследования эффективности конструкции. В дальнейшем, после проведения испытаний, предполагается оптимизация конструкции и габаритных размеров теплообменника. При увеличении диаметра трубок увеличивается возможный пропускаемый объем воздуха, таким образом увеличится количество возможного обрабатываемого воздуха и уменьшится время, затраченное на

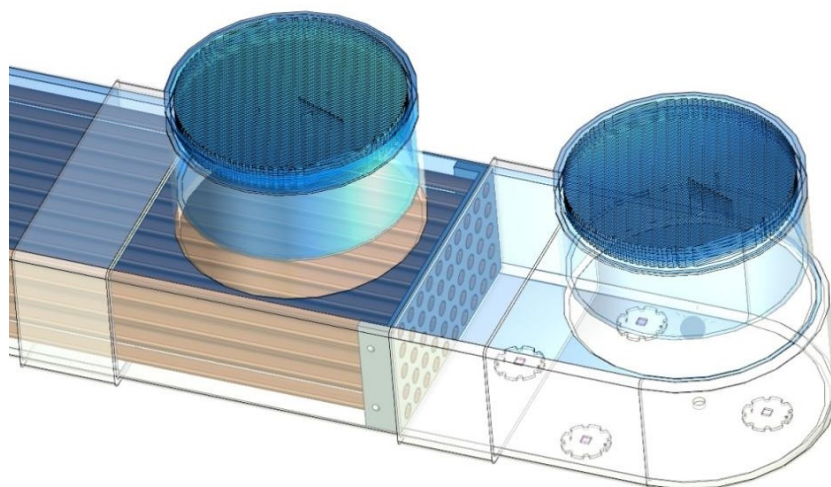
процесс. Но в этом случае, снижается тепло-эффективность, что предполагает меньшую разность температур в помещении и на улице.



**Рис. 6. Теплообменник и его габариты**



**Рис. 7. Перфорированная крепежная пластина, разделяющая два контура**



**Рис. 8. Установка теплообменника и разделение на два контура**

Разработанное устройство эффективно решает проблему сохранения энергетического баланса и одновременно улучшает санитарно-гигиенический режим помещений. Такое решение хорошо подойдёт как для бытовых, так и для производственных помещений, способствуя повышению комфорта, нормализуя влажность воздуха, препятствуя развитию плесневых образований, минимизирует содержание микробов и пылевых загрязнений в вентилируемом воздухе. Представленная 3D-модель планируется к макетной реализации для дальнейших функциональных и конструктивных испытаний

### ***Библиографический список***

1. Ястребов А.В., Зекин В.Н. 2022 г. «Рекуперация воздуха: виды и принципы работы и функции» Международный научный журнал «Вестник науки» №4 (49) Т.1, 209-216 с.
2. Локтев Д.А., Макачук В.В. Рекуператоры в механических приточно-вытяжных системах: анализ релевантности и эффективности // Вестник науки №5 (86) том 4. С. 1616 - 1622. 2025 г

## РАЗРАБОТКА БЕСПРОВОДНОГО АДАПТЕРА ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С ОПТИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА СЧЕТЧИКОВ ПО BLUETOOTH

*С.О. Ермолин<sup>1</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, <sup>1</sup>магистрант  
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; e-mail: oleg68a51@gmail.com  
Научный руководитель: Долгов А.Н., к.т.н., доцент, e-mail: mirevm@mail.ru

*В статье представлена разработка беспроводного адаптера для передачи данных с оптического интерфейса газовых счётчиков по протоколу Bluetooth. Приведены расчёты энергопотребления устройства, времени автономной работы, дальности связи, длительности сеанса обмена данными и конструктивные особенности адаптера.*

**Ключевые слова:** *Bluetooth, ESP32, оптический интерфейс, счетчики газа, беспроводная передача данных, энергопотребление.*

Системы учёта энергоресурсов, особенно газовые счётчики, требуют эффективных методов автоматизации сбора данных [4]. Для мобильной работы операторов предложена реализация беспроводного адаптера с использованием микроконтроллера ESP32 и протокола Bluetooth [2;3]. Требования к прототипу включают автономную работу не менее 3 суток, дальность связи не менее 10 м в помещении и быструю передачу данных объёмом 1000 байт менее чем за 2 секунды [1].

Модуль ESP32 функционирует в нескольких режимах [2]. В режиме глубокого сна (DeepSleep) потребляемый ток составляет  $I_{сон}=0,015$  мА при включенном таймере пробуждения. В режиме ожидания с активным радиомодулем в ожидании подключения ток равен  $I_{idle}=10$  мА. При активной передаче данных только по Bluetooth без оптического канала потребление составляет  $I_{tx}=80$  мА, а при одновременной работе Bluetooth и инфракрасного светодиода для связи со счётчиком ток достигает  $I_{акт}=125$  мА [2].

Средний ток потребления устройства рассчитывается по формуле:

$$I_{cp} = I_{акт} \cdot t_{акт} + I_{idle} \cdot t_{idle}, \quad (1)$$

где  $I_{акт}$  - ток в активном режиме, измеряемый в мА;  $t_{акт}$  - доля времени в активном режиме;  $I_{idle}$  - ток ожидания в мА;  $t_{idle}$  - доля времени ожидания.

При этом сумма долей времени должна равняться единице:  $t_{акт} + t_{idle} = 1$ , что означает, что устройство находится либо в активном режиме, либо в режиме ожидания в течение всего времени работы.

Рассмотрим первый сценарий использования, при котором устройство опрашивает счётчик один раз в час и находится в активном режиме в течение одной минуты. В этом случае доля активного времени составляет  $t_{\text{акт}} = \frac{1}{60} = 0,0167$ , а доля времени ожидания  $t_{\text{idle}} = 0,983$ . Подставляя значения, получим средний ток:  $I_{\text{ср}} = 125 \times 0,0167 + 10 \times 0,983 \approx 11,92 \text{ мА}$ . Для второго сценария устройство опрашивает счётчик один раз в 10 минут с активным временем в одну минуту. Здесь доля активного времени  $t_{\text{акт}} = 0,1$ , а доля времени ожидания  $t_{\text{idle}} = 0,9$ . Средний ток составляет  $I_{\text{ср}} = 125 \times 0,1 + 10 \times 0,9 = 21,5 \text{ мА}$ .

Время автономной работы от аккумулятора определяется формулой:

$$T_{\text{авт}} = \frac{C}{I_{\text{ср}}}, \quad (2)$$

где  $C$  - ёмкость аккумулятора,  $\text{мА} \cdot \text{ч}$ ;  $T_{\text{авт}}$  - время автономной работы, ч.

Для аккумулятора ёмкостью 1000  $\text{мА} \cdot \text{ч}$  при редком опросе (сценарий 1) время работы составляет  $T_{\text{авт}} = \frac{1000}{11,92} \approx 83,9$  ч, что соответствует примерно 3,5 суткам. При более частом опросе (сценарий 2) время работы сокращается до  $T_{\text{авт}} = \frac{1000}{21,5} \approx 46,5$  ч, или около 2 суток.

Дальность беспроводной связи оценивается с использованием модели потерь свободного пространства (FSPL) [3]. Потери в дБ рассчитываются по формуле:

$$FSPL = 32,45 + 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f), \quad (3)$$

где  $d$  - расстояние между передатчиком и приёмником в километрах;  $f$  - рабочая частота в МГц.

Константа 32,45 получается из преобразования единиц измерения при выражении формулы Фрииса в децибелах, где учитывается скорость света и пересчёт единиц расстояния и частоты [3]. Для технологии Bluetooth используется частота  $f = 2440 \text{ МГц}$  [3]. Типовые характеристики модуля ESP32 включают мощность передатчика  $P_{\text{tx}} = 20 \text{ дБм}$  (класс 1) и порог чувствительности приёмника  $P_{\text{min}} = -93 \text{ дБм}$  [2].

Бюджет линии связи представляет собой сумму мощности передатчика, усиления антенн и чувствительности приёмника:

$$BL = P_{\text{tx}} + G_{\text{tx}} + G_{\text{rx}} - P_{\text{min}}, \quad (3)$$

где  $G_{\text{tx}}$  - усиление передающей антенны в дБи;  $G_{\text{rx}}$  - усиление приёмной антенны в дБи. Для типовых керамических антенн модулей ESP32 усиление составляет  $G_{\text{tx}} = G_{\text{rx}} = 2 \text{ дБи}$  [2]. В данном случае бюджет составляет  $20 + 2 + 2 - (-93) = 117 \text{ дБ}$ . Это означает, что максимально допустимые потери в канале связи не должны превышать 117 дБ для обеспечения стабильного соединения. Запас мощности ( $LM$ ) определяется как разность

между бюджетом линии и фактическими потерями в линии связи:  
 $LM=BL-FSPL$  ]

Для расстояния  $d=0,01$  км (не более 10 м) потери составляют:

$$FSPL=32,45+20\times\log_{10}(0,01)+20\times\log_{10}(2440)\approx 32,45-40+67,75\approx 60,20 \text{ дБ.}$$

Запас мощности при этом равен  $117-60,20=56,80$  дБ, что обеспечивает надёжную связь. Для расстояния  $d=0,02$  км (20 м) потери увеличиваются до  $FSPL\approx 66,22$  дБ, что даёт запас  $117-66,22=50,78$  дБ. При расстоянии  $d=0,03$  км (30 м) потери составляют  $FSPL\approx 69,74$  дБ, и запас равен  $117-69,74=47,26$  дБ. На основании проведённых расчётов рекомендуемая рабочая дальность в помещениях составляет до 30 м, а на открытом воздухе при благоприятных условиях дальность может достигать 100 м и более, что соответствует спецификациям Bluetooth классов 1 и 2 [3].

Время передачи пакета данных в секундах определяется формулой [1;4]:

$$t_{\text{перед}}=\frac{N\times 8}{V}, \quad (4)$$

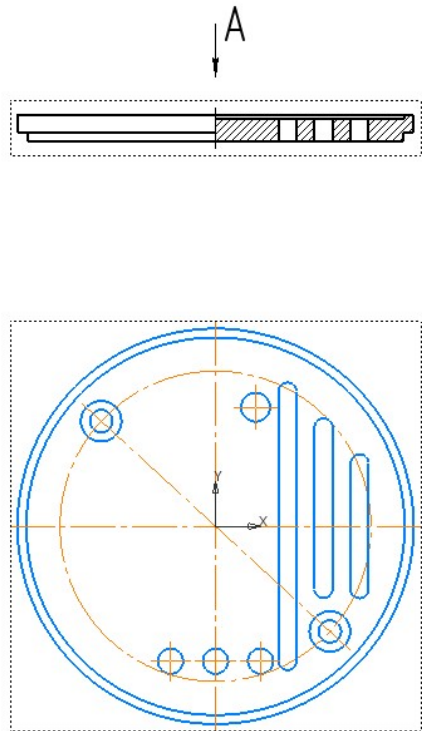
где  $N$  - число передаваемых байт;  $V$  - скорость передачи данных по последовательному интерфейсу UART в бодах; коэффициент 8 учитывает преобразование байтов в биты.

Для пакета объёмом  $N=1000$  байт при скорости передачи  $V=38400$  бод время составляет  $t_{\text{перед}}=\frac{1000\times 8}{38400}\approx 0,208$  секунды [4]. При более низкой скорости  $V=9600$  бод время передачи увеличивается до  $t_{\text{перед}}\approx 0,833$  секунды. С учётом времени, необходимого для установления Bluetooth-соединения, которое составляет приблизительно 0,1 секунды, а также времени на обработку подтверждений и служебных протокольных операций, суммарное время полного сеанса обмена данными составляет примерно 1 секунду [3]. Все приведённые значения основаны на типичных скоростях передачи данных через профиль Bluetooth Serial Port Profile (SPP) в серийных адаптерах [1;3].

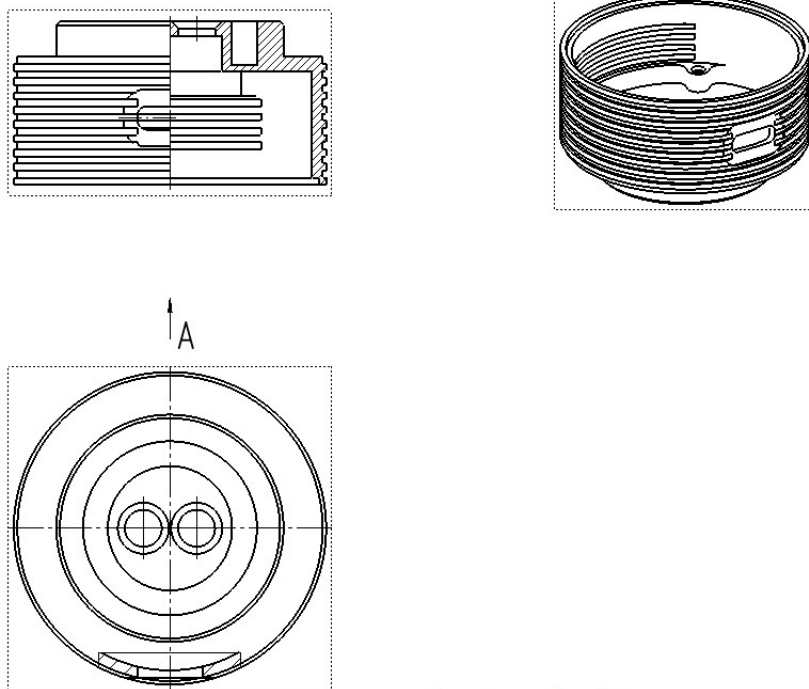
Для обеспечения компактности и механической прочности конструкции адаптера выбран стандартный дюралюминиевый корпус от проводного адаптера модели KA/O-USB [1]. С целью обеспечения работы радиомодуля Bluetooth в корпусе выполнена специальная прорезь, закрытая радиопрозрачной вставкой из ABS-пластика (рис. 1).

Внутри корпуса (рис. 2) размещены плата модуля ESP32-WROOM-32, литий-ионный аккумулятор ёмкостью 1000 мА·ч, керамическая антенна для беспроводной связи, а также компоненты оптического интерфейса для взаимодействия со счётчиком [1;2]. Все компоненты надёжно фиксируются с помощью внутренней пластиковой рамы, изготовленной методом трёхмерной печати. Внешняя оптическая головка адаптера выполнена в цилиндрическом корпусе с магнитным креплением для надёжной фиксации на корпусе счётчика

[1]. Герметизация соединений обеспечивается эпоксидным клеем, что защищает электронные компоненты от влаги и пыли в условиях эксплуатации.



**Рис. 1. Крышка адаптера**



**Рис. 2. Корпус адаптера**

В ходе выполнения работы получены результаты, которые сопоставлены с изначально установленными требованиями к устройству. Время автономной работы от аккумулятора ёмкостью 1000 мА·ч при редком режиме опроса составляет около 3,5 суток, что превышает минимальное требование в 3 суток [2]. Дальность беспроводной связи в помещениях составляет до 30 м с запасом мощности более 47 дБ, а на открытом воздухе при благоприятных условиях может достигать 100 м и более, что значительно превышает требование обеспечения связи на расстоянии не менее 10 м в помещении [3]. Корректная передача пакета данных объёмом 1000 байт выполняется менее чем за 2 секунды, что подтверждается расчётами времени передачи при стандартных скоростях интерфейса UART и профиля Bluetooth SPP [1;4]. Все целевые параметры технического задания достигнуты, разработанный прототип адаптера готов для дальнейшего практического применения и внедрения в системах учёта энергоресурсов [1].

### ***Библиографический список***

1. ТМР.467239.040 РЭ. Руководство по эксплуатации КАО-USB / ООО «Техномер». – 2021.
2. ESP32-S3-WROOM-1 Datasheet [Электронный ресурс] / Espressif Systems. – 2021.
3. Bluetooth Core Specification Version 4.2 [Электронный ресурс] / Bluetooth SIG. – 2014.
4. IEC 62056-21:2002. Electricity metering equipment – Data exchange for meter reading, tariff and load control – Part 21: Direct local data exchange / International Electrotechnical Commission. – Geneva, 2002.

## АНАЛИЗ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ И НЕЙРОСЕТИ

*Д.А. Захарова<sup>1</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, <sup>1</sup>магистрант  
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; e-mail: lena-darya@mail.ru  
Научный руководитель: Улюшкин А.В, к.т.н., доцент, e-mail: uax1983@inbox.ru

*В статье рассмотрена идея перспективного применения машинного зрения на основе возможностей нейросетевых алгоритмов в качестве инструмента для анализа качества поверхности.*

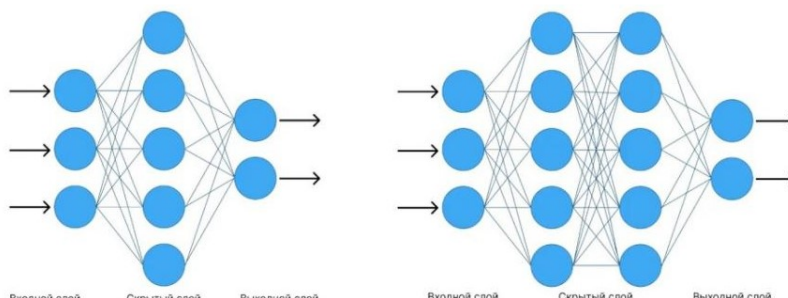
**Ключевые слова:** машинное зрение, сверточная нейросеть.

В настоящее время нейросети используют в различных сферах для автоматизации, оптимизации процессов и решения сложных задач.

Нейросеть – это математическая модель, а также ее программное или аппаратное воплощение, построенная по принципу организации нервных сетей (биологических нейронных сетей) – сетей нервных клеток (нейронов) живого организма.

Существует три основных вида нейросетей:

1) перцептронные сети (рис. 1) – применяются для решения задач классификации, регрессии и распознавания образов. Могут быть однослойными и многослойными [1].



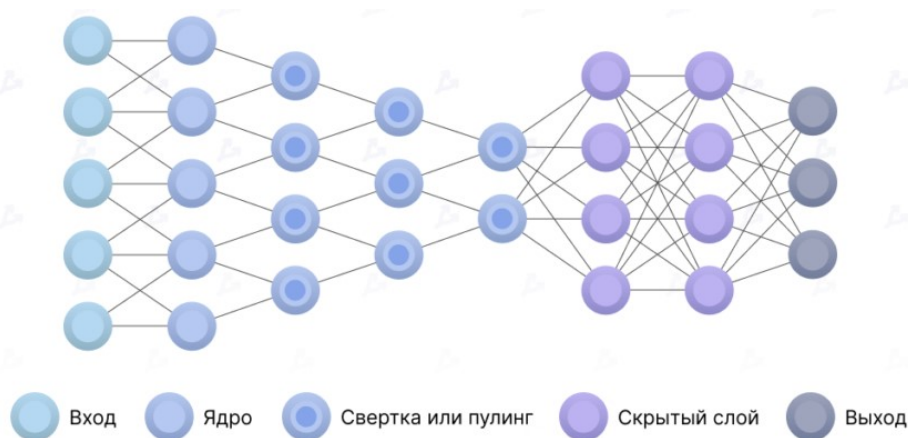
**Рис. 1 .Структуры перцептронных нейросетей**

2) рекуррентные нейросети (RNN) (рис. 2) – для работы с последовательными данными: текстом, звуком, временными рядами. В таких сетях имеются обратные связи, благодаря чему нейросеть обладает эффектом «памяти» шагов предыдущих итераций [2].



**Рис. 2. Структура рекуррентной нейросети**

3) сверточные нейросети (CNN) (рис. 3) – применяются для анализа изображений и видео, «свертывают» картинку фильтрами, выделяя формы и текстуру.



**Рис. 3. Структура сверточной нейросети**

Наряду с нейросетями используется технология машинного зрения, позволяющая компьютерам анализировать визуальную информацию, распознавать объекты, измерять геометрические параметры, определять дефекты и принимать решения на основе полученных данных с помощью камер, датчиков и программного обеспечения.

Совместное использование машинного зрения и нейросети позволяет создавать сложные системы, которые анализируют визуальные данные и принимают решения на основе полученных данных.

Основная идея исследования заключается в проведении анализа поверхности с помощью совместного использования машинного зрения и сверточной нейросети. Реализация такой идеи позволит значительно снизить нагрузку на человека, повысить качество и быстродействие процесса проверки.

Принцип работы: фотографии, получаемые с помощью камер, обрабатываются сверточной нейросетью, которая является «фильтром» работая по алгоритму обучения, сравнивает отсканированную поверхность с эталонной.

Существуют примеры использования машинного зрения на крупных предприятиях.

- Компания *SiemensElectronics* (Германия)

Предприятие выпускает преобразователи частоты, для производства которых требуются печатные платы с множеством различных компонентов. Модели машинного зрения позволяют находить неправильно собранные компоненты и при этом выдавать меньше ложных сигналов об обнаруженных ошибках.

- Компания *BMW*(Германия)

Система компьютерного зрения контролирует, правильность установки тех или иные деталей при сборке автомобильных узлов и агрегатов.

- Северсталь (Россия)

Система представляет собой нейросеть, позволяющей находить четыре типа дефектов металлопроката для повышения эффективности проверки продукции [3].

- Уралхим (Россия)

Система, представляющая собой коллаборационное решение на базе компьютерного зрения в барабанах-грануляторах-сушилках, анализирует используемые компоненты и выдаёт советы по установке наиболее эффективного режима работы агрегата.

Совместное использование машинного зрения и сверточной нейросети позволит значительно повысить контроль качества продукции, снизить затраты на контроль качества, повысить стабильность качества продукции.

### ***Библиографический список***

- 1.Skyeng: официальный сайт. – URL: <https://skyeng.ru/magazine/wiki/it-industriya/chto-takoe-pertceptron/>
- 2.DeepMe: официальный сайт. – URL: <https://deepme.ru/art/>
3. Severstal.com:официальный сайт.–URL: <https://severstal.com/rus/media/archive/>

## АРХИТЕКТУРА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АНАЛИЗА ВИБРАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ В SIMULINK

*Н.В. Зубков*<sup>1,2</sup>

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,  
<sup>1</sup>аспирант

Россия, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород, ул. Минина, д.24;  
АО «Инжиниринговый центр «Кронштадт», <sup>2</sup>ведущий инженер по расчётам  
Россия, Ленинградская обл., г. Кронштадт, ул. Макаровская, д.2;  
e-mail: slava.soko2016@yandex.ru

Научный руководитель: Гуськов А.А., к.т.н., доцент, guskov@apingu.edu.ru

*В статье представлено решение задачи синхронизации и обмена данными между измерительным комплексом ZetLab и микроконтроллером STM32 Nucleo F429ZI по сети Ethernet. Разработана архитектура, обеспечивающая передачу обработанных вибрационных сигналов в вычислительное ядро Simulink для построения цифрового двойника объекта.*

**Ключевые слова:** Simulink, передача данных, Ethernet, STM32 Nucleo, ZetLab.

Современные системы мониторинга технического состояния машин и конструкций переходят от традиционных измерительно-аналитических комплексов к архитектурам, основанным на концепции цифрового двойника [1]. Такая интеграция позволяет не только проводить диагностику в реальном времени, но и прогнозировать состояния объекта на основании цифровой модели, синхронизированной с текущими измерениями.

Ключевой задачей при реализации данной системы является организация быстрой и надежной передачи данных от измерительного комплекса к вычислительному ядру модели. В отличие от традиционных решений, где микроконтроллер выполняет ресурсоёмкую фильтрацию и спектральный анализ, в предложенной системе эти операции выполняются на стороне измерительного комплекса ZetLab, а микроконтроллер STM32 Nucleo F429ZI выступает сетевым интерфейсом и узлом синхронизации измерительного и программного комплекса.

Структурная схема реализуемой системы представлена на рис. 1.

Измерительный комплекс ZetLab представляет собой цифровую систему сбора и обработки вибросигналов. Аналоговый сигнал от акселерометров преобразуется в цифровую форму внутренним АЦП, фильтруется и нормализуется. Программное обеспечение ZetLab формирует кадры данных

фиксированной длины, обычно в формате dtx или бинарном протоколе при передаче в сетевом режиме.

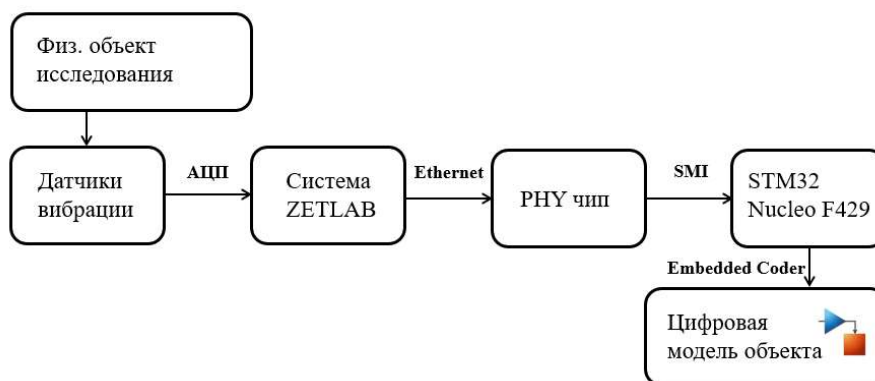


Рис. 1. Структурная схема

Каждый пакет данных содержит временную метку, идентификатор канала, контрольную сумму и блок полезных данных ( $N$  отсчетов ускорения, скорости или перемещения).

Для описания передачи данных через Ethernet между измерительным комплексом ZetLab и микроконтроллером STM32 Nucleo F429ZI можно выделить два уровня настройки –сетевую конфигурацию измерительного комплекса и реализацию приема/передачи данных на стороне STM32.

Измерительные комплексы ZetLab используют стандартный 10/100 Мбит Ethernet-интерфейс для передачи данных в локальной сети.

Для корректного подключения необходимо[2]:

- назначить статический IP-адрес;
- указать маску подсети и шлюз в соответствии с топологией сети;
- при необходимости активировать режим потоковой передачи данных (StreamingMode) – формирование бинарных пакетов данных с временной меткой, номером канала, контрольной суммой и N-отсчётами ускорения, скорости или перемещения.

Пример настройки сетевых параметров измерительного комплекса ZetLab представлен на рис. 2.

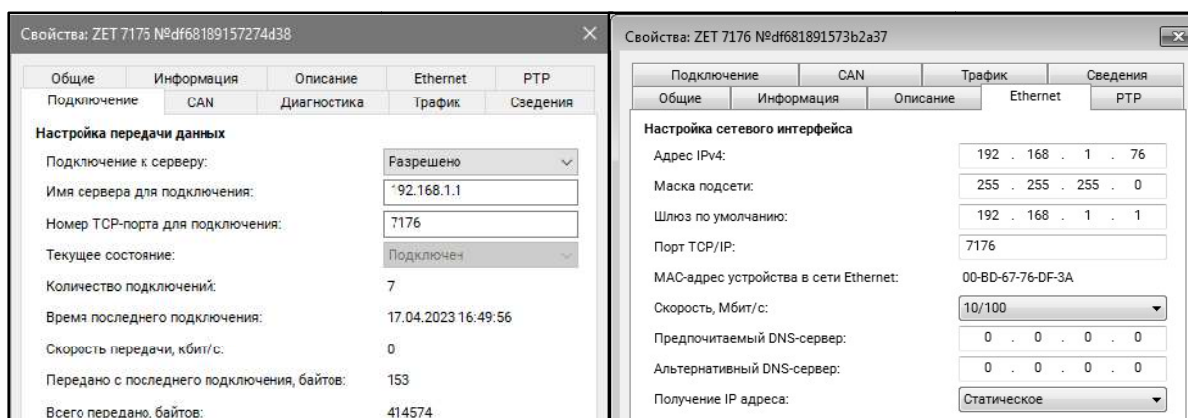


Рис. 2. Свойства подключения измерительного комплекса ZetLab

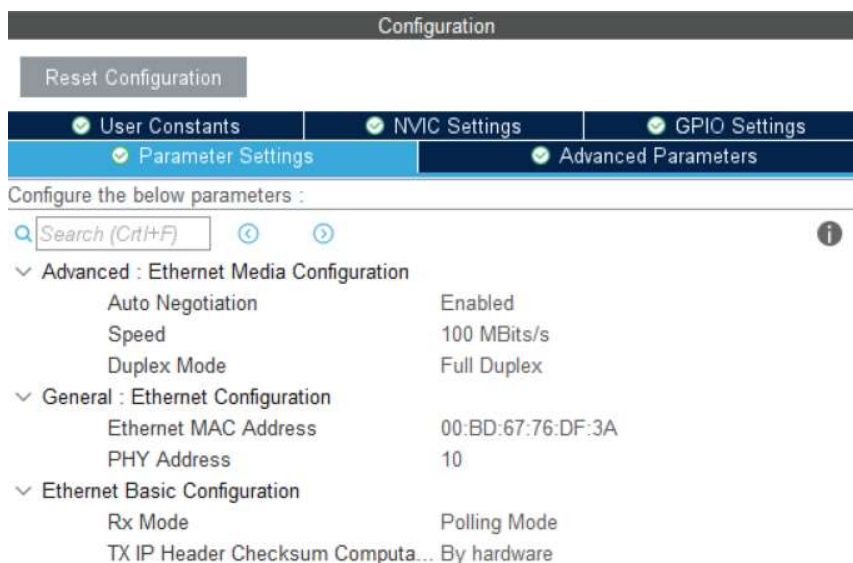
Подключение осуществляется через стандартный кабель RJ-45 к маршрутизатору или напрямую к ПК/контроллеру STM32.

Встроенный MAC-контроллер Ethernet, реализованный в микроконтроллере STM32F429ZI, совместно с внешним PHY-чипом (LAN8720A), формирует аппаратную основу для организации высокоскоростных сетевых соединений стандарта 10/100 Мбит [3].

Основные линии обмена включают сигналы тактирования (REF\_CLK на 25/50 МГц), передачи данных (TX\_EN, TXD0-3) и приема (RXD0-3), а также управляющие линии MDC/MDIO, обеспечивающие коммуникацию между MAC и PHY посредством протокола управления SMI.

Настройка конфигурации микроконтроллера для корректной интеграции микроконтроллера с измерительным комплексом ZetLab:

- активация Ethernet-периферии микроконтроллера с включением аппаратного контроллера прямого доступа к памяти (DMA),
- задание статического IP-адреса микроконтроллера STM32, соответствующего сети измерительного комплекса;
- установка маски подсети и шлюза идентичных настройкам на стороне ZetLab.



**Рис. 3. Настройка интерфейса связи Ethernet для STM32 в CubeMX**

Для реализации взаимодействия используются встроенные модули SimulinkCoder и EmbeddedCoder, которые позволяют создавать код на языке C из блок-схем модели Simulink и адаптировать его под архитектуру конкретного микроконтроллера STM32 [4].

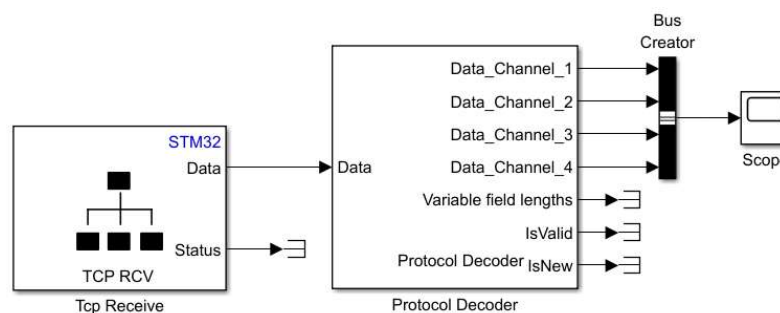
Взаимодействие с Simulink может быть реализовано несколькими способами, перечисленными далее.

1. ExternalMode позволяет Simulink напрямую обмениваться данными с микроконтроллером в реальном времени. Данные с периферии микроконтроллера поступают в модель Simulink для анализа, а результаты вычислений модели могут управлять аппаратными выходами.

2. Генерация автономного кода – алгоритмы управления компилируются и загружаются в STM32, после чего микроконтроллер работает независимо от Simulink. В этом случае Simulink используется только для моделирования и верификации алгоритмов до их переноса на аппаратную платформу.

3. Комбинированный подход – часть алгоритмов выполняется на STM32, а часть вычислений остаётся в Simulink, что позволяет создавать гибридные системы аппаратно-программного моделирования.

Расчетная схема обработки пакетов данных и протокольного декодирования в Simulink представлена на рис.4.



**Рис. 4. Расчетная схема обработки пакетов данных в Simulink**

Расчетная схема иллюстрирует этап программной обработки многоканальных измерительных данных, поступающих по TCP-протоколу с микроконтроллера STM32.

Модуль TcpReceive обеспечивает прием пакетов данных и служебной информации о статусе соединения в реальном времени. На следующем этапе блок ProtocolDecoder осуществляет декодирование бинарного протокола с разделением входного потока на отдельные каналы (Data\_Channel\_1–Data\_Channel\_4), верификацию целостности данных по контрольной сумме (рис. 5), определяет признак корректности кадра (IsValid) и факт поступления новых данных (IsNew).

Объединение всех каналов и управляющих сигналов реализовано с помощью блока BusCreator, что формирует структурированный поток для последующей визуализации на Scope или передачи в расчетные модули.

Применение данного подхода обеспечивает надежную и воспроизводимую передачу массивов данных между измерительными комплексами и вычислительным ядром. Выделение фильтрации и анализа на стороне измерительного комплекса снижает нагрузку на микроконтроллер и

расширяет возможности расчётных моделей, интегрируемых с реальными объектами через стандартные сетевые протоколы.

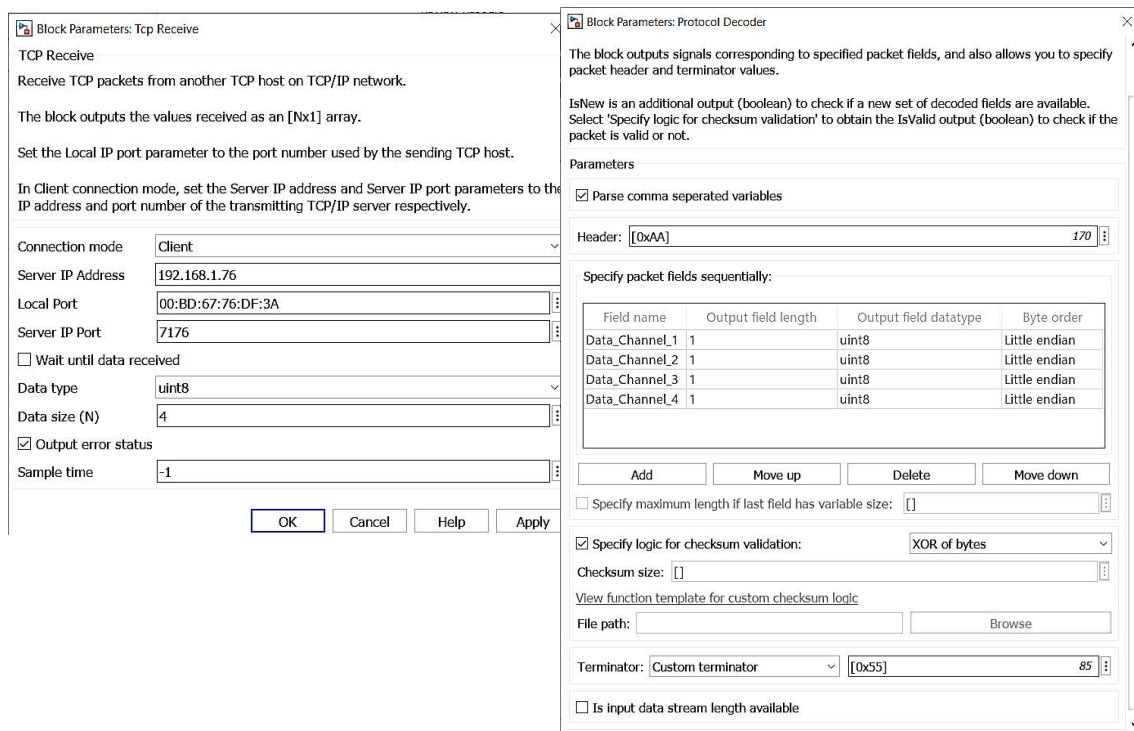


Рис. 5. Настройка параметров блоков в Simulink

Такой подход существенно увеличивает гибкость экспериментальных стендов, облегчает внедрение цифровых двойников и ускоряет переход к предиктивным методам диагностики технических систем.

### Библиографический список

1. Цифровые двойники: учебное пособие / В.М. Дмитриев– Томск: Изд-во Томск.гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2024. – 88 с.
2. ЗАО «Электронные технологии и метрологические системы». Анализатор спектра ZET 017. Программное обеспечение ZETLab: руководство по эксплуатации.– М.: ЗАО «ЭТМС», 2013. – 124 с.
3. STMicroelectronics.*STM32F42xxx, STM32F43xxx Reference Manual (RM0090)*.– Geneva: STMicroelectronics, 2023. – 1884 p.
4. The MathWorks, Inc.*Embedded Coder. User's Guide*.– Natick, Massachusetts: The MathWorks, Inc., 2024. – 642 p.

## МАЛОБЮДЖЕТНАЯ СИСТЕМА СБОРА ДАННЫХ С БЫТОВЫХ СЧЁТЧИКОВ НА БАЗЕ МОДУЛЯ LORA

*А.В. Морохотов<sup>1</sup>*

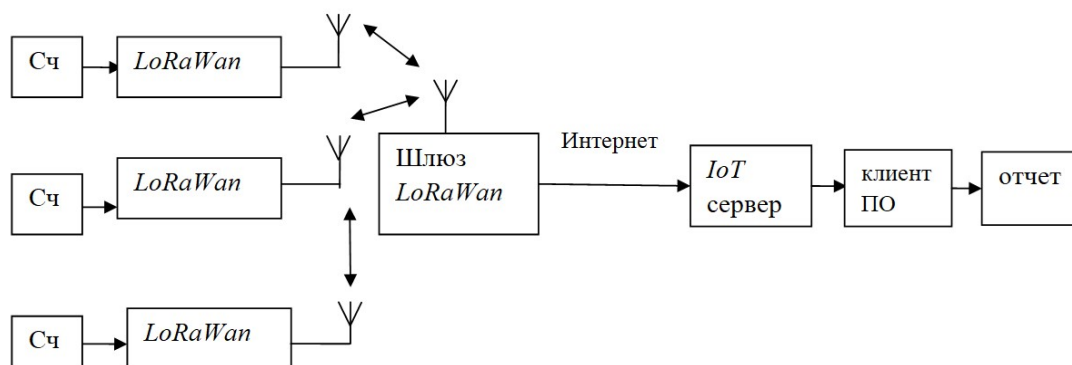
Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, <sup>1</sup>магистрант  
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; e-mail: [alekseimorohotov@yandex.ru](mailto:alekseimorohotov@yandex.ru)  
Научный руководитель: Долгов А.Н., к.т.н., доцент, [mirevm@mail.ru](mailto:mirevm@mail.ru)

*В статье описана малобюджетная система сбора данных со счетчиков, рассчитано потребление модулем LoRa энергии, выбраны наиболее выгодные режимы работы.*

**Ключевые слова:** *LoRaWan, модуль LoRa, бытовые счетчики, сбор данных, применение LoRa, беспроводная связь.*

Целью данной работы является выбор оптимального режима работы по энергопотреблению модуля LoRa для малобюджетной системы сбора данных со бытовых счетчиков.

Существует потребность сбора информации с приборов учета для небольшого количества потребителей, в пределах 1-2 многоквартирных домов. На текущий момент существуют решения, ориентированные на большое количество потребителей, на базе беспроводного протокола *LoRaWan* (рис. 1).



**Рис. 1. Структура работы системы на основе протокола *LoRaWan* и сервером**

Для организации информации по данному протоколу требуются:

- специализированные («умные») счетчики со встроенным модулем, поддерживающим протокол *LoRaWan*;
- сетевой шлюз, для передачи данных в сеть интернет;
- *IoT*-сервер, для сбора данных из интернет;

- клиентское ПО для организации базы данных.

Такая организация сети является дорогостоящей и нерентабельной для малого количества потребителей, в частности с точки зрения энергозатрат.

В статье рассматривается разработка бюджетной версии блока сопряжения *LoRa* без серверного узла. Система снятия на модуле *LoRa* дешевле и проще устроена, для нее необходимы бытовые счетчики с импульсным выходом, несколько модулей, подключенных к отладочной плате контролера *STM32F* и компьютер с программным обеспечением.

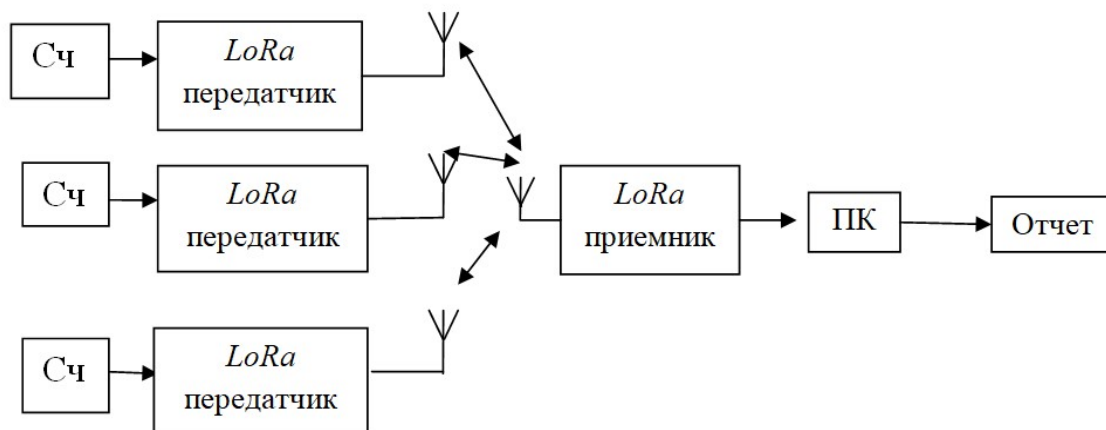


Рис. 2. Структура работы упрощенной системы на основе протокола *LoRaWan*

Модуль *LoRa* может поддерживать множество разнообразных режимов работы: регулируется рабочая частота, мощность передатчика, скорость передачи, коэффициент расширения и полоса пропускания. В нашем случае требуется передавать небольшое количество данных, около 128 бит.

Для этого необходимо определить оптимальные режимы работы, обеспечивающие дальность работы в пределах двух соседних домов. Зададимся дальностью установленной передачи сигнала в пределах 500 м.

В качестве объекта исследования использовался модуль *LoRaDRF1278F* и отладочная плата микроконтроллера *STM32F103C6T6*. [2]

Порог чувствительности приемника *DRF1278F* зависит от скорости передачи, коэффициента расширения и номера канала (табл. 1) [3].

Таблица 1

Порог чувствительности сигнала модуля *LoRa* в зависимости от настроек

	Скорость передачи данных, кб/с	10,4	62,5	125	250	500
<i>SF</i>	Первый канал					
6		-131	-121	-118	-118	-111
7		-134	-126	-123	-122	-116
8		-138	-129	-126	-125	-119
9		-	-132	-129	-128	-122
10		-	-135	-132	-131	-125

11		-146	-137	-133	-133	-128
12		-	-139	-136	-134	-130
	<b>Скорость передачи данных, кб/с</b>	10,4	62,5	125	250	500
<i>SF</i>	<b>Третий канал</b>					
6		-132	-123	-121	-118	-112
7		-136	-128	-125	-122	-118
8		-138	-131	-128	-125	-121
9		-	-134	-131	-128	-124
10		-	-135	-134	-131	-127
11		-146	-137	-136	-133	-129
12		-	-140	-137	-134	-130

\**SF* – коэффициент расширения

Из табл. 1 видно, что при увеличении скорости передачи при заданном коэффициенте расширения (от 6 до 12) ухудшается чувствительность приемника. Также при изменении канала связи незначительно меняются значения чувствительности. Наиболее выгодны режимы с большим значением коэффициента расширения. Рассмотрим далее режимы с коэффициентом расширения равным 11, первым каналом связи и разными скоростями передачи.

Передатчик имеет четыре уровня регулировки выходной мощности передатчика (табл. 2).

**Таблица 2**  
**Энергопотребление модуля в зависимости от мощности передатчика**

<b>Мощность передачи, dBm</b>	<b>Потребление тока, mA</b>
+20, включенный усилитель	120
+17, включенный усилитель	87
+13, без усилителя	29
+7, без усилителя	20

Для исследования было решено использовать режим приема – канал 1.

При этом ток потребления передатчика составляет  $I = 10,8$  мА.

Мощность на входе приемника для прямой видимости определяется по формуле [1]:

$$P_{\text{вх}} = 10 \cdot \lg \left( \frac{P_{\text{вых}} \cdot G_1 \cdot \eta_1 \cdot G_2 \cdot \eta_2 \cdot \lambda^2}{16 \cdot \pi^2 \cdot R_0^2} \right), \quad (1)$$

где:  $\lambda = c/f$  – длина волны, м

$c$  – скорость света в вакууме,  $c = 300.000$  км/с =  $3 \cdot 10^8$  м/с;

$f$  – рабочая частота,  $f = 433 \text{ МГц} = 4,33 \cdot 10^8 \text{ Гц}$  (согласно документации);  
 (длина волны  $\lambda = 3 \cdot 10^8 / (4,33 \cdot 10^8) = 0,693 \text{ м.}$ )

$R_0$  – расстояние между приемником и передатчиком, 500м;

$\eta_1 = \eta_2 = 1$  – КПД передающей и приемной фидерных линий;

$G_1 = G_2 = 3,98$  – коэффициенты усиления антенн;

$P_{\text{ВЫХ}}$  – выходная мощность передатчика,

Согласно спецификаций на модуль возможны четыре варианта выходной мощности передатчика:  $P_{\text{ВЫХ1}} = 20 \text{ dBm}$ ;  $P_{\text{ВЫХ2}} = 17 \text{ dBm}$ ;  $P_{\text{ВЫХ3}} = 13 \text{ dBm}$ ;  $P_{\text{ВЫХ4}} = 7 \text{ dBm}$ .

С учетом отсутствия прямой видимости сигнал на входе приемника будет иметь ослаблений порядка на 80 dBm (что соответствует прохождению через четыре стены).

Сравним расчетную мощность на входе приемника с его чувствительностью на разных скоростях передачи (табл. 3). Режимы, в которых мощность на входе приемника превышает его чувствительность, обозначены в таблице «+».

Таблица 3

Сравнение мощности на входе приемника с порогом чувствительности LoRa

		Скорость передачи данных, кб/с	10,4	62,5	125	250	500
		Порог чувствительности, dBm	-146	-137	-133	-133	-128
Мощность сигнала на выходе, dBm	Мощность сигнала на входе, dBm						
	20	-127,145	+	+	+	+	+
17	-130,145	+	+	+	+		
13	-134,145	+	+				
7	-140,145	+					

Очевидно, оптимальными по энергопотреблению являются режимы:

- 1) скорость передачи – 10,4кб/с; мощность на выходе модуля 7dBm;
- 2) скорость передачи – 62,5кб/с; мощность на выходе модуля 13dBm;
- 3) скорость передачи – 125кб/с; мощность на выходе модуля 17dBm;
- 4) скорость передачи – 250кб/с; мощность на выходе модуля 17dBm;
- 5) скорость передачи – 500кб/с; мощность на выходе модуля 20dBm.

Потребление энергии зависит не только от мощности передатчика, но и от скорости передачи.

Обычно модуль LoRa находится в спящем режиме с минимальным потреблением. Для передачи информации необходимо переключить модуль в режим передачи (рис. 3), выждать время на пробуждения чипа  $TS\_FS = 60 \text{ мкс}$

(заявлено в документации на чип SX1278), передать информацию за время  $T$ , перевести в спящий режим [3].

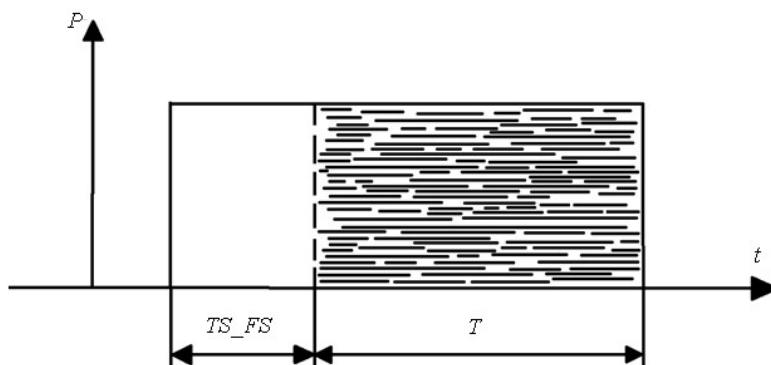


Рис. 3. Периоды перехода модуля LoRa от режима сна к рабочему режиму

Время передачи данных находится по формуле:

$$T = n / F_{\text{пер}}, \quad (2)$$

где:  $F_{\text{пер}}$  – скорость передачи данных, кбит/с

$n$  – объём передаваемых данных, 128 бит.

Суммарное время работы модуля *LoRa*:

$$T_{\text{sum}} = TS\_FS + T, \quad (3)$$

Потребление энергии рассчитывается по формуле:

$$W = P \cdot T_{\text{sum}}, \quad (4)$$

где  $P = I \cdot U$  – потребляемая мощность, Вт

$U$  – напряжение питания, 3,3В (по документации на модуль *LoRa*)

$I$  – потребляемая сила тока (согласно из табл. 2):

На гистограмме (рис. 4) показано расчетное потребление модуля LoRa для выбранных режимов.

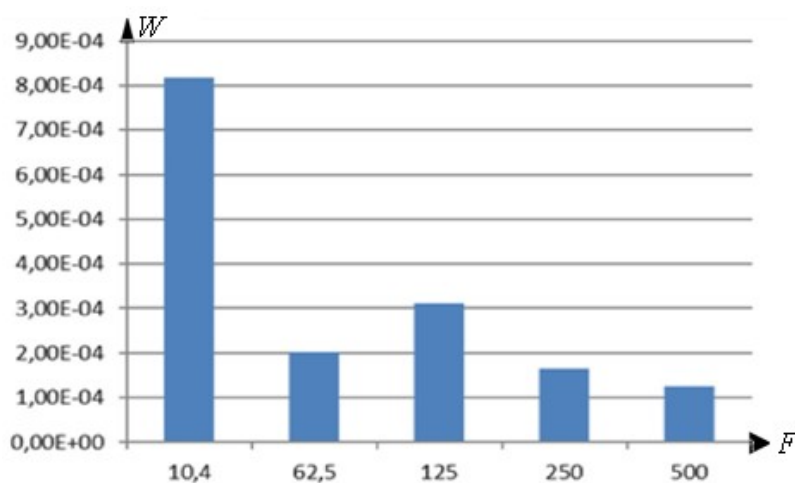


Рис. 4. Зависимость потребляемой энергии от скорости передачи сигнала

Видно, что при передаче фиксированного пакета данных 128 б наиболее выгодным по энергии будет режим работы 500 кбит/с при мощности

передатчика 20 *dBm*. Также близки потребления в режимах 250 кбит/с при 17 *dBm* и 62,5кб/с при 13 *dBm*. Остальные два режима являются неоптимальными. Стоит учитывать факторы, влияющие на передачу данных, разные погодные условия, при большой скорости увеличивается занимаемая полоса пропускания сигнала, то есть снижается помехоустойчивость. Это значит, требуется больший запас по мощности сигнала. Таким образом, требуются дополнительные исследования модуля в разных режимах.

### ***Библиографический список***

1. Антенны и распространение радиоволн, сайт – URL: [https://de.donstu.ru/CDOCourses/structure/\\_new\\_/455968/4656/3015.pdf](https://de.donstu.ru/CDOCourses/structure/_new_/455968/4656/3015.pdf)
2. Документация модуля *LoRaDRF1278F*, *Semtech Corporation* сайт – URL: <https://www.alldatasheet.com/htmlpdf/1150407/DORJI/DRF1278F/175/1/DRF1278F.html>
3. Документация на чип модуля *LoRaDRF127FSX1276/77/78/79*, сайт – URL: [https://amperkot.ru/static/3236/uploads/datasheets/DS\\_SX12767%2089\\_W\\_APP\\_V6.pdf?ysclid=mc1sd72wuh428865027](https://amperkot.ru/static/3236/uploads/datasheets/DS_SX12767%2089_W_APP_V6.pdf?ysclid=mc1sd72wuh428865027)

## КЛАССИФИКАЦИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЯХ

*М.С. Огальцов<sup>1</sup>*

Уфимский университет науки и технологий,  
Институт электротехнического инжиниринга, <sup>1</sup>учащийся  
Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул.ЗакиВалиди, 32;  
e-mail: pksogaltsov@mail.ru  
Научный руководитель: Уразбахтина Ю.О., к.т.н, доцент,  
e-mail: urjuol@mail.ru

*В статье представлена классификация и сравнительный анализ солнечных батарей для автономных систем энергоснабжения. Рассмотрены три группы фотоэлементов: органические, кремниевые и пленочные. Для каждого типа приведены КПД, ключевые преимущества, недостатки и области применения. Проведено детальное сравнение монокристаллических и поликристаллических панелей.*

***Ключевые слова:** солнечные батареи, автономное электроснабжение, классификация, фотоэлементы, КПД, кремниевые, пленочные, органические.*

Типы солнечных элементов делятся на три группы в соответствии с типами фотоэлектрических элементов, составляющих основу конструкции[1].

### *Органические солнечные элементы*

Ведутся серьезные научные исследования по применению солнечных элементов органической природы. Область применения их достаточно широка. Уже сейчас их адаптируют в одежду, электронные переносные гаджеты и даже в фасад здания и оконные стекла для аккумуляции солнечной энергии. Самым главным недостатком является низкая эффективность, срок службы данного вида составляет максимум до 5 лет и сложность масштабирования производства[2]. Различаются 4 основных типа конструктивной структуры органических солнечных элементов:

– *однослойные*. Легки в производстве. Очень неэффективны, КПД 1%, используются в исследовательских и учебных целях;

– *двуслойные*. Средняя сложность производства и эффективность от 1-2%. Данный вид применяют в простых гибридных устройствах и датчиках;

– *объемные гетеропереходы*. Наилучшая эффективность у данного вида, КПД достигает до 18%. На данный момент является самым распространенным и коммерчески перспективным типом. Применяется в фасадах зданий, оконных пленках, солнечных шторах, датчиках температуры,

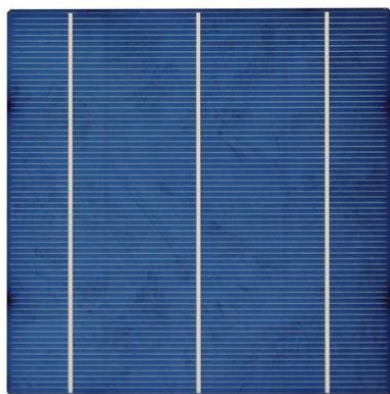
которые расположены на улице и портативные зарядные устройства для телефона;

– *упорядоченные гетеропереходы.* Наиболее сложный в производстве. Максимальная эффективность достигает 10–12%. Используется в фасадах и оконных стеклах.

На данный момент все еще идут исследования, благодаря которым развивается данная отрасль, которую в нашей стране так сильно развивают, но сейчас данная технология не готова для использования в СЭС.

#### *Кремниевые солнечные батареи*

Поликристаллические элементы представляют собой расплавленный кремний, который проходит путь медленного остывания. Неоднородность слоя является причиной снижения эффективности (КПД около 12–18%), создание таких фотоэлементов намного дешевле, если сравнивать с другими разновидностями солнечных батарей [3]. Они описываются сине-черным цветом на поверхности (рис. 1).



**Рис. 1. Поликристаллический солнечный элемент**



**Рис. 2. Монокристаллический солнечный элемент**

Монокристаллические тип создается путем выращивания в форме монокристалла, который впоследствии делят на тончайшие пластины в сотни микрометров. Даная техника превосходит по стоимости предыдущий вариант и КПД достигает 22%. Они характеризуются черным цветом поверхности (рис.2).

На данный момент компромиссным решением является использование кремниевых фотоэлементов. В табл. 1 приведены сравнительные параметры кремниевых солнечных батарей [4, с. 78-89].

**Таблица 1**

**Сравнение моно- и поликристаллических солнечных батарей**

<b>Параметр</b>	<b>Монокристаллические панели</b>	<b>Поликристаллические панели</b>
Кристаллическая структура солнечного элемента	Все кристаллы ориентированы в одном направлении, зерна кристаллов параллельны	Кристаллы ориентированы в разных направлениях, зерна кристаллов не параллельны
Технология производства	Монокристаллические цилиндры	Поликристаллические

СЭ	кремния нарезаются на пластины, затем пластины обрезаются до почти квадратной формы	заготовки прямоугольной формы режутся на пластины
Температуры изготовления	1400 °С	800–1000 °С
Толщина	≤300 мкм	300–500 мкм
Стабильность параметров	Высокая стабильность	Высокая стабильность, но ниже, чем у монокристаллических элементов
Цена солнечной панели	Относительно высока	Относительно высокая, но на 15–20% ниже, чем у монокристаллических элементов
Окупаемость по энергии	2 года	5-10 лет

Аморфный тип относится к кремниевым, но исходя из метода разработки и изготовления подходит больше под пленочный. Сырьем является водородный кремний, который наносится на подложку из фольги, пластика или стекла. У данной разновидности есть свои плюсы и минусы. Эффективность очень низкая (КПД 5–6%), хотя оптическое поглощение в 20 раз выше, чем у двух предыдущих типов кремниевых солнечных батарей. Они могут отлично работать даже в пасмурную погоду. Главными плюсами является гибкость и малая толщина фотоэлементов, а недостатком является маленький срок службы (2 года). Для них характерен черный цвет поверхности.

#### *Пленочные солнечные батареи*

В конструкции рассматриваемых фотоэлектрических панелей кремний отсутствует. Тонкопленочные солнечные элементы характеризуются рядом преимуществ, включая экономичность производства, возможность создания гибких структур, сниженную массу и малогабаритность. Технология изготовления предполагает последовательное нанесение активного полимерного слоя, токопроводящей электродной решетки и защитного барьера на эластичную подложку. Выделяют три основных типа таких батарей:

– *теллурида кадмия*. Отличаются минимальной себестоимостью производства при эффективности преобразования энергии до 11%;

– *селенид меди-индия-галлия*. Демонстрирует повышенную производительность с коэффициентом полезного действия 15–20%;

– *полимерные*. Инновационный тип, где используют фуллерены и сопряженные полимеры вместо фотоактивных компонентов. Хоть КПД и низкий всего около 5–6% они экологически безопасны, легко адаптируются к различным поверхностям и дешевы в производстве (рис 3).



**Рис. 3. Пленочный солнечный элемент**

### *Библиографический список*

1. Абрамова А.В., Морозов В.П., Сидоров А.С. Современные фотоэлектрические преобразователи: учебное пособие. — М.: Издательский дом МЭИ, 2021. — 180 с.
2. Гришин С.А., Сенкевич В.А. Фотоэлектрические преобразователи энергии. — СПб.: Лань, 2020. — 356 с.
3. Кочкин Н.И., Соколов А.А. Источники и системы автономного электропитания. Возобновляемая энергетика. — М.: РадиоСофт, 2019. — 248 с.
4. Петров А.А., Беспалов П.С. Сравнительный анализ монокристаллических и поликристаллических кремниевых солнечных модулей для автономных энергосистем // Научный вестник МГТУ ГА. — 2021. — Т. 24, № 2. — С. 78-89.

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛИРОВКИ СФЕРИЧЕСКИХ ПОДЛОЖЕК

*И.А. Панкратов<sup>1</sup>, А.А. Куприн<sup>2</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, <sup>1</sup>магистрант  
АО АНПП «ТЕМП-АВИА», <sup>2</sup>ведущий инженер

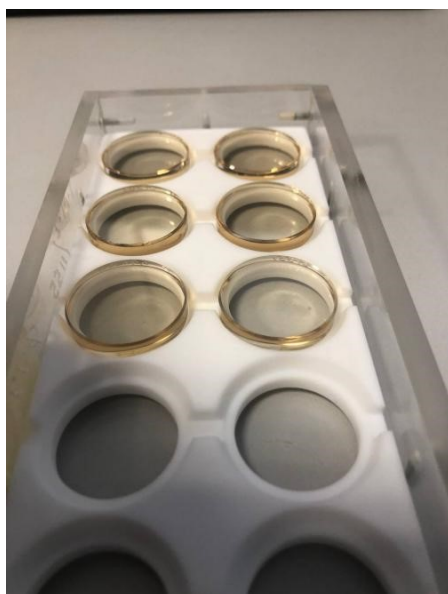
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас;  
e-mail: ilpankratov@gmail.com, pisatel-90@mail.ru

Научный руководитель: В.И. Поздьяев, к.т.н., доцент, vpozdyayev@inbox.ru

*В статье анализируется эффективность изменений в технологии полировки сферических подложек, с выявлением проблем дефектообразования и высокого уровня брака. Рассматриваются оптимизация параметров полировки и отмывки, влияние шероховатости на качество продукции, а также возможности автоматизации процессов для снижения влияния человеческого фактора, с рекомендациями по улучшению технологии.*

**Ключевые слова:** полировка стекла, сферические подложки, технология, шероховатость, оптимизация, полирующие составы, отмывка.

В современных условиях стремительного развития оптической промышленности требуется постоянное совершенствование процессов обработки материалов [1]. Одним из основных этапов в производстве оптических элементов является полировка и отмывка сферических подложек (рис. 1), от качества которых напрямую зависит эффективность и точность работы лазерных систем и гироскопов [2].



**Рис. 1. Сферические подложки после полировки в таре**

**Цель исследования** - оценка результативности внедрения новой технологии полировки и отмывки сферических подложек в сравнении со старой; выявление ключевых проблем и разработка рекомендаций для оптимизации процесса.

#### **Методология исследования**

Подложки для лазерных гироскопов, использующих гелий-неоновое излучение, изготавливаются из высококачественного ситалла СО-115М. Это стеклокерамический материал, обладающий уникальными оптическими и механическими свойствами, что делает его идеальным для применения в оптических системах [3]. Он характеризуется высокой прочностью, термостойкостью и низким коэффициентом теплового расширения, что обеспечивает стабильность размеров и формы подложек в различных условиях эксплуатации. Качество поверхности этих подложек играет основную роль в производстве зеркал, поскольку оно непосредственно влияет на сцепление покрытия с подложкой и, соответственно, на эксплуатационные характеристики готовых изделий [4]. Для достижения минимального рассеяния света на зеркалах, которые будут нанесены на подложки, требуется обеспечить как можно более гладкую поверхность.

Одним из наиболее сложных и недостаточно изученных этапов в процессе производства подложек является финишное полирование. Полирование осуществляется на смоляном полировальнике [5]. Под чистотой поверхности подразумевается отсутствие царапин, точек и других дефектов, размеры которых оцениваются в соответствии с установленными стандартами. Использование интерферометра в данном процессе не всегда позволяет проводить последовательные межоперационные измерения, что затрудняет устранение дефектов путем подбора оптимальных внешних параметров, таких как температура и влажность, а также параметров процесса полировки, включая оптимальный размер зерна полирита, время обработки и кислотности [6].

Для полировки ситалловых подложек предложено использовать три вида полиритов: Ceri 3000F, Nano-Ceri 2.0 PB и NanoSiC. Каждый из них представлен в нескольких партиях, разделённых по размеру крошки, которая определяет степень их абразивности и область применения. Первый полиролий-Ceri 3000F - это порошок на основе оксида церия ( $\text{CeO}_2$ ), более 65% от массы, предназначенный для высококачественной полировки стекол, пластика и металлов. Он разделён на партии с размерами гранул около 3.0 мкм, что позволяет использовать его для финальной шлифовки и придания поверхности блеска. Этот продукт характеризуется высокой абразивностью и применяется в микро- и нанофрезеровке, а также при реставрационных работах. Второй — Nano-Ceri 2.0 PB - это нанополиролий, в составе которого есть наночастицы церия ( $D_{50}$  около 0.2 мкм), а также добавлены полимерные связующие вещества для улучшения адгезии и устойчивости. Основными компонентами являются

оксид церия (более 65%), а также специальные добавки для повышения эффективности при тонкой полировке. Этот материал обеспечивает глубокий блеск и минимальные царапины, что делает его подходящим для финальной обработки прозрачных поверхностей. Третий - NanoSiC, представляет собой наноструктурированный силикатный полироль на основе кремний-силикатных наночастиц ( $D_{50}$  приблизительно 0.1 мкм). Он состоит из диоксида кремния, разделен по партиям согласно размеру наночастиц. Основное назначение NanoSiC- это удаление мелких царапин и достижение зеркальной гладкости. Его используют для полировки стекол, металлов и пластиков, обеспечивая высокую гладкость и зеркальный блеск поверхности. Таким образом, все три полирита разделены по размеру крошки, что соответствует их области применения и эффективности. Более крупные частицы подходят для грубой обработки и снятия дефектов, тогда как мелкие наночастицы применяются для финальных этапов полировки с целью получения гладких и прозрачных поверхностей.

### **Обзор исследования**

1. Объекты исследования: 9 партий подложек (20 шт. в каждой, кроме партий 2 и 9-19 шт.).

2. Технологические этапы:

- подготовка полирующих составов: Ceri3000F, Nano-Ceri 2.0 PB, NanoSiC;

- многоступенчатая полировка (грубая, средняя, тонкая);

- промежуточная и финишная отмывка.

3. Сравниваемые методы:

- проектная технология: соотношение Ceri 3000F 1:5 к деионизированной воде с удалением осадка, финишная отмывка по специальному протоколу;

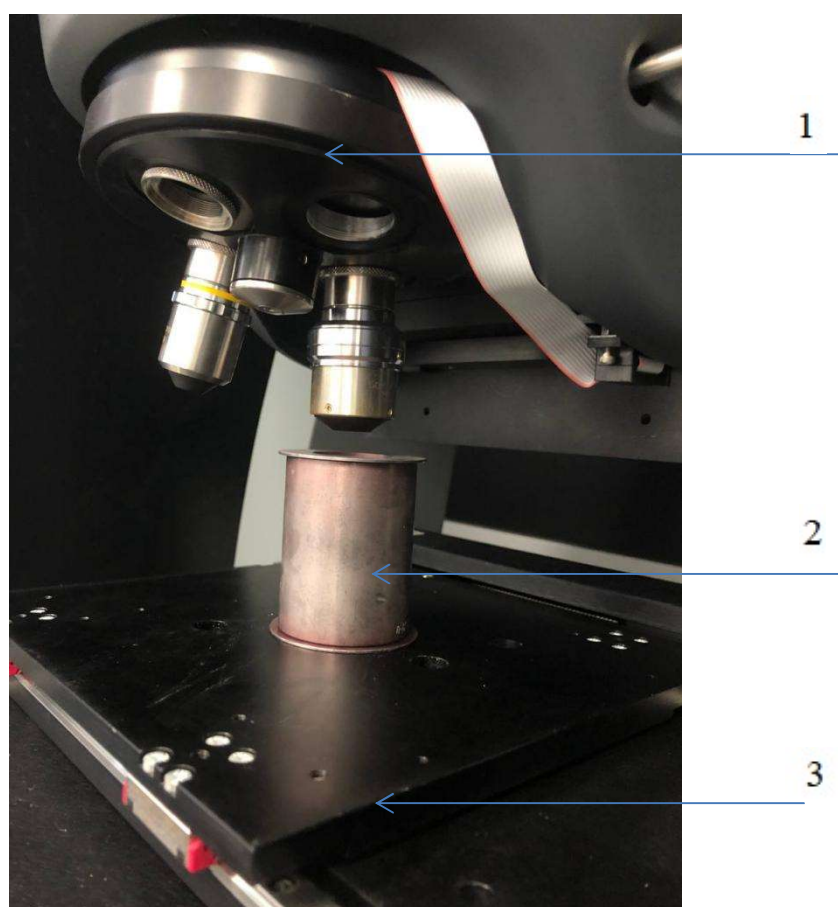
- базовая технология: соотношение Ceri 3000F 1:4 к деионизированной воде без удаления осадка, финишная отмывка.

### **Результаты**

Основные параметры полировки жестко стандартизированы: давление поддерживается на уровне  $0.8 \text{ кг/см}^2$  ( $\pm 0.02 \text{ кг/см}^2$ ), скорость вращения планшайбы — 80 об/мин ( $\pm 2$  об/мин), температура в зоне обработки —  $22 \pm 0.5^\circ\text{C}$  (мониторинг датчиком Pt100), подача суспензии дозируется со скоростью 50 мл/мин ( $\pm 5$  мл/мин). Время обработки варьируется от 60 до 120 минут в зависимости от этапа. Технология реализуется в два основных этапа: **предфинишная полировка** при повышенных параметрах (давление  $1.0 \text{ кг/см}^2$ , скорость 100 об/мин, время 60 мин), что позволяет снять припуск 1–2 мкм и достичь  $R_a \leq 1.4 \text{ нм}$ ; и **финишная полировка** с использованием в щадящем режиме (давление  $0.5 \text{ кг/см}^2$ , скорость 60 об/мин, время 60 мин) для формирования целевой шероховатости  $R_a \leq 0.4 \text{ \AA}$ . Переход между этапами

включает остановку станка и промывку подложки для удаления остатков предыдущей суспензии.

Контроль процесса осуществляется каждые 10 минут через визуальный осмотр под микроскопом для выявления царапин  $> 0.5$  мкм, а каждые 15 минут производится замер шероховатости на профилометре (рис.2) ZYGO NewView™ 9000 (допустимое отклонение  $\leq 5\%$  от графика). Температура отслеживается в реальном времени ИК-пирометром ( $\Delta T \leq 0.5^\circ\text{C}$ ). Для устранения типовых дефектов предусмотрены корректирующие действия: кольцевые царапины от агломератов устраняются повторной УЗ-обработкой суспензии, локальный перегрев  $> 24^\circ\text{C}$  купируется снижением давления до  $0.3$  кг/см<sup>2</sup>, а анизотропия рельефа нивелируется калибровкой вакуумного держателя.



**Рис. 2. Контроль сферической подложки на профилометре:**  
1) профилометр; 2) оснастка для подложек; 3) координатный стол.

## Оптимизация технологического процесса

### 1. Влияние подготовки Ceri 3000F на дефектообразование.

- Проблема: при использовании новой технологии (1:5 + удаление осадка) в партиях 1–4 наблюдались устойчивые пятна (30–50% брака).
- Причина: удаление осадка привело к недостаточной концентрации абразивных частиц, что спровоцировало неравномерную полировку.

- Решение: Переход на старую технологию(1:4 без удаления осадка) снизил долю брака до 16–25% в партиях 5–9

## 2. Оптимизация времени полировки.

- Этап Nano-Ceri 2.0 PB: Увеличение времени полировки с 1 часа до 1 ч 20 мин (партии 3–9) сократило количество царапин в центральной зоне на 15%. При увеличении времени до 1 часа 30-40 минут начинает происходить скол фасок на сферической подложке, что приводит к образованию микроцарапин на полированной поверхности.

- Этап NanoSiC: сокращение времени располировки полировальника с 30 до 20 мин (партия 4) повысило шероховатость до 0,49 Å от среднего 0,44 Å.

## 3. Эффективность методов отмывки.

- Финишная отмывка:

- Проектная технология: требовала перемывки 2–3 деталей на партию.

- Базовая технология: перемывка для 1–2 деталей, что экономит ресурсы

- Основные факторы: трёхэтапная промывка в ацетоне и использование 2% раствора Optical обеспечили желаемую чистоту поверхности.

## 4. Статистические показатели технологии показывают превосходство базовой технологии по основным метрикам (табл. 1).

Таблица 1

Статистические показатели технологии

Параметр	Проектная технология	Базовая технология
Средний выход годных	58%	72%
Средняя шероховатость	0.45 Å	0.44 Å
Доля брака (царапины)	35%	22%

### Проблемы и ограничения

1. Дефекты контактной зоны: 7 из 10 бракованных деталей в партии 5 имели царапины на переходе сферы с контактом. (Причина: износ полиуретанового полировальника.)

2. Зависимость от поставщиков: отсутствие аналогов Nano-Ceri 2.0 PB ограничивает гибкость процесса.

3. Человеческий фактор: ручной контроль на микроскопе Axio увеличивает риск пропуска дефектов.

Однако интеграция элементов старой технологии(соотношение 1:4) позволила улучшить основные показатели: снижение доли брака на 13%, стабилизация шероховатости на уровне 0.44Å. Были подобраны российские аналоги полиритов Nano-Ceri 2.0 PB(CERILUXPCH-5302) и NanoSiC(CERILUXPCH-5301), которые сохраняют качество полировки и позволяют отказаться от поставок из других стран. Из-за износа полиуретанового полировальника решено использовать смоляной

полировальник, на котором нужно реже обновлять покрытие. Доработанная технология имеет потенциал для внедрения в серийное производство.

### ***Библиографический список***

1. Иванов И.И., Баранов Л.А. Технология обработки материалов. Издательство Машиностроение, Москва, 2019. –250 с.
2. Иванов И.П., Смирнов А.Н. Современные технологии полировки и шлифовки. – Издательство Наука, Москва, 2020. – 200 с.
3. Смирнов А.Н. Оптические материалы: свойства и технологии обработки. – Издательство Энергия, Москва, 2018. – 180 с.
4. Петров В.В. Технология производства оптических элементов. – Издательство Радио и связь, Москва, 2017. –220 с.
5. Кузнецов М.А. Полировочные технологии: теория и практика. – Издательство Техносфера, Москва, 2021. – 160 с.
6. Федоров С.А. Инженерия поверхности: методы и технологии. – Издательство Инфра-М, Москва, 2022. – 190 с.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ FDM-ПРИНТЕРОВ

*Г.А. Фролов<sup>1</sup>, В.В. Шергин<sup>2</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского  
государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева

<sup>1</sup>студент, <sup>2</sup>студент

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас;

e-mail: [gleb.nefrolov@gmail.com](mailto:gleb.nefrolov@gmail.com), [vad.shergin@yandex.ru](mailto:vad.shergin@yandex.ru)

Научный руководитель: Гайнов С.И., старший преподаватель,

e-mail: [serazhsoft@gmail.com](mailto:serazhsoft@gmail.com)

*В статье проведен сравнительный анализ зарубежных решений автоматизированных систем для FDM-принтеров. Рассмотрены технологические и экономические характеристики различных подходов к автоматизации. На основе сравнительного анализа выявлены перспективы развития данного направления в области приборостроения.*

***Ключевые слова:** FDM-печать; автоматизация; роботизированные системы; сравнительный анализ; приборостроение; аддитивные технологии.*

Широкое внедрение FDM-технологий в малом и среднем бизнесе требует повышения эффективности оборудования. Основной проблемой является операционный простой принтера после завершения печати, связанный с ручным извлечением изделия. В связи с этим, представляет интерес анализ автоматизированных систем, исключающих необходимость ручного вмешательства. Целью работы является сравнительный анализ конструктивных и экономических характеристик существующих решений для автоматизации работы FDM-оборудования.

Автоматизированные системы извлечения деталей представляют собой комплексные технические решения, предназначенные для исключения человеческого фактора из производственного цикла FDM-печати. Необходимость таких систем обусловлена значительными потерями времени при работе оператора. Например, при 8-часовом рабочем дне сотрудник тратит до 15-20% времени (1,5-2 часа) исключительно на процедуры снятия деталей и подготовки принтера к следующей печати. В условиях серийного производства, когда для выполнения срочного заказа требуется организовать непрерывную печать в течение 24 часов, простои между циклами могут достигать 30-40 минут на каждое изделие, что существенно снижает общую производительность оборудования и увеличивает сроки выполнения заказов.

В ходе анализа современных решений для автоматизации FDM-производства было выделено четыре перспективных конструктивно-технологических решения, рассмотренных ниже.

**Ottomat 3D** (Новая Зеландия): Система представляет собой роботизированный комплекс на основе 3-х линейного манипулятора (рис.1). Принцип работы системы основан не на снятии самой детали, а на замене всей подложки. После завершения печати, манипулятор позиционируется над платформой принтера, специальный захват отсоединяет подложку с готовой деталью и перемещает ее в ячейку хранения для охлаждения. Затем манипулятор извлекает из другой ячейки чистую подложку и устанавливает ее на принтер, после чего цикл печати возобновляется [1]. Среднее время выполнения полного цикла замены составляет около 120 секунд. Основным преимуществом системы является ее относительно доступная стоимость около 60000 рублей и модульная конструкция, позволяющая адаптировать систему для работы с различными конструкциями FDM-принтеров. Однако система имеет ряд конструктивных недостатков – ось Z крепится только на одном конструкционном профиле, что при длине более 1 метра создает риск прогиба до 1 мм в середине пролета даже при использовании профиля диаметром 16 мм. Особенно выражен этот недостаток на оси X, где прогиб может приводить к неточному позиционированию захвата. Дополнительным ограничением является статус разработки – в настоящий момент система не вышла на рынок серийно, что создает риски для потенциальных пользователей в части надежности и технической поддержки.



Рис. 1. Система OTTOjectMK1

**MosaicArray** (Канада): Мини-ферма, объединяющая в себе 4 независимых FDM-принтера Element HT и роботизированную систему портального типа для замены печатных столов (рис. 2). По подсчетам

производителя, обученный оператор такой аддитивной платформы способен обслуживать до 250 принтеров, а общая производительность при этом вырастает до 10 раз. По завершению печати одного из принтеров столик с готовым изделием перемещается, с помощью роботизированного механизма, в отсек для хранения, а на освободившееся место устанавливается новый стол и запускается процесс печати следующего объекта. В случае неполадок, отключается не вся аддитивная платформа, а только «аварийный» принтер. Самым главным преимуществом данной системы является полная автоматизированность за счет применения специализированного ПО Canvas. Программная среда дает возможность пользователю легко выбирать материалы для печати и устанавливать очередь, в том числе и дистанционно [2]. Также стоит отметить, что система не требует покупки специализированного дорогостоящего принтера, т.к. ферма уже имеет 4 полностью готовых к работе принтера. Однако наряду с преимуществами, присутствуют и недостатки такой системы, самый главный – начальная стоимость фермы. Несмотря на экономию на новых принтерах, само устройство Array является дорогостоящим капиталовложением, что может быть препятствием для малых предприятий или энтузиастов. Также отсутствие интеграции с различными FDM-принтерами от других производителей.



**Рис. 2.** Аддитивная ферма MosaicArray

Это означает, что уже имеющиеся системы у пользователей будут несовместимы с рассматриваемой, что снижает целесообразность её дополнительного приобретения, включая дополнительную зависимость от

**проприетарного программного обеспечения.** Весь рабочий процесс завязан на слайсер **Canvas производителя.** Пользователь ограничен в его функционале и не может использовать альтернативные, более привычные или мощные программы для слайсинга.

**SwapmodA1mKit (Германия):** Дополнительная система для 3D-принтера BambuLabA1 (рис. 3), позволяющая полностью автоматизировать печать на нескольких столах подряд. Данная система интегрируется своим ПО в программную оболочку принтера для последующих замен столов. Особенностью конструктивного исполнения является то, что система комплектуется только базовыми элементами, а остальные детали, необходимые для пользователя, применительно к решаемым задачам, он может распечатать на этом же принтере [3]. Работа системы максимально упрощена: стол с деталью снимается с принтера, освобождается и сбрасывается в бокс. В данном случае актуализирована проблематика надежного отделения детали от печатного стола. Причем данный вопрос не оговаривается производителем, что является потенциальным недостатком. Также недостатком является статус разработки – система на данное время не вышла на серийный уровень, что создает риски для потенциальных пользователей в части надежности и технической поддержки. К приведенным выше аргументам прибавляется также конструктивное несовершенство, в наборе не имеется характерных полок или стеллажа для укладывания готовых работ. Стоимость данного изделия, простота в установке и сборке – это его главные плюсы. Средняя цена в 7000 рублей является очень низкой за возможность автоматизации в малом и среднем бизнесе.



**Рис 3. SwapmodA1mKit**

Универсальным, но и наиболее капиталоемким решением является использование стандартных 6-осевых промышленных манипуляторов (например, моделей от KUKA, Fanuc, UniversalRobots). Данные системы имеют единый принцип действия – точное позиционирование захвата для снятия детали или всей платформы (рис.4).



**Рис 4. Извлечение детали манипулятором KUKA.**

Ключевое отличие и потенциальное преимущество таких систем заключается не в точности механики, а в гибкости и возможностях проприетарного программного обеспечения, отвечающего за интеграцию с принтером, калибровку и управление сложными сценариями. Однако именно эта сложность ПО, его адаптация под конкретные производственные задачи и обеспечение надежности значительно увеличивают конечную стоимость решения, делая его малодоступным для малого и среднего бизнеса. Таким образом, основная конкуренция в данном сегменте смещается из области аппаратной части в сферу ПО, что напрямую влияет на цену.

Наглядное сравнение технико-экономических показателей рассмотренных систем представлено в табл. 1.

**Таблица 1  
Технико-экономические показатели систем автоматизации FDM-печати**

<b>Критерий</b>	<b>OTTOject MK1</b>	<b>MosaicArray</b>	<b>Swapmod A1m Kit</b>	<b>6-ти осевой манипулятор</b>
Стоимость, руб.	60 000	4 500 000 (за ферму)	7 000	от 1 500 000
Время ЦИК ла (смена платформы), сек.	~ 120	60-80	60	60-90 (зависит от программы)
Кол-во обслуживаемых принтеров	1 и более (модульная конструкция)	4 (в комплекте)	1 (только BambuLab A1)	1 и более (зависит от конфигурации)
Тип совместимости	Кроссплатформенная	Проприетарная (Element HT)	Проприетарная (BambuLab A1)	Универсальная
Статус на рынке	Опытный образец	Серийное производство	Опытный образец	Серийное производство
Тип автоматизации	Замена подложки	Замена подложки	Сброс подложки в бокс	Съем детали или подложки

Проведенный анализ выявил четкую рыночную нишу для бюджетных кроссплатформенных систем автоматизации FDM-печати, при этом полное отсутствие российских производителей в данном сегменте открывает стратегическую возможность для создания импортозамещающего решения, которое, сочетая в себе универсальность, низкую стоимость и надежность серийного продукта, могло бы занять эту перспективную рыночную нишу.

### ***Библиографический список***

1. Ottomat 3D сайт. – URL:<https://ottomat3d.com/>.
2. Mosaic Manufacturing:сайт. – URL: <https://mosaicmfg.com/products-hardware/array/>
3. swapmod A1m kit: сайт. – URL:<https://swap-systems.com/>

УДК 621.3

### О ВОСПРИЯТИИ СЖАТИЯ В АУДИО СИГНАЛАХ

*М.С. Бунин*

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет  
им. В.Ф. Уткина», учащийся

Россия, г. Рязань, e-mail: [bunin.maxim@mail.ru](mailto:bunin.maxim@mail.ru)

Научный руководитель: Дмитриев В.Т., д-р.техн. наук, доцент.

*В работе представлены восстановления аудио сигнала с использованием метода сжатой выборки. Такой метод может обеспечить значительное сокращение числа отсчетов, требуемое теоремой Шеннона-Найквиста. За счет уменьшения количества выборок достигается сжатие данных наряду с получением данных. В данной работе в процессе реконструкции используется дискретное косинусное преобразование. Задача оптимизации решается с помощью алгоритма primal-dual. Эксперименты проводятся с использованием аудиосигнала, также приводится анализ количества измерений в зависимости от средней абсолютной погрешности.*

*Ключевые слова:* аудиосигнал, теорема Шеннона-Найквиста.

Стандартные методы выборки сигналов основаны на Теореме Шеннона-Найквиста. Согласно этой теореме, сигнал должен отбираться с частотой, по крайней мере, в два раза превышающей максимальную частоту сигнала. Однако многие реальные сигналы требуют высокой скорости Найквиста. Выборка таких сигналов приводит к получению большого количества выборок сигнала [1,2,3].

Хранение и передача этих выборок по каналу связи является сложной задачей. Поскольку каналы связи имеют ограниченную скорость передачи данных, необходимо выполнить сжатие сигнала. Для сигнала в дискретной временной области можно выполнить два этапа, отличающихся от традиционных алгоритмов сжатия. Сначала выполняется выборка сигнала по методу Шеннона-Найквиста во временной области.

Второй шаг включает в себя поиск области преобразования, в которой большое количество коэффициентов сигнала близко к нулю, и только немногие из них имеют большие значения. Такое распределение коэффициентов называется разреженным представлением сигнала в области преобразования. Этот факт используется для сжатия на основе кодирования с преобразованием.

Хотя алгоритмы сжатия уменьшают общий объем данных, на первом этапе сжатия кодировщик обрабатывает большое количество выборок. В

качестве альтернативного способа получения сигнала был использован метод сжатой выборки. Показано, что количество отсчетов, используемых для восстановления сигнала, может быть значительно меньше, чем количество отсчетов, требуемое теоремой о выборке.

Вместо сбора большого количества выборок сигнала и удаления большинства из них в процессе сжатия, сжатая выборка позволяет одновременно получать и сжимать данные. Выборки во временной области, которые используются в методе сжатой выборки, называются измерениями.

Сжатая выборка основана на двух условиях: сигнал должен иметь разреженное представление в определенной области преобразования, и измерения должны быть некогерентными. Большинство реальных сигналов разрежены, что означает, что большая часть информации содержится в значительно меньшем количестве коэффициентов по сравнению с общей длиной сигнала. Несогласованность необходима для получения максимальной информации из минимального числа независимых измерений. Подход сжатой выборки может быть полезен во многих приложениях. Снижение частоты дискретизации может быть использовано в широкополосных системах.

Системы мониторинга связи, которые имеют большой частотный диапазон, или радиолокационные системы, где отбор проб по методу Найквиста часто невозможен или обходится очень дорого. Возможным применением сжатой выборки является обработка изображений (компрессионная визуализация). Целью данной статьи является применение метода сжатой выборки к аудиосигналу [5]. Для этой цели в процессе реконструкции используются область дискретного косинусного преобразования и алгоритм *primal dual*.

### **Результаты экспериментов**

Приведены результаты моделирования и анализ ошибок для восстановления музыкального сигнала на основе сжатой выборки. Исходный сигнал показан на рис.1, *а*, в то время как восстановленный сигнал представлен на рис.1, *б*. Восстановление на основе сжатой выборки сохраняет детали сигнала (рис.2, *а* и рис.2, *б*). Как видно из рис.3, *а*, дискретное косинусное преобразование сигнала состоит из небольшого числа не нулевых коэффициентов, и сигнал можно рассматривать как разреженный в частотной области. Выборки берутся из временной области, поскольку в этой области сигнал имеет плотное представление.

Сигнал восстанавливается с использованием случайно отобранных 1200 отсчетов, что составляет 40% от общей длины сигнала. Восстановленный сигнал не имеет каких-либо слышимых искажений (рис.3, *в* и рис.3, *г*). На рис.4, *а* показано, что разница между исходным и восстановленным сигналами значительно меньше по сравнению с амплитудами сигналов во временной области.

Средняя абсолютная погрешность уменьшается с увеличением числа измерений, как показано на рис.4, б. Используя 1200 случайных выборок, мы получаем среднюю абсолютную ошибку, равную 2,7, в то время как среднее абсолютное значение исходного сигнала равно 162,141. Эта ошибка не приводит к различиям в восприятии между исходным и восстановленным сигналом. При уменьшении количества измерений погрешность увеличивается. При  $M=600$  становится заметным искажение (средняя абсолютная погрешность равна 7,98).

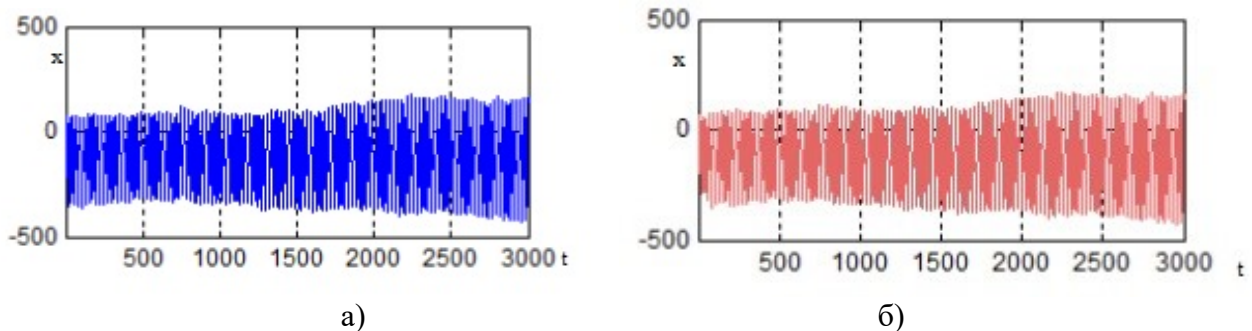


Рис.1. а) Исходный сигнал во временной области; б) Восстановленный сигнал во временной области

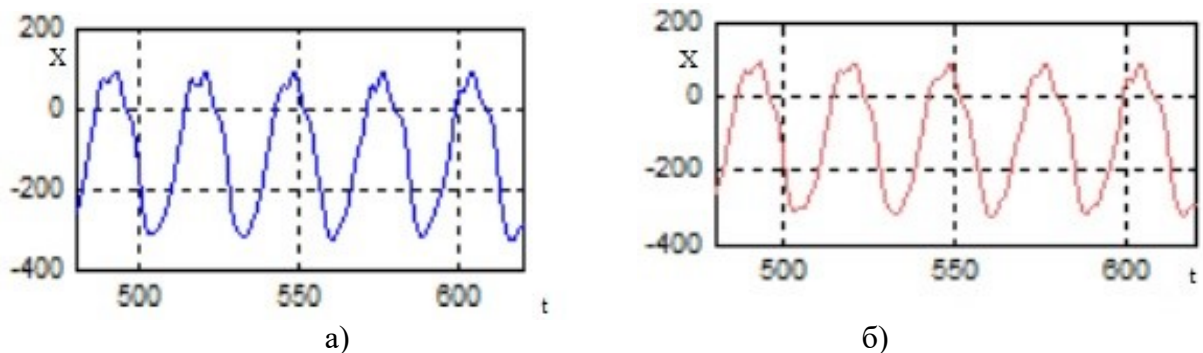
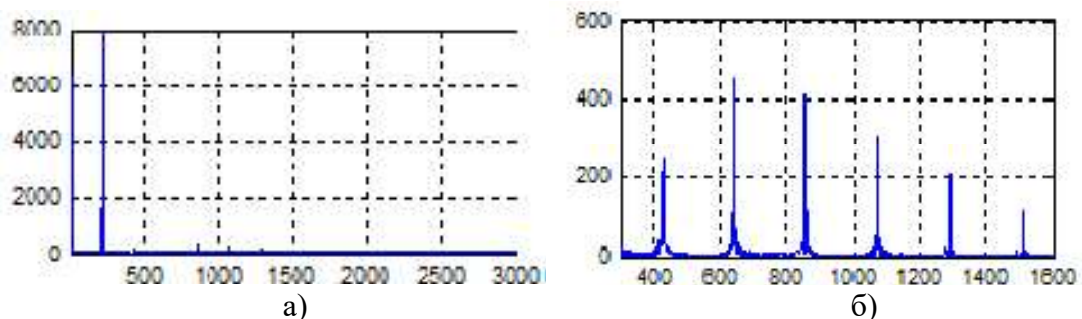
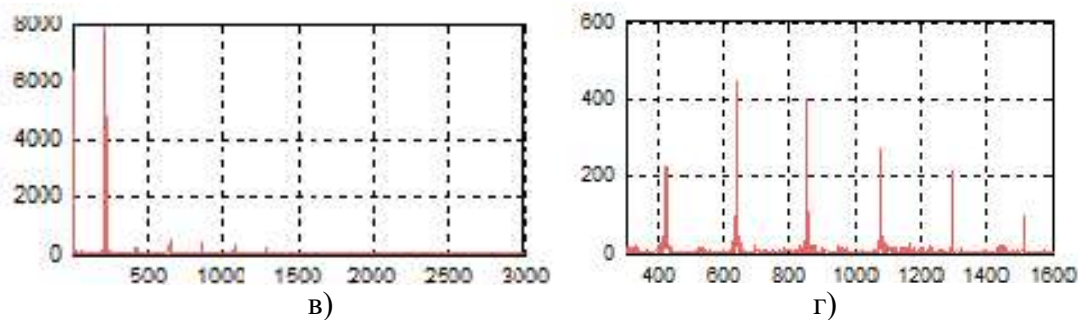
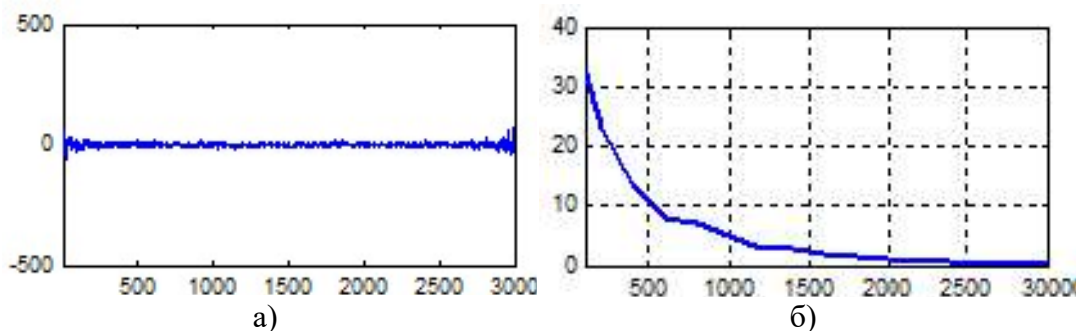


Рис.2. Увеличенная область:  
а) исходного и б) восстановленного сигнала во временной области





**Рис.3.** а) Дискретное косинусное преобразование исходного сигнала; б) Увеличенная область дискретного косинусного преобразования исходного сигнала; в) Дискретное косинусное преобразование восстановленного сигнала; г) Увеличенная область дискретного косинусного преобразования исходного сигнала



**Рис.4.** а) Погрешность реконструкции; б) Средняя абсолютная погрешность

Сжатая выборка – это новый метод, который обеспечивает получение сигнала со скоростью, значительно меньшей, чем при использовании метода Шеннона-Найквиста частота дискретизации. В данной работе сжатая выборка применяется для восстановления аудиосигнала. Показано, что при небольшом количестве измерений (составляющей 40% от общей длины сигнала) мы получаем восстановленный сигнал высокого качества, в то время как при 20% искажение восстановленного сигнала становится слышимым. Для дальнейших исследований необходимо рассмотреть возможность использования других областей преобразования. Кроме того, можно было бы изучить возможность применения других алгоритмов оптимизации [6].

### ***Библиографический список***

1. Дмитриев В.Т., Ву Хоанг Шон. Применение трехканальной модификации алгоритма Хургина-Яковлева в алгоритмах первичного кодирования речевых сигналов. //Вестник РГРТУ. 2024. №88. – С.3 -14.
2. В.Т. Дмитриев, Е.А. Харланова. Алгоритм кодирования речевых сигналов на основе представления Хургина-Яковлева и вейвлет-пакетного разложения в системах компьютерной телефонии. Вестник РГРТУ 2010 № 1 (Выпуск 31) С. 98-101.
3. Дмитриев В.Т., Смирнов М.С. Исследование помехоустойчивой и защищенной системы передачи речевых сигналов на основе представления Хургина-Яковлева.//Вестник РГРТУ 2022№82 – С. 27- 37.

4. С.А. Бахурин, В.Т. Дмитриев. Исследование точности алгоритмов оценки отсчетов производной в радиотехнических устройствах/ Вестник РГРТА Вып.№13, 2004 – С.32 – 35
5. Дмитриев В.Т. Адаптация кодеков речевых сигналов на основе теоремы В.А. Котельникова и модификации алгоритма Хургина-Яковлева к шумам в канале связи// Цифровая обработка сигналов №2. 2023 – С. 55 – 60

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ МЕДИЦИНСКИХ ИМПЛАНТОВ В СОВРЕМЕННОЙ РАДИОЧАСТОТНОЙ СРЕДЕ

*И.А. Гусев<sup>1</sup>, Ю.А. Гуськова<sup>2</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,

<sup>1</sup>студент, <sup>2</sup>ст.преподаватель

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д. 19

e-mail: ilyaaa400@yandex.ru, julia.guskova7@yandex.ru

Научный руководитель: Жидкова Н.В., к.т.н., доцент, zhidkova-arz@yandex.ru

*В статье анализируется электромагнитная совместимость медицинских имплантов в современной радиочастотной среде. Рассмотрены уязвимости устройств и основные источники помех. Описаны методы защиты, уделено внимание вопросам регулирования и тестирования.*

**Ключевые слова:** ЭМС, медицинские импланты, кардиостимулятор, радиочастотные помехи, NFC, 5G, безопасность пациентов, моделирование.

Активные медицинские имплантируемые устройства, такие как кардиостимуляторы (ЭКС), имплантируемые кардиовертеры-дефибрилляторы (ИКД), системы глубокой стимуляции мозга и кохлеарные импланты, стали неотъемлемой частью современной клинической практики. Эти сложные электронные системы позволяют корректировать жизненно важные функции организма, значительно улучшая качество и продолжительность жизни пациентов. Однако их надёжная работа напрямую зависит от способности функционировать в условиях постоянно усложняющейся электромагнитной обстановки.

Параллельно с развитием медицинских технологий окружающая человека радиочастотная среда претерпела лавинообразные изменения. Широкое распространение стандартов сотовой связи, от 2G до 5G, повсеместное использование беспроводных сетей Wi-Fi, технологий Bluetooth и NFC создало плотный, неоднородный и многочастотный электромагнитный фон. Проблема электромагнитной совместимости медицинских имплантов, то есть их способности работать без сбоев в этой обстановке и не создавать помех другим устройствам, становится критически важной для безопасности пациентов.

В данной статье проводится анализ рисков и методов обеспечения электромагнитной совместимости медицинских имплантов с фокусом на кардиостимуляторах как на наиболее репрезентативном и массовом классе устройств, принципы уязвимости и защиты которых распространяются и на другие типы имплантов.

Несмотря на разнообразие медицинских имплантов, их электронные компоненты имеют схожие уязвимости. Архитектура типичного активного импланта, такого как кардиостимулятор, включает:

- микропроцессор и логическую схему, отвечающую за анализ сигналов и принятие решений;
- входные усилители, принимающие высокочувствительные сигналы от организма;
- выходной каскад, генерирующий терапевтические импульсы;
- систему электродов, выступающую в роли антенны;
- систему беспроводной телеметрии для связи с программатором.

Ключевые механизмы воздействия помех определяет следующая архитектура:

- сбой микропроцессора как сбойный тактовый сигнал из-за мощной радиочастотной помехи, вызывающей прекращение работы или «зависание» логики устройства.
- сбой входных усилителей. Внешнее электромагнитное поле, наведённое на электроды, может маскировать естественную физиологическую активность (например, электрограмму сердца). В результате кардиостимулятор может начать стимулировать желудочки в неустойчивый период сердечного цикла, что потенциально способно спровоцировать аритмию.
- индукция токов на электродах. Электроды действуют как антенны, особенно для низкочастотных полей. Наведённый ток может непосредственно стимулировать нервные или мышечные ткани, вызывая непреднамеренные и потенциально опасные эффекты.
- несанкционированное воздействие через телеметрический канал. Хотя современные протоколы защищены, теоретический риск вмешательства в работу устройства остается [2].

Современная радиочастотная среда характеризуется высокой плотностью источников, широким частотным диапазоном и сложными сигналами. Для пользователей медицинских имплантов наиболее значимыми являются:

1) Устройства ближнего поля (высокий риск):

- Смартфоны и мобильные устройства. Пиковая мощность передатчиков, особенно в устаревших стандартах GSM, может достигать 2 Вт. Риск максимален при расположении устройства в непосредственной близости (менее 15-20 см) от импланта.
- Системы NFC (13,56 МГц). Устройства для бесконтактной оплаты. Эта частота критически опасна, так как попадает в полосу пропускания входных цепей многих имплантов.

– Электронные системы защиты от краж (8,2 МГц - 10 МГц). Создают сильное низкочастотное магнитное поле, эффективно наводящее токи в контуре «электрод-имплант».

2) Устройства дальнего поля (средний/низкий риск):

– Базовые станции сотовой связи (5G/LTE). Уровень поля обычно ниже пределов, способных вызвать сбой, однако совокупное воздействие и использование новых частотных диапазонов требуют постоянного мониторинга.

– Wi-Fi роутеры (2.4 / 5 ГГц). Мощность передачи невелика, что делает их маловероятным источником проблем для современных имплантов (табл. 1).

**Таблица 1**

**Классификация источников помех и уровень риска для имплантов**

Источник помех	Диапазон частот	Тип поля/Расстояние	Уровень риска	Механизм воздействия
Системы NFC	13,56 МГц	Магнитное, ближнее	Высокий	Частота совпадает с полосой пропускания входных цепей импланта, эффективная индукция токов
Электронные системы защиты от краж	8,2 – 10 МГц	Магнитное, ближнее	Высокий	Сильное низкочастотное поле, наводящее ток в контуре «электрод-имплант»
Смартфоны	900/1800 МГц	Электромагнитное, ближнее	Высокий	Высокая пиковая мощность (до 2 Вт) при работе в режиме передачи
Bluetooth/Wi-Fi	2,4 ГГц	Электромагнитное, ближнее	Низкий/Средний	Невысокая средняя мощность, но плотность источников велика
Станции 5G	3,4 – 3,8 ГГц	Электромагнитное, дальнее	Низкий	Уровень поля обычно ниже порога срабатывания, но требуется мониторинг из-за новизны диапазонов

Производители имплантов применяют комплекс инженерных решений для минимизации рисков, состоящий из экранирования, фильтрации, усовершенствования алгоритмов обработки сигнала и оптимизации конструкции электродов, а также защиты телеметрического канала.

Экранирование корпуса импланта из биосовместимого титанового сплава служит эффективным способом защиты от высокочастотных полей. Фильтрацию обеспечивает установка пассивных LC-фильтров и защитных диодов на входах усилителей, что является ключевым методом подавления помех в определённых частотных диапазонах, таких как NFC. Цифровая фильтрация позволяет отличить физиологический сигнал, например, ЭКГ сердца, от помехи по его морфологии и длительности. Алгоритмы могут временно переводить устройство в менее чувствительный или асинхронный режим при обнаружении помехи. Для оптимизации конструкции электродов используются биполярные электроды с малым расстоянием между катодом и анодом, вместо униполярных, что значительно снижает эффективную длину «антенны» и восприимчивость к помехам. Защита телеметрического канала обеспечивается за счёт применения стойких к помехам протоколов связи с помехоустойчивым кодированием и строгими процедурами аутентификации (табл. 2).

Обеспечение электромагнитной совместимости медицинских имплантов в России регламентируется рядом национальных и межгосударственных стандартов, однако эта система сталкивается с вызовами, обусловленными как скоростью развития телекоммуникаций, так и особенностями нормативной базы. Ключевым документом является ГОСТ Р МЭК 60601-1-2-2014 (адаптированная версия международного стандарта МЭК 60601-1-2), который устанавливает общие требования по электромагнитной совместимости для всего медицинского оборудования. Однако процессы актуализации национальных стандартов часто занимают значительное время. В результате, формально действующие стандарты могут не учитывать специфику новейших технологий связи, таких как полноценное развертывание сетей 5G NR (NewRadio) в новых частотных диапазонах (например, 3.4-3.8 ГГц и 24.25-27.5 ГГц). Это создает «серую зону» для производителей и регуляторов при сертификации новых моделей имплантов [1].

**Таблица 2**

**Сравнительный анализ методов защиты имплантов от помех**

Метод защиты	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
Экранирование корпусом	Отражение и поглощение ВЧ-полей титановым корпусом	Высокая эффективность против полей дальнего поля	Неэффективно против НЧ-магнитных полей, проникающих через корпус
Пассивная LC-фильтрация	Блокировка помех в определенных частотных диапазонах (напр., 13,56 МГц)	Высокая эффективность против целевых помех	Добавляет объем и сложность в схему

Цифровая фильтрация и алгоритмы	Анализ морфологии сигнала для отличия помехи от физиологического сигнала	Адаптивность, возможность обработки сложных помех	Риск ложного срабатывания (игнорирование реального сигнала) или пропуска помехи
Биполярные электроды	Уменьшение расстояния между катодом и анодом	Резкое снижение эффективной длины «антенны»	Может требовать больше энергии для стимуляции по сравнению с униполярной конфигурацией

Невозможно протестировать все комбинации вида импланта, источника помех и анатомии пациента. Это требует активного внедрения методов компьютерного моделирования. В свете курса на замещение импортной продукции в медицине возникает острая необходимость в создании отечественных испытательных центров, обладающих компетенциями и оборудованием для проведения полного цикла тестирования ЭМС в соответствии с актуальными мировыми требованиями. Разработка собственных имплантов требует наличия современных средств компьютерного моделирования для виртуального тестирования на ранних стадиях проектирования.

### ***Библиографический список***

1. Активные имплантируемые медицинские изделия. Электромагнитная совместимость. Протоколы испытаний на соответствие требованиям электромагнитной совместимости имплантируемых кардиостимуляторов, имплантируемых кардиовертеров-дефибрилляторов и кардиоресинхронизаторов (ГОСТ ISO 14117–2022). Москва, Российский институт стандартизации.–Оформление. ФГБУ «РСТ», 2022. – 183с.
2. Совместимость технических средств электромагнитная. Технические средства радиосвязи. Частные требования к активным медицинским имплантатам крайне малой мощности и связанным с ними периферийным устройствам (ГОСТ Р 52459.27—2009). – Москва, Стандартинформ, 2010. – 19с.
3. Сборник статей «Электромагнитная совместимость в электронике». –ООО «Медиа КиТ», 2019. – 231с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНО-ОХРАННОЙ СИСТЕМЫ

*Д.А. Кашаев<sup>1</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, <sup>1</sup>студент  
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; e-mail: dan.kashaev@mail.ru  
Научный руководитель: Жидкова Н.В., к.т.н, zhidkova-arz@yandex.ru

*В статье представлен комплексный анализ работы блока управления современной пожарно-охранной системы. Рассмотрены основные функциональные элементы системы, их взаимодействие и принципы работы. Проведено исследование алгоритмов обработки сигналов и методов защиты от ложных срабатываний. Особое внимание уделено вопросам повышения надежности и эффективности системы.*

***Ключевые слова:** пожарно-охранная система, блок управления, пожарная безопасность, охранная сигнализация, автоматизация, датчики, исполнительные механизмы.*

В современных условиях обеспечение пожарной безопасности и охраны объектов является одной из приоритетных задач. Автоматизированные системы контроля и управления играют ключевую роль в предотвращении чрезвычайных ситуаций и минимизации их последствий.

Целью данной работы является исследование принципов построения и функционирования блока управления пожарно-охранной системы, а также анализ методов повышения надежности и эффективности работы системы.

Пожарно-охранная система представляет собой сложный комплекс технических средств, предназначенный для обнаружения признаков пожара, предотвращения несанкционированного доступа, автоматического реагирования на угрозы и информирования ответственных лиц.

Типовая система (рис.1) включает в себя блок управления как центральный процессор, обрабатывающий сигналы и управляющий исполнительными механизмами, различные датчики для обнаружения угроз, исполнительные механизмы для оповещения и пожаротушения, а также каналы связи для передачи данных между элементами.

Принцип работы блока управления основан на приеме и обработке сигналов от датчиков, анализе состояния системы, управлении исполнительными механизмами, ведении журнала событий и взаимодействии с внешними системами.

В блоке управления реализованы различные алгоритмы обработки сигналов (рис.2), включая фильтрацию помех для исключения ложных срабатываний, сравнение текущих параметров с пороговыми значениями,

логическую обработку комбинаций сигналов и временную коррекцию с учетом характеристик событий.

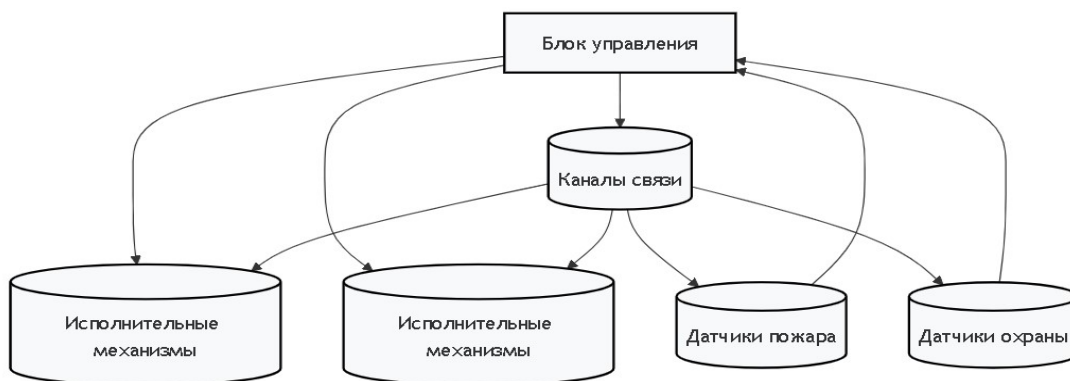


Рис.1. Структурная схема блока управления

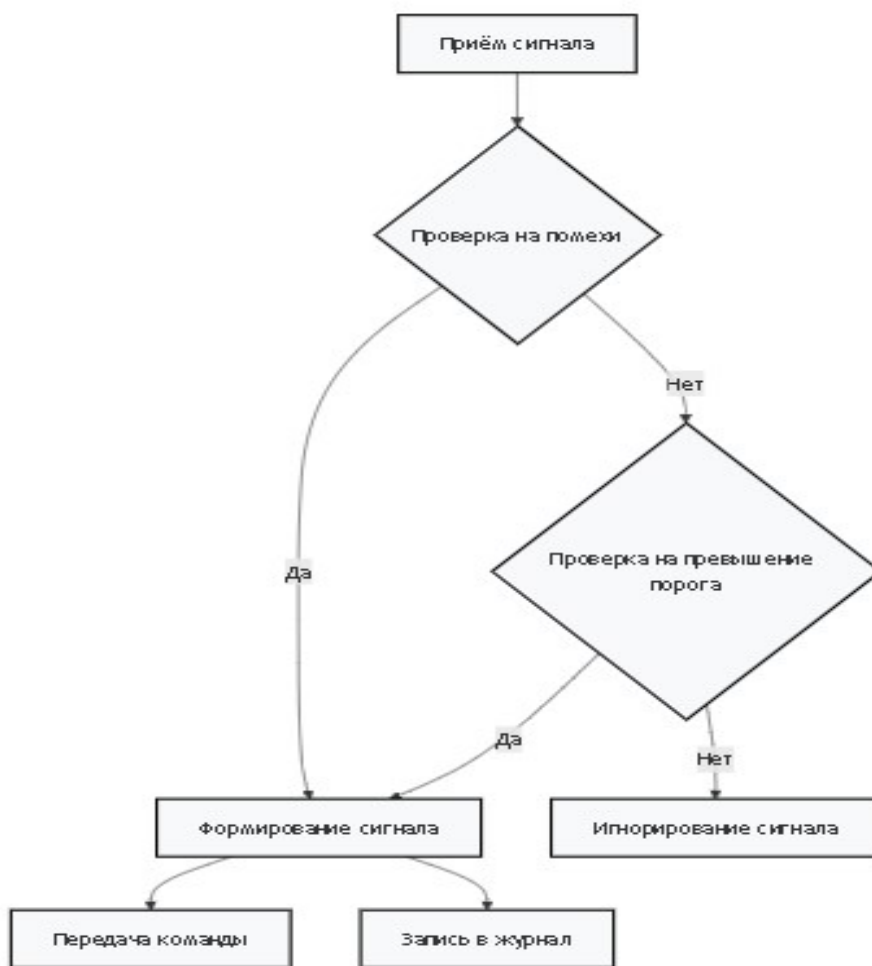


Рис. 2. Алгоритм обработки сигналов

Для обеспечения надежной работы применяются методы резервирования каналов связи, самодиагностики компонентов, защиты от сбоев и использования устойчивой к помехам элементной базы, а также модульная архитектура,

позволяющая легко заменять отдельные блоки.

В ходе экспериментальных исследований проведено тестирование алгоритмов обработки сигналов, проверка надежности каналов связи, оценка времени реакции системы и анализ устойчивости к помехам (рис.3).

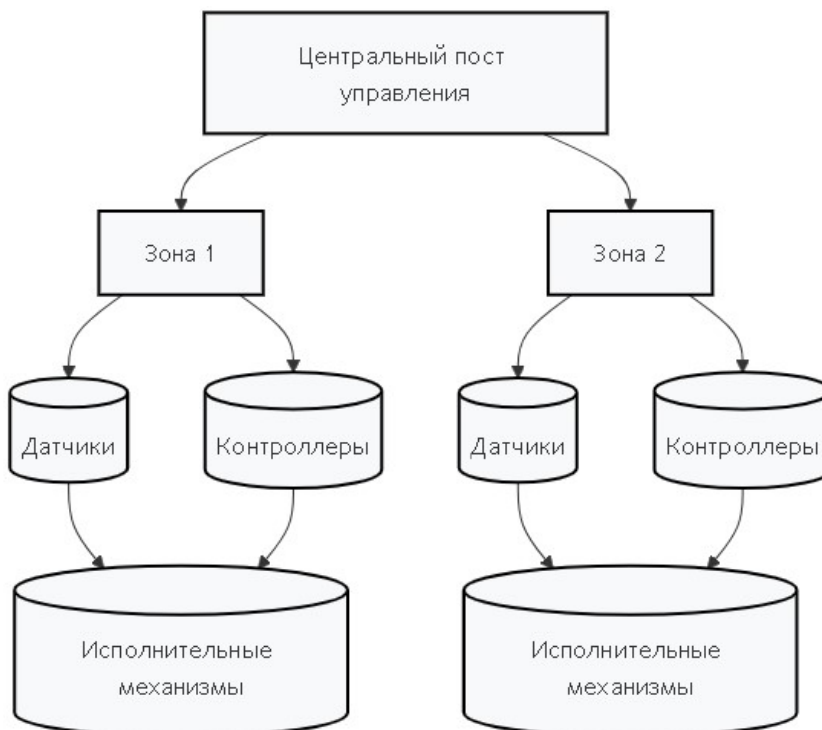


Рис. 3. Результаты тестирования системы

Результаты исследования показали, что разработанная структура блока управления демонстрирует высокую эффективность в обработке поступающих сигналов и управлении исполнительными механизмами. Внедренные алгоритмы фильтрации и обработки данных подтвердили свою надежность в условиях возможных помех и нештатных ситуаций.

На основе проведенных исследований разработана практическая схема (рис.4) реализации системы, учитывающая все особенности функционирования и взаимодействия компонентов.



Рис. 4. Схема практической реализации

Разработанное техническое решение может найти широкое применение в различных сферах, включая промышленные объекты, административные здания, торговые комплексы и объекты социальной инфраструктуры.

Дальнейшие исследования будут направлены на совершенствование алгоритмов обработки сигналов, повышение надежности системы и расширение ее функциональных возможностей.

### ***Библиографический список***

1. СП 485.1311500.2020 Системы противопожарной защиты.
2. ГОСТ Р 57674-2017. Интегрированные системы безопасности: Национальный стандарт Российской Федерации [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Консорциум «Кодекс». –URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200147050>. - (дата обращения: 19.10.2025).
3. ГОСТ Р 53704-2009. Системы безопасности комплексные и интегрированные: Национальный стандарт Российской Федерации [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Консорциум «Кодекс». – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200080466>. - (дата обращения: 20.10.2025).
4. Собурь С.В. Установки пожаротушения автоматические / С.В. Собурь. –М.: ПожКнига, 2012. -7-е изд., перераб. - 336 с.
5. Шакирова, А.Ф. Автоматизированная интегрированная система охраны и противопожарной защиты предприятий электронного приборостроения: дис.канд. техн. наук / А.Ф. Шакирова. – М.:2013. – 217 с.
6. Логинов, И.В. Формирование подхода к разработке модели жизненного цикла интегрированных систем безопасности / И.В. Логинов, В.Г. Сосунов // Вопросы безопасности. – 2021. – № 4. –С. 50-60.

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА КОМПЕНСАЦИИ ВЛИЯНИЯ ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ НА СИГНАЛ НЕИНВАЗИВНОГО ГЛЮКОМЕТРА

*К.О. Комар<sup>1</sup>*

Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н.Туполева, КНИТУ КАИ, <sup>1</sup>учащийся  
Россия, Респ. Татарстан, г. Казань; e-mail: komarkostya2002@mail.ru  
Научный руководитель: Виноградов В.Ю., д.т.н., профессор, [vawin@mail.ru](mailto:vawin@mail.ru)

*В статье рассматривается ключевая проблема, возникающая при разработке неинвазивных глюкометров на основе ближней инфракрасной спектроскопии – влияние пульсовой волны (артериальной пульсации) на измерительный сигнал. Пульсовая составляющая – мощный маскирующий фактор, превосходящий по амплитуде слабый полезный сигнал, связанный с концентрацией глюкозы. Предложен адаптивный алгоритм компенсации, основанный на использовании референтного канала измерения и рекурсивного метода наименьших квадратов (RLS). Алгоритм позволяет эффективно выделить компоненту сигнала, путем фильтрации и математического исключения артериальной пульсации.*

**Ключевые слова:** неинвазивный глюкометр, ближняя инфракрасная спектроскопия, пульсовая волна, фотоплетизмограмма, компенсация помех, рекурсивный метод наименьших квадратов, микроконтроллер.

Сахарный диабет является одним из наиболее распространенных хронических заболеваний в мире, требующим постоянного мониторинга уровня глюкозы в крови. Существуют инвазивные методы, но, несмотря на их высокую точность, обладают существенными недостатками – болезненность, риск инфицирования и высокая стоимость расходных материалов. Это стимулирует активные исследования в области неинвазивных технологий, среди которых перспективным направлением является ближняя инфракрасная спектроскопия [1, 2].

Как показывают предыдущие исследования, включая разработанную рабочую модель [3], основной трудностью является исключительная слабость полезного сигнала, обусловленного поглощением света глюкозой, на фоне мощных помех. Наибольший вклад в помеху вносит пульсация артериальной крови, которая вызывает значительные и регулярные изменения оптической плотности тканей. Амплитуда пульсовой волны может сильно превышать изменения сигнала, вызванные колебаниями глюкозы.

Целью данной работы является разработка и детальное описание алгоритма цифровой обработки сигналов, позволяющего компенсировать влияние пульсовой волны на выходной сигнал неинвазивного глюкометра.

## 1. Постановка задачи и физическая модель

При прохождении БИК-излучения через биологическую ткань интенсивность прошедшего света зависит от длины волны  $\lambda$  и времени  $t$ . Сигнал, полученный фотоприемником, можно представить в виде суперпозиции нескольких компонент:

1. Постоянная составляющая (DC):  $I_{DC(\lambda)}$ . Обусловлена поглощением света кожей, костной тканью, венозной кровью и межклеточной жидкостью. Медленно меняется во времени.

2. Переменная составляющая  $I_{AC(\lambda, t)}$ . В основном обусловлена пульсовыми изменениями объема артериальной крови. Это и есть сигнал фотоплетизмограммы (ФПГ).

3. Полезный сигнал  $\Delta I_{\text{глк}(\lambda, t)}$ . Слабое изменение интенсивности, связанное с колебаниями концентрации глюкозы в крови.

4. Шум  $n(\lambda, t)$ . Дрейфы электроники, шум усилителей, артефакты движения.

Общий сигнал можно записать как:

$$I(\lambda, t) = I_{DC(\lambda)} + I_{AC(\lambda, t)} + \Delta I_{\text{глк}(\lambda, t)} + n(\lambda, t)$$

Для дальнейшего анализа используется нормированная пульсовая составляющая, которая исключает влияние исходной интенсивности света:

$$AC_{norm}(\lambda, t) = \frac{I_{AC(\lambda, t)}}{I_{DC(\lambda)}}$$

Именно эта нормированная величина является основной для обработки. Проблема заключается в том, что в сигнале на длине волны глюкозы (например, 940 нм)  $AC_{norm_{\text{глк}(t)}}$  содержит как пульсовую компоненту, так и полезный сигнал глюкозы.

## 2. Описание предлагаемого алгоритма компенсации

Предлагаемый алгоритм основан на использовании двухканальной системы измерения и адаптивной фильтрации.

### 2.1. Аппаратная конфигурация и сбор данных

Для реализации алгоритма необходима модификация аппаратной части [3].

- Излучатели: Два инфракрасных светодиода с разными длинами волн.

-  $\lambda_{\text{глк}} = 940$  нм это основная длина волны, на которой наблюдается поглощение глюкозы.

-  $\lambda_{\text{реф}} = 660$  нм (или 850 нм) это референтная длина волны. Выбирается такая где поглощение глюкозы пренебрежимо мало, но пульсовая волна (поглощение гемоглобином) хорошо регистрируется.

- Фотоприемник является одним из общих для обоих излучателей. Светодиоды работают в режиме временного мультиплексирования (включаются поочередно с высокой частотой).

- Микроконтроллер требуется выбирать более производительный, например, STM32F4 или ESP32, они обладают быстрым АЦП и поддержкой вычислений с плавающей точкой для реализации сложных цифровых фильтров в реальном времени.

Процесс оцифровки сигналов  $I_{глк(t)}$  и  $I_{реф(t)}$  происходит синхронно с частотой дискретизации не менее 100 Гц.

## 2.2. Предварительная обработка сигнала

На данном этапе производится первичная очистка сигналов и выделение пульсовой компоненты.

1. Цифровая полосовая фильтрация. Исходные сигналы  $I_{глк(t)}$  и  $I_{реф(t)}$  пропускаются через цифровой полосовой фильтр с полосой пропускания 0,5 – 5 Гц. Этот диапазон соответствует возможным частотам сердечных сокращений (30-300 уд/мин). Фильтр эффективно подавляет:

- Постоянную составляющую ( $I_{DC}$ ).
- Низкочастотные дрейфы (<0,5 Гц), вызванные дыханием (~0,3 Гц) и вазомоторной активностью.
- Высокочастотные шумы (>5 Гц), связанные с электроникой.

На выходе этого блока получаются чистые пульсовые волны  $AC_{глк(t)}$  и  $AC_{реф(t)}$ .

2. Нормировка. Для устранения влияния разной исходной интенсивности светодиодов и разного поглощения в тканях производится нормировка амплитуд пульсовой волны на соответствующую постоянную составляющую:

$$AC_{norm_{глк(t)}} = \frac{AC_{глк(t)}}{I_{DC_{глк}}}$$

$$AC_{norm_{реф(t)}} = \frac{AC_{реф(t)}}{I_{DC_{реф}}}$$

Нормированные сигналы  $AC_{norm_{глк(t)}}$  и  $AC_{norm_{реф(t)}}$  являются входными данными для следующего этапа.

2.3. Адаптивная компенсация с использованием RLS-фильтра. Рекурсивный метод наименьших квадратов является мощным инструментом для адаптивной фильтрации в условиях меняющихся параметров системы, что характерно для биологических сигналов.

Математическая постановка задачи. Задача алгоритма – найти такую оценку коэффициента  $k(t)$ , чтобы, вычитая  $k(t) \cdot AC_{norm_{реф(t)}}$  из  $AC_{norm_{глк(t)}}$ , получить на выходе оценку сигнала  $G(t)$ .

Нормированный сигнал на длине волны глюкозы можно линейно связать с нормированным сигналом на референтной длине волны:

$$AC_{norm_{глк(t)}} = k(t) \cdot AC_{norm_{реф(t)}} + G(t) + n(t)$$

где:

- $k(t)$  – это адаптивно подстраиваемый коэффициент, отражающий линейную связь между пульсовыми компонентами на двух длинах волн.
- $G(t)$  – медленно меняющийся полезный сигнал, связанный с глюкозой.
- $n(t)$  – шумовая компонента.

Итерационная процедура RLS-алгоритма.

1. Инициализация:

-  $k(0) = 0$  (начальное значение коэффициента).

-  $P(0) = \delta^1$ , где  $\delta$  – небольшое положительное число (коэффициент регуляризации, например, 0.01).

-  $\lambda = 0,99 - 0,999$  – определяет скорость адаптации, чем ближе к 1, тем более плавно меняется коэффициент.

2. Для каждого нового дискретного отсчета  $t = 1, 2, 3 \dots$ :

- Расчет априорной ошибки:

$$e(t) = AC_{norm_{глк}(t)} - k(t-1) \cdot AC_{norm_{реф}(t)}$$

Эта ошибка  $e(t)$  представляет собой предварительную оценку очищенного сигнала ( $G(t) + n(t)$ ).

- Расчет коэффициента усиления Калмана:

$$K(t) = P(t-1) \cdot \frac{AC_{norm_{реф}(t)}}{\left(\lambda + AC_{norm_{реф}(t)} \cdot P(t-1) \cdot AC_{norm_{реф}(t)}\right)}$$

- Обновление оценки коэффициента  $k$ :

$$k(t) = k(t-1) + K(t) \cdot e(t)$$

- Обновление ковариационной матрицы:

$$P(t) = \frac{\left(1 - K(t) \cdot AC_{norm_{реф}(t)}\right) \cdot P(t-1)}{\lambda}$$

Сигнал ошибки  $e(t)$  на выходе этого блока и является целевым сигналом, очищенным от доминирующей пульсовой помехи.

2.4. Извлечение признаков и калибровка

Поскольку сигнал  $e(t)$  все еще содержит шумы, непосредственное его использование затруднительно. Вместо этого вычисляются интегральные признаки за временное окно (например, 60 секунд):

- Среднеквадратичное значение (RMS)  $X1 = \sqrt{\left(\frac{1}{N}\right) \cdot \Sigma(e(i))^2}$

- Дисперсия сигнала  $X2 = \left(\frac{1}{N}\right) \cdot \Sigma(e(i) - \mu)^2$

- Отношение сигнал-шум  $X3 = \frac{RMS(e(t))}{RMS(e(t) - G_{smooth}(t))}$ , где  $G_{smooth}(t)$  – сглаженная версия  $e(t)$ .

Эти признаки  $X_1, X_2, \dots, X_n$  подаются на вход калибровочной модели, которая была заранее обучена на референсных данных (полученных с помощью инвазивного глюкометра). Модель может быть реализована в виде:

В работе предложен комплексный алгоритм компенсации влияния пульсовой волны на сигнал неинвазивного глюкометра. Можно выделить главные его преимущества. RLS-фильтр автоматически подстраивается под изменяющиеся физиологические условия пользователя (тонус сосудов, частота пульса). Использование референтного канала позволяет напрямую оценивать и вычитать мешающую пульсовую компоненту. Алгоритм может быть реализован на современных недорогих микроконтроллерах для работы в реальном времени.

Внедрение данного алгоритма в существующую рабочую модель [3] позволит повысить точность и надежность измерений, что является важным шагом для создания успешной рабочей модели неинвазивного глюкометра.

### ***Библиографический список***

1. Сахарный диабет – причины, симптомы, признаки [Электронный ресурс] URL: <https://gemotest.ru/info/spravochnik/zabolevaniya/sakharnyy-diabet/>
2. Разработка неинвазивного глюкометра [Электронный ресурс] URL: <https://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/27971/1/TPU173904>
3. Комар К.О. Разработка неинвазивного глюкометра // XI Международной молодежной научно-технической конференции «ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА, ФОТОНИКА И ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ – 2024» (ПРЭФЖС-2024) – С 516-517.
4. Власов Ю.А., Трошин А.С. Адаптивная фильтрация сигналов. – М.: Радио и связь, 2019. – 288 с.
5. Haykin, S. Adaptive Filter Theory. – Pearson, 2014. – 912 p.

## ИССЛЕДОВАНИЕ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОФИСНОГО ПОМЕЩЕНИЯ

*С.В. Королев<sup>1</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского  
государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, <sup>1</sup>студент  
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; e-mail:  
korolev200206@yandex.ru

*В статье представлены результаты исследования системы управления параметрами микроклимата офисного помещения. Проведен комплексный анализ существующих технических решений, разработана структурная схема блока управления, предложены инновационные методы контроля и регулирования основных параметров окружающей среды. Особое внимание уделено вопросам энергоэффективности и автоматизации процессов управления.*

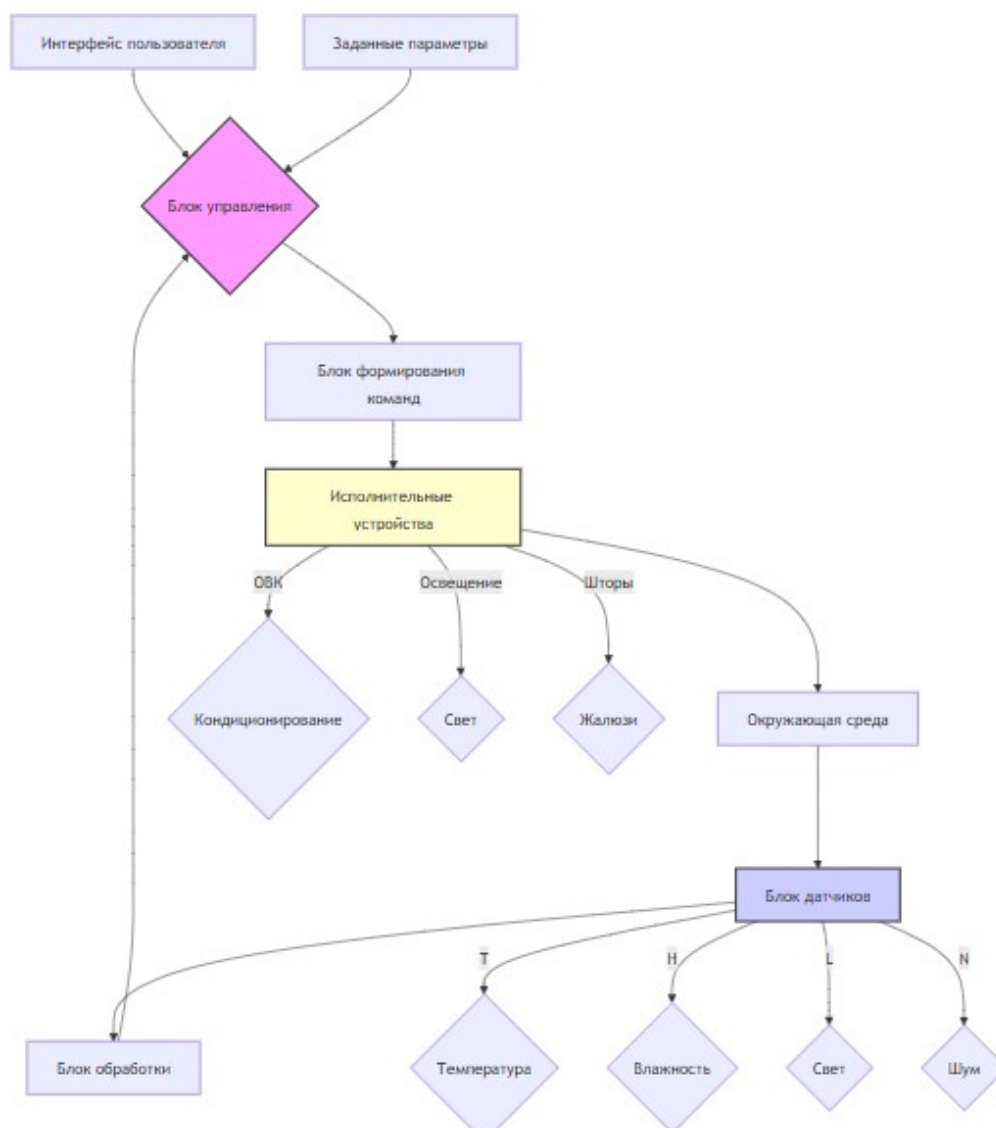
***Ключевые слова:** микроклимат, автоматизация, офисное помещение, система управления, параметры среды, энергоэффективность.*

Современные офисные помещения представляют собой сложные системы, где комфорт и продуктивность сотрудников напрямую зависят от множества параметров окружающей среды. Ключевыми из них являются температура, влажность, уровень освещенности, качество воздуха (концентрация CO<sub>2</sub>, наличие летучих органических соединений) и уровень шума. Для обеспечения оптимальных условий и снижения энергопотребления необходимо внедрение автоматизированных систем управления, способных в режиме реального времени отслеживать и регулировать эти параметры.

Данная статья посвящена исследованию возможностей создания и функционирования блока управления параметрами окружающей среды офисного помещения. Целью исследования является разработка структурной схемы такого блока, определение его функциональных элементов и анализ принципов работы.

Стремительное развитие технологий "умного дома" и "умного офиса" ставит перед инженерами новые задачи по созданию комплексных систем управления. Офисные помещения, как места длительного пребывания большого количества людей, требуют особого внимания к параметрам микроклимата.

Таким образом, создание интеллектуального блока управления параметрами окружающей среды является актуальной задачей, направленной на повышение комфорта, сохранение здоровья и оптимизацию энергопотребления в офисных помещениях. Для решения поставленной задачи предлагается следующая структурная схема блока управления.



**Рис. 1. Структурная схема блока управления**

Блок является первичным звеном системы и отвечает за сбор информации о текущем состоянии окружающей среды. В его структуру входят датчики, каждый из которых решает определённую задачу мониторинга параметров:

- 1) температурные датчики фиксируют колебания температурного режима;
- 2) приборы для анализа влажности позволяют получить сведения об относительном содержании водяного пара;
- 3) элементы, регистрирующие освещённость, проводят оценку интенсивности света, поступающего как от естественных, так и от искусственных источников;
- 4) устройства для определения концентрации  $\text{CO}_2$  отслеживают объём углекислого газа;
- 5) сенсоры летучих органических соединений (ЛОС) для обнаружения неблагоприятных веществ в воздушной среде;

б) измерители уровня шума предоставляют возможность установить значение звукового давления.

Полученные от датчиков аналоговые сигналы поступают в блок обработки, где они преобразуются в цифровой формат и проходят дальнейшую обработку.

Функциональное назначение блока охватывает несколько ключевых аспектов:

- 1) аналого-цифровое преобразование, посредством которого значения, получаемые от сенсоров, транслируются в цифровой формат для дальнейшей обработки;
- 2) методы фильтрации задействуются для изъятия некорректных компонентов, таких как электрические помехи и случайный шум;
- 3) процедура калибровки, направленная на устранение систематических ошибок измерений посредством корректировки данных, что обеспечивает соответствие показателей нормативным стандартам точности;
- 4) агрегирование собранной информации от сенсорных устройств дает возможность узнать целостную и развернутую оценку состояния анализируемой среды;
- 5) инструменты аналитической обработки задействуются для обработки полученных характеристик, определяя степень их соответствия установленным допустимым диапазонам и критериям комфорта.

Являясь центром архитектуры, рассматриваемый блок, используя результаты вычислений и заложенную структуру логики управления, оперативно инициирует регулятивные действия по поддержанию требуемых параметров. В структуру управляющей подсистемы интегрируются следующие составляющие:

1) центральный вычислительный модуль (микроконтроллер или процессор), отвечающий за исполнение программного кода, описывающего стратегию функционирования;

2) динамика функционирования системы, формирующаяся посредством внедренных алгоритмов управления, представляющих совокупность регламентов и сценариев реагирования на актуальные изменения контролируемых величин. Эти алгоритмы могут быть основаны на:

- простых пороговых значениях: включение/выключение устройств при достижении определенных порогов,
- ПИД-регулировании: более точное поддержание заданных значений,
- адаптивном управлении: система обучается и подстраивается под особенности помещения и поведение людей,
- прогнозировании: учет времени суток, погодных условий и других факторов для превентивного управления;

3) интерфейс пользователя: Для настройки параметров, мониторинга состояния и получения отчетов (например, через веб-интерфейс или мобильное приложение).

Принцип работы блока управления основан на цикле "сбор данных - обработка - принятие решения - воздействие".

*Пример алгоритма управления температурой.*

1. Сбор данных: Датчики температуры фиксируют текущую температуру в разных зонах офиса.

2. Обработка: Блок обработки усредняет показания датчиков, сравнивает их с заданным комфортным значением (например, 22°C) и определяет отклонение.

3. Принятие решения:

- если температура ниже 21°C, блок управления дает команду на включение системы отопления;
- если температура выше 23°C, блок управления дает команду на включение системы кондиционирования;
- если температура находится в диапазоне 21-23°C, система остается в режиме ожидания или поддерживает текущее состояние.

Исполнительные устройства (система отопления или кондиционирования) активируются согласно команде.

Перечислим преимущества внедрения блока управления параметрами окружающей среды.

1. Повышение комфорта сотрудников: Создание оптимальных условий для работы и отдыха.

2. Снижение энергопотребления: Эффективное управление системами ОВК и освещения, исключение работы впустую.

3. Улучшение здоровья и самочувствия: Поддержание высокого качества воздуха и комфортного микроклимата.

4. Автоматизация процессов: Снижение необходимости ручного управления системами.

5. Минимизация текущих расходов на эксплуатацию: Достигается за счёт усовершенствования алгоритмов функционирования оборудования и предотвращения его избыточного изнашивания. .

6. За счёт сокращения потребления энергетических ресурсов происходит заметное урезание выбросов газов, провоцирующих парниковый эффект, что способствует экологической безопасности.

Результаты исследования демонстрируют высокую значимость организации блока мониторинга и управления климатическими параметрами в офисных зонах, так как данное направление способствует рациональному использованию энергетических ресурсов, совершенствованию условий работы сотрудников и оптимизации эксплуатационных характеристик конструкций

зданий. Разработанная структурная модель в совокупности с внедрёнными алгоритмическими принципами обеспечивает функционирование интегрированной системы, способной независимо поддерживать заданный микроклимат, гибко реагируя на меняющиеся внешние обстоятельства и индивидуальные запросы пользователей. Последующее развитие исследований предполагает ориентирование на разработку сложных управленческих методик, внедрение подходов машинного обучения для повышения эффективности функционирования комплекса, а также расширение совместимости с дополнительными элементами интеллектуальных офисных инфраструктур.

### ***Библиографический список***

1. Технология производства печатных плат / Под ред. Медведева А. М. – Москва: Техносфера, 2015. –360 с.
  2. Основы конструирования и технологии радиоэлектронных средств: учеб.пособие для студ. высш. учеб. заведений / Г.Б.Баканов, С.С.Соколов, В.Ю.Суходольский; под ред. И.Г.Мироненко. – Изд. центр "Академия", 2007. – 368 с.
  3. Муромцев, Д.Ю. Компьютерные технологии для расчёта тепловых режимов и механических воздействий [Электронный ресурс]: учеб.пособие / Д.Ю. Муромцев, О.А. Белоусов – Тамбов: ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012.
- Борисов Г.И. Конструирование радиоэлектронных средств. Учебное издание/ Московский авиационный институт, Москва, 1996. – 376 с

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ-НА-КРИСТАЛЛЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ВВОДА/ВЫВОДА И ОБРАБОТКИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ДАННЫХ

*А.С. Косенков<sup>1</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, <sup>1</sup>студент  
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; e-mail: lescha\_kosenkov@vk.com

*Статья посвящена разработке системы на кристалле (СнК), которая представляет собой многофункциональный технологический инструмент для создания специализированных вычислителей для бортовой аппаратуры. Основная цель данной работы — исследование возможностей проектирования логических систем для решения задач ввода/вывода и обработки данных. В статье рассматриваются ключевые особенности СнК, включая их компактность, производительность и многофункциональность, что делает их актуальными для применения в различных сферах, от автоматизированных систем управления до различных коммуникаций.*

**Ключевые слова:** система-на-кристалле, специализированные вычислители, архитектура.

Система-на-кристалле, разрабатываемая для реализации специализированных вычислительных узлов бортовой аппаратуры, формирует инновационный технологический фундамент, обеспечивающий развитие интеллектуальных управляющих комплексов. Архитектура СнК объединяет внутри единого интегрального блока набор аппаратных компонентов, позволяющий осуществлять как обработку специализированных вычислительных задач, так и обеспечивать контроль функционирования силовых модулей, а также организовывать информационное взаимодействие между абонентами вычислительной среды.

Высоко интегрированные СнК, отличающиеся миниатюрными физическими размерами, характеризуются одновременным включением множества функциональных подсистем, аналогичных тем, что используются в компьютерных системах нового поколения и мобильных интеллектуальных платформах. Наряду с этим, данные устройства существенно трансформируют облик современных электронных средств, опосредуя появление широкого спектра инновационных сервисов и позволяя повысить общую производительность, надежность и энергоэффективность разрабатываемых решений.

Исследовательская задача, лежащая в основе статьи, заключается в рассмотрении путей проектирования логической структуры системы-на-кристалле, которая может эффективно выполнять функции обработки входных и выходных данных, а также работать с разнородными типами информации, поступающими на обработку.

Отдельные компонентные блоки встраиваемых систем, функционирующих на базе СнК, включают такие элементы, как:

- контроллеры и шины: системная магистраль с поддержкой протоколов LPC/ISA, PCI или PCMCIA;
- блоки управления энергонезависимой памятью и оперативными хранилищами (NOR/NAND Flash, SDRAM, SRAM, DDR);
- коммуникационные модули, реализующие Ethernet-соединения;
- последовательные интерфейсы (UART, SPI/SSP/uWire, RS-232, RS-422/485, CAN);
- средства реализации беспроводных сетей (поддержка WiFi/IEEE802.11, ZigBee, Bluetooth, IrDA);
- решения для работы с разнообразными типами флеш-накопителей SD/MMC, CompactFlash, Memory-Stick;
- ЖКИ-контроллеры различных форматов (STN/TFT/OLED);
- управляющие элементы для интеграции матричных клавиатур;
- модули радиосвязи, поддерживающие протоколы передачи GSM/GPRS, CDMA и аналогичные;
- аппаратные блоки приема сигналов спутниковых навигационных систем (GPS, ГЛОНАСС);
- специализированные процессорные элементы, реализующие вычисления с плавающей запятой;
- аппаратные механизмы для защиты и кодирования информации — поддержка алгоритмов шифрования, DRM и смежных технологий;
- интерфейсы для обработки аудио- и видеопотоков.

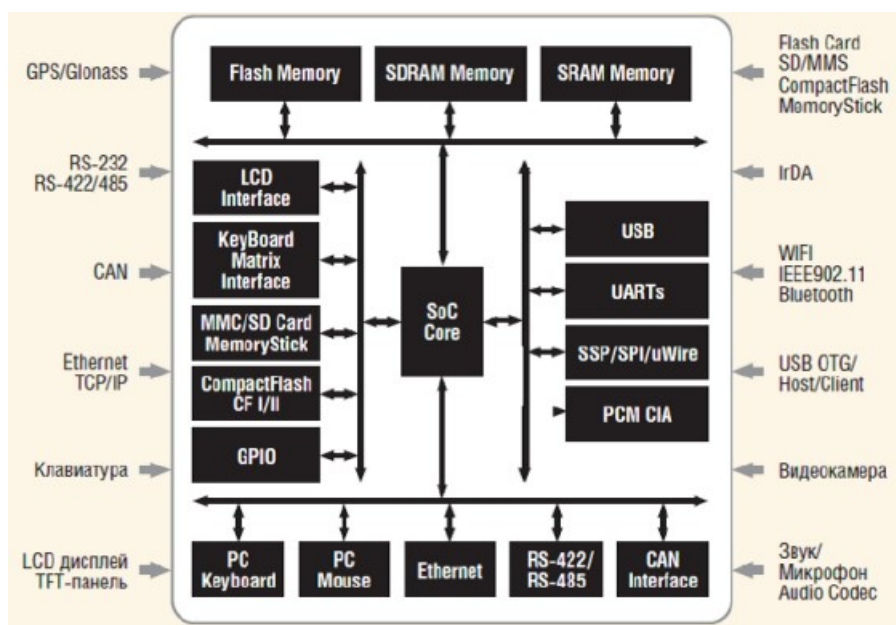


Рис. 1. Структура системы на кристалле (СнК)

Тем самым, системная интеграция указанных модулей на едином чипе открывает широкие горизонты в конструировании средств цифрового управления, при этом сохраняя компактность и минимизируя энергетические затраты, что особенно востребовано в многофункциональных современных приложениях.

На рис. 2 представлен этапный процесс разработки систем на кристалле, в рамках которого в первую очередь выполняется концептуальная проработка, направленная на анализ характеристик целевой системы и формирование исполняемых спецификаций средствами языков высокого уровня. Стадия проектирования включает преобразование таких спецификаций в эквивалентные описания на уровне регистровых передач, что реализуется с помощью Verilog/VHDL; далее происходит детализация до вентиляльного представления. После указанных преобразований наступает фаза верификации, в ходе которой осуществляется проверка правильности архитектурных и технических решений, а также соответствия разработанных компонентов первоначальным требованиям и спецификациям, выявленным ранее. На заключительных этапах разворачивается физическое проектирование: от подбора подходящего технологического процесса и библиотек стандартных ячеек вплоть до генерации окончательного физического описания, сопутствующего изготовлению чипа.

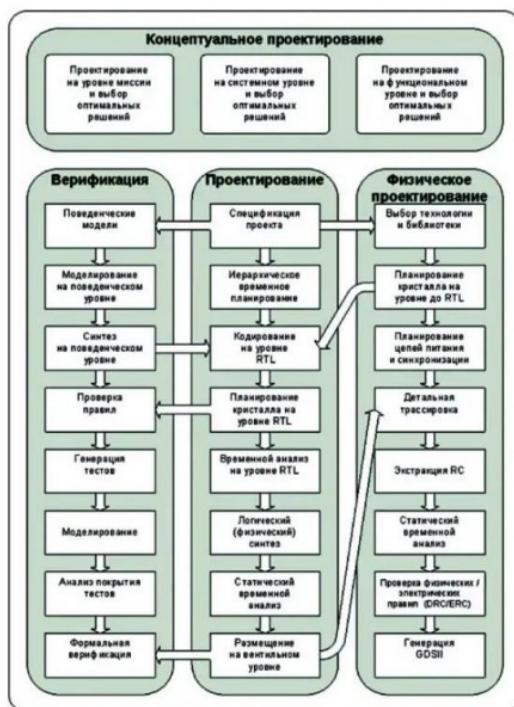


Рис. 2. Общий маршрут проектирования СнК

В процессе разработки систем на кристалле ключевым аспектом выступает концептуальный этап, поскольку именно здесь осуществляется

детальная оценка интегральных свойств разрабатываемого объекта. На указанной стадии формируется целостная рабочая спецификация, которая предоставляет возможность тщательно проанализировать альтернативные подходы к построению системы, а также провести сравнительный анализ различных конфигураций с целью выявления наилучшей из них для последующей реализации.

К числу решаемых задач на данном уровне относятся следующие направления:

- формализация функций системы посредством построения функционального описания — без учёта методик реализации — подчеркивающая последовательности операций и набор выполняемых алгоритмов,
- воспроизведение поведения проектируемой системы в условиях приближённых к реальной эксплуатации, с моделированием воздействия аутентичных сигналов и обрабатываемых данных,
- определение иерархии системных ресурсов и принципов их структурирования, направленных на интеграцию функциональной схемы в аппаратно-программную инфраструктуру.

Обладание исполняемой спецификацией, а равно и комплексом поведенческих моделей в сочетании с унифицированным архитектурным шаблоном, обеспечивает возможность последующего параллельного выполнения процессов проектирования, проверки корректности работы и непосредственной компоновки топологической структуры системы.

В ходе формирования спецификации проекта акцентируется внимание на формализации ключевых системных функций, а также построении символьной модели, пригодной для выполнения. Через последовательное моделирование разрабатываемая модель служит инструментом анализа корректного функционирования системы в целевой инфраструктуре, обеспечивая идентификацию необходимых для работы аппаратных средств и формирование проектной архитектуры. На начальных этапах разработки спецификация фиксирует рабочее окружение, типовые эксплуатационные сценарии, системные протоколы и совокупность базовых функциональных параметров. Затем разрабатывается спецификация поведения, ориентированная на описание и воспроизведение работы объекта с учётом реализуемых алгоритмов, включая сценарии функционирования всей системы и её выделенных подсистем. Для верификации такого поведения обычно задействуются реальные входные данные и сигналы — например, моделируется работа цифрового радиопередатчика с применением правдоподобной модели радиоканала.

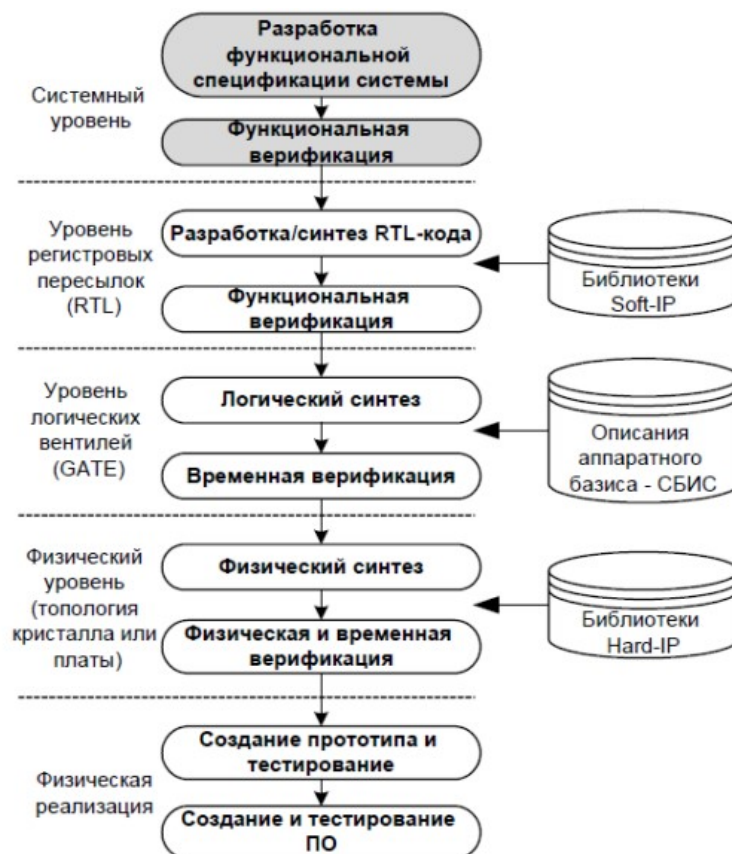


Рис. 3. Обобщенная схема традиционного маршрута

В дальнейшем, в процессе анализа архитектурных вариантов, функциональные компоненты разлагаются и распределяются между разными вычислительными платформами. Такие платформы могут включать разнообразные элементы: от стандартных программируемых процессоров и энергонезависимой памяти до специализированных интегральных микросхем (ASIC), ПЛИС либо комплексных блоков типа «система на чипе». Сравнительное моделирование и оценка производительности позволяют выявить архитектурную модификацию, наилучшим образом соответствующую заданным условиям реализации — отслеживаются параметры, связанные с задержками, вычислительной пропускной способностью, финансовыми затратами и энергетическим профилем. Оценка программных элементов обычно фокусируется на определении объёма исходного кода и анализе наихудших сценариев исполнения, которые выражают через затраты машинных тактов. В аппаратной части используются показатели, такие как общее число эквивалентных логических вентилях.

При уточнении спецификаций осуществляется разработка прототипа архитектуры на системном уровне, которая впоследствии передаётся в цикл проектирования. Это описание способно содержать отдельные детали технической реализации, однако поведенческие компоненты при этом выполняются с использованием языков высокого уровня, таких как C

или C++. Следом происходит интеграция совместных средств для программной и аппаратной реализации, подключая к моделированию специализированные процессорные и шинные блоки, использующие как функциональные модели, так и описанные на языках описания аппаратуры структуры (например, VHDL, Verilog).

### *Библиографический список*

- 1.Абрамов В. А. Системы на кристалле: проектирование и реализация. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 320 с.
- 2.Берман В. А. Архитектура систем на кристалле. – БХВ-Петербург, 2018. – 416 с.
- 3.Григорьев А. Н. Проектирование цифровых интегральных схем., 2017. – 672 с.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФРАКРАСНОГО ТЕПЛОВИЗОРА

*М.Е. Костин<sup>1</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, <sup>1</sup>магистрант  
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д. 19; e-mail:  
kostinmihail537@gmail.com

Научный руководитель: Ямпурин Н.П., д.т.н., профессор, e-mail:  
[kitres@apinntu.ru](mailto:kitres@apinntu.ru)

*Статья посвящена проектированию портативного инфракрасного тепловизора, предназначенного для оценки степени нагрева компонентов и узлов в составе радиоэлектронной аппаратуры. В работе основное внимание уделено проектированию структурной схемы устройства, описанию принципа работы, а также выбору элементной базы. Представлена разработанная конструкция печатного узла тепловизора.*

**Ключевые слова:** инфракрасный тепловизор, датчик температуры, термический датчик, микроконтроллер, трехмерная модель печатного узла.

Анализ неисправностей радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) является одним из самых проблематичных процессов на всех этапах жизненного цикла изделий. Наиболее распространенным методом диагностики элементов РЭА является анализ электрических параметров устройства, однако в большинстве случаев данный процесс является трудозатратным в виду необходимости фиксации и изучения большого количества электрических параметров для выявления причин несоответствия при единичном отказе устройства.

Учитывая, что около 90% потребляемой радиоэлементами энергии преобразуется в тепло, ускорить процесс поиска неисправностей в отказавших изделиях позволяет дополнительный анализ тепловых характеристик радиоэлементов в процессе контроля функционирования [1].

Для исследования РЭА наиболее подходящим методом неразрушающего контроля является тепловизионный метод. Данный метод является пассивным, бесконтактным с возможностью визуализации картины распределения температурных полей [2]. Инфракрасный тепловизор позволяет проводить оперативную диагностику электронных компонентов и узлов, выявлять локальные перегревы и температурные аномалии в режиме реального времени.

Целью настоящей работы является проектирование недорогого портативного инфракрасного тепловизора, предназначенного для исследования тепловых характеристик печатных узлов на стадии производства и применяемого при решении задач по диагностике неисправностей и выявлению дефектов радиоэлементов, а также технического анализа состояния РЭА.

К основным требованиям для разрабатываемого тепловизора следует отнести следующие характеристики: диапазон измерения температуры от 10 °С до 80 °С, точность измерения температуры  $\pm 3$  °С, частота развертки изображений не менее 5 кадров в секунду. Вертикальное и горизонтальное поле зрения не менее 40°, минимальное фокусное расстояние 0,15 м, цветной дисплей с разрешением 320×240 пикселей, передача данных через интерфейс USB, время автономной работы тепловизора не менее 1,5 ч.

Структурная схема портативного инфракрасного тепловизора представлена на рис. 1.

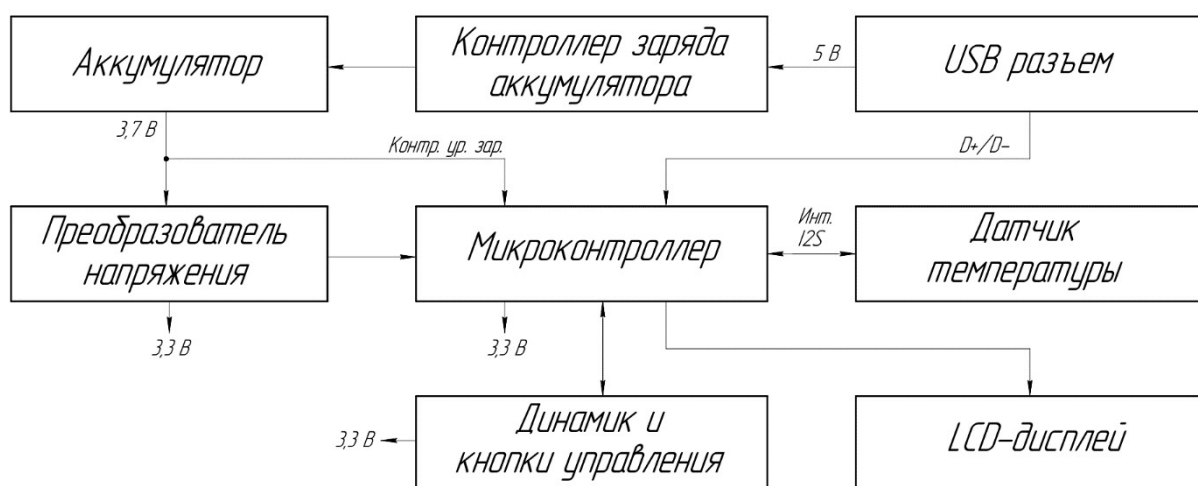


Рис. 1. Структурная схема инфракрасного тепловизора

Проектируемый тепловизор является портативным автономным устройством, содержит встроенный Li-Pol аккумулятор и контроллер заряда. Питание устройства осуществляется через USB разъем от внешнего блока питания напряжением 5 В. Номинальное напряжение встроенного аккумулятора составляет 3,7 В. Преобразователь напряжения понижает и стабилизирует напряжение аккумулятора на уровне 3,3 В для питания основных функциональных узлов тепловизора.

В качестве датчика температуры в настоящей работе предлагается использовать инфракрасный матричный датчик температуры AMG8833 с разрешением 8×8 инфракрасных термических чувствительных элементов. Датчик формирует массив из 64 отдельных значений температуры и передает его по интерфейсу I2C на микроконтроллер для дальнейшего анализа. Максимальная частота кадров составляет 10 Гц, что в полной мере удовлетворяет заданным требованиям.

Диапазон измерения температуры датчика находится в пределах от 0 °С до 80 °С. В задачах измерения температур радиоэлектронных компонентов на печатном узле данного диапазона вполне достаточно для выявления наиболее теплонагруженных элементов и исследования причин их нагрева в условиях

нормальных значений окружающей температуры. Точность измерения составляет  $\pm 2,5$  °С, что также удовлетворяет требованиям к оборудованию при поиске и выявлению причин перегрева ЭРИ.

В качестве основного управляющего устройства выбран микроконтроллер STM32F303CBT – бюджетный 32-разрядный микроконтроллер с архитектурой ARM. К основным задачам микроконтроллера следует отнести: опрос датчика температуры, выдачу информации на LCD-дисплей, взаимодействие с внешними устройствами типа ПК через встроенный USB-интерфейс (отправка картин распределения температуры объектов на ПК, прошивка микроконтроллера), измерение напряжения заряда аккумулятора, взаимодействие с кнопками управления и звуковым излучателем.

Для отображения температурной картины в разрабатываемом тепловизоре применен TFT LCD-дисплей с диагональю 2,4 дюйма, разрешением 320×240 точек. Данного разрешения вполне достаточно для отображения картины температурных полей, шкалы распределения температуры, уровня заряда аккумулятора.

В общем случае тепловизор работает следующим образом. Микроконтроллер тактируется от внутреннего генератора с частотой 8 МГц, опрос датчика температуры осуществляется с периодом 0,1 с. Микроконтроллер по заданному алгоритму выполняет нормировку, интерполяцию и фильтрацию данных температуры, определяет масштаб температурной шкалы и цвет. Разрешение температурной картины составляет 57×57 точек, каждая из которых отображается четырьмя пикселями на дисплее.

В соответствии с выбранной элементной базой была разработана схема электрическая принципиальная и конструкция печатного узла инфракрасного тепловизора (рисунок 2). В конструкции учтены требования к компактности и портативности тепловизора. Массогабаритные характеристики ПУ составили: масса не более 0,1 кг, габариты 90×60×15 мм.

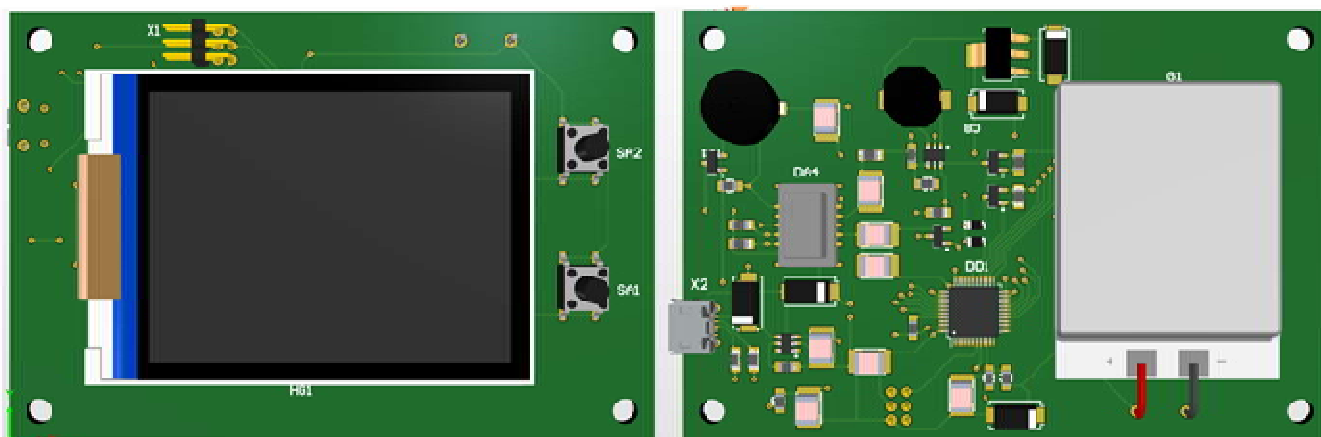


Рис. 2. Печатный узел инфракрасного тепловизора

На верхней стороне ПУ размещены экранHG1, кнопки управленияSA1 и SA2, разъем для программирования X1. На обратной стороне ПУ размещен инфракрасный матричный датчик температуры DA4, микроконтроллер DD1, аккумулятор G1 емкостью 1500мАч, разъем X2 для подключения ПК.

### ***Библиографический список***

1. Вавилов В.П. Инфракрасная термография и тепловой контроль. – М.: ИД Спектр, 2009. – 544 с.
2. Михеев, С.В. Основы инфракрасной техники– СПб: Университет ИТМО, 2017. – 127 с.

## РАЗРАБОТКА БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ РАЗДАТОЧНОЙ КОРОБКЕЙ С ОТДЕЛЬНОЙ ПЛАТОЙ УПРАВЛЕНИЯ

*Н.А. Курлыков<sup>1</sup>, Е.И. Лазарева<sup>2</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского  
государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,  
<sup>1</sup>студент, <sup>2</sup>ст.преподаватель

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д.19

e-mail: lactoyka@mail.ru, lazareva\_ekaterina87@mail.ru

Научный руководитель: Шаров В.А., к.т.н., доцент, vasharov@mail.ru

*Представлена разработка блока управления раздаточной коробки под российский автопром с отдельной платой управления и платой контроллера для быстрой установки требуемой детали с нужным программным обеспечением.*

*Ключевые слова:* блок управления, плата управления, раздаточная коробка.

Раздаточная коробка в автомобиле представляет собой устройство, позволяющее изменять передаточное число и выбирать режим привода (передний, задний или полный привод) в зависимости от условий движения.

С учетом санкций и ухода большинства автоконцернов с Российского рынка, а также в связи с возникшими трудностями поиска деталей и проблемой их оплаты, разработка отечественных изделий является одной из приоритетных задач на данный момент.

Отечественные изделия должны быть стандартизированными для возможности их установки на различные типы авто и предполагать минимальные доработки под конкретную модификацию автомобиля.

Для решения данной проблемы необходимо организовать поиск новых конструкторских решений проектирования печатных узлов с обязательным применением SMD-компонентов для миниатюрности изделия [1].

В рамках процесса разработки блока управления раздаточной коробкой были определены следующие задачи:

- проектирование электрической структурной схемы блока;
- разработка электрической принципиальной схемы блока;
- создание платы управления в виде 3D модели.

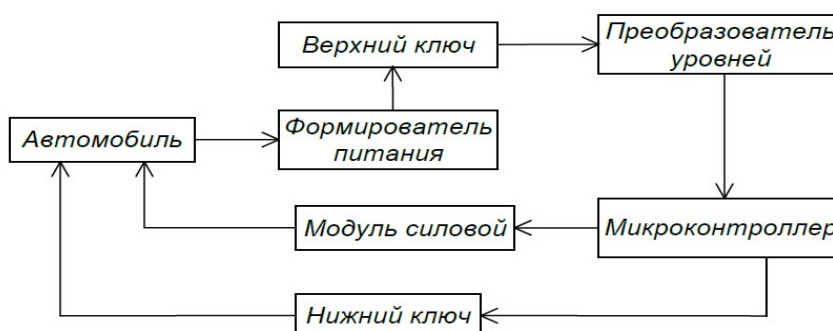
В результате проведенного анализа, были сформулированы основные требования к конструкции проектируемого устройства:

- изделие должно эксплуатироваться в составе передвижной техники, а именно в автомобилях;
- изделие должно быть устойчивым к вибрациям, ускорениям, а также

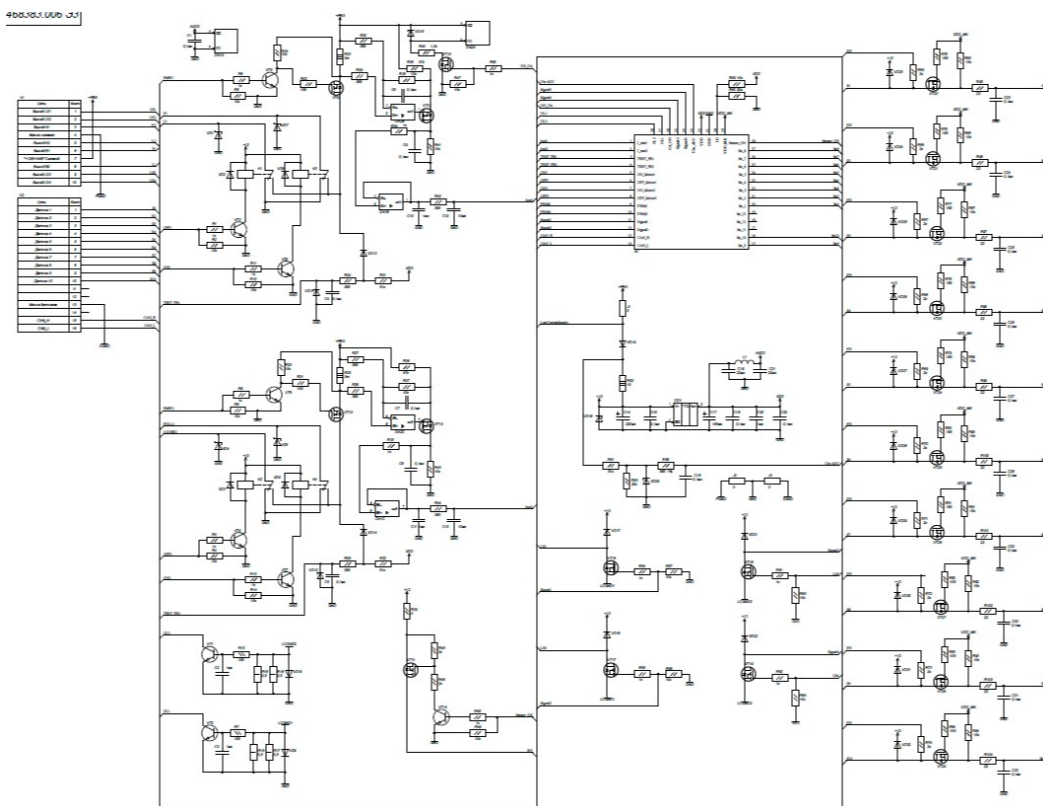
иметь влагозащитное покрытие печатного узла;

- изделие должно иметь две платы: плату управления, на которой будут располагаться разъёмы и на нее будут поступать сигналы с платы контроллера; плату контроллера, которая предполагает программирование и необходима для быстрой смены программного обеспечения (ПО) под различные модификации авто без монтажа новой платы.

На основании предъявленных технических требований было разработано устройство. Электрическая структурная схема блока управления раздаточной коробкой представлена на рис.1, а также электрическая принципиальная схема на рис.2.



**Рис.1. Схема электрическая структурная блока управления раздаточной коробкой с отдельной платой управления**



**Рис.2. Схема электрическая принципиальная блока управления раздаточной коробкой с отдельной платой управления**

Согласно рис.1, формирователь питания выполняет формирование напряжений питания для всех функциональных частей блока:

- напряжение питания 12В для силовой части;
- напряжение питания цифровой части блока (VDD) – 5В;
- напряжение питания аналоговой измерительной части (AVDD) – 5В.

Нижний ключ используется для коммутации слаботочных нагрузок. Силовой модуль осуществляет управление силовыми нагрузками, такими как электродвигатель постоянного тока. Верхний ключ обеспечивает подачу напряжения питания на преобразователе уровней.

Преобразователь уровней предназначен для согласования уровней входных сигналов (12В) с уровнем напряжения питания микроконтроллера (5В). Микроконтроллер реализует алгоритм управления всеми элементами блока.

Принцип работы схемы электрической принципиальной описан ниже (рис.2).

Управляющие сигналы поступают на контакты X2:1-X2:10 и далее через преобразователь уровней на микроконтроллер. Микроконтроллер управляет включением/выключением модулей силовой и слаботочной нагрузки.

Схематически преобразователь уровней выполнен на элементах VD23, R65, R75, R85, R95, C23, VT20. Входной сигнал через защитный диод передается на транзистор VT3, фильтруется цепью R95-C23 и подается на микроконтроллер.

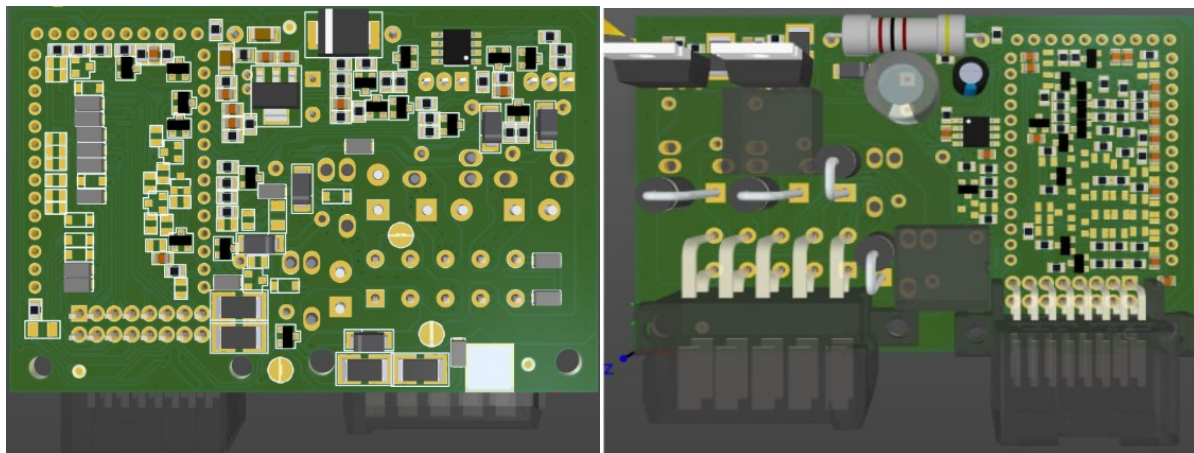
Управление силовой нагрузкой реализуется двумя реле (K1, K3) с системой управления, состоящей из резисторов (R1, R2), транзистора VT3 и защитного диода VD2. Дополнительно в составе модуля предусмотрена токоизмерительная цепь, выполненная на резисторе R23, цепи смещения R29-R30, R35-R38, C6, VT12, DA2B, R41 и повторителе напряжения на операционном усилителе (DA1B, C10, R42, C12).

Транзистор VT9 применяется для холодного переключения реле, повышая срок службы реле, а также для ШИМ-управления током нагрузки. Диоды VD1 и VD7 гасят индукционные выбросы на электродвигателе.

Стабилизатор напряжения DA2 совместно с конденсаторами C8 и C12 обеспечивают стабильность питания усилителя DA2A и позволяют снижать потребление энергии устройством.

Нижний ключ реализован на элементах VD17, VT16, R54, R57 и служит для управления слаботочными устройствами типа светодиодов, реле и т.д. Включает систему защиты от короткого замыкания, работающую следующим образом: при превышении порога падения напряжения на токоизмерительных резисторах R15, R17 открывается транзистор VT2, сигнализирующий микроконтроллеру о перегрузке. Диод VD9 защищает токоизмерительную цепь от скачков напряжения.

При выборе элементной базы были учтены требования к проектируемому устройству. Электрорадиокомпоненты в большей части в SMD-корпусах, что позволяет уменьшить массу и габариты изделия. На рис.3 представлена 3D-модель платы управления.



**Рис. 3. 3D-модель платы управления**

Конструкция платы управления позволяет установить плату контроллера с требуемым ПО без специального приспособления, путем пайки разъема в металлизированные отверстия на плате управления. Высоту установки обеспечивает сам разъем.

---

1. Борисов, В.Ф. Проектирование РЭС: Учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию / В.Ф. Борисов, А.А. Мухин, М.Ф. Митюшин, А.Н. Шишков, Ю.В. Чайка. - М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2008.- 96 с.

## МЕТОДЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СЕТЕВОГО ТРАФИКА

*Е.Д. Носадкин<sup>1</sup>, Ю.А. Гуськова<sup>2</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского  
государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,

<sup>1</sup>студент, <sup>2</sup>ст.преподаватель

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д.19

e-mail: [nosadkin@mail.ru](mailto:nosadkin@mail.ru), [julia.guskova7@yandex.ru](mailto:julia.guskova7@yandex.ru)

Научный руководитель: Ямпурин Н.П., д.т.н.,

профессор, [kitres@apingtu.edu.ru](mailto:kitres@apingtu.edu.ru)

*Статья посвящена исследованию и применению методов интеллектуального анализа данных (DataMining) и машинного обучения для повышения уровня безопасности сетевого трафика. Рассматриваются современные подходы к обнаружению аномалий, классификации угроз и прогнозированию кибератак, выявлены их сильные и слабые стороны, сформулированы ключевые требования к разработке адаптивной системы защиты сетевой инфраструктуры. Предложена концепция системы мониторинга, сочетающая методы кластеризации и классификации для эффективного выявления подозрительной активности в реальном времени.*

*Ключевые слова:* информационная безопасность, система обнаружения вторжений, машинное обучение, сетевой трафик, киберугрозы, система мониторинга.

Вопрос обеспечения безопасности устройств, подключённых к глобальной сети интернет, является одним из наиболее острых и актуальных в настоящее время. С начала 2024 года компания OpenAI – разработчик ChatGPT, предотвратила более 20 киберопераций, для которых использовался их сервис. За это время нейросеть использовалась для разработки вредоносного ПО и проведения различных кибератак [1]. В IBM отмечают, что технологии искусственного интеллекта позволили хакерам проводить более масштабные и персонализированные атаки, упрощая организацию кибератак для большего числа преступников[3].

Для борьбы с атаками используют межсетевые экраны (файрволы), фильтрующие входящий и исходящий сетевой трафик на основе заданных правил безопасности; системы предотвращения вторжений (IPS), блокирующие подозрительные активности в режиме реального времени; песочницы (Sandboxing) позволяющие запускать подозрительные приложения в изолированной среде, для того чтобы не пропустить опасное приложение в рабочую сеть. Но перед борьбой с подобными угрозами их нужно сначала обнаружить, для чего используют анализ сетевого трафика.

Анализ сетевого трафика — это процесс перехвата, записи и исследования сетевых пакетов с целью диагностики проблем, мониторинга производительности, выявления угроз и глубокого понимания того, что происходит в сети.

В настоящее время для обнаружения угрозы используются в основном сигнатурные (шаблонные) методы анализа трафика, то есть трафик анализируется по уже известным вредоносным программам, атакам, и уязвимостям. К таким методам относятся: анализ пакетов, анализ потоков. Но хоть и такие методы доказали свою эффективность и точность, они беспомощны против неизвестных угроз и сложных целенаправленных атак (APT). Также такие системы требуют регулярного обновления базы сигнатур, иначе такие системы быстро устаревают и становятся уязвимыми.

Альтернативой сигнатурному подходу является интеллектуальный (эвристический) анализ, построенный на технологии машинного обучения, к таким методам относятся поведенческий анализ сетевого трафика и глубокая инспекция пакетов.

В отличие от традиционных систем обнаружения вторжений, интеллектуальный анализ сетевого трафика фокусируется на поведенческих паттернах и отклонениях от нормальной сетевой активности. Для этого используют различные методы анализа и машинного обучения для создания базовых моделей нормального поведения в сети, что позволяет им определять подозрительные действия, которые могут указывать на компрометацию или атаку.

Для сравнения были приведены следующие методы анализа (табл. 1).

**Таблица 1**  
**Сравнение методов анализа интернет-трафика**

Название метода	Описание работы системы	Недостатки
Анализ пакетов	Рассматривают фундаментальные блоки любого сетевого общения – пакеты, не влияя на работу сети, и позволяя найти причину проблемы.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- большие объёмы данных;</li> <li>- сложность самого анализа;</li> <li>- ограниченность в использовании для анализа зашифрованного трафика;</li> <li>- имеет проблемы с конфиденциальностью анализируемых данных.</li> </ul>
Анализ потоков	Фокусируются на статистике и метаданных потока, вместо того чтобы рассматривать содержимое пакетов.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- низкая точность диагностики;</li> <li>- причину аномалии трафика этим методом определить не получится;</li> <li>- не получится узнать, что именно передавалось.</li> </ul>
Поведенческий анализ	Рассматриваются аномалии и паттерн поведения пользователей, устройств или приложений в сети с течением времени.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- существует большая вероятность ложных срабатываний;</li> <li>- требует время на обучение;</li> <li>- является сложным в настройке.</li> </ul>

Глубокая инспекция пакетов	Расширенный метод анализа полезной нагрузки самих пакетов в режиме реального времени.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- высокие вычислительные затраты;</li> <li>- имеет проблемы с конфиденциальностью анализируемых данных;</li> <li>- имеет ограничения, связанные с шифрованием трафика.</li> </ul>
----------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Во всех случаях существуют определённые недостатки, причём и в случае сигнатурных методов, и интеллектуальных. Либо присутствует сильная погрешность в связи с тем, что обрабатывается не вся информация, либо есть огромные вычислительные затраты и проблемы с обработкой конфиденциальных данных [2].

Учитывая перечисленные ограничения каждого из подходов, становится очевидно, что методы в отдельности могут быть не эффективны для обеспечения полной и точной картины происходящего в сети.

Можно заметить то, что сильные стороны одного метода зачастую компенсируют слабости другого. Например, анализ потоков эффективно обрабатывает большие объёмы данных и выявляет аномалии, но не может раскрыть их причину, в то время как глубокая инспекция пакетов (DPI) как раз предназначена для детального изучения содержимого, но требует колоссальных вычислительных ресурсов.

Таким образом, наиболее перспективным путем представляется создание комплексных систем, интегрирующих в себе несколько методов анализа. Комбинированный подход позволяет минимизировать недостатки каждого отдельного решения и использовать их преимущества синергетически. К примеру, система может использовать быстрый и менее затратный анализ потоков для первоначального отсева нормального трафика и выявления подозрительных аномалий. Затем для детального исследования выявленных инцидентов можно точно применять глубокую инспекцию пакетов или поведенческий анализ, экономя вычислительные ресурсы и соблюдая баланс между эффективностью и конфиденциальностью. Система с комбинированным подходом будет эффективно бороться с кибератаками разного характера.

При помощи неточного метода можно найти потенциальные отклонения, после чего распознавать трафик более точным методом, чтобы обнаружить и подтвердить опасную активность. Далее отправить информацию специалистам, которые в свою очередь перепроверят информацию и начнут борьбу с угрозой.

Разработка и внедрение систем безопасности, основанных на методах интеллектуального анализа данных, является необходимым шагом для противодействия современным киберугрозам. Комбинация методов кластеризации, классификации и прогнозирования позволяет создать гибкий и мощный инструмент для мониторинга сетевого трафика.

Такая система не только повысит уровень безопасности, но и оптимизирует работу специалистов, снизив их нагрузку за счет автоматизации рутинных операций и минимизации ложных срабатываний.

### ***Библиографический список***

1. Хакеры используют ChatGPT для кибератак. Редакция 13:00 / 14 октября 2024[Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://itspeaker.ru/news/khakery-ispolzuyut-chatgpt-dlya-kiberatak/>.– (дата обращения: 20.10.2025).
2. Труды ИСП РАН, том 34, вып. 5, 2022 г. «Сравнение системы обнаружения вторжений на основе машинного обучения с сигнатурными средствами защиты информации»[Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnienie-sistemy-obnaruzheniya-vtorzheniy-na-osnove-mashinnogo-obucheniya-s-signaturnymi-sredstvami-zaschity-informatsii/viewer/>.– (дата обращения: 21.10.2025).
3. X-ForceThreatIntelligenceIndex 2024 revealsstolencredentialsastoprisk, withAIattacksonthehorizon. Чарлз Хендерсон[Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.ibm.com/think/x-force/2024-x-force-threat-intelligence-index/>.– (дата обращения: 21.10.2025).

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКРЫТИЯ LORA-СЕТИ В УСЛОВИЯХ СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ И ВЕРИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН

*А.А. Савинова<sup>1</sup>*

Казанский национальный исследовательский технический университет

им.А.Н.Туполева, КНИТУ КАИ, <sup>1</sup>учащийся

Россия, Респ. Татарстан, г. Казань; e-

mail:[Alexandra.Sawinoba.432@yandex.ru](mailto:Alexandra.Sawinoba.432@yandex.ru)

Научный руководитель: Виноградов В.Ю., д.т.н.,

профессор, [yawin@mail.ru](mailto:yawin@mail.ru)

*В статье представлены результаты экспериментального исследования покрытия сети технологии LoRa в реальных условиях сельской местности. Целью работы являлась оценка дальности передачи и качества радиосвязи между узлами на фермерском участке с учётом особенностей рельефа и наличия естественных и искусственных преград. Для анализа полученных данных использовалась модель распространения радиоволн Окумура-Хата, позволяющая рассчитать теоретические потери сигнала и сопоставить их с экспериментальными измерениями уровня RSSI и отношения сигнал/шум (SNR).*

**Ключевые слова:** LoRa, LPWAN, IoT, затухание сигнала, экспериментальные измерения.

В эксперименте использовались передатчики LoRa-модулей E32-433T20D, настроенных на частоту 433 МГц с мощностью 20 dBm. Узлы располагались на территории села Деушево Республики Татарстан, на фермерском участке с пересечённым рельефом, включающим открытые пространства, деревья и хозяйственные постройки. Высота установки антенн составляла около 1.5 метра, что соответствует рабочим условиям мониторинга в сельском хозяйстве. Для каждого узла производились периодические отправки пробных пакетов.

В ходе работы фиксировались три параметра. RSSI (ReceivedSignalStrengthIndicator) — это показатель мощности принимаемого сигнала в децибелах относительно мВт. Измеряется встроенными средствами приемного LoRa-модуля при получении каждого пакета. RSSI отражает, насколько силен сигнал на приёмной стороне [1]. SNR (SignaltoNoiseRatio) — отношение мощности полезного сигнала к мощности шума в диапазоне частот (также в децибелах). Высокое SNR означает, что сигнал достаточно чётко выделяется на фоне шумов, что улучшает качество связи. Потери пакетов — количество потерянных или не корректно принятых пакетов относительно общего числа отправленных. Этот показатель косвенно отображает стабильность и надёжность канала.

Настройки и параметры передачи: скорость передачи данных 9600 бод; спрединг-фактор 7; полоса пропускания 125 кГц; кодовая скорость 4/5, которая обеспечит устойчивость к помехам при умеренном увеличении времени передачи; интервал передачи пакетов 10 секунд; антенна всенаправленная с коэффициентом усиления 2-3 дБ.

Каждое измерение сопровождалось усреднением показателей RSSI и SNR на серии из 10 пакетов, что позволяло уменьшить влияние случайных помех и исключить выбросы [2]. Измерения производились при последовательном увеличении расстояния между передатчиком и базовой станцией с интервалом 100-200 метров, в диапазоне от 100 метров до 1,5 километров. Особое внимание уделялось фиксации условий окружающей среды: учитывались наличие растительности, построек, рельефные особенности, влияющие на затухание сигнала.

Модель Окумура–Хата является эмпирической формулой, позволяющей оценить потери радиосигнала в дБ в зависимости от расстояния между передатчиком и приемником, высоты антенн и частоты. Она была получена путем аппроксимации экспериментальных данных, собранных в Японии для диапазона 150–1500 МГц и расстояний от 1 до 20 км (рис. 1).



Рис. 1. Зависимость затухания сигнала от разной местности[3]

Модель используется для расчета зон станций мобильных или IoT-сетей, проектирования систем LoRa и LPWAN в сельской и пригородной местности, анализа влияния высоты антенн и частоты сигнала на дальность, оценки потерь в устройстве узел-база [4].

Теоретический расчет уровня сигнала модели Окумура-Хата:

$$RSSI = P_f - L$$

где  $P_f$  – рабочая частота в МГц;

Формула потерь сигнала для сельской местности:

$$L = 69,55 + 26,16 \log_{10} f - 13,82 \log_{10} h_t - \alpha(h_p) + (44,9 - 6,55 \log_{10} h_t) * \log_{10} d$$

где  $f$  – рабочая частота в МГц;

$h_t$  – высота подъема антенны базовой станции в м;

$h_p$  – высота подъема антенны мобильной станции в м;

$d$  – дальность связи в км.

Формула поправочного коэффициента высоты приемника:

$$\alpha(h_p) = (1,1 \log_{10} f - 0,7) h_p - (1,56 \log_{10} f - 0,8)$$

Сравним полученные данные, полученные экспериментальным методом и теоретическими расчетами (табл. 1).

**Таблица 1**  
**Параметры радиосвязи LoRa-сети**

Расстояние, м	RSSI(эк-т), дБ	RSSI(тео-я), дБ	SNR(эк-т), дБ	Потери пакетов, %
100	-65	-63,2	14	0
200	-69	-69,8	12	0
400	-74	-77,9	9	1
600	-81	-82,3	6	3
800	-85	-85,1	5	3
1000	-88	-87,6	4	4
1200	-91	-89,7	3	5
1500	-95	-92,5	2	7

Значения RSSI снижаются от -65 дБ на близком расстоянии 100 м до -95 дБ на удалении 1500 м, что соответствует ожидаемой потере сигнала. В эксперименте были зафиксированы дополнительные потери сигнала в зонах с пересечённым рельефом, а также вблизи хозяйственных построек и деревьев. Экспериментальные показатели RSSI достаточно близки к расчетным значениям по модели Окумура-Хата, что подтверждает применимость этой модели для прогнозирования радиопокрытия в сельской местности. Снижение SNR от 14 дБ до 2 дБ с ростом расстояния отражает увеличение уровня шумов и помех по мере ослабления полезного сигнала, при этом снижение SNR влияет на устойчивость и качество соединения. Потери пакетов начинаются практически с нуля при расстояниях до 400 м, постепенно увеличиваясь до 15% к 1500 м. Это свидетельствует о постепенной деградации канала связи, что важно учитывать при планировании размещения узлов в реальных условиях, чтобы обеспечить надежность передачи данных [5].

Анализ показал, что для стабильной работы LoRa-сети на ферме в селе Деушево оптимальная зона покрытия составляет примерно до 1200 м, где

качество сигнала и устойчивость передачи остаются приемлемыми. Использование результатов модели Окумура-Хата вместе с экспериментальными измерениями позволяет эффективно прогнозировать и оптимизировать конфигурацию сети для обеспечения надежной связи в сельских условиях.

Для улучшения характеристик связи и увеличения дальности на другой местности будет рассматриваться возможность увеличения длины антенны для того что бы повысить коэффициент усиления, улучшить приём и передачу сигнала, а значит расширить покрытие сети.

### ***Библиографический список***

1. Казьмин О. Ю., Симонина О. А. Алгоритм оптимизации электромагнитной обстановки в сетях радиодоступа с учетом RSSI на абонентском устройстве/ О. Ю. Казьмин, О. А. Симонина // СПБНТОРЭС: труды ежегодной НТК. – 2021. – № 1(76). – С. 256-258
2. Бабин А. И. Методика расчета зон радиовидимости систем транкинговой связи/ А. И. Бабин // Фундаментальные исследования. – 2007 г. – С. 361-363.
3. Головской В. А., Мозоль А. А. Оценивание погрешности прогнозирования радиальной зоны покрытия базовой станции/В. А. Головской, А. А. Мозоль// Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. – 2021. – № 1. – С. 78-82.
4. Кривоносов Е. В., Воробьева С. В. Исследования характеристик систем IoT LoRa в городских условиях/Е. В. Кривоносов, С. В. Воробьева// Наука. Технологии. Инновации : Сборник научных трудов в 9 ч., Новосибирск, 30 ноября – 04 декабря 2020 года. Том Часть 6. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2020 г. – С. 86-90.
5. Савинова А. А. Кибербезопасность в устройствах интернета вещей: защита данных и проблемы устойчивости / А. А. Савинова // XX Международная научно-практическая конференция «ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ», 20-22 ноября 2024 г.: материалы конференции.– Ч. I. – С. 40–42.

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЧАСТОТЫ ПЕРЕДАЧИ ПО LORAWAN НА ТОЧНОСТЬ КООРДИНАТ И ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ GPS-УСТРОЙСТВ

*А.А. Савинова<sup>1</sup>*

Казанский национальный исследовательский технический университет  
им.А.Н.Туполева, КНИТУ КАИ, <sup>1</sup>учащийся  
Россия, Респ. Татарстан, г. Казань; e-mail: [Alexandra.Sawinoba.432@yandex.ru](mailto:Alexandra.Sawinoba.432@yandex.ru)  
Научный руководитель: Виноградов В.Ю., д.т.н., профессор, [vawin@mail.ru](mailto:vawin@mail.ru)

*В статье исследуется влияние интервала передачи данных по протоколу LoRaWAN на точность позиционирования GPS-трекеров, энергопотребление и время автономной работы устройств. Проведен анализ зависимости рассинхронизации координат от частоты отправки пакетов, а также разработана математическая модель энергопотребления с учетом циклов пробуждения GPS-модуля. Экспериментальные измерения подтвердили теоретические выкладки, выявив оптимальный баланс между точностью позиционирования и продолжительностью работы батареи.*

*Ключевые слова:* LoRa, LPWAN, IoT, энергопотребление, автономная работа, точность координат.

Был разработан реальный прототип GPS-трекера с использованием технологии LoRa, предназначенный для мониторинга сельскохозяйственных животных. Полевые испытания проводились на территории Республики Татарстан в различных типах местности, включая открытые участки, лесополосы и зоны с пересечённым рельефом. Целью тестирования было оценить устойчивость связи, точность позиционирования, энергопотребление и общее поведение устройства в реальных условиях эксплуатации [1].

В данной работе используется модуль E32-433T20DLoRa, который работает на частоте 433MHz. Поддерживает такие режимы, как режим энергосбережения (Power Saving Mode), спящий режим (Sleep Mode) и режим пробуждения (Wake-up Mode), что позволяет оптимизировать потребление энергии в зависимости от конкретных требований приложения.

Для стабильной работы GPS-модуля трекера необходимо устойчивое соединение как минимум с 4-6 спутниками. В ясную или пасмурную погоду фиксировалось 7–10 спутников, обеспечивая точность позиционирования на уровне 3-4 метров. Средняя задержка передачи пакета составляла 180-220 мс, увеличиваясь до 350 мс на сложном рельефе (рис. 1). Потери пакетов не превышали 9 % при нормальных условиях эксплуатации [2].

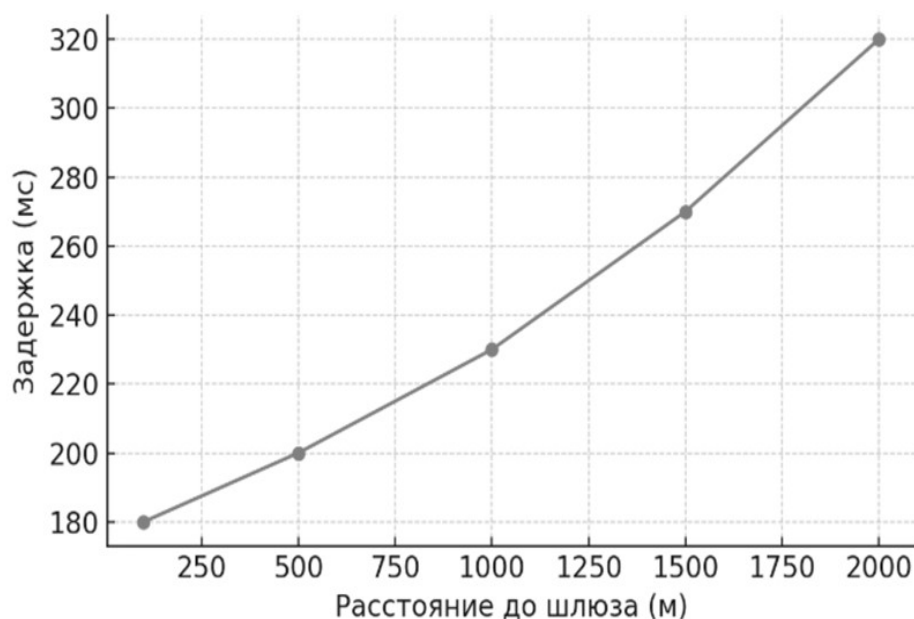


Рис. 1. Зависимость задержки отклика от расстояния до шлюза

Были собраны данные об ошибке позиционирования, потребляемом токе и времени автономной работы при разных интервалах передачи пакетов GPS по LoRa WAN (табл. 1).

Таблица 1

Энергопотребление и время автономной работы GPS-трекера экспериментально

Интервал передачи (м)	Средняя ошибка позиционирования (м)	Энергопотребление, мА·ч в сутки	Время автономной работы (сутки)
1	5	68	14
10	9	47	21
15	14	28	35
45	35	15,5	64

Далее была просчитана теоретическая модель с идеальными параметрами. Математическая модель энергопотребления:

$$I = \frac{I_{tx}t_{tx} + I_g t_g + I_s t_s}{T};$$

где  $I_{tx}$  – ток модуля передачи (мА);

$I_g$  – ток GPS-модуля при активном определении координат (мА);

$I_s$  – ток в режиме сна (мкА);

$t_{tx}, t_g, t_s$  – время активных и спящих режимов;

$T$  – полный цикл работы (с).

Время автономной работы (в часах) вычисляется по формуле:

$$L = \frac{C_b}{I};$$

где  $C_b$  – ёмкость аккумулятора (мА·ч).

Полученные расчеты представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Расчетное энергопотребление и время автономной работы GPS-трекера**

Интервал передачи (м)	Энергопотребление, мА·ч в сутки	Время автономной работы (сутки)
1	50	20
10	5	200
15	3,3	303
45	1,1	908

Сравнив показатели можно увидеть, что у математической модели сильно завышенное время автономной работы. Ток потребления у реального устройства выше, а срок службы аккумулятора меньше. При снятии данных периодически возникала проблема с недостаточным сигналом, многолучевым распространением и преградами, что незначительно увеличивает время поиска и устойчивого определения координат, но в сумме сильно уменьшает реальное время работы устройства [3]. Это ведет к более длительной работе GPS и повышенному энергопотреблению. Устройство также выполняет не только передачу координат, но и обработку данных, проверку связи, повторные попытки передачи при сбоях, работу вспомогательных датчиков и модулей. Все это увеличивает общий расход энергии. Микроконтроллер, сенсоры, индикаторы и другие компоненты внутри устройства потребляют ток в спящем режиме больше заявленных минимальных значений. При понижении температуры аккумулятора его эффективная емкость так же снижается, что ускоряет разряд и уменьшает время автономной работы, из-за чего аккумулятор со временем теряет часть емкости.

Оптимальный интервал отправки данных по LoRa WAN составляет 15 минут, так как при меньших интервалах передача данных становится нецелесообразной с точки зрения энергопотребления — постоянная активация GPS-модуля и модуля передачи резко увеличивает расход аккумулятора, значительно сокращая время автономной работы устройства. В то же время при увеличении интервала передачи выше 15 минут начинает существенно ухудшаться точность позиционирования, так как GPS-трекер дольше находится в режиме сна, и ошибка определения координат возрастает, что снижает качество и надёжность мониторинга.

### ***Библиографический список***

1. Подгурский, С.Н. Энергоэффективность LoRa-устройств в распределённых системах мониторинга / С.Н. Подгурский, М.А. Рудаков // Радиотехника. – 2022. – №7. – С. 59–64.
2. Колосов, Д.Ю. Исследование точности GPS-позиционирования в различных метеоусловиях / Д.Ю. Колосов // Геоинформатика. – 2019. – №3. – С. 75–79.

3. Савинова А. А. Оценка эффективности радио протоколов в IoT и готовность к внедрению в России/ А. А. Савинова // XX Международная научно-практическая конференция «ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ», 20-22 ноября 2024 г.: материалы конференции. – Ч. I. – С. 45–47.

## РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ARDUINO-МЕНТОРА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОНИКЕ И ПРОГРАММИРОВАНИЮ

*Д.А. Самарин<sup>1</sup>, Г.А. Гуськов<sup>2</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского  
государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,

<sup>1</sup>студент, <sup>2</sup>студент

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас;

e-mail: Dimonciksamarinskij751@gmail.com, grigu001@mail.ru

Научный руководитель: Жидкова Н.В., к.т.н, zhidkova-arz@yandex.ru

*Данная статья описывает реализацию и результаты внедрения цифровой образовательной платформы Arduino. Платформа предоставляет пользователю ряд возможностей: изучения разработки встраиваемых систем с использованием микроконтроллера. В работе также представлен конечный продукт, описываемой разработки, и результаты внедрения. С помощью данных манипуляций решаются проблемы доступности обучения, интерактивности и создания активного сообщества пользователей. Реализация данного продукта описаны с технической точки зрения и проанализированы результаты тестирования пользователей. Подробно разобрана методология разработки, архитектурные решения. Представлена также оценка эффективности внедрения платформы в образовательный процесс.*

**Ключевые слова:** цифровая платформа, микроконтроллер Arduino, информационная система, образовательные технологии, интерактивное обучение.

На сегодняшний день стандарты обучения в основном нацелены на развитие у обучающихся практических навыков и способности к самостоятельному поиску и изучению информации. На курсе о базовых навыках владения Arduino, каждому студенту необходимо усвоить основные понятия, связанные с электроникой и программированием. Однако, для получения наиболее полного представления о платформе Arduino, критически важно не только пройти полный кейс теории, но и обучиться использовать ее для конкретных практических задач. В связи с этим необходимо создать такую платформу, которая объединит в себе всю необходимую теорию, но и исчерпывающее количество практических заданий, в частности разнообразные тестовые задания, возможность мониторинга прогресса в одном интерфейсе. По анализу действий учеников это будет являться наиболее удобной формой обучения.

После анализа курса и основных сложностей, которые возникают у учеников, были сформулированы следующие цели и задачи платформы:

- разработать архитектуру программы, которая позволит изучить Arduino

через серию лабораторных работ;

- внедрить различные интерактивные инструменты симуляции и визуализации электрических схем, для визуализации заданий в лабораторных работах;
- реализовать возможность автоматической проверки, не только синтаксиса, но и логики кода, а также корректность схем подключения компонентов, что позволит ускорить процесс сдачи работ;
- внедрить систему отслеживания прогресса и успеваемости учащихся с аналитикой и выводом результатов обработки данных;
- разработать адаптивный и удобный для пользователей интерфейс в веб-формате и в виде настольного приложения;
- внедрить элементы геймификации, что позволит обучаться сложным вещам в игровой форме и повысить вовлеченность студентов.

В процессе создания платформа был реализован ряд функций, который позволит ускорить и облегчить обучение. Одной из наиболее важных функций является возможность интерактивного выполнения лабораторных работ. Подразумевается разделение заданий по темам с последующим усложнением программы для наиболее полного погружения в курс Arduino (рис.1). В каждой теме предусмотрен ряд заданий, с возможностью написания в специальном поле кода программы и его компиляции.

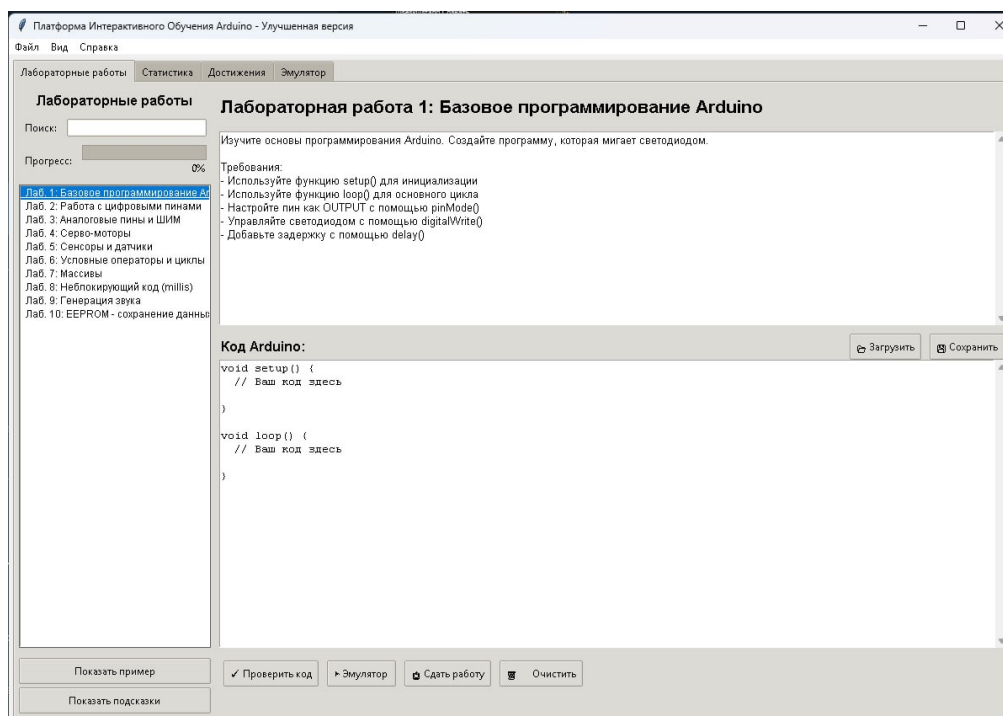
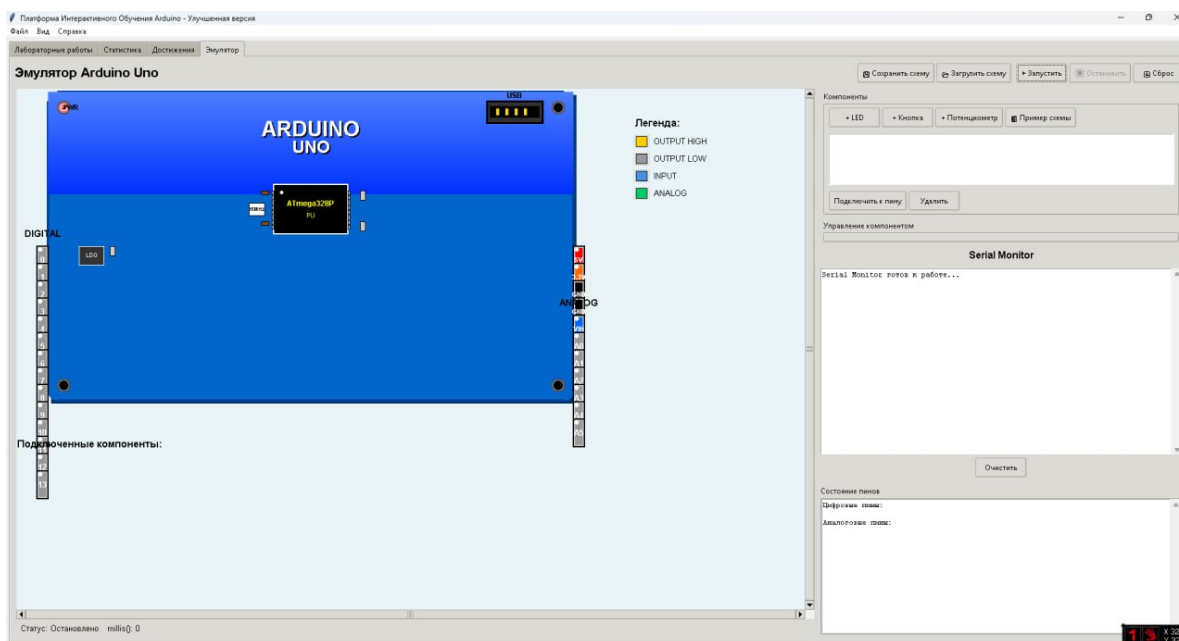


Рис.1. Интерфейс выбора и выполнения лабораторных работ

Внедрен также эмулятор, предполагающий построение электрических схем при помощи заранее добавленных шаблонов. Также предусмотрена

возможность автоматической проверки выполненных студентами заданий. Она включает валидацию корректности схемы подключения компонентов, проверку синтаксиса и логической структуры Arduino-код.



**Рис.2. Пример симуляции и визуализации электрических схем**

Кроме того, в каждой теме предусмотрено некоторое количество контрольных вопросов, ответы на которые позволяют понять, насколько полно обучающийся разобрался в теме занятия.

Для отслеживания успеваемости студентов внедрена система прогресса, которая анализирует количество корректно выполненных лабораторных работ, исходя из них рассчитан средний балл, для каждого обучающегося также выведено затраченное на обучение время. Присутствует также некий элемент соревнования, добавленный за счет функции рейтинга и оценок, что позволит дополнительно мотивировать студентов на эффективное обучение.

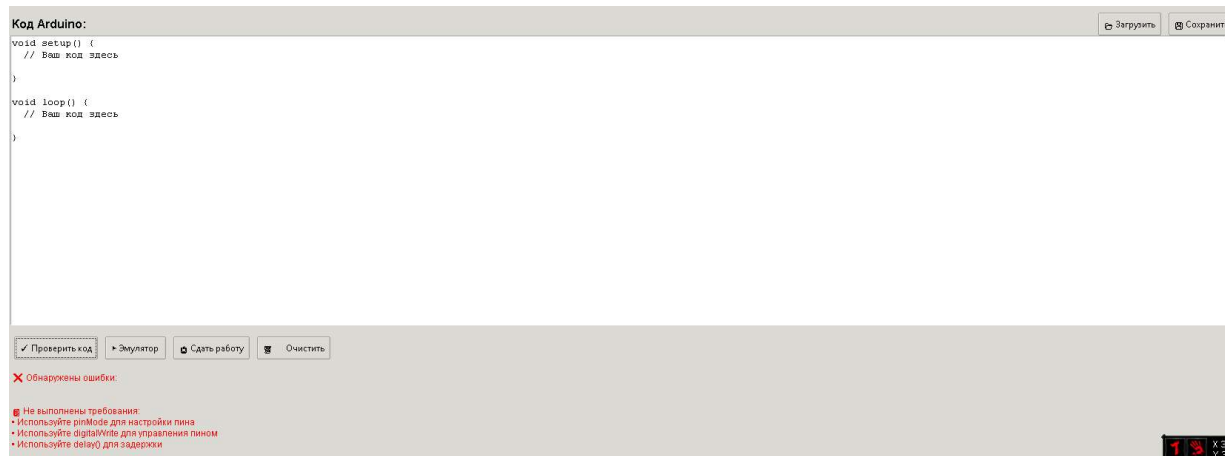
Все перечисленное позволит оценить реальный прогресс и уровень знаний каждого отдельного ученика. Все это оформлено в виде удобного графического интерфейса (GUI), с использованием технологий HTML/CSS/JavaScript, представлен продукт в виде настольного приложения (Python/Tkinter).

Платформа разработана с использованием современных технологий:

- фронтенд реализован веб-интерфейсом на HTML, CSS и JavaScript; настольное приложение на Python с использованием библиотеки Tkinter;
- хранение данных организовано через локальное хранилище (localStorage в браузере, JSON-файлы в Python) для сохранения прогресса пользователя;
- симуляция и визуализация выполнены с использованием Canvas API в браузере и CanvasTkinter для графического отображения схем и симуляции

поведения компонентов;

– проверка кода (рис.3) включает базовую валидацию синтаксиса и структуры Arduino-кода, включая проверку наличия функций `setup()` и `loop()`, корректного использования `pinMode` и `digitalWrite` и других.



**Рис.3. Реализация проверки кода разрабатываемой программы в соответствии с выполняемым заданием**

Конечным продуктом является разработанная платформа Arduino, которая полностью реализует все поставленные задачи, в частности: структурированное и интерактивное представление лабораторных работ, визуализирована имитация построения электрических схем с базой шаблонов и корректным отображением последствий взаимодействия тех или иных элементов, автоматическая проверка заданий, выполненных в области написания кода и в эмуляторе, внедрена система оценок. Все вышеперечисленные функцию представляют собой удобный интерфейс, который будет удобен и понятен любому пользователю.

Предложенная платформа представляет собой инновационный инструмент для обучения работе с Arduino, который объединяет теоретические знания и практические навыки с возможностью автоматизированной проверки и анализа прогресса. Платформа может быть использована как в образовательных учреждениях, так и для самостоятельного обучения. Перспективы развития включают расширение функционала симуляции, интеграцию с реальным оборудованием, улучшение системы аутентификации и масштабирование до веб-сервиса с серверной архитектурой.

### ***Библиографический список***

1. Каменева Т.Н. Разработка электронного учебника как компонента информационного образовательного пространства// Журнал «Образовательные технологии и общество» [Электронный ресурс]. - 2012. - №3 (15). - с. 464-478. - URL: <https://scip.org/journal-ifets/2012-3-15#tab=contents>. - (дата обращения: 19.10.2024).
2. Сайт компании Arduino [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.arduino.cc> / (дата

обращения: 22.10.2025).

3. Сайт All-Arduino [Электронный ресурс]. – URL: <https://all-arduino.ru/> (дата обращения: 20.10.2025).

4. Сайт о программировании METANIT.COM. Canvas[Электронный ресурс]. – URL: <https://metanit.com/python/tkinter/7.1.php>. (дата обращения: 21.10.2025).

5. Современный учебник JavaScript[Электронный ресурс]. – URL: <https://learn.javascript.ru/>. (дата обращения: 21.10.2025).

## РАЗРАБОТКА МАКЕТА АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ

*И.Е. Тюльтин<sup>1</sup>, А.А. Тужилкин<sup>2</sup>, Д.А. Червяков<sup>3</sup>, К.С. Сычёв<sup>4</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,

<sup>1</sup>учащийся, <sup>2</sup>учащийся, <sup>3</sup>учащийся, <sup>4</sup>ассистент кафедры.

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; e-mail: [ilya.iltin@mail.ru](mailto:ilya.iltin@mail.ru)

Научный руководитель: Свердлов Р.В., к.т.н, доцент кафедры КиТРЭС  
[rost-sve@bk.ru](mailto:rost-sve@bk.ru)

*В данной статье представлена разработка макета антенной решетки. Рассмотрен вариант исполнения каркаса и обозначены дальнейшие направления исследования.*

*Ключевые слова:* антенная решетка, логарифмическая спиральная антенна, антенный комплекс.

Целью данной работы является разработка конструкции макета антенной решетки на пассивных спиральных логарифмических антеннах.

Требования к разрабатываемому изделию: антенная решетка должна иметь круговой обзор пространства в следующих размерностях: по горизонтали – 360°, по вертикали – 170°, что и обеспечивает полный обзор пространства вокруг места нахождения изделия. Изделие должно быть легко разбираемым и собираемым в полевых условиях. В сложенном виде занимать малый объем.

Исходя из данного задания, вытекает геометрия изделия: оно должно представлять собой полукруглый купол, состоящий из элементов, с возможностью быстрой сборки и разборки. Каждый элемент должен содержать антенну, перпендикулярную плоскости данного элемента.

В качестве принимающих элементов были выбраны антенны плоской формы. Было выделено два типа антенн – это спиральная архимедова и логарифмическая [1]. При примерно одинаковых приемопередающих свойствах указанные антенны имеют разные геометрические параметры – максимальная длина волны принимаемого сигнала для архимедовой антенны определяет ее радиус, а для логарифмической – длину плеча, что позволяет сделать ее более компактной. Как следствие, в качестве принимающего элемента была выбрана логарифмическая спиральная антенна. Внешний вид антенны представлен на рис.1.

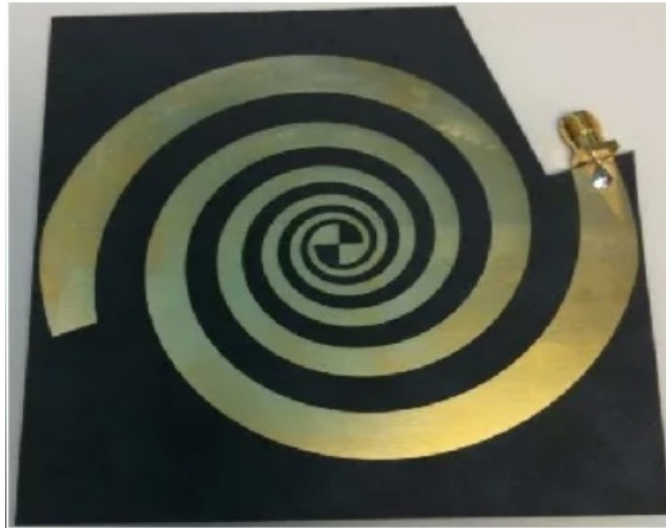


Рис. 1. Логарифмическая спиральная антенна

Длина плеча антенны соответствует максимальной длине волны принимаемого сигнала. Для определения размеров антенны, её геометрии и соответствующих размеров элементов каркаса, был произведен анализ требуемого частотного диапазона. В ходе анализа был определен диапазоны частот от 2,4 – 5,8 ГГц [4], что соответствует длинам волны 125 – 52 мм. Для корректной работы антенны в заданном диапазоне должно соблюдаться следующие условие: длина плеча антенны должна быть не менее половины длины волны самой низкой частоты.

Расчёт параметров антенн проведен согласно[1]:

$$R_1 = R_0 \exp(a\varphi) \quad (1)$$

$$R_2 = (R_0 - w_0) \exp(a\varphi) = R_0 \exp(a(\varphi - \delta)) = R_0 \exp(a\varphi) \exp(-a\delta) \quad (2)$$

$$L = \sqrt{\frac{1}{a^2} + 1(R_{\max} - R_0)} = (1 \div 1.5)\lambda_{\max} \quad (3)$$

где  $\varphi$  – угол поворота векторов R1, R2;

R1 – радиус внешней образующей плеча спирали;

R2– радиус внутренней образующей плеча спирали;

R0– радиус внешней образующей плеча спирали в районе точек питания;

$w_0$ – ширина проводника спирали в районе точек питания;

$a$ – коэффициент плотности навивки спирали;

$\delta$ – угол сдвига внешней образующей плеча спирали относительно внутренней образующей;

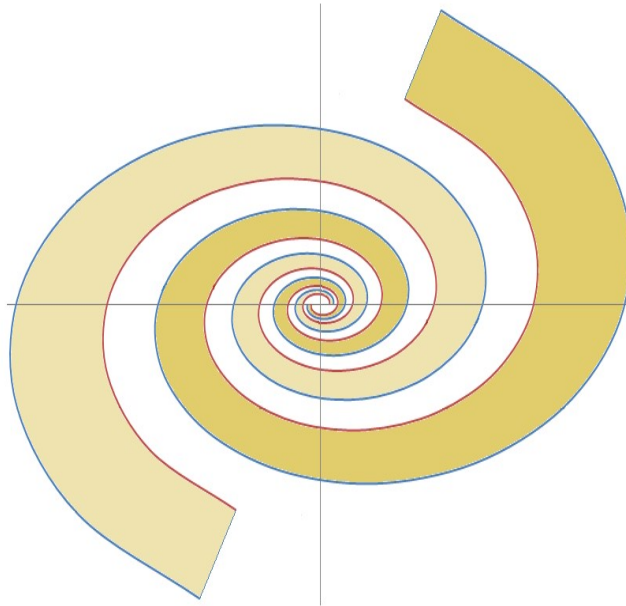
L – длина плеча спирали.

Расчётные параметры приведены в табл. 1.

**Таблица 1**  
**Геометрические параметры антенны**

a	$\varphi_{\max}$ , рад	$R_0$ , мм	$W_0$	$R_1$ , мм	$R_2$ , мм	L, мм
0,14	16,9646	5	1,5	53,7574	37,6302	351,6638

Вид рассчитанной геометрии антенны приведен на рис. 2.



**Рис. 2. Форма рассчитанной логарифмической спиральной антенны**

Для определения приёмопередающих параметров рассчитаем диаграмму направленности единичной антенны. Расчёт параметров проведем согласно [1]:

$$F(\Theta) = \frac{\cos \Theta \operatorname{tg} \frac{\Theta}{2} e^{\frac{1}{a} \operatorname{arctg}(a \cos \Theta)}}{\sin \Theta \sqrt{1 + (a \cos \Theta)^2}} \sqrt{\cos^2 \beta + \sin^2 \beta}, \quad (4)$$

где  $\beta$  – параметр, вычисляемый по выражению(5):

$$\beta = \Psi(\Theta) + \varphi + \frac{\pi}{2}, \quad (5)$$

$\Psi(\Theta)$  – функция, определяемая по выражению (6):

$$\Psi(\Theta) = \frac{n}{2a} \ln(1 + a^2 \cos^2 \Theta) + \operatorname{arctg}(a \cos \Theta) \quad (6)$$

$\varphi$  – угол поворота вектораобразующей плеча спирали;

$a$ – коэффициент плотности навивки спирали;

$\Theta$  – угол поворота направления ДН.

Исходными данными для расчета являются геометрические параметры антенны, представленные в табл. 1. Данная антенна является частотно независимой [1, 2], поэтому на всех рабочих диапазонах диаграмма направленности остаётся неизменной, как следствие, и длина волны в расчётах не учитывается.

Для расчета ДН используем программу MathCAD. Результат расчета ДН представлен на рис. 3.

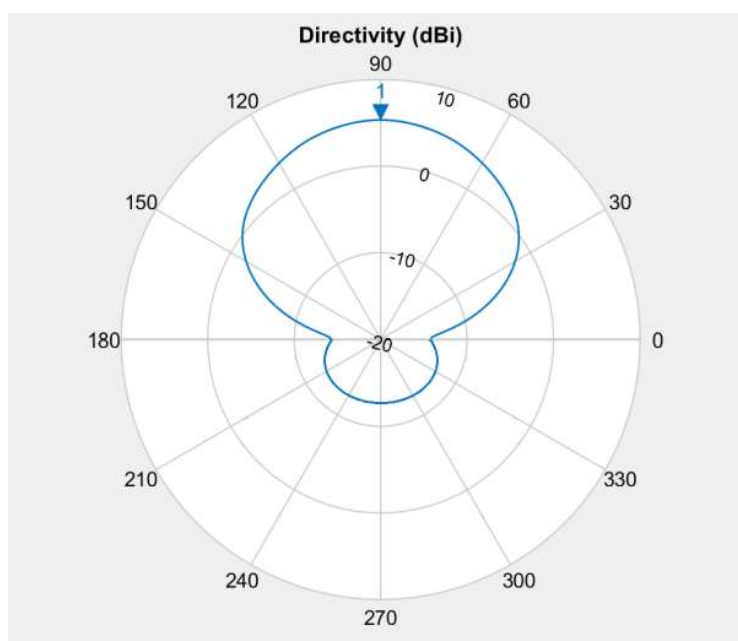


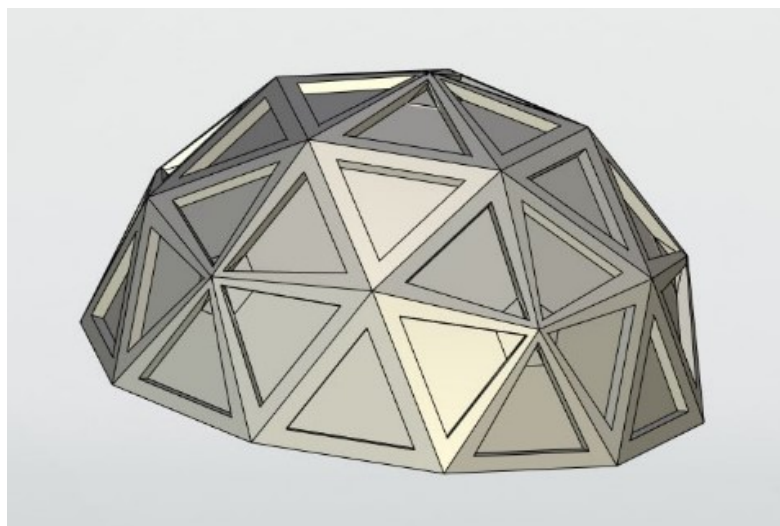
Рис. 3. Диаграмма направленности антенны

Ширина основного лепестка ДН по уровню 0,707 амплитуды  $2\Theta_{0,5}$  составляет  $62^\circ$ .

Исходя из расчётных параметров геометрии антенны, определяется размер единичного элемента антенной решетки. Единичный элемент представляет собой равносторонний треугольник. Согласно ранее рассчитанным размерам антенны, сторона треугольника должна составлять не менее 204,4 мм.

Исходя из размеров единичного элемента, рассчитываются габаритные размеры несущего каркаса. Диаметр полусферы составляет порядка 990 мм, а высота – 495 мм, что позволяет установить около 40 антенных элементов.

В программе SolidWorks была разработана 3D-модель несущего каркаса антенной решетки, представленная на рис. 4. Каркас представляет собой полусферу, составленную из треугольников с посадочными местами под антенные элементы. Данное конструктивное решение позволяет повысить количество устанавливаемых антенных элементов.



**Рис. 4. Модель несущего каркаса**

В данной работе был проведен расчёт геометрических параметров антенного элемента, получена его диаграмма направленности, а также создана 3D-модель несущего каркаса антенной решётки. В будущем планируется изготовление опытного образца антенного элемента для подтверждения расчётных параметров, а также изготовления макета антенной решетки в сборе.

### ***Библиографический список***

1. Жук М.С., Молочков Ю.В. Проектирование линзовых, сканирующих, широкодиапазонных антенн и фидерных устройств. – М.: Энергия, 1973. -439 с.
2. Устройства СВЧ и антенны / Под ред. Д.И. Воскресенского. Изд. 2-е, доп. и перераб. – М.: Радиотехника, 2006. -376 с.
3. Р.В. Свердлов Разработка направленных антенн для пользовательской GSM-аппаратуры. Перспективные технологии в средствах передачи информации: Материалы 12-ой Международной НТК, Владим. гос. университет, в 2х томах; – Владимир: ВлГУ. – 2017, том II. – 236 стр. – С. 183-186 с.

## РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ТЕРМОСТАТА ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

*М.А. Цыкунов*<sup>1,2</sup>

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,  
<sup>1</sup>студент,

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д.19

e-mail: [mtsukunov201460@yandex.ru](mailto:mtsukunov201460@yandex.ru)

АО «Арзамасское научно-производственное предприятие «ТЕМП-АВИА»,  
<sup>2</sup>инженер;

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Кирова, д.26

Научный руководитель: Лазарева Е.И., ст.преподаватель,

[lazareva\\_ekaterina87@mail.ru](mailto:lazareva_ekaterina87@mail.ru)

*В статье рассматривается процесс разработки конструкции термостата для блоков-конденсаторов промышленных систем кондиционирования воздуха. Проведен анализ технического задания, выполнен конструкторский анализ электрической схемы, обоснован выбор элементной базы и конструкционных материалов. Разработана компоновка блока и конструкция печатного узла.*

*Ключевые слова:* термостат, системы кондиционирования, печатная плата, тепловой режим, надежность, вибропрочность, компоновка.

Термостат для контроля температуры конденсаторов в промышленных кондиционерах играет ключевую роль в поддержании стабильной и эффективной работы климатического оборудования. Он обеспечивает регулирование температурных параметров, предотвращает перегрев и способствует оптимизации работы конденсаторов, что напрямую влияет на энергоэффективность и срок службы систем кондиционирования.

Основной задачей проекта являлась разработка конструкции термостата промышленных систем кондиционирования (ТПСК), гарантирующего точный контроль температуры. Устройство работает автономно, постоянно отслеживая и поддерживая заданные температурные значения, что необходимо для бесперебойной работы всего комплекса оборудования. Актуальность проекта заключается в возможности использования предложенной конструкции в современных системах кондиционирования для повышения их производительности, надежности и снижения эксплуатационных расходов.

Термостат предназначен для контроля и управления температурными параметрами в промышленных зданиях. Основные требования к изделию: напряжение питания +5В, потребляемую мощность не более 1 Вт, диапазон

рабочих температур от минус 25 до +50 °С, габаритные размеры не более 190×200×80 мм, массу не более 0,5 кг и наработку на отказ не менее 12000 часов.

Устройство построено на микроконтроллере ATmega8A-PN (DD1), который является центральным управляющим элементом. Принцип регулирования – дискретный, в зависимости от температуры внутри бокса: ниже минус 5 °С, минус 5...0 °С, 0...+5 °С, выше +5 °С. В качестве датчиков температуры применены терморезисторы ММТ-1 (RK1, RK2). Устройство снабжено органами управления (кнопки SB1-SB4) и индикации (светодиоды HL1-HL7), которые отображают текущий режим работы и температурный диапазон.

Алгоритм работы состоит из двух этапов. На первом этапе происходит начальная инициализация и установка клапанов в исходное положение. На втором этапе, в зависимости от показаний внешнего и внутреннего датчиков температуры, микроконтроллер управляет симисторами (VS1-VS7) через оптроны (U1-U7), коммутируя нагрузки (вентиляторы, клапаны) для поддержания заданного температурного режима. Схема электрическая принципиальная ТПСК приведена на рис.1.

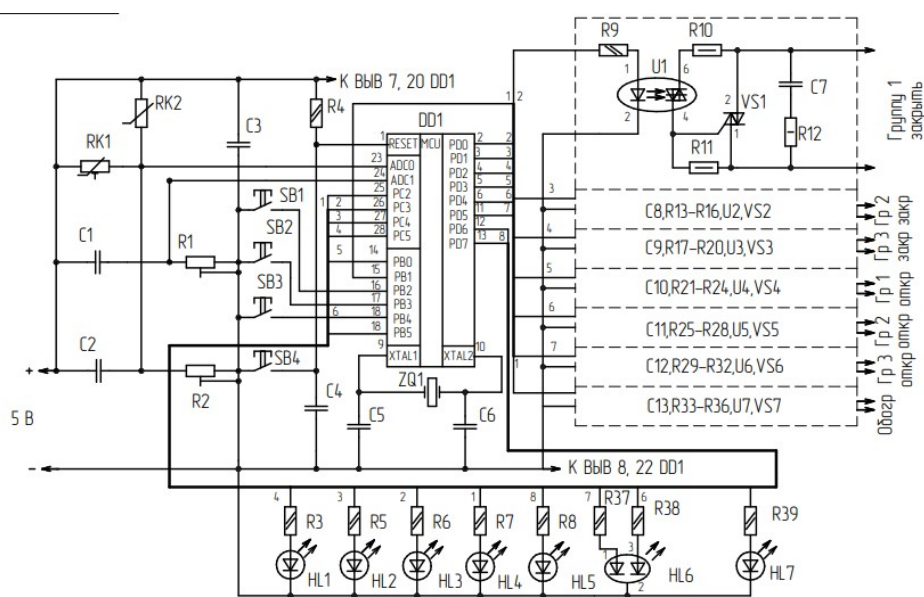


Рис.1. Схема электрическая принципиальная ТПСК

Конструкция печатного узла разработана с учетом смешанного (выводного и поверхностного) монтажа компонентов. Для обеспечения высокой плотности компоновки и хороших коммутационных свойств выбрана двусторонняя печатная плата (ДПП) из стеклотекстолита марки СФ-2-35-1,5,обладающего оптимальным сочетанием электрофизических, механических характеристик и стоимости. Его рабочий диапазон температур (-60...+140 °С) полностью перекрывает условия эксплуатации [1,2].

Установлен 3-й класс точности печатной платы, что обусловлено отсутствием сверхвысоких требований к плотности монтажа. Номинальные диаметры монтажных отверстий рассчитаны исходя из диаметров выводов элементов и составляют от 1,0 до 1,2 мм. Ширина печатных проводников принята равной 0,4 мм, что обеспечивает необходимую токопроводящую способность с запасом. Диаметр контактных площадок для монтажных отверстий составляет 2,0 мм. Минимальное расстояние между элементами проводящего рисунка – 0,4 мм[4].

Топология печатной платы и сборочный чертеж печатного узла представлены на рис.2 и 3 соответственно.

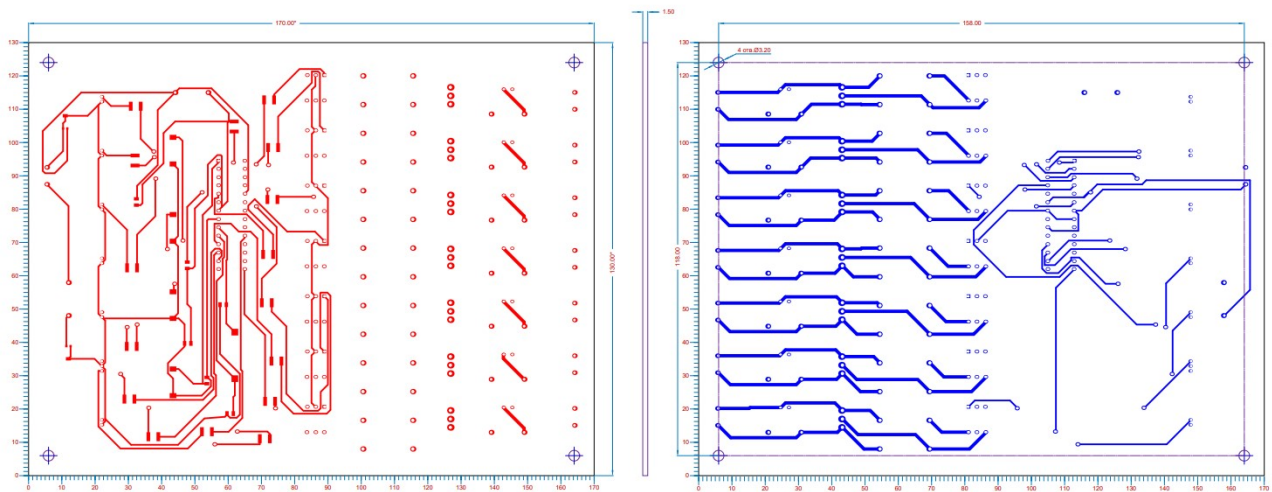


Рис.2. Топология печатной платы ТПСК

Для защиты печатного узла от влаги и загрязнений предусмотрено покрытие лаком УР-231, что сохраняет ремонтпригодность изделия.

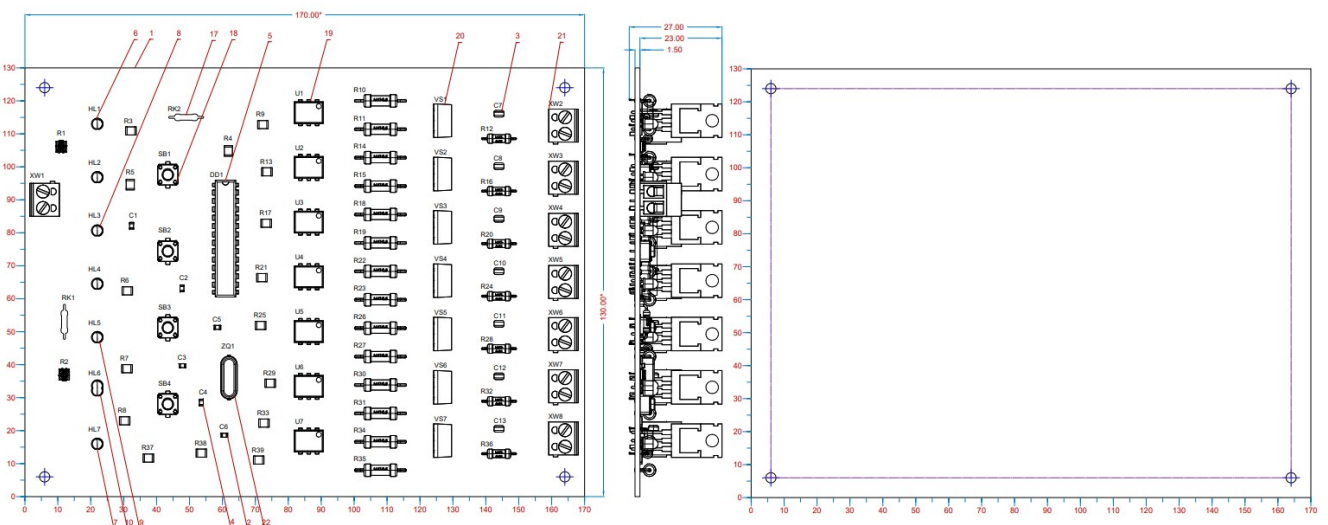


Рис.3. Печатный узел ТПСК



Расчет проводился методом последовательных приближений[3]. В результате было установлено:

- среднеповерхностная температура корпуса  $t_k = 53$  °С;
- среднеповерхностная температура нагретой зоны  $t_3 = 54,7$  °С;
- температура в центре нагретой зоны  $t_0 = 54,8$  °С.

Рассчитанные температуры значительно ниже максимально допустимой для наименее теплостойкого элемента (+125 °С). Таким образом, естественного воздушного охлаждения достаточно для обеспечения нормального теплового режима.

Расчет вибропрочности выполнялся для оценки устойчивости конструкции к вибрационным воздействиям. Была определена собственная частота колебаний функциональной ячейки  $f_0 = 225$  Гц. Данная частота не попадает в диапазон внешних вибрационных воздействий (5...500 Гц), что исключает резонанс[5].

Далее были рассчитаны динамические напряжения в печатной плате при вибрации, которые составили  $\sigma_d = 3,07$  МПа. Это значение значительно меньше допустимых напряжений для материала платы  $\sigma_{доп} = 33,7$  МПа. Условие вибропрочности выполняется.

В результате проведенной работы была разработана конструкция термостата для блоков-конденсаторов промышленных систем кондиционирования, полностью соответствующая требованиям технического задания.

Разработанный термостат характеризуется компактностью, надежностью, технологичностью и может быть использован в современных промышленных системах кондиционирования для повышения их эффективности и долговечности.

### ***Библиографический список***

1. Конструирование электронных средств: учеб.пособие / В.Ф. Борисов [и др.]. – Нижний Новгород: НГТУ, 2013. – 111 с.
2. Баканов, Г.Ф. Основы конструирования и технологии радиоэлектронных средств: учеб.пособие / Г.Ф. Баканов, С.С. Соколов, В.Ю. Суходольский; под ред. И.Г. Мироненко. – М.: Академия, 2007. – 368 с.
3. Роткоп Л.Л., Спокойный Ю.Е. Обеспечение тепловых режимов при конструировании РЭА. – М.: Советское радио, 1976. – 233 с.
4. Медведев А.М. Печатные платы. Конструкции и материалы. – М.: Техносфера, 2005. – 304 с.
5. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат: Учебник. – М.: ФОРУМ:ИНФРА-М, 2005. – 560 с.

## РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ МОДУЛЯ ИСПЫТАТЕЛЯ СТАБИЛИТРОНОВ

*М.В. Шарафетдинов*<sup>1,2</sup>

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,<sup>1</sup> магистрант  
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д.19;  
e-mail: [maks.sharafetdinov@mail.ru](mailto:maks.sharafetdinov@mail.ru)

АО «Арзамасское научно-производственное предприятие «ТЕМП-АВИА»,  
<sup>2</sup>инженер;  
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Кирова, д.26  
Научный руководитель: Лазарева Е.И., ст.преподаватель,  
[lazareva\\_ekaterina87@mail.ru](mailto:lazareva_ekaterina87@mail.ru)

*В статье рассматривается процесс разработки конструкции модуля испытателя стабилизаторов, предназначенного для проверки исправности, определения напряжения стабилизации и полярности стабилизаторов с напряжением стабилизации до 50 В. Проведен анализ электрической схемы, обоснован выбор элементной базы и материалов.*

*Ключевые слова:* испытатель стабилизаторов; печатная плата, электрическая принципиальная схема.

Стабилизаторы широко применяются в цепях стабилизации напряжения радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). Оперативная проверка их параметров является важной задачей при ремонте, производстве и лабораторных исследованиях [1]. Существующие приборы для тестирования стабилизаторов часто представляют собой дорогостоящее специализированное оборудование. Разработка компактного и экономичного модуля испытателя стабилизаторов актуальна для сервисных центров, радиолюбителей и учебных заведений.

На рис. 1 представлена схема электрическая структурная модуля испытателя стабилизаторов.

Модуль включает в себя следующие основные функциональные узлы.

Микроконтроллер (DD1) является ядром системы, управляет процессом измерения, взаимодействует с ЦАП и ЖК-индикатором.

Цифро-аналоговый преобразователь (DD2) формирует точные опорные напряжения, необходимые для задания тока стабилизации через проверяемый стабилизатор.

Узел стабилизации тока на ОУ DA4 и полевых транзисторах обеспечивает протекание через испытуемый стабилизатор стабильного тока заданной величины (1, 2, 5, 10, 20 мА).

Силовая часть на микросхеме DA2 (LT1270) реализует обратноходовой преобразователь для формирования повышенного напряжения (+49.5 В), необходимого для тестирования стабилитронов с высоким напряжением стабилизации.

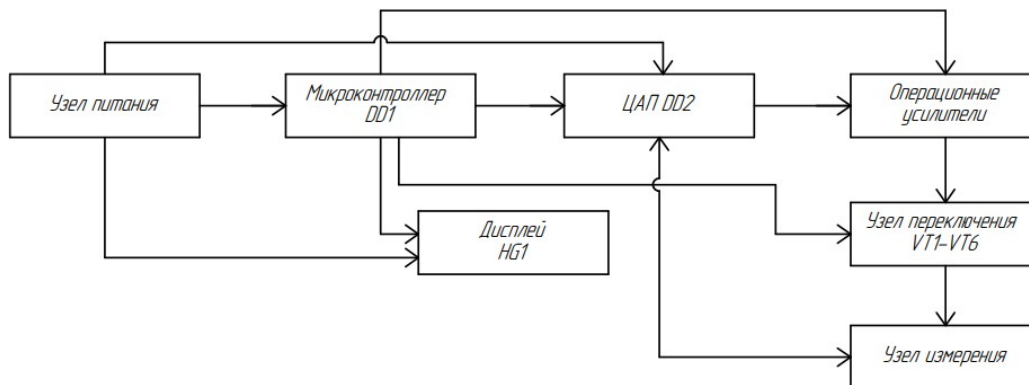


Рис. 1. Схема электрическая структурная модуля испытателя стабилитронов

Цепь подключения стабилитрона (XS2, XS3) позволяет подключать проверяемый компонент в произвольной полярности, что упрощает процесс измерения.

Органы управления (SB1, SB2) –кнопка SB1 запускает процесс измерения, кнопка SB2 служит для циклического перебора значений тока стабилизации.

Данная схема обеспечивает автоматизацию процесса измерения основных параметров стабилитронов и индикацию результатов на ЖК-дисплее.

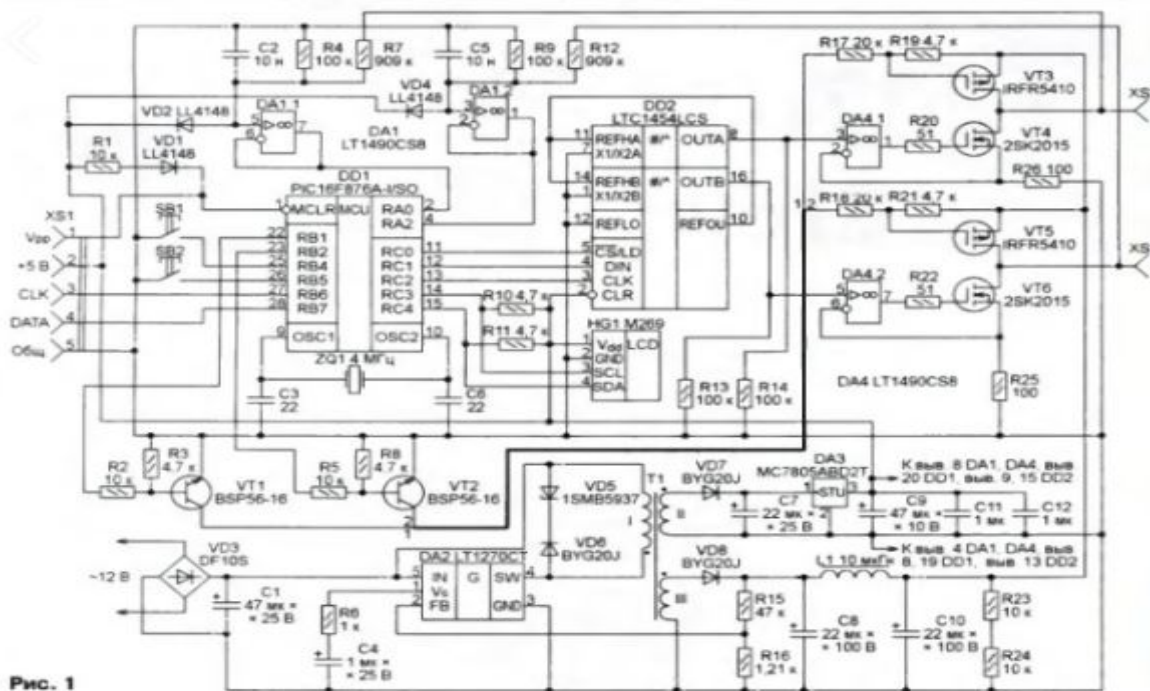


Рис. 1

Рис. 2. Схема электрическая принципиальная модуля испытателя стабилитронов

На рис. 2 приведена схема электрическая принципиальная модуля испытателя стабилитронов.

Модуль испытателя стабилитронов построен на основе микроконтроллера PIC16F876A-I/SO (DD1), который управляет процессом измерения [1]. Принцип работы устройства основан на измерении падения напряжения на проверяемом стабилитроне при пропускании через него стабилизированного тока. Для генерации стабилизированного тока используются операционные усилители LT1490CS8 (DA4) и полевые транзисторы. Цифро-аналоговый преобразователь LTC1454LCS (DD2) формирует опорные напряжения.

Конструктивно модуль выполнен на двусторонней печатной плате (ПП) размером 100×150 мм из фольгированного стеклотекстолита марки СФ-2-35-1,5 (рис. 1,2). Выбран 3-й класс точности ПП, что обусловлено отсутствием строгих требований к степени насыщенности поверхности радиоэлементами. Тип сборки – смешанный двусторонний монтаж, что позволяет разместить на ограниченной площади как компоненты для поверхностного монтажа (SMD), так и выводные (DIP) элементы[2,4,5].

Выбор двусторонней компоновки печатной платы и технологии поверхностного монтажа (SMD) обусловлен рядом значительных преимуществ.

Преимущества поверхностного монтажа (SMD):

- высокая плотность компоновки: Значительное уменьшение габаритных размеров и массы модуля за счет использования миниатюрных компонентов и размещения их на обеих сторонах платы;

- улучшенные электрические параметры: Уменьшение длины проводников и паразитных индуктивностей выводов способствует повышению быстродействия и улучшению высокочастотных характеристик устройства;

- повышение надежности: Отсутствие отверстий для выводов и более прочное соединение компонента с платой повышают стойкость к вибрациям и механическим воздействиям;

- автоматизация процесса: Технология SMD позволяет осуществлять нанесение паяльной пасты, установку компонентов и групповую пайку (оплавление) с помощью автоматического оборудования, что критически важно для организации мелкосерийного производства и снижения трудоемкости.

Преимущества двусторонней печатной платы:

- увеличение площади монтажа: Наличие проводящего рисунка на двух сторонах позволяет разместить большее количество компонентов без увеличения габаритов платы, что обеспечивает компактность конечного изделия;

- оптимизация трассировки: Возможность прокладки проводников на двух слоях значительно облегчает разводку сложных схем, уменьшает количество переходных отверстий и пересечений цепей;

- гибкость проектирования: Двусторонняя плата позволяет эффективно разделить аналоговые и цифровые цепи, разместив их на разных сторонах, что способствует повышению электромагнитной совместимости.

Сочетание двусторонней платы и поверхностного монтажа в рамках смешанной технологии является оптимальным решением для создания современного, компактного и надежного электронного модуля.

Топология печатной платы и печатный узел испытателя стабилитронов представлены на рис.3 и 4.

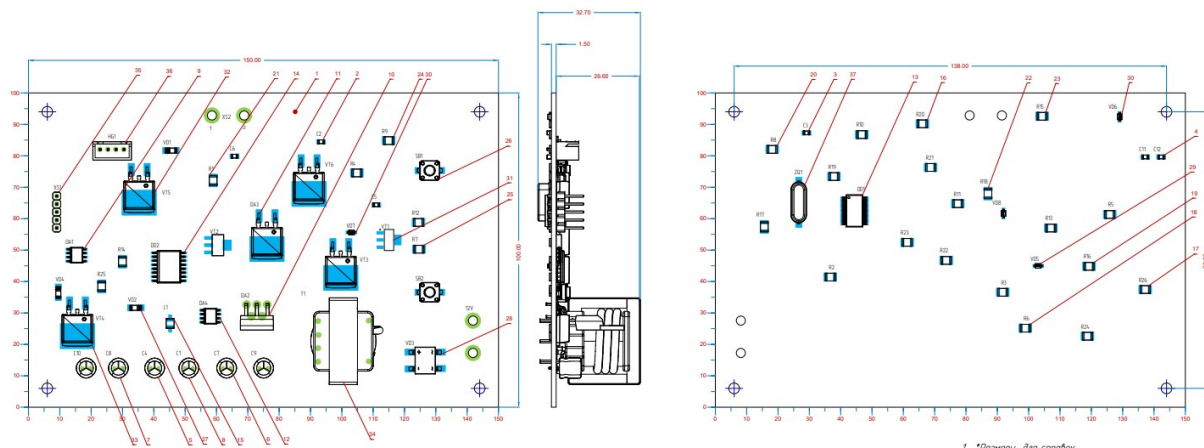


Рис. 3. Печатный узел модуля испытателя стабилитронов

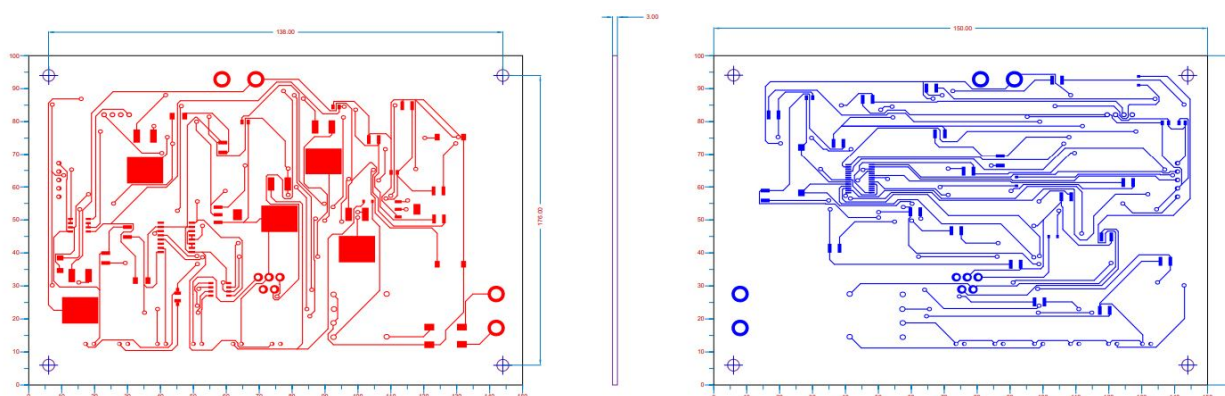


Рис. 4. Топология печатной платы испытателя стабилитронов

В результате проведенной работы была разработана конструкция модуля испытателя стабилитронов, полностью соответствующая требованиям технического задания.

Разработанный модуль характеризуется достаточной технологичностью и может быть использован в ремонте электронной аппаратуры, производстве электронных компонентов и учебном процессе.

### *Библиографический список*

1. Абакумов, А. Испытатель стабилитронов / А. Абакумов, Ю. Кузин // Радио. – 2016. – № 2. – С. 13–15.

2. Проектирование и технология печатных плат: учебник / под ред. Е. В. Пироговой. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012. – 560 с.
3. Ямпурин, Н.П. Основы надежности электронных средств: учеб.пособие / Н.П. Ямпурин, А.В. Баранова. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 304 с.
4. Технология производства печатных плат / под ред. А. М. Медведева. – М.: Техносфера, 2015. – 360 с.
5. Борисов, В.Ф. Проектирование РЭС: учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию / В.Ф. Борисов, А.А. Мухин, М.Ф. Митюшин, А.Н. Шишков, Ю.В. Чайка. – М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2018. – 96 с.

## Секция 4. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ

---

УДК 004

### СОГЛАСОВАНИЕ АСТРОВИЗИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА И БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

*М.Д. Бочкарева*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, магистрант  
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д. 19; e-mail:  
mariapple6780@gmail.com

Научный руководитель: Пакшина Н.А., к.т.н., доцент, Nataliapakshina@mail.ru

*В статье рассмотрена необходимость согласования астровизирующего устройства и бесплатформенной инерциальной навигационной системы. Кроме того, представлена краткая история появления и развития различных алгоритмов юстировки как за рубежом, так и в нашей стране.*

**Ключевые слова:** взаимная юстировка, астровизирующее устройство, согласование осей астровизирующего устройства и бесплатформенной инерциальной навигационной системы.

Бесплатформенная инерциальная навигационная система (БИНС) определяет положение, скорость и угловую ориентацию объекта относительно Земли в проекциях на навигационную систему координат, используя только данные от инерциальных датчиков: гироскопов (определяют угловую скорость) и акселерометров (измеряют линейное ускорение).

БИНС (рис. 1) обладает такими достоинствами как автономность, непрерывность навигационной информации высокой частоты. Основным недостатком БИНС является рост погрешностей как следствие ошибок датчиков первичной информации.



Рис. 1. Бесплатформенная инерциальная навигационная система

Астровизирующее устройство (АВУ) – это оптико-электронный прибор, предназначенный для определения ориентации (углового положения) объекта в инерциальном пространстве путём наблюдения за звёздным небом.

АВУ не накапливает ошибку измерений со временем, однако требует наблюдаемости звездного неба, отсутствие солнечной засветки, тумана и облачности. АВУ позволяет ограничить темп накопления ошибок БИНС и обеспечить повышение точности определения БИНС координат и углов в режиме автономной навигации без поддержки средств ГЛОНАСС/GPS [1].

Распространенным типом астровизирующего устройства является звездный датчик (рис. 2), который по звездному небу определяет ориентацию. Одним из таких приборов является БОКЗ-М (блок определения координат звезд).



**Рис. 2. Звездный датчик БОКЗ-М**

АВУ позволяет обеспечить точные измерения параметров ориентации в инерциальном пространстве в произвольный момент времени (без накопления ошибок со временем).

Взаимная юстировка разных измерителей параметров ориентации – это задача, требующая точного определения взаимного расположения и ориентации осей этих измерителей. Первые продвижения идеи согласования появились ещё в 40-е года XX века, когда инерциальные навигационные системы изначально строились на гиросtabilизированных платформах. Именно тогда появились

первые алгоритмы юстировки, которые основывались на измерении углов между звёздами и известными направлениями в инерциальном пространстве.

Появление бесплатформенных инерциальных навигационных систем в 60-х годах потребовало новых алгоритмов обработки данных, включая необходимость учета угловых скоростей для определения ориентации и дрейфов гироскопов, а также обеспечение расчета точных параметров путем их согласования с внешними измерителями, например астровизирующим устройством.

В 1965 году американский математик Грейс Вахба сформулировала задачу: «Найти матрицу поворота, наилучшим образом совмещающую два набора векторов». Эта постановка точно соответствует задаче взаимной юстировки: один набор – измерения АВУ, другой – БИНС. Позже в 1968 году Пол Давенпорт предложил решение через кватернионы и собственные значения. Именно эта формулировка стала основой для всех современных задач согласования двух измерителей.

В 1970-х годах в СССР и США начали включать параметры юстировки в вектор состояния фильтра Калмана. Это позволило:

- 1) учитывать дрейф гироскопов;
- 2) оценивать согласование измерителей в реальном времени;
- 3) повышать надёжность измеряемых данных при частичной сбойной информации.

В.Н. Бранец и И.П. Шмыглевский (МГТУ им. Баумана) в монографии «Математические методы в теории ориентации» (1972) через кватернионы описали ориентацию, линеаризацию уравнений ошибок БИНС и расчет уравнений измерений для астрокоррекции. В их модели ошибки юстировки рассматривались как аддитивные угловые смещения в уравнениях измерений, то есть складываются как вектора. Эта идея стала теоретической основой для всех советских/российских систем совместного использования АВУ и БИНС.

Взаимная юстировка позволяет определить ошибки расположения двух систем и компенсировать ее с целью повышения точности измерений параметров ориентации. Математически процесс юстировки представляет собой нахождение матрицы поворота осей АВУ и БИНС.

Изначально матрица юстировки считалась постоянной и загружалась до начала измерений. Позже согласование стало оцениваться с помощью фильтра Калмана, который учитывает ориентацию БИНС, углы малого поворота и ошибки датчиков. В настоящее время процесс юстировки разбит на множество этапов расчета и уточнения параметров ориентации, используются новые фильтры, наиболее устойчивые к шумам, ошибкам, выбросам. Также у современных алгоритмов взаимной юстировки АВУ и БИНС ошибка не превышает 1-2 угловых минут.

Для расчета взаимного расположения собственных осей БИНС и АБУ определяется уравнение, которое связывает параметры ориентации АБУ и БИНС:

$$\Lambda_{1_{\text{ABY}} \text{g}_{\text{ABY}}}^{\text{ABY}} = \langle \vec{\alpha} \rangle \circ \Lambda_{1_{\text{g}}}^{\text{БИНС}} \circ \langle \vec{\varepsilon} \rangle,$$

где  $\Lambda_{1_{\text{ABY}} \text{g}_{\text{ABY}}}^{\text{ABY}} = \langle \vec{\alpha} \rangle$ ,  $\Lambda_{1_{\text{g}}}^{\text{БИНС}} = \langle \vec{\varepsilon} \rangle$  – векторов малого поворота рассогласования связанных и земных осей соответственно[2].

Взаимная юстировка проводится при полной наблюдаемости звездного неба, отсутствии засветки Солнца, Земли, Луны. Также время измерителей должно быть согласовано и обязательным условием является определение параметров ориентации относительно поверхности Земли и геодезических координат.

Согласование астровизирующего устройства и бесплатформенной инерциальной навигационной системы приводит к точной оценке, компенсации погрешностей и неточностей измерений.

### ***Библиографический список***

1. Бочкарева М.Д. Возможный способ взаимной юстировки астровизирующего устройства и бесплатформенной инерциальной навигационной системы // XVII Всероссийская научно-практическая конференция «НАУКА МОЛОДЫХ», Арзамас, 20-21 ноября 2024 г – 2024. – С. 197–202
2. Амелькин Н.И. Кинематика и динамика твердого тела. – Москва, 2000. – 80 с.

## РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА АВТОНОМНОЙ НАВИГАЦИИ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ЛИДАРНОГО СКАНИРОВАНИЯ И МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ МАРШРУТОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ В СКЛАДСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ

*А. А. Зонтов<sup>1</sup>, В. В. Летов<sup>2</sup>, М. А. Рассолов<sup>3</sup>, Е. Ю. Косенко<sup>4</sup>*

Южный Федеральный Университет, ИРТСУ, <sup>1</sup>учащийся, <sup>2</sup>учащийся, <sup>3</sup>учащийся, <sup>4</sup>преподаватель

Россия, Ростовская обл., г. Таганрог; e-mail: zontov@sfnedu.ru, vletov@sfnedu.ru, rassolov@sfnedu.ru, ekosenko@sfnedu.ru

Научный руководитель: Косенко Е. Ю., к.т.н., доцент, ekosenko@sfnedu.ru

*В данной статье будет рассмотрен усовершенствованный алгоритм метода потенциальных полей, применяемый для автономной навигации роботизированного комплекса в замкнутой среде при помощи лидара и созданного алгоритма обработки и фильтрации данных снимаемых с него.*

*Ключевые слова:* навигация, автономность, лидар, потенциальные поля, динамическая траектория.

В современной сфере снабжения и обслуживания населения товарами отмечается увеличение масштабов потребления и следовательно увеличения складских помещений. Это требует увеличения числа персонала, который будет обслуживать склад, заниматься сортировкой, маркировкой и перемещением грузов по складу. Одним из эффективных направлений снижения затрат и повышения эффективности выполнения складских задач является внедрение автономных складских роботизированных комплексов (РТК).

Основной проблемой для такого рода РТК является ориентация в пространстве и получение одонометрических данных с разных датчиков.

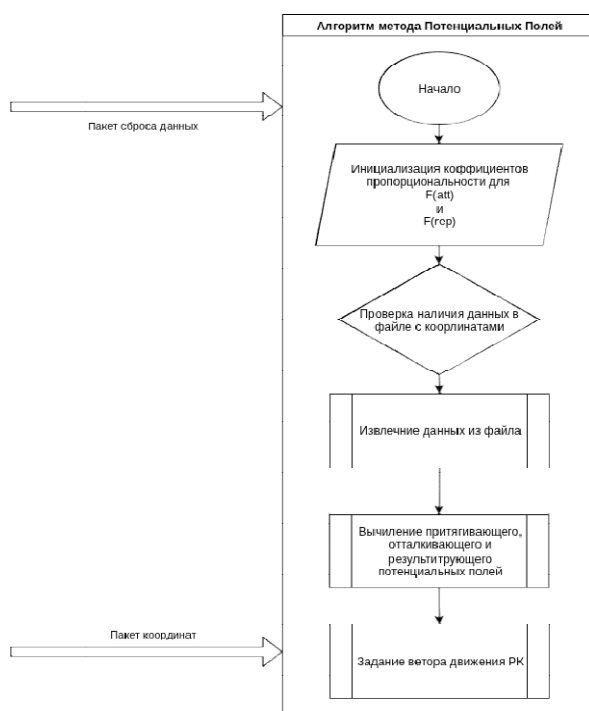
В данной работе предложено одно из возможных решений этой задачи при помощи установки на корпус РТК лидара и интеграции в систему управления модифицированного алгоритма на основе метода потенциальных полей [1].

Рассматривая целесообразность выбора такого рода подхода, можно выделить несколько его преимуществ:

- минимальные затраты вычислительных мощностей ( $O(n)$  для  $n$ -препятствий);
- поддержание динамически обновляющихся систем;
- возможность предсказать поведение модели;

- возможность визуализации работы метода – прямое наблюдение (связана с его математическими особенностями алгоритма);
- адаптивность данного метода под резкие пространственные изменения помещения.

Схема предлагаемого алгоритма представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Алгоритм модифицированного метода потенциальных полей**

Особенностью связи данного алгоритма с алгоритмом обработки и фильтрации данных с лидара является использование пакетов данных двух типов:

- пакет сброса имеющихся данных – данный тип пакет используется для очистки ранее отправленного с модуля обработки данных на модуль управления [2];

- пакет координат – содержит координаты предполагаемых дверных проемов и данные о препятствиях в текущем помещении.

Во время перемещения по неисследованному помещению РТК динамически строит карту о препятствиях и помечает целевые точки под видом предполагаемых коридоров или дверных проемов.

При построении конечной карты помещения система управления приостанавливает обновления данных текущей карты в пределах одного помещения с целью дальнейшей обработки в интегрированном алгоритме динамического планирования траектории. В итоге формируется пакет данных, который несёт в себе координаты целевых объектов и препятствий.

Далее модуль обработки данного пакета извлекает полученные данные, переводя их в удобный формат хранения для уменьшения вычислительных

затрат. Затем в исполнение приводится непосредственный алгоритм метода потенциальных полей.

Идея метода состоит в том, чтобы рассчитать результирующие величины двух сил: силы притяжения и силы отталкивания.

При этом сила притяжения отвечает за потенциальное поле целевых точек, которым стремится РТК, а вторая сила – за потенциальное поле препятствий, которые должен избегать РТК. Само препятствие, в отличие от точки середины дверного проема, представлен не единым объектом, а массивом точек, который необходимо обрабатывать кластерами, а результат вычисления каждого кластера усреднять на фоне остальных.

При составлении алгоритма были использованы следующие формулы (1–4):

$$F_a(q) = -\nabla U_a(q) = k_a \cdot (q_g - q) \quad (1)$$

- где  $F_a$  – сила притяжения  $i$ -целевой точки;
- $q$  – текущая позиция РК;
- $q_g$  – целевая точка.

$$F_r(q) = -\nabla U_r(q) = k_r \cdot (1/\rho - 1/\rho_0) \cdot (1/\rho^2) \cdot (q - q_{obs}) / \rho \quad (2)$$

- где  $k_a$ ,  $k_r$  – коэффициенты пропорциональности (коэффициенты усиления);
- $\rho_0$  – радиус влияния отталкивающего поля.

$$F_{total}(q) = F_a(q) \Sigma F_r(q) \quad (3)$$

$$U_{total}(q) = U_a(q) \Sigma U_r(q) \quad (4)$$

– где  $U_{total}$ ,  $F_{total}$  – результирующие значения силы и потенциала всех полей точек карты.

В результате работы данного алгоритма получаем результирующие величины для сил, на основе которых строится динамический вектор, определяющий направление перемещения РТК.

При построении карты используются точки из пакета данных. Идея построения карты основывается на моделировании работы потенциалов притягивающего и отталкивающего полей. Каждая  $i$ -я точка пакета данных обладает потенциалом определённой величины, сила которого вычисляется по формулам (1) или (2). Потенциалы отталкивающих полей точек стен отображаются одним цветом, потенциалы полей притяжения целевой точки (координат дверных проемов) — другим цветом.

Для повышения точности ориентации при перемещении вдоль вектора можно использовать алгоритмы компьютерного зрения для дополнительной идентификации дверных проемов на воне стен и получения более точных данных расположения центра дверных проемов [3].

Визуализация работы алгоритма построения карты потенциальных полей представлена на рис. 2.

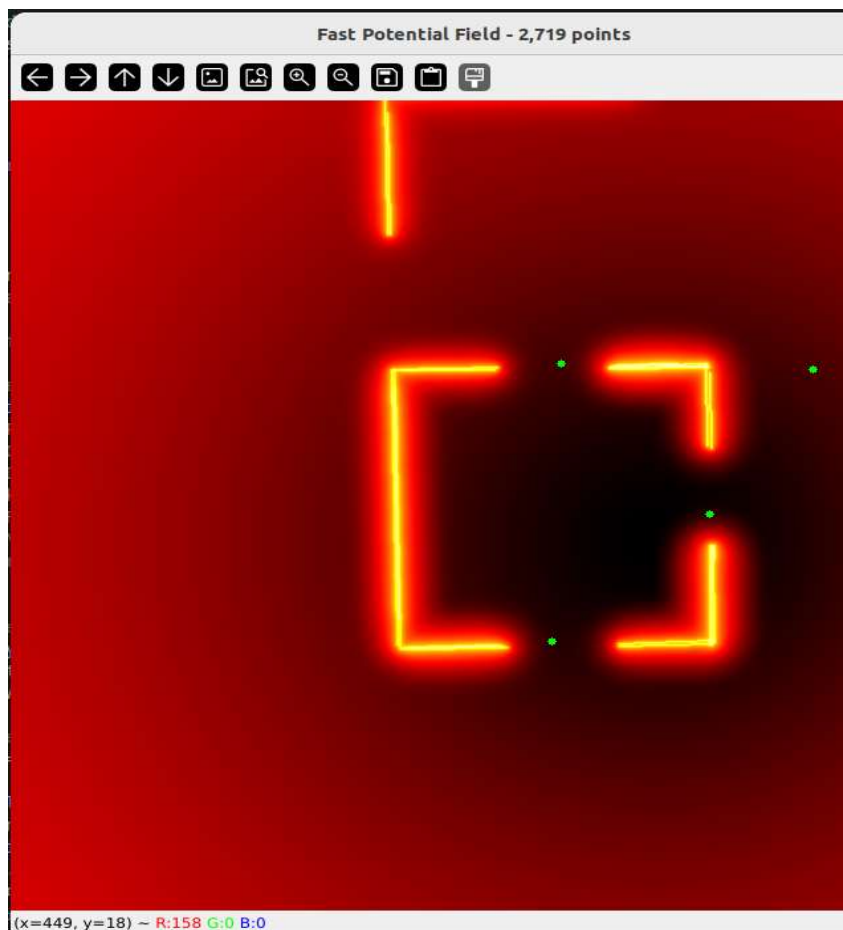


Рис. 2. Демонстрация карты потенциальных полей

На данный момент реализованы алгоритмы получения и фильтрации точек препятствий и дверных проемов, формирования пакетов сообщений двух видов и построения динамической карты потенциальных полей.

Планируется доработать алгоритм для получения динамически направляющего вектора скорости для РТК. Задачей данного вектора является задание динамически изменяющегося в пространстве направление движения, величина которого будет регулироваться  $V$ -скоростью движения роботизированного комплекса в зависимости от положения в пространстве относительно типов потенциальных полей:

- если после «притяжения», то направляем вектор скорости в сторону данного поля;
- если поле «отталкивания» – направляем вектор в противоположную сторону от данного типа поля.

Регуляцию скоростей производим в 4-х направлениях по осям X и Y для более корректной и плавной регулировки перемещения в направлении заданного алгоритмом вектора.

Дополненный алгоритм представлен на рис. 3.

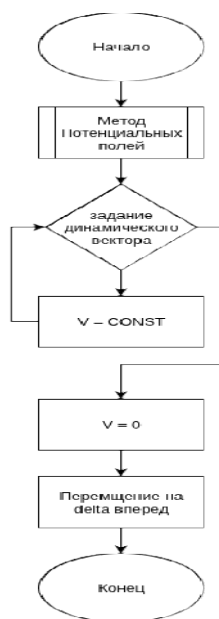


Рис. 3. Алгоритм по автономному перемещению методом потенциалных полей

Создание адаптивного шаблона данного алгоритма позволит решить множество глобальных задач автономной навигации в ограниченном пространстве, а также оптимизировать этот тип алгоритма для других видов задач, связанных с автономной навигацией. Таким образом, внедрение автономных роботизированных комплексов в складские помещения позволит не только повысить эффективность сортировки, маркировки и разгрузки (загрузки) товаров, но и значительно увеличить объём хранимой продукции.

### ***Библиографический список***

1. Johan Hagelbäck Использование потенциалных полей в сценарии стратегии реального времени / JohanHagelbäck [Электронный ресурс] // Habr : [сайт]. – URL: <https://habr.com/ru/articles/262181/> (дата обращения: 20.10.2025).

2. Летов В. В. Программно-технические аспекты реализации алгоритма автономной навигации SLAM / В. В. Летов [Текст] // Инженерия – XXI. Новороссийск:, 2025. – С. 197-198 (дата обращения: 20.10.2025).

3. Перспективные системы и задачи управления : Сборник трудов XX Юбилейной Всероссийской научно-практической конференции и XVI молодежной школы-семинара, п. Домбай, 07–11 апреля 2025 года. – Таганрог: ДиректСайнс (ИП Шкуркин Д.В.), 2025. – 483 с. – ISBN 978-5-605-18658-8. – EDN OPQWIX.

## РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ С ЧИСЛАМИ В РАЗНЫХ СИСТЕМАХ СЧИСЛЕНИЯ

*Е.Р. Канашкина*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, студент  
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д. 19;  
e-mail: kanashkina.elena@bk.ru

Научный руководитель: Емельянова Т. В., к.т.н., доцент, etvpm@yandex.ru

*Числа могут быть представлены в различных системах счисления. Умение выполнять действия с числами в любых системах является важной задачей в современном цифровом мире. В работе представлено приложение для работы с числами в различных системах счисления.*

**Ключевые слова:** система счисления, перевод чисел, операции над числами.

В современном мире понимание различных систем счисления является ключевым навыком для специалистов в области компьютерных наук, разработки программного обеспечения и сетевых технологий. Несмотря на то, что в повседневной жизни используется десятичная система счисления, компьютеры и цифровые устройства используют двоичную систему. Поэтому умение преобразовывать числа между различными системами счисления, выполнять арифметические операции и сравнивать числа в этих системах является важной задачей.

Выполнение действий с числами в разных системах счисления требует внимательности и, зачастую, довольно больших подсчетов. В связи с этим, было разработано приложение, которое позволяет сократить время на выполнение объемных вычислений и минимизировать вероятность ошибок, возникающих при ручном выполнении преобразований и операций. Приложение позволяет преобразовывать числа из любой системы счисления (от 2 до 32) в десятичную и обратно, выполнять арифметические операции (сложение, вычитание, умножение, деление) над числами в различных системах счисления, а также сравнивать два числа, представленных в разных системах.

Для разработки приложения был выбран язык программирования Python, как наиболее простой в изучении и многофункциональный для написания кода. Учитывая, что Python – объектно-ориентированный язык, было решено воспользоваться его технологиями и написать программу при помощи объектно-ориентированной концепций.

Разработанное графическое приложение позволит пользователю преобразовывать, выполнять арифметические действия и сравнивать положительные, целые числа разных систем счисления до 32-ричной системы.

Основной функцией приложения является перевод положительных, целых чисел из одной системы счисления в другую. Приложение поддерживает работу с числами до 32-ричной системы счисления. Перевод реализован в два этапа: преобразование из любой системы счисления в десятичное представление, а затем преобразование из десятичного представления в целевую систему счисления. Данные этапы прописаны в коде, но скрыты для пользователя, на экран выводится только результат преобразования.

Первый этап – перевод во временное десятичное представление, начинается с проверки корректности введенного числа. Система удостоверяется, что каждый символ соответствует допустимому диапазону для указанной системы счисления. В случае обнаружения недопустимого символа, пользователю сообщается об ошибке: «Недопустимый символ в числе». Если входные данные корректны, алгоритм перебирает каждый символ введенного числа. Каждому символу присваивается числовое значение: цифрам от 0 до 9 соответствуют их значения, а символам от А до F – значения от 10 до 15. Текущее промежуточное значение умножается на основание исходной системы счисления, и полученный результат увеличивается на числовое значение текущего символа. Этот процесс повторяется для каждого символа, в итоге формируя десятичное представление исходного числа. Данный этап наглядно представлен в книге [1].

Второй этап – перевод из десятичного представления в целевую систему счисления, начинается с преобразования полученного десятичного числа [2]. Число проходит проверку на положительность. Далее вычисляется остаток от деления на основание целевой системы счисления. Этот остаток преобразуется в соответствующий символ (цифру от 0 до 9 или букву от А до F). Вычисленный остаток сохраняется в дополнительную переменную, а само число делится на основание целевой системы счисления. Этот цикл повторяется до тех пор, пока делимое не станет меньше делителя. В завершение алгоритма сформированная последовательность символов, целевое число, выводится пользователю (рис.1).

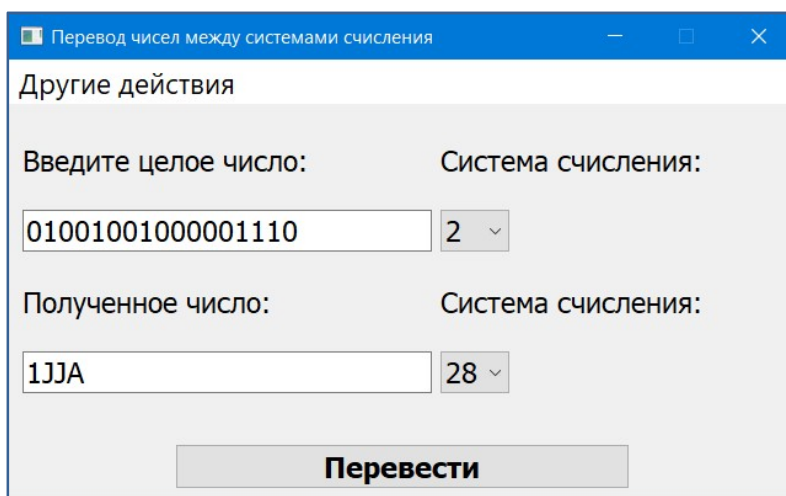


Рис. 1. Перевод числа между системами счисления

Приложение позволяет выполнять арифметические операции над числами, представленными в различных системах счисления. Для этого каждое число преобразуется в десятичное представление, обращаясь к функции конвертирования написанной ранее, после чего выполняется выбранная операция, а результат конвертируется обратно в заданную систему счисления.

Пользователь вводит два числа и систему счисления для каждого из них, и выбирает необходимое арифметическое действие. Эти числа проверяются на корректность ввода; если в числе обнаружен недопустимый символ для указанной системы счисления, пользователю выводится сообщение об ошибке, в котором указано, какие символы допустимы в выбранной системе счисления.

Если оба числа корректны, они преобразуются в десятичные эквиваленты. Затем в зависимости от выбранной пользователем операции (сложение, вычитание, умножение или деление) выполняется соответствующее арифметическое действие над полученными десятичными значениями [3].

При выполнении вычитания и деления предусмотрены дополнительные проверки:

- вычитание: если первое число меньше второго, то вычитание невозможно, пользователю выводится сообщение об ошибке;
- деление: если первое число меньше второго, или второе число является нулем, то пользователю выводится сообщение об ошибке.

После выполнения арифметической операции полученный десятичный результат преобразуется в систему счисления, выбранную пользователем. Итоговое значение отображается в указанном поле вывода (рис. 2).

Арифметика в разных системах счисления

Другие действия

Введите целое число: Система счисления:

10001011010 2

+  -  \*  /

Введите целое число: Система счисления:

125034510 6

=

Ответ: Система счисления:

68A376 13

**Следующее действие**

Рис. 2. Арифметические действия над числами в разных системах счисления

Еще одна функция, реализованная в данном приложении, предоставляет возможность сравнения двух чисел, представленных в различных системах счисления (рис.3) [4]. Для этого каждое число преобразуется в десятичное представление, а затем сравниваются полученные десятичные значения.

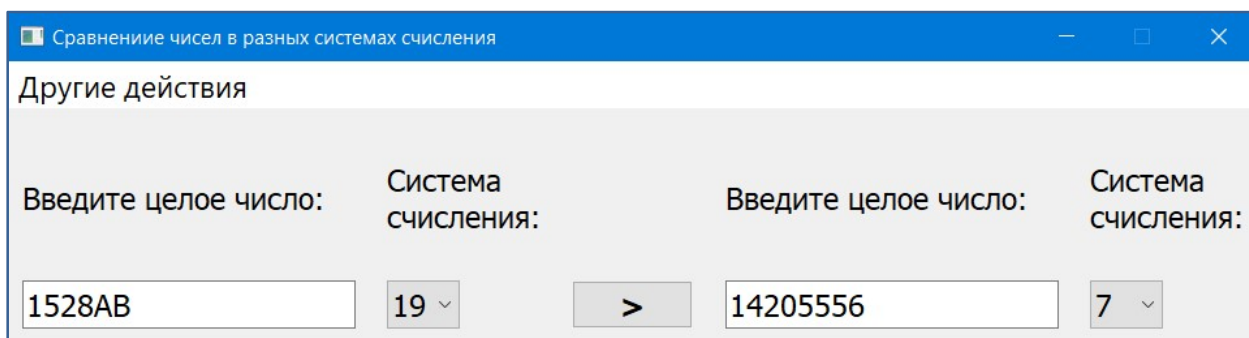


Рис. 3. Сравнение чисел в разных системах счисления

Пользователь вводит два числа, выбирая для каждого систему счисления. Затем эти числа проверяются на корректность ввода; если в числе обнаружен недопустимый символ для указанной системы счисления, пользователю выводится сообщение об ошибке.

Если оба числа корректны, они преобразуются в десятичные эквиваленты. Затем десятичные значения сравниваются между собой.

В зависимости от результата сравнения, текст на кнопке сравнения изменяется следующим образом:

- Если первое число меньше второго, на кнопке отображается символ «<».
- Если первое число больше второго, на кнопке отображается символ «>».
- Если числа равны, на кнопке отображается символ «=».
- Если на каком-либо этапе возникает ошибка (например, некорректный ввод числа), пользователю выводится соответствующее сообщение об ошибке, информирующее о проблеме (рис. 4).

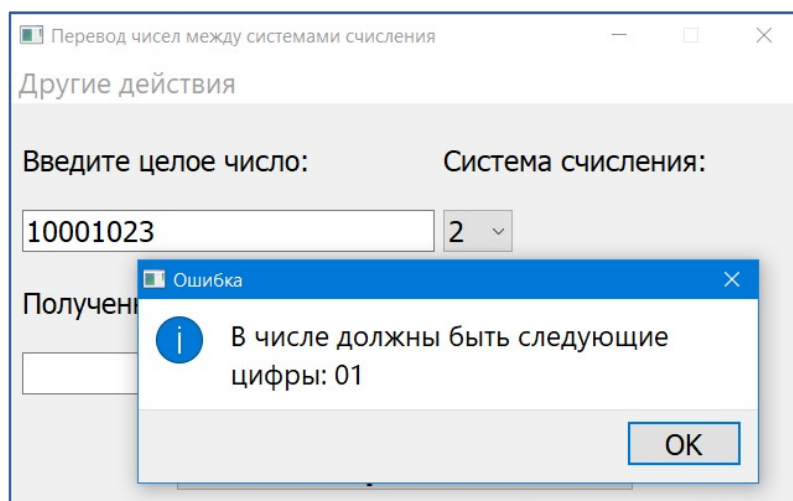


Рис. 4. Ошибка при некорректном вводе числа

Таким образом, задача разработки приложения для работы с числами в различных системах счисления имеет полную реализацию и удобный интерфейс.

### ***Библиографический список***

1. Рассел Джесси. Десятичная система счисления. – М.: VSD, 2013. – 419 с.
2. Крылов С. С. Готовимся к ЕГЭ. Информатика. Системы счисления. – М.: Интеллект-Центр, 2010. – 628 с.
3. Кузнецова Е.Ю., Самылкина Н.Н. Информатика. Системы счисления и компьютерная арифметика. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. – 104 с.
4. Лутц М. Программирование на Python. Том I. – СПб.: Символ-Плюс, 2011. – 992 с.

## РАЗРАБОТКА ПЕРСОНАЛЬНОГО МЕНЕДЖЕРА ПАРОЛЕЙ

*А.А. Капранов*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, студент  
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д. 19;  
e-mail: [UncremenT@yandex.com](mailto:UncremenT@yandex.com),

Научный руководитель: Токарев Н.М., ст. преподаватель, [nik1812-tnm@yandex.ru](mailto:nik1812-tnm@yandex.ru)

*В статье представлено проектирование программного решения для управления паролями, которое позволит пользователям безопасно хранить, генерировать и синхронизировать конфиденциальные данные. В работе подробно рассматриваются разработка и анализ функциональных требований к системе, модели взаимодействия компонентов и структурные схемы базы данных.*

**Ключевые слова:** моделирование проекта, пароли, безопасность.

Данные каждого гражданина Российской Федерации охраняются на законодательном уровне. Согласно статье 23 Конституции РФ, каждый гражданин имеет право на неприкосновенность частной жизни, что включает защиту личной информации. Кроме того, Федеральный закон № 152-ФЗ «О персональных данных» регулирует обработку и хранение персональных данных, обязывая принимать меры для их защиты и устанавливая ответственность за нарушения, поэтому каждая из этих учетных записей требует уникального и сложного пароля, что делает их запоминание практически невозможным без дополнительных инструментов.

Использование одинаковых паролей или их хранение в незащищённом виде привело к утечке в 2024 году в России 155 значимых баз данных, а количество опубликованных строк пользовательских данных увеличилось на 24%, достигнув 342 млн. Эти цифры подтверждают важность использования сложных и уникальных паролей.

Обеспечение безопасности личных данных сегодня осуществляется с использованием следующих приложений:

1Password– это популярный менеджер паролей, использующий AES-256-битное шифрование, один из самых надежных стандартов, применяемых в банковской сфере с использованием архитектуры «Клиент-Сервер», однако он имеет существенный недостаток в виде отсутствия открытого исходного кода, что снижает доверие к безопасности системы [3].

Bitwarden– это кроссплатформенный менеджер паролей с открытым исходным кодом, главным недостатком которого является отсутствие локального хранения паролей (непосредственно на устройстве) [2].

Представленный в данной статье программный продукт персонального менеджера паролей, обеспечит надежную защиту личных данных за счет автоматической генерации сложных уникальных паролей для каждого сервиса в зашифрованном виде, минимизируя вероятность несанкционированного доступа.

Модель взаимодействия пользователя с проектируемой системой представлена на рис. 1 в виде модели прецедентов[1].



Рис. 1. Главная диаграмма прецедентов проектируемой системы

Начальное взаимодействие пользователя с системой начинается с регистрации, в процессе которой пользователь создает свой личный кабинет, вписывая все необходимые сведения о себе. Для завершения регистрации необходимо будет ввести код подтверждения, отправленный на электронную почту пользователя. После удачной регистрации пользователь может войти в систему, указав свой логин и пароль. Вводимые данные система проверяет на

наличие и корректность ввода. После аутентификации пользователь получит доступ к локальному хранилищу, в котором будут сохраняться все введённые данные.

При потере доступа к личному кабинету пользователь может воспользоваться восстановлением данных для входа, используя введённую при регистрации электронную почту, на которую придёт код подтверждения.

На всех этапах взаимодействия пользователя с системой осуществляется проверка введённых данных на отсутствие в них запрещённых символов, полноту и корректность.

На основании модели прецедентов был спроектирован интерфейс пользователя разрабатываемой системы, представленный в виде диаграммы классов-интерфейсов на рис. 2 [1].

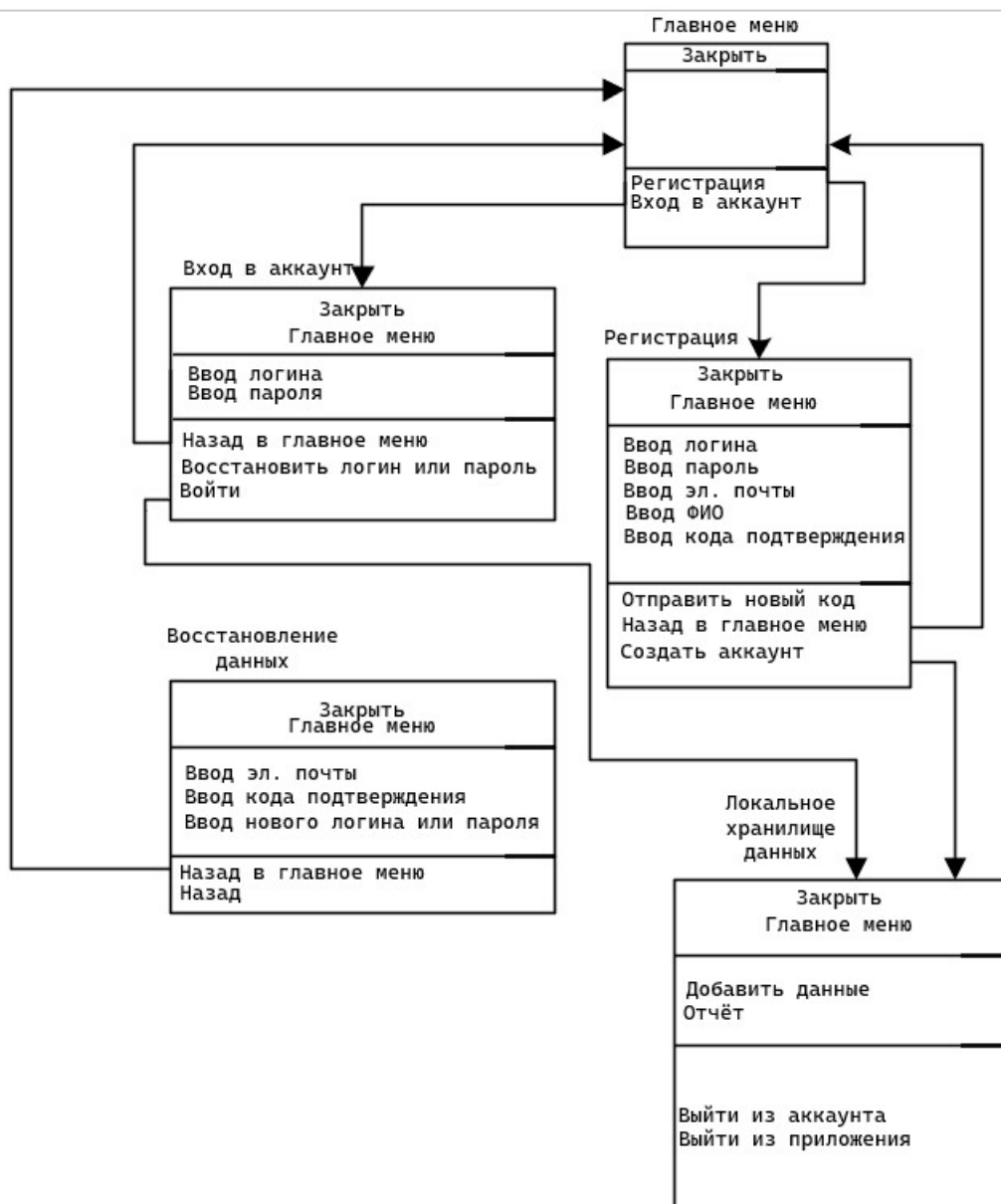


Рис. 2. Диаграмма классов-интерфейсов

Работа пользователя с системой начинается с главного меню, откуда можно перейти к регистрации или входу в аккаунт.

В состоянии «Регистрация» пользователь вводит логин, пароль, адрес электронной почты, ФИО и код подтверждения, после чего может создать учётную запись или запросить повторную отправку кода. При успешной регистрации осуществляется переход к состоянию «Вход в аккаунт», где вводятся логин и пароль для авторизации.

Если пользователь забыл данные, он может перейти к состоянию «Восстановление данных», где вводит адрес электронной почты, код подтверждения и новый логин или пароль. После восстановления доступа пользователь возвращается в главное меню и может снова войти в систему.

После успешной авторизации доступно состояние «Локальное хранилище данных», в котором пользователь может добавлять новые записи, просматривать отчёты, а также выйти из аккаунта или приложения.

Таким образом, диаграмма отражает полную логику работы системы — от регистрации и входа до безопасного хранения и восстановления пользовательских данных.

Проектируемая система будет состоять из 14 файлов, связанных между собой. Физическая структура разрабатываемой системы представлена на рис. 3 в виде диаграммы компонентов [1].

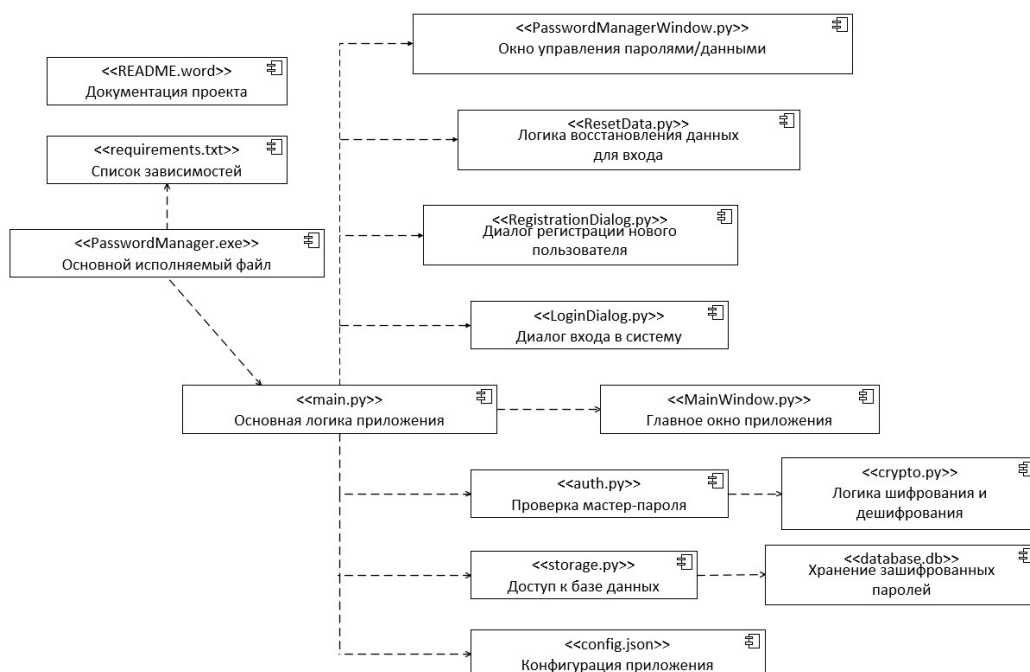


Рис. 3. Диаграмма компонентов

Основными компонентами системы являются:

PasswordManager.exe — главный исполняемый файл, запускающий систему и инициализирующий все её модули;

main.py – основной модуль, координирующий работу программы и взаимодействие между компонентами;

auth.py – отвечает за аутентификацию пользователя и проверку мастер-пароля;

crypto.py – реализует шифрование и дешифрование данных для защиты паролей;

storage.py – обеспечивает сохранение и управление данными в базе;

database.db — база данных, где в зашифрованном виде хранятся пользовательские пароли;

config.json – файл конфигурации, содержащий настройки приложения и параметры безопасности;

requirements.txt – список внешних библиотек и зависимостей проекта;

ResetData.py – окно восстановления логина или пароля;

MainWindow.py – реализует главное окно приложения после авторизации;

LoginDialog.py – окно авторизации пользователя;

RegistrationDialog.py – окно регистрации новой учётной записи;

PasswordManagerWindow.py – интерфейс для добавления, редактирования и просмотра паролей;

README.docx – документация с описанием проекта, инструкциями и требованиями;

Таким образом, план создания персонального менеджера паролей предполагает создание простого инструмента для защиты конфиденциальных данных пользователей. Система позволит пользователям безопасно хранить и создавать надёжные пароли, а её превращение в приложение для телефона с физическим контролем доступа откроет новые возможности для обеспечения ежедневной безопасности. Это создаст универсальный и удобный способ проверки личности пользователя, снижая риск несанкционированного доступа как к цифровым, так и к реальным данным.

### ***Библиографический список***

1. Токарев Н.М., Баранова А.В., Ямпурин Н.П. Методы и средства проектирования информационных систем и технологий учебное пособие по лабораторному практикуму для студентов высших учебных заведений всех форм обучения направления 09.03.02 Информационные системы и технологии / Токарев Н.М., Баранова А.В., Ямпурин Н.П.,– 131 с.(дата обращения: 21.10.2025).

2. Bitwarden. "Data Storage." *Bitwarden Help*, Bitwarden // Data Storage // URL: <https://bitwarden.com/help/data-storage/> (датаобращения: 21.10.2025).

3. Open-Source vs. Closed-Source Password Managers: Which is Right for You? // Team Password // URL: <https://teampassword.com/blog/open-vs-closed-source-password-managers> (датаобращения 21.10.2025)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНИМАЦИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ 3D-ОБЪЕКТОВ

*Л.Н. Каштанова<sup>1</sup>, Е.М. Швецова<sup>2</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,  
<sup>1</sup>студент, <sup>2</sup>студент

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д. 19;

e-mail: mila.kashtanova.05@mail.ru, yelizaveta.shvetsova.06@mail.ru

Научный руководитель: Емельянова Т. В., к.т.н., доцент, etvpm@yandex.ru

*В компьютерной графике анимация является фундаментальным методом преобразования объектов. Например, вращение объекта позволяет изменять его ориентацию вокруг выбранной точки и выполнять просмотр объекта в пространстве. Этот процесс приводит к тому, что фигура поворачивается на определенный угол, как бы описывая круг относительно начальной позиции. Благодаря своей универсальности, вращение активно задействуется в производстве, моделировании физических явлений, разработке компьютерных игр и визуализации данных.*

**Ключевые слова:** компьютерная графика, библиотека OpenGL, 2D-объекты, 3D-объекты, анимационные алгоритмы, вращения объекта, визуализация.

Компьютерная графика представляет собой раздел информационных технологий, который создает, обрабатывает и проводит визуализацию информации при помощи специализированных программ. Для реализации задач 2D- и 3D-графики может быть использована библиотека OpenGL. Она предоставляет широкий спектр возможностей по разработке алгоритмов для визуализации данных, включая работу с текстурами, шейдерами и буферами. Разработчики получают через библиотеку доступ к ресурсам графических процессоров, что открывает им возможности для создания высокоэффективных визуализаций. Ключевым преимуществом OpenGL является кроссплатформенность, что означает, что приложения, разработанные с ее использованием, могут функционировать на разных операционных системах. Библиотека позволяет программам напрямую использовать возможности видеокарты, ускоряя создание графики и визуальных эффектов. Кроме того, она также поддерживает расширения, добавляющие новые функции, не входящие в базовый набор OpenGL.

Работа с библиотекой OpenGL построена по принципу «клиент-сервер»: приложение вызывает команды, а библиотека занимается их обработкой [1].

OpenGL функционирует на основе принципа получения наборов векторных графических элементов, которые затем подвергаются математической обработке. Результатом этой обработки становится построение изображения, отображаемого на экране или хранящегося в памяти.

Библиотека OpenGL оперирует базовыми векторными блоками для создания графических объектов, включающих в себя: **геометрические примитивы** (полигоны, линии и точки), **растровые примитивы** (битовые массивы и изображения). OpenGL позволяет размещать объекты в трехмерном пространстве, выполнять трансформации объектов (вращение, масштабирование, перемещение), настраивать положение и параметры виртуальной камеры, определяющей точку обзора сцены [2].

OpenGL поддерживает два буфера для отрисовки объектов. Эта техника, известная как двойная буферизация, используется для предотвращения мерцания изображения, особенно при частой смене кадров. Вместо того чтобы рисовать непосредственно на экране, каждый новый кадр сначала создается в скрытом (втором) буфере. Как только изображение полностью сформировано, весь этот буфер мгновенно выводится на дисплей.

Возможно использование OpenGL в образовательной сфере, что позволяет конструировать интерактивные учебные пособия и виртуальные исследовательские среды, делает обучение более наглядным и способствует лучшему усвоению материала. В научных изысканиях, особенно в области компьютерной графики, OpenGL играет ключевую роль в визуализации сложных данных и моделей, необходимых для проведения экспериментов. Хотя разработка проектов на базе OpenGL является трудоемким процессом, требующим от специалистов глубоких знаний и специализированных навыков, итоговые результаты могут быть поразительными и ценными для множества различных направлений человеческой деятельности.

Целью данной работы является разработка приложения для создания трехмерных объектов на основе двумерных фигур с помощью анимационных функций. 3D-объекты созданы путем вращения 2D-фигур вокруг одной из осей симметрии.

Для реализации поставленной задачи были выбраны язык программирования C++ и графическая библиотека OpenGL.

Для разработки были выбраны несколько простых геометрических фигур: треугольник, полукруг, прямоугольник и один объект сложной конфигурации. Исходные двумерные объекты были созданы с помощью примитивов библиотеки OpenGL (рис.1). Они представляют собой двумерные изображения, созданные из векторов в виде замкнутых контуров.

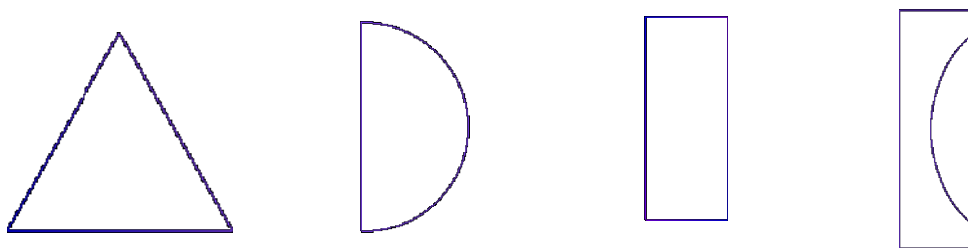
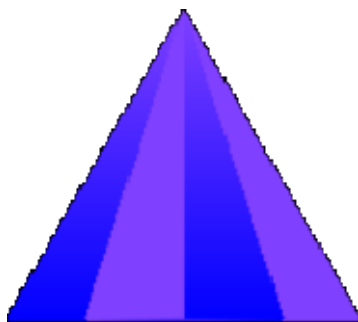


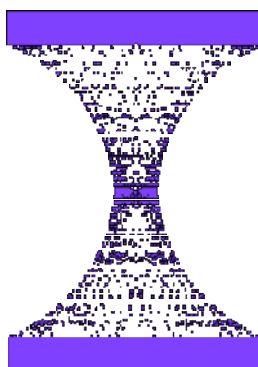
Рис. 1. Исходные двумерные объекты

Основой программы является алгоритм управления вращением двумерными фигурами. Это выполняется с помощью двойного буфера и оператора вращения библиотеки OpenGL. Вращение является циклическим алгоритмом с изменяющимся углом поворота. К предыдущим нарисованным объектам прибавляется следующий объект с изменённым положением относительно осивращения. В результате вращения двумерного объекта постепенно создается трехмерный объект, соответствующий форме исходной фигуры. Таким образом, из треугольника получается конус (рис.2), из полуокружности – шар, из прямоугольника – цилиндр.



**Рис. 2. Создание 3D – объекта**

При вращении сложной двумерной фигуры будет получен трехмерный объект, представленный на рис. 3.



**Рис. 3. Создание 3D – объекта**

С помощью платформы программирования приложений Windows Forms [3] был разработан интерфейс приложения, представленный на рис. 4.

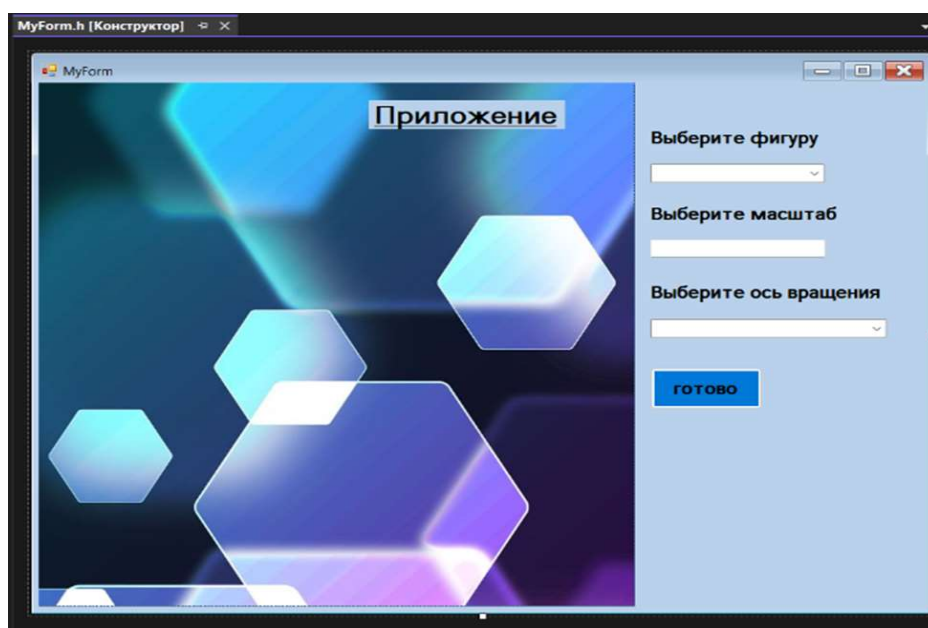


Рис. 4. Приложение

В приложении реализовано вращение исходных двумерных объектов относительно оси  $OX$  или оси  $OY$ .

С помощью приложения можно задавать изменение размеров исходных полученных объектов, используя коэффициент масштабирования.

Таким образом, в проекте реализована возможность создания различных трехмерных объектов на основе простых двумерных фигур. Данные возможности можно использовать при моделировании трехмерных объектов любой сложности. В дальнейшем планируется добавить фигуры более сложных конфигураций и реализовать алгоритмы создания трехмерных объектов более сложной структуры.

Разработанное программное обеспечение может быть использовано в прикладной и образовательной сфере деятельности для решения конкретной задачи, например, для визуализации сложных 3D-объектов.

### *Библиографический список*

1. Задорожный А.Г., Вагин Д.В, Кошкина Ю.И. Введение в двумерную компьютерную графику с использованием библиотеки OpenGL: учебное пособие – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2018. – 103 с.
2. Никулин Е. А. Компьютерная геометрия и алгоритмы машинной графики: учебное пособие –Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2018. – 576 с.
3. Рязанова Н.Ю., Тассов К.Л., Филиппова М.В. Программирование на языке C++ в среде VisualStudio CLR WindowsForms: учебное пособие – Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2017. – 65 с.

## РАЗРАБОТКА ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСА КОНТРОЛЯ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ В ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНАХ

*И.Ю. Кочешков<sup>1</sup>, И.Д. Маркин<sup>2</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского  
государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,  
<sup>1</sup>студент, <sup>2</sup>студент

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д. 19; e-mail:

e-mail: vanya.kocheshkov@yandex.ru

Научный руководитель: Жидкова Н.В., к.т.н., доцент, zhidkova-arz@yandex.ru

*Статья посвящена разработке интернет-ресурса для мониторинга цен интернет-магазинов, маркетплейсов и других онлайн-площадок. Основной задачей проекта является создание системы, которая будет находить самую низкую цену на товар для покупателя из заранее выбранного списка магазинов. В статье рассматриваются ключевые технические и организационные вопросы, возникающие при автоматическом сборе и обработке большого количества данных о товарах, а также при приведении информации к единому формату. Представлен анализ функциональных требований к интернет-ресурсу, включая описание основных возможностей системы: уведомления об изменении цен, подбор предложений от магазинов с сортировкой по стоимости, а также отслеживание ценовой динамики. Разработка такого сайта позволит покупателям делать более обоснованный выбор при покупках и экономить средства, а продавцам — проводить углубленный анализ рыночных ценовых тенденций.*

**Ключевые слова:** мониторинг цен, интернет-ресурс, маркетплейсы, онлайн-площадки, автоматический сбор, анализ цен.

В последние годы все больше осуществляется переход физических магазинов в интернет-пространство. Технология продаж претерпела кардинальные изменения: вместо традиционных торговых помещений появились новые интернет-магазины и маркетплейсы, которые осуществляют свою деятельность в цифровой среде. Количество новых онлайн-магазинов и продавцов на маркетплейсах стремительно растет, что создает новые возможности для потребителя и серьезный вызов самым крупным участникам рынка. Именно это разнообразие и активное развитие данной сферы делает ее актуальной и перспективной для разработчиков, которые проектируют сервисы для анализа цен, способные помочь конечному пользователю сориентироваться в широком ассортименте предложений.

Крупнейшие торговые сети на сегодняшний день сталкиваются с высоким уровнем конкуренции. Каждый день в сфере ритейлинга появляются новые игроки, особенно на маркетплейсах, и из-за этого существующим приходится приспособливаться к новым условиям: снижать цены, вводить акции, добавлять эксклюзивные товары и улучшать доставку. В такой ситуации ручной анализ цен становится неэффективным из-за существенной длительности процесса по сбору

данных о ценах и товарах, человеческого фактора и отсутствия возможности оперативно реагировать на изменение цен. Всё это порождает необходимость в узконаправленном сервисе, который бы оптимизировал процессы анализа цен, сравнения стоимости и сбора информации о продуктах, давая объективное представление о ценообразовании рынка для бизнеса и покупателей.

Целью работы является разработка интернет-ресурса системой автоматизированного контроля ценообразования для сравнения стоимости товаров и поиска самого выгодного предложения в онлайн-магазинах и на маркетплейсах.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать существующие решения для мониторинга цен и выявить их недостатки;
- определить функциональные требования к разрабатываемому интернет-ресурсу;
- разработать архитектуру системы, обеспечивающую автоматизированный сбор данных, их обработку и хранение;
- реализовать модуль анализа данных и визуализации ценовой динамики;
- внедрить систему оповещений пользователей о значительных изменениях цен.

В настоящее время представители малого и среднего бизнеса остро нуждаются в экономичных и удобных инструментах для автоматизации процессов ценообразования. Создание веб-ориентированной платформы представляется оптимальным решением, сочетающим оперативность, простоту применения и умеренные затраты на внедрение. Данный формат дает возможность торговым организациям оперативно отвечать на колебания рыночных цен и корректировать собственную ценовую политику без серьезных вложений в инфраструктуру.

Ключевые ограничения доступных на рынке систем включают:

- значительную стоимость лицензирования – многие компании не имеют финансовой возможности использовать платные сервисы мониторинга;
- недостаточную адаптацию к местным условиям – международные платформы часто игнорируют специфику российских поставщиков и курсовые колебания;
- трудности интеграции с используемыми ERP и CRM – необходимость дополнительных доработок увеличивает общую стоимость внедрения.

В качестве альтернативы предлагается создание специализированного веб-ресурса для отслеживания и контроля цен. Платформа обеспечит торговым предприятиям возможность оперативного получения информации об изменении цен конкурентов.

Разрабатываемое решение предоставит пользователям:

- снижение эксплуатационных расходов благодаря модульному принципу построения и выборочному подключению функций;

– упрощенное взаимодействие с учетными системами магазинов через стандартизированные API-интерфейсы;

– гибкую настройку параметров в соответствии с особенностями национального рынка, включая работу с местными валютами и поставщиками.

Ключевые преимущества веб-платформы:

- 1) экономическая эффективность за счет отсутствия регулярных платежей;
- 2) упрощенный интерфейс, не требующий специального обучения;
- 3) своевременные оповещения о ценовых изменениях;
- 4) стандартизированное подключение к учетным системам;
- 5) учет региональной специфики рынка;
- 6) масштабируемость функциональных возможностей.

Разрабатываемый интернет-ресурс представляет собой веб-платформу для анализа ценовых предложений. Основное назначение системы – помощь пользователям в поиске оптимальных вариантов покупки товаров среди многообразия интернет-магазинов и маркетплейсов. Платформа обеспечивает автоматизированный сбор и систематизацию информации о стоимости товаров, предоставляя потребителям удобный инструмент для сравнения предложений. Ключевой особенностью сервиса является возможность отслеживания динамики цен и настройки персональных уведомлений о значимых изменениях стоимости.

**Таблица 1**  
**Функции системы и их описание**

<b>Функция</b>	<b>Описание</b>
Выбор источника данных	Возможность подключения различных интернет-магазинов и маркетплейсов для мониторинга цен
Получение данных из источника	Автоматизированный сбор ценовой информации с выбранных площадок в реальном времени
Настройка уведомлений	Персонализация параметров оповещений о изменении цен
Выбор способа оповещения	Настройка предпочтительного канала получения уведомлений (email, push-уведомления)
Формирование отчета	Генерация сводных отчетов по динамике цен и результатам мониторинга

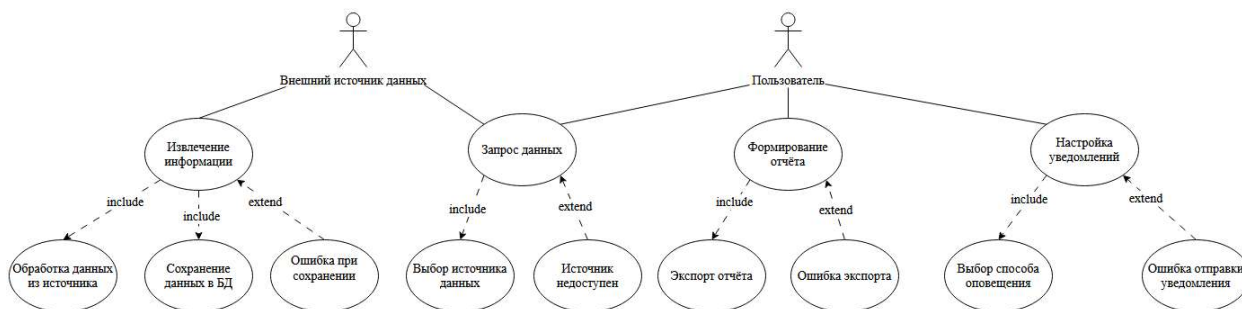
#### *Техническая реализация*

Для получения ценовой информации применяется метод парсинга веб-страниц, обеспечивающий сбор актуальных данных с электронных торговых площадок. Архитектура системы построена на основе веб-технологий с использованием языка программирования Python и фреймворка Django. Хранение информации организовано в реляционной базе данных PostgreSQL, гарантирующей целостность и сохранность данных о товарах и ценах. Пользовательский интерфейс реализован с применением стандартных веб-технологий (HTML, CSS, JavaScript), что обеспечивает удобство работы с сервисом.

#### *Экономическая выгода*

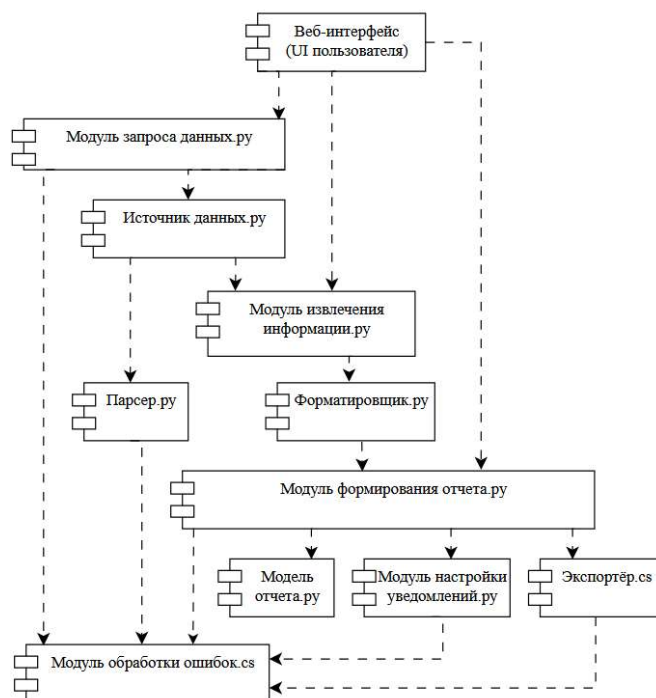
Разрабатываемый сервис предоставляет инструмент для анализа рынка,

позволяющий пользователям оптимизировать расходы при онлайн-покупках за счет оперативного сравнения ценовых предложений. Проект демонстрирует практическую реализацию современных подходов к работе с данными в сфере электронной коммерции. Экономическая эффективность решения обеспечивается минимальными затратами на развертывание и поддержку системы. Удобство взаимодействия с платформой и наглядность представления информации создают предпосылки для востребованности сервиса среди различных категорий пользователей.



**Рис. 1. Диаграмма прецедентов разрабатываемой системы**

Диаграмма прецедентов разрабатываемой системы показывает основные функции системы, такие как выбор источника данных, получение данных из источника, настройка уведомлений, выбор способа оповещения, формирование отчета.



**Рис. 2. Диаграмма компонентов**

Диаграмма компонентов системы показывает взаимодействие модулей для мониторинга цен. Данные автоматически собираются с сайтов магазинов через парсинг, обрабатываются и сохраняются в базе. Система формирует отчеты и предоставляет пользователю веб-интерфейс для просмотра аналитики, настройки уведомлений и управления данными. Все компоненты работают согласованно, обеспечивая полный цикл отслеживания цен.

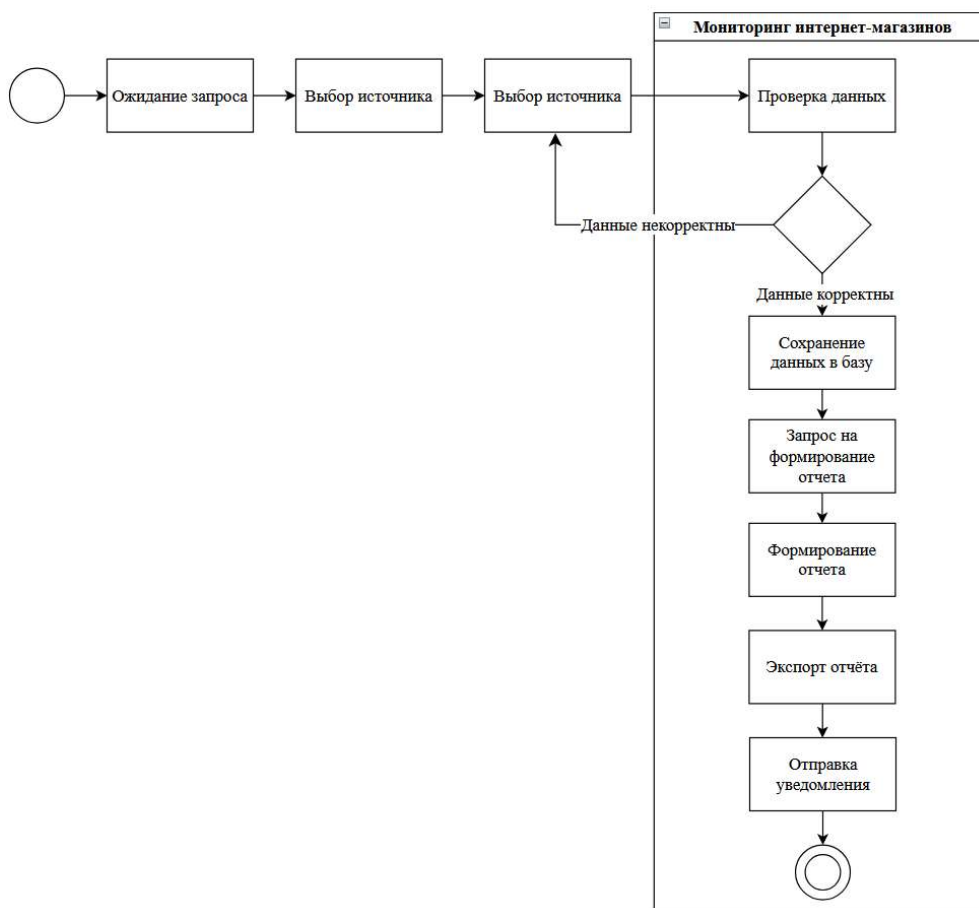


Рис. 3. Диаграмма состояний

Диаграмма состояний системы отображает последовательность этапов мониторинга: начиная с ожидания запроса и выбора источника данных, система переходит к сбору информации с сайтов, проверке её корректности и сохранению в базу, после чего по запросу пользователя формирует и экспортирует отчёт с последующей отправкой уведомления о результатах проведённого анализа.

В ходе работы была разработана архитектура интернет-ресурса для мониторинга цен, определены функциональные требования и реализованы ключевые модули системы, включая парсинг данных, формирование отчетов и настройку уведомлений. На текущий момент созданы диаграммы прецедентов, компонентов и состояний, отражающие логику работы и взаимодействие элементов системы. В дальнейшем планируется реализация пользовательского интерфейса, расширение списка поддерживаемых маркетплейсов и внедрение

дополнительных функций аналитики для повышения удобства использования сервиса конечными потребителями.

### ***Библиографический список***

1. Костин К.Б. Современные бизнес-модели электронной коммерции// Вопросы инновационной экономики. – 2020. – № 3. – 20 с.
2. Горбашко Е.А., Максимцева И. А. Управление конкурентоспособностью: учебник для вузов. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2024. – 427 с.
3. Бандурин А.В. Стратегический менеджмент и кадровый потенциал организации: монография / А.В. Бандурин. – Санкт-Петербург: Питер, 2017. – 144 с.
4. Ямпольская Д. О. Ценообразование : учебник для вузов / Д. О. Ямпольская. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2024. – 193 с.
5. Паршин В.И. Особенности ценообразования в условиях рыночной экономики, 2011. – 4 с.

## РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ, КОММУНИКАЦИИ И ТРУДОУСТРОЙСТВА СТУДЕНТОВ

*А.Н. Куклин*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, магистрант  
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д. 19;  
e-mail:xl11albertlllx@gmail.com

Научный руководитель: Емельянова Т. В., к.т.н., доцент, etvpm@yandex.ru  
Эварт Т.Е., к.ф.-м.н., доцент, t.zhilina@bk.ru

*В статье рассматривается платформа Zebra, которая упрощает процесс обучения студентов, а также помогает им в поиске команды в проекты и в поиске работодателя.*

***Ключевые слова:** Zebra, дистанционное обучение, образовательная платформа, студенты, научная деятельность, поиск работы, курсы, заметки.*

Обучение, научная деятельность и поиск работы являются тремя важнейшими компонентами образовательного процесса в университетах. При этом зачастую студенты испытывают сложности в реализации себя в каждой из этих сфер.

В настоящее время наблюдается увеличение использования систем дистанционного образования (СДО) во время проведения занятий в университетах. Главная проблема СДО заключается в том, что они не обеспечивают быструю связь между студентами и преподавателями. Практическим путем было выявлено, что преподавателям и студентам проще выходить на связь в сторонних сервисах и пересылать информацию в студенческие группы различных сервисов.

Занимаясь научной деятельностью, студенты в первую очередь сталкиваются с проблемой поиска людей в команду проекта. Студенты вынуждены проводить опросы знакомых или же ходить в другие учебные группы в поисках единомышленников. Данный способ поиска команды является энергозатратным и неэффективным, т.к. забирает полезное время, которое можно было бы потратить на реализацию проекта.

Не менее актуальна и проблема трудоустройства выпускников. Современные сервисы поиска работы не отражают индивидуальность и реальные возможности соискателя, сводя его представление к набору формальных характеристик.

Для комплексного решения вышеописанных проблем рассматривается разработка платформы, на которой студенты смогут обучаться, объединятся в

команды для реализации проектов, а также находить работу. Проект имеет название Zebra и является универсальным решением для преподавателей, студентов и работодателей. Функционал платформы позволит пользователям взаимодействовать друг с другом без использования сторонних сервисов, создавая широкую систему взаимодействия. В представленной работе подробно рассмотрены функционал и архитектура разрабатываемого проекта.

В первую очередь стоит рассмотреть возможности платформы для обучения. Функционал Zebra предоставляет возможность публикации образовательного контента в виде традиционных постов и статей. При этом у пользователей есть возможность удобного сохранения необходимой информации. Каждый аккаунт обладает хранилищем, где можно хранить файлы разных форматов, а также вести заметки.

Система ведения заметок – это продвинутый текстовый редактор, предоставляющий широкий функционал по форматированию текста. Помимо этого, текст может содержать популярные форматы медиафайлов (pdf, файлы презентаций, фото, видео, аудио). Листая ленту, где содержится рекомендуемый контент, пользователи могут сделать репост прямо себе в заметки, или же выделить фрагмент текста и сделать из него заметку. Заметки можно связывать между собой с помощью ссылок, тем самым создавая граф, где вся информация структурирована и взаимосвязана. Пример интерфейса раздела заметок представлен на рис. 1.

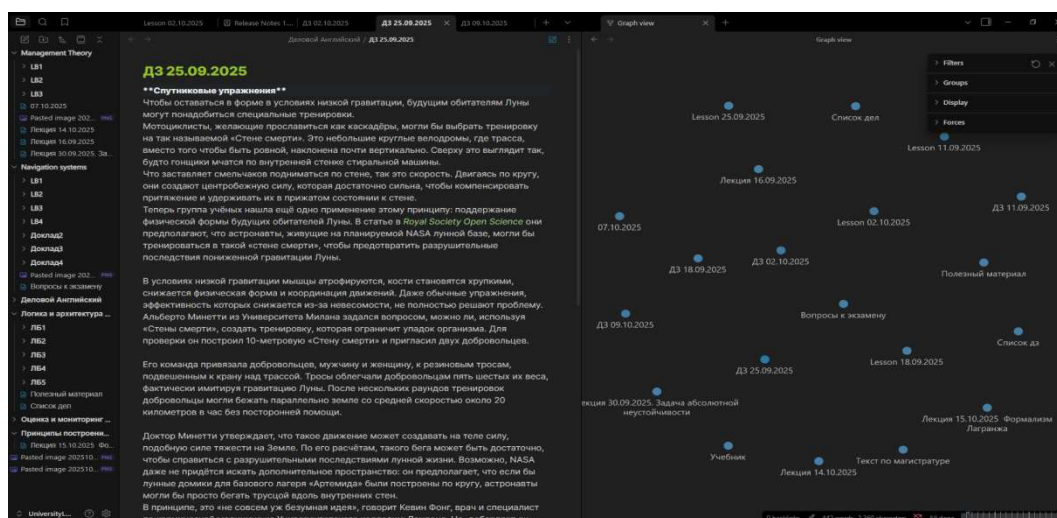


Рис. 1. Интерфейс раздела заметок

Еще одной особенностью платформы Zebra является возможность создания обучающих курсов. Автор имеет доступ в специальный кабинет, где может создавать курсы, добавлять темы и формировать из них разделы. Помимо этого, автор курса, может добавить модули с тестами по пройденному материалу и реализовать выдачу/прием домашних заданий. При желании, автор может создать групповой чат, в который будут автоматически приглашены все

участники курса. На главной странице курса можно публиковать важные объявления, которые отобразятся в разделе уведомлений у каждого участника.

Данный функционал особенно полезен для университетов и предприятий. Преподаватели могут загружать в курсы весь необходимый учебный материал, и мгновенно оповещать студентов о различных новостях. Предприятия, в свою очередь, могут создавать курсы, направленные на обучение студентов и/или сотрудников тем навыкам, которые необходимы в конкретной области.

Платформа Zebra будет иметь возможность создавать сеть контактов. Возможность создания сети контактов решает еще одну проблему – поиск людей в команду проекта. Зачастую, студенты прикладывают множество усилий для того, чтобы набрать команду для реализации некоторого проекта. Проводят опросы знакомых, пытаются найти кого-то через рекомендации. Предлагаемое решение позволяет найти команду в проект путем создания объявлений, которые увидят контакты пользователя в разделе уведомлений. Каждый человек, который является подписчиком или контактом пользователя увидит данное объявление и сможет на него откликнуться. Помимо объявлений можно осуществить поиск людей по конкретным критериям, например, по компетенциям. Любой пользователь в разделе поиска может выбрать фильтр по объявлениям и пролистать список интересующих его проектов. Таким образом люди могут максимально быстро и эффективно искать людей в проект или же сами вступать в существующие команды.

Платформа Zebra приглашает к сотрудничеству представителей организаций, потенциальных работодателей. Возможности организаций не ограничиваются созданием обучающих курсов. Помимо этого, они могут набирать персонал, основываясь на различных метриках. Поиск людей можно осуществлять по таким фильтрам, как место учебы, квалификации, место жительства и т.д. Если организация создала курс, то в первую очередь ей будут рекомендованы участники этого курса. В профиле каждого студента отображается информация о его компетенциях, а также стена, состоящая из его публикаций. Это могут быть репосты чужих статей, личные посты, демонстрации проектов, портфолио и т.д. Данный функционал позволяет не только студентам искать работодателя, но и менеджерам по персоналу искать потенциальных работников с нужными компетенциями.

Архитектура платформы состоит из нескольких компонентов. Клиентская часть написана с использованием HTML, CSS, а также языка программирования JavaScript и предназначена для взаимодействия пользователя с системой через веб-интерфейс. Серверная часть реализована на языке JavaScript с использованием платформы Node.js, что обеспечивает высокую производительность при обработке большого количества одновременных запросов и позволяет реализовать асинхронное взаимодействие между

компонентами. За хранение и управление данными отвечает система управления базами данных PostgreSQL [1].

Взаимодействие между клиентом и сервером осуществляется по архитектурному стилю REST с использованием формата обмена данными JSON [2]. Для обеспечения безопасности реализована авторизация на основе JWT-токенов, а для ускорения доступа к часто запрашиваемым данным используется кэширование с применением Redis. Такая структура делает платформу масштабируемой, гибкой и удобной для дальнейшего расширения функционала. Архитектура платформы изображена на рис. 2.

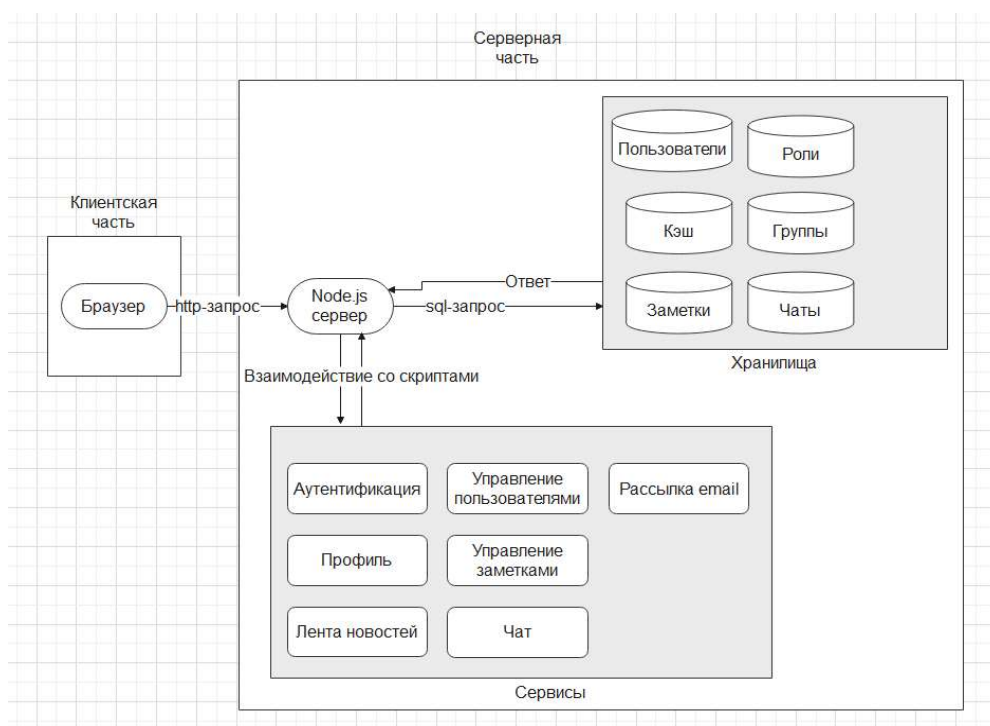


Рис. 2. Архитектура платформы

Таким образом, платформа Zebra представляет собой инновационное решение, объединяющее образовательную, научную и профессиональную деятельность студентов. Её внедрение способствует повышению качества обучения и созданию устойчивых коммуникаций между участниками образовательного, научного и производственного процессов. Студентам будет проще найти подходящую им работу, ввести научную работу или проектную деятельность, а работодатели смогут набирать высококвалифицированные кадры.

### ***Библиографический список***

1. Белов В.В. Проектирование информационных систем: учебник / В.В. Белов. - М.: Академия, 2018. - 144 с.
2. Хабр [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/483202/>. – (дата обращения: 20.10.2025).

## МЕТОД ГЕНЕРАЦИИ СТРУКТУР ПОЛЕЙ ПОСЕВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА ПЕРЛИНА ДЛЯ ОЦЕНКИ РОБАСТНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*И.А. Маслов*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского  
государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,  
магистрант

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д. 19; e-  
mail:maslow.197961@mail.ru

Научный руководитель: Комаров А.О., старший  
преподаватель, godor1333@mail.ru

*Разработан метод генерации текстур сельскохозяйственных угодий с использованием процедурного шума Перлина. Алгоритм использует многооктавную фильтрацию с параметрами: количество октав = 16, персистентность = 0,4, лакунарность = 3,0, масштаб = 100. Цветовое преобразование осуществляется через пороговые значения -0,2 и +0,2 с добавлением случайных вариаций в диапазоне  $\pm 5$  единиц RGB. Время генерации текстуры 512×512 пикселей составляет 850 мс, что позволяет использовать метод для стресс-тестирования алгоритмов компьютерного зрения автономных систем.*

*Ключевые слова:* процедурная генерация; текстура пашни; шум Перлина; автономные системы; тестирование робастности.

Процедурная генерация текстур является критически важной технологией для тестирования автономных систем, где требуется создание разнообразных и достоверных визуальных сред для проверки устойчивости алгоритмов компьютерного зрения [1]. Процедурная генерация применяется начиная с 1980-х годов, за это время было создано большое количество разнообразных методик. Среди них особое место занимают методы, базирующиеся на использовании шума – они входят в синтетический подход РТG. Этот подход считается одним из наиболее давних и при этом остаётся чрезвычайно популярным. В качестве ярких примеров широко известных шумовых функций можно назвать шум Перлина [2,3].

Шум Перлина обеспечивает непрерывный градиентный результат, но его базовой реализации недостаточно для моделирования сложных природных паттернов. Многооктавная техника с параметрами персистентности и

лакунарности решает эту проблему, но вводит значительные вычислительные затраты, требующие оптимизации для использования в реальном времени.

#### *Параметризация системы*

Основой системы является многооктавный шум Перлина. Математическая модель описывается следующей формулой:

$$V = \frac{\sum_{i=0}^n \text{noise}\left(\frac{x}{S} * l^i, \frac{y}{S} * l^i\right) * p^i}{\sum_{i=0}^n p^i}$$

где  $V$  – результирующее значение шума после нормализации;

$n$  – количество октав;

$S$  – масштабный коэффициент;

$l$  – коэффициент лакунарности;

$p$  – коэффициент персистентности;

$\text{noise}$  – функция шума Перлина;

$(x, y)$  – координаты текущего пикселя;

$i$  – номер текущей октавы.

#### *Основные параметры шума*

Система использует такие параметры генерации шума [4] как Масштаб (scale): 100, Количество октав (octaves): 16, Персистентность (persistence): 0,4, Лакунарность (lacunarity): 3,0.

#### *Параметры цветового преобразования*

Цветовое преобразование осуществляется через пороговую функцию с данными параметрами: порог темной почвы: -0,2, порог светлой почвы: +0,2, цветовые диапазоны: темная почва (64, 46, 34), средняя почва (111, 78, 55), светлая почва (135, 97, 70), амплитуда вариаций:  $\pm 5$  единиц RGB.

#### *Анализ производительности*

##### 1.1 Временные характеристики

Экспериментальные измерения производительности демонстрируют следующие результаты (табл. 1).

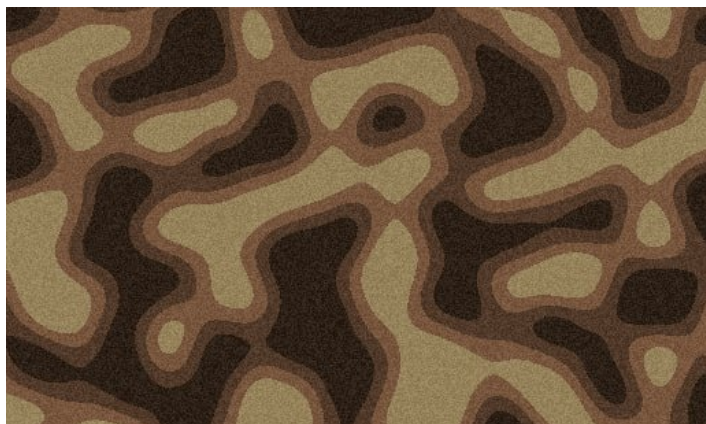
**Таблица 1**  
**Временные характеристики алгоритма генерации**

Разрешение	Время генерации	Частота кадров
512×512 пикселей	850 мс	1,18 FPS
256×256 пикселей	210 мс	4,76 FPS
128×128 пикселей	55 мс	18,18 FPS

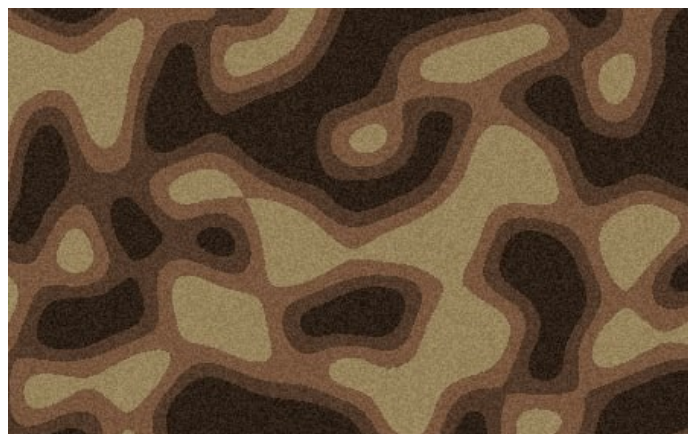
##### 1.2 Зависимость от количества октав

Количество октав существенно влияет на качество и производительность алгоритма. При 8 октавах: 425 мс, умеренная детализация. При 16 октавах: 850 мс, высокая детализация. При 32 октавах: 1700 мс, экстремальная детализация

Представленный набор параметров позволяет генерировать реалистичные текстуры пашни с предсказуемыми временными характеристиками. Стабильное время выполнения и линейная масштабируемость алгоритма делают его пригодным для интеграции в системы тестирования автономных систем, где требуется воспроизводимая и контролируемая генерация визуальных сред [5].



**Рис.1. Пример генерации**



**Рис.2. Пример генерации**

### ***Библиографический список***

1. Perlin Ken. Making Noise. noisemachine.com. Ken Perlin. Archived from the original on October 8, 2007.
2. Perlin Ken. An image synthesizer. ACM SIGGRAPH Computer Graphics. 19 (97–8930): 287–296. doi:10.1145/325165.325247.
3. Perlin Ken. In the beginning: The Pixel Stream Editor. Retrieved May 31, 2022.
4. Tanner Mike. Oscar is FX Wizard's Reward. Wired. ISSN 1059-1028. Retrieved 2022-05-31.
5. Gustavson Stefan. Simplex noise demystified. Archived from the original on 21 March 2023. Retrieved 24 April 2019.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛЬНЫМИ ЗНАНИЯМИ

*Е.Д. Носадкин*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, магистрант  
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д. 19;  
e-mail: nosadkin@mail.ru

Научный руководитель: Токарев Н.М., ст. преподаватель, e-mail: [nik1812-tnm@yandex.ru](mailto:nik1812-tnm@yandex.ru)

*В статье представлено моделирование компьютерного приложения для организации записей пользователя, оно позволит пользователю сохранять информацию в удобном виде. В статье представлены разработка и анализ функциональных требований к приложению, модели прецедентов, диаграммы классов, диаграмма компонентов.*

***Ключевые слова:** приложение, моделирование проекта, персональный органайзер, ведение записей, база знаний.*

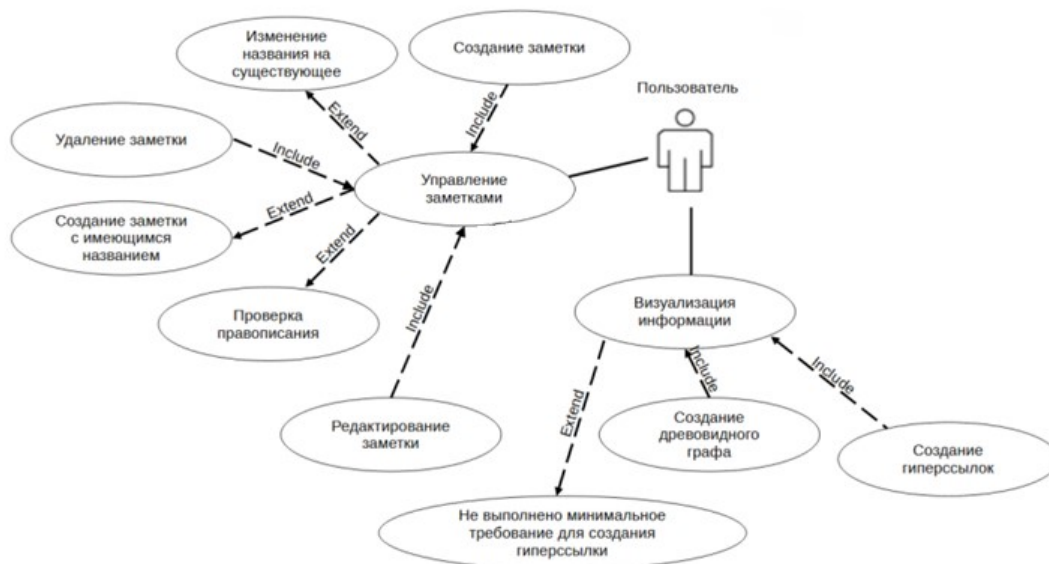
В современном мире объем информации, с которой сталкивается человек, растет экспоненциально. Каждый день люди пишут около 250 миллиардов писем, с более чем 4 миллионами гигабайт данных и загружают около 720 тысяч часов видеороликов [1]. И получается ситуация, что вся эта информация, никак не структурируется и остается разрозненной в голове у людей. Способность эффективно управлять информацией и повышать личную продуктивность становится необходимой и в то же время является очень сложной задачей, особенно при отсутствии эффективных инструментов для их организации. В связи с этим актуальность приобретают различные системы ведения записей, от простого ведения блокнота, до создания персональной базы данных.

Многие люди по-прежнему полагаются на бумажные носители из-за привычки или из-за другой причины. Некоторые вообще полагаются на свою собственную память. Но это приводит к потере важных данных, дублированию информации и снижению продуктивности. Актуальность разработки персонального приложения для организации информации, обусловлена необходимостью оптимизации управления данными за счет: автоматизации сбора, структурирования и быстрого поиска информации, повышения личной продуктивности через сокращение времени на рутинные операции, а также уменьшения информационной перегрузки с помощью фильтрации, и категоризации.

Проведенный анализ популярных приложений для управления знаниями и проектами, «Notion» [2] обладающего мощными возможностями для создания связанных баз данных и вики для управления знаниями и «Obsidian» [3], который построен на основе локальных файлов и сети графов, демонстрирует мощные возможности для линковки и визуализации связей показывает, что данные приложения предоставляют пользователям либо пассивные «хранилища» данных, либо сложные «конструкторы», не предлагая интеллектуальной помощи в осмыслении и организации информации. Они не способны адаптироваться под индивидуальный стиль мышления и редко предлагают средства для выявления скрытых закономерностей в накопленных знаниях.

Данный пробел в функциональности определяет потребность в создании приложения, не зависящего от высокоскоростного подключения к глобальной сети Internet, сочетало бы простоту и интуитивность использования, также имело семантический поиск и адаптивную категоризацию, действуя, как активный помощник в управлении персональными знаниями. Также оно имело бы централизованную архитектуру, где все модули тесно интегрированы и управляются из единого центра — ядра системы. Это позволило бы избежать фрагментации логики и данных, обеспечивая согласованность и надёжность работы.

Модель приложения для управления персональными знаниями на уровне прецедентов представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Модель прецедентов взаимодействия пользователя с системой приложения организации заметок и записей**

Согласно рис. 1 при управлении заметками пользователь имеет возможность создавать, редактировать и удалять атомарные заметки, при этом

проводится проверка на одинаковые названия заметок, для того чтобы пользователь не дублировал информацию.

Для визуализации информации используется интерактивный граф знаний, для установки связей внутри графа используются гиперссылки между заметками.

Исходя из взаимодействия потенциального пользователя с системой, была разработана диаграммы классов интерфейсов (рис. 2), она представлена в виде взаимосвязанных форм, которые определяют общую структуру приложения.

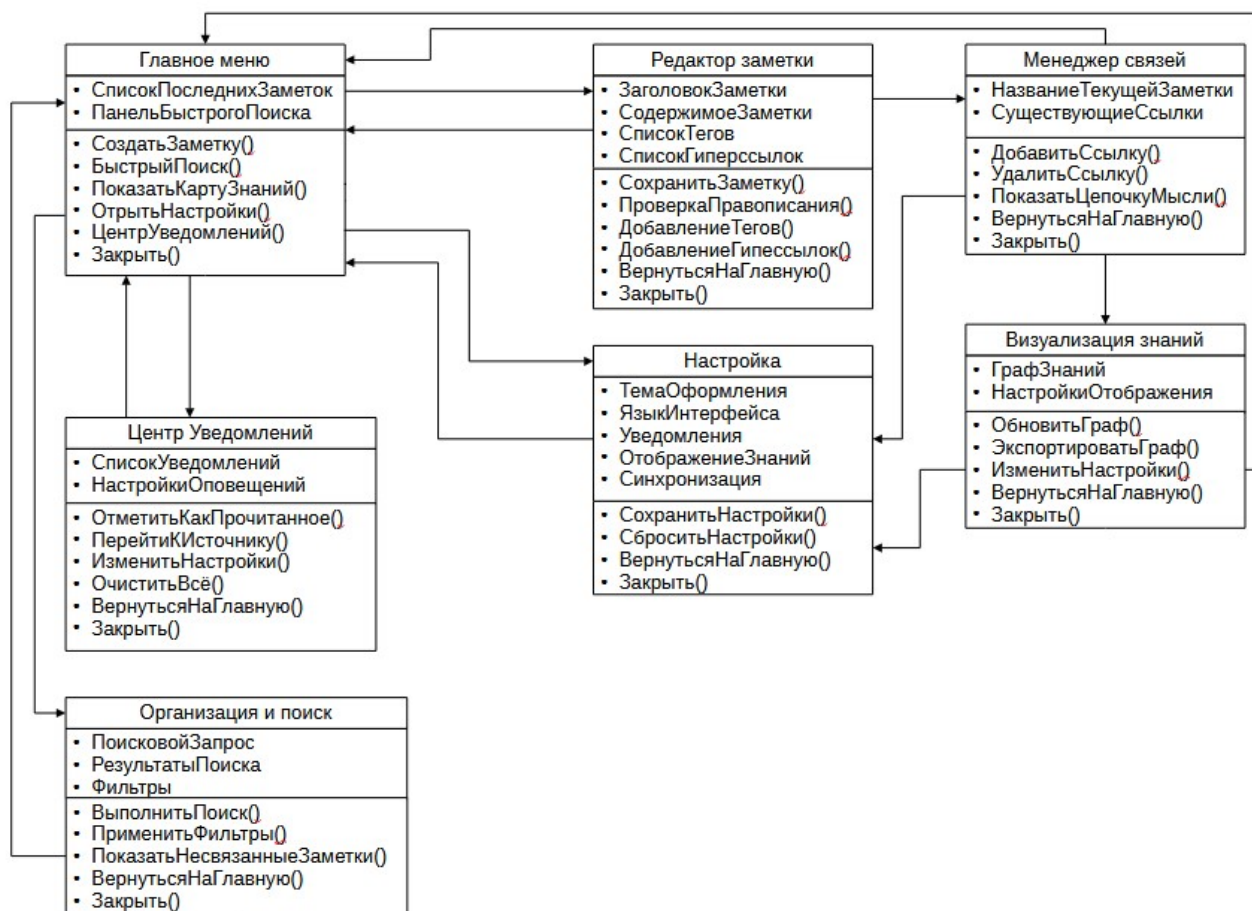


Рис. 2. Диаграмма классов интерфейсов

Интерфейс приложения для управления персональными знаниями будет состоять из восьми окон, связанных между собой.

Главное меню служит центральным узлом приложения, отображая последние заметки и предоставляя быстрый доступ ко всем функциям через панель быстрого доступа.

Редактор заметок позволяет создавать, редактировать и удалять записи через форму с полями для заголовка, содержимого, тегов и гиперссылок,

предлагая инструменты проверки правописания и управления связями между идеями.

Менеджер связей специализируется на установке и управлении гиперссылками между заметками, отображая существующие ссылки и позволяя строить цепочки мысли для глубокого анализа взаимосвязанных концепций.

Визуализация знаний преобразует текстовую информацию в интерактивный граф, позволяя наблюдать структуру знаний в виде связанных узлов и настраивать параметры отображения для лучшего восприятия сложных взаимосвязей.

Окно настроек централизованно управляет параметрами системы, включая тему оформления, язык интерфейса, уведомления и визуальное представление знаний, применяя изменения ко всем модулям приложения.

Архитектура приложения управления знаниями представлена диаграммой компонентов исполняемых файлов информационной системы на рис. 3 [4].

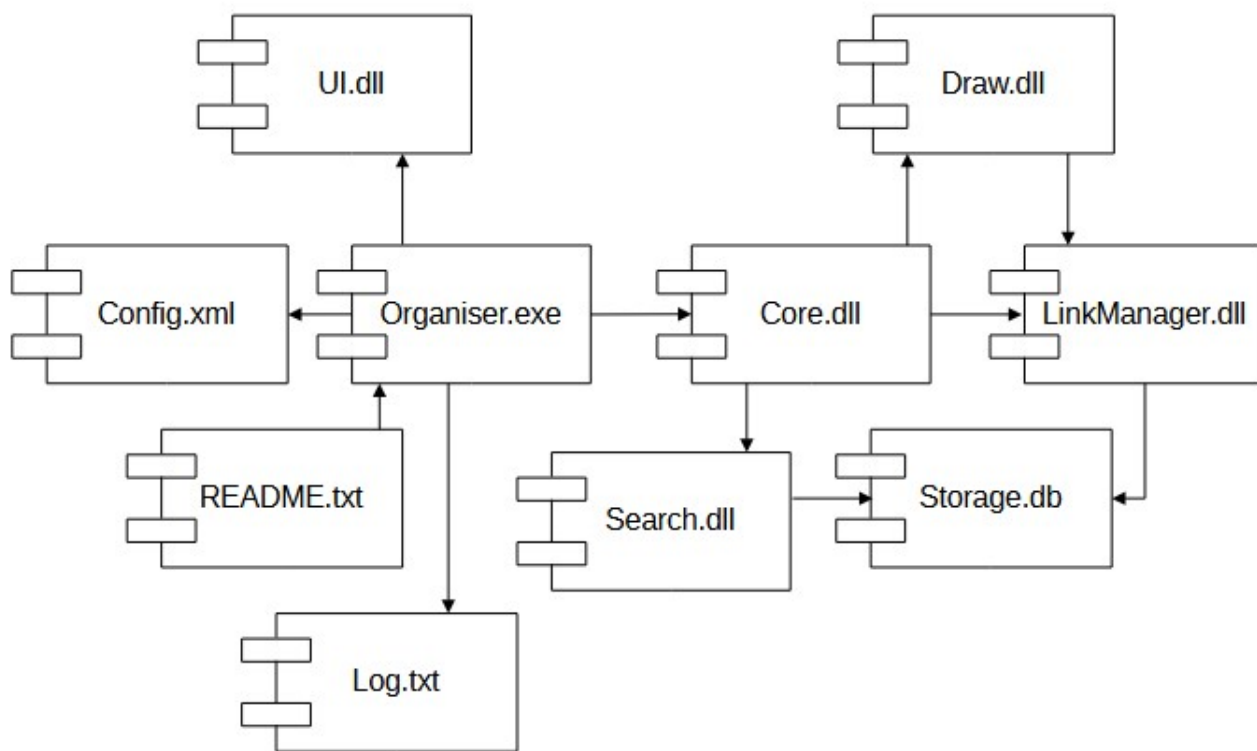


Рис. 3. Диаграмма компонентов исполняемых файлов

В диаграмме компонентов приложения управления персональными знаниями назначение элементов заключается в следующем:

Organiser.exe – исполняемый файл основного приложения, который служит точкой входа в систему, инициализирует все модули организера и обеспечивает взаимодействие между компонентами через единый пользовательский интерфейс.

Core.dll – динамически подключаемая библиотека ядра системы, которая содержит бизнес-логику приложения, модели данных для заметок и связей, а также обеспечивает координацию работы между всеми специализированными модулями системы. Представляет собой центр всей архитектуры.

Ui.dll – динамически подключаемая библиотека пользовательского интерфейса, которая содержит компоненты для отображения редактора заметок, главного меню и панели навигации, реализованные с использованием WPF/XAML технологий.

LinkManager.dll – динамически подключаемая библиотека управления связями, которая содержит алгоритмы создания и анализа гиперссылок между заметками, обеспечивает построение графа знаний и предлагает интеллектуальные рекомендации по установлению новых связей.

Search.dll – динамически подключаемая библиотека поискового движка, которая реализует полнотекстовый поиск по базе знаний, поддерживает фильтрацию по тегам и датам, а также обеспечивает быстрое индексирование нового контента.

Draw.dll – динамически подключаемая библиотека визуализации, которая содержит компоненты для отрисовки интерактивного графа знаний, реализует алгоритмы автоматического размещения узлов и обеспечивает плавную анимацию переходов между элементами.

Storage.db – файл базы данных SQLite для хранения всей информации системы, который содержит структурированные данные заметок, связей и метаданных, обеспечивает транзакционность и целостность данных.

Config.xml – файл конфигурации системы, который содержит настройки темы оформления, параметры синхронизации, пользовательские горячие клавиши и позволяет гибко настраивать поведение приложения без перекомпиляции.

Log.txt – журнал событий, который записывает информацию о работе системы, ошибках синхронизации и действиях пользователя для последующего анализа и отладки проблем.

README.txt – документация, которая содержит руководство по использованию системы "Второй Мозг", описывает методики организации знаний и предоставляет справочную информацию по основным функциям.

Централизованная архитектура приложения проявляется в том, что все основные модули системы будут взаимодействовать через единое ядро (Core.dll), которое управляет данными, логикой и координацией между компонентами. Всё будет функционировать в рамках локальной среды пользователя с чётко выраженным центром управления — ядром системы.

Ключевые аспекты централизованности:

- Единая точка входа — приложение запускается через Organiser.exe, который инициализирует все компоненты.

- Единое хранилище данных — все заметки, связи и настройки хранятся в одном файле Storage.db.
- Единый конфигурационный файл — Config.xml управляет настройками всей системы.
- Отсутствие зависимости от интернета — все операции выполняются локально, что обеспечивает автономность и скорость работы.

Таким образом, централизованная архитектура обеспечивает целостность, простоту развёртывания и высокую степень контроля над данными и процессами.

Реализация и внедрение данной смоделированной системы приложения для управления персональными знаниями позволит:

- обеспечить удобную организацию записанной информации, за счёт системы гиперссылок и просмотра полной мысленной цепи.
- минимизировать дублирование информации, за счёт обеспечения удобного представления информации в виде графического отображения как карту знаний.
- уменьшить информационную нагрузку на пользователя, и увеличить скорость поиска информации за счёт фильтрации, категоризации, и системы тегов.
- увеличить скорость обработки запросов за счёт локального хранения и обработки данных без зависимости от интернет-соединения и внешних серверов.
- обеспечить безопасность и конфиденциальность данных за счёт того, что вся информация хранится локально и не передается третьим лицам.

### ***Библиографический список***

1. Как метод «второго мозга» помогает в жизни // статья РБК от 16.03.2024 <https://trends.rbc.ru/trends/social/620393859a7947e531dafbcc> (дата обращения: 19.10.2025)
2. The AI workspace that works for you. Notion is where teams, tools, and agents come together to get everything done faster. // сайтпроекта Notion <https://www.notion.com/>. (датаобращения: 20.10.2025)
3. Sharpen your thinking. The free and flexible app for your private thoughts. // сайтпроекта Obsidian <https://obsidian.md/>. (датаобращения: 20.10.2025)
4. Токарев Н.М. Лекции Проектирование с использованием UML диаграмм учебное пособие для студентов высших учебных заведений всех форм обучения направления 09.03.02 Информационные системы и технологии / Токарев Н.М – 131 с.
5. Токарев Н.М., Баранова А.В., Ямпурин Н.П. Методы и средства проектирования информационных систем и технологий учебное пособие по лабораторному практикуму для студентов высших учебных заведений всех форм обучения направления 09.03.02 Информационные системы и технологии / Токарев Н.М., Баранова А.В., Ямпурин Н.П., 2017 г.– 131 с.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ОНЛАЙН-КОНФИГУРАТОРА АВТОМОБИЛЕЙ КОМПАНИИ «НИЖЕГОРОДЕЦ ВОСТОК»

*А.А. Сагин*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, студент  
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; e-mail: [sagin\\_artem83@mail.ru](mailto:sagin_artem83@mail.ru)  
Научный руководитель: Жидкова Н.В., к.т.н, доцент, [zhidkova-arz@yandex.ru](mailto:zhidkova-arz@yandex.ru)

*В статье представлена модернизация онлайн-конфигуратора автомобилей. Описаны методы разработки, разработана структура web-ресурса, разработана главная диаграмма прецедентов и функциональная декомпозиция диаграммы IDEF0, проведены расчеты и оценки ее эффективности. Полученные результаты могут быть использованы для разработки приложений схожей тематики.*

**Ключевые слова:** *конфигуратор комплектации автомобилей, автомобили, модернизация сайта, схемы, диаграммы.*

В современном мире корпоративный сайт является мощным многофункциональным инструментом, ключевым звеном между бизнесом и клиентами. Каждая страница сайта содержит полезную информацию для пользователя. Отображение происходит с помощью языков разметки и программирования таких как HyperTextMarkupLanguage (HTML), JavaScript (JS), CascadingStyleSheets (CSS). Верстальщик пишет файл, который обрабатывается браузером, и пользователь видит текст, картинки, ссылки.

Сайт компании «Нижегородец Восток» предоставляет клиентам информацию о своей деятельности, а также осуществляет клиентскую поддержку и помощь с выбором автомобилей. Присутствуют контактные данные и информация о проводимых акциях [1].

Проект модернизации будет включать создание и написание конфигуратора для визуальной сборки комплектации автомобиля для различных условий эксплуатации. Конфигуратор будет размещен на сайтах автосалона «Нижегородец Восток» в отдельной вкладке. После удачной сборки конфигурации клиентом, данный автомобиль будет собрана в выбранном филиал автосалона.

Цель модернизации: повышение продаж автомобилей путем точного конфигурирования комплектации под нужды клиента.

Задачи модернизации:

– возможность выбора дополнительных опций к автомобилю, не приходя в автосалон;

- возможность проведения онлайн оплаты;
- возможность самостоятельной сборки комплектации автомобиля клиентом.

Карта сайта отображается в виде блок-схемы (рис. 1). На рис. 1 каждая страница отображается отдельным прямоугольником.

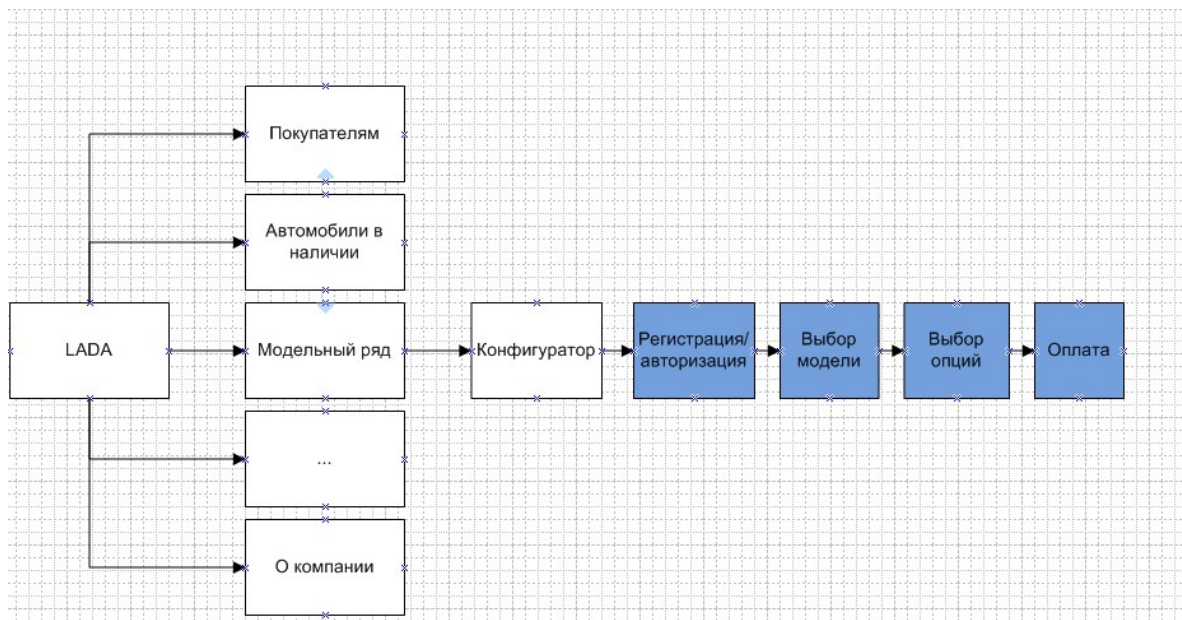


Рис. 1. Структура web-ресурса

Далее представлена главная диаграмма прецедентов на рис.2.

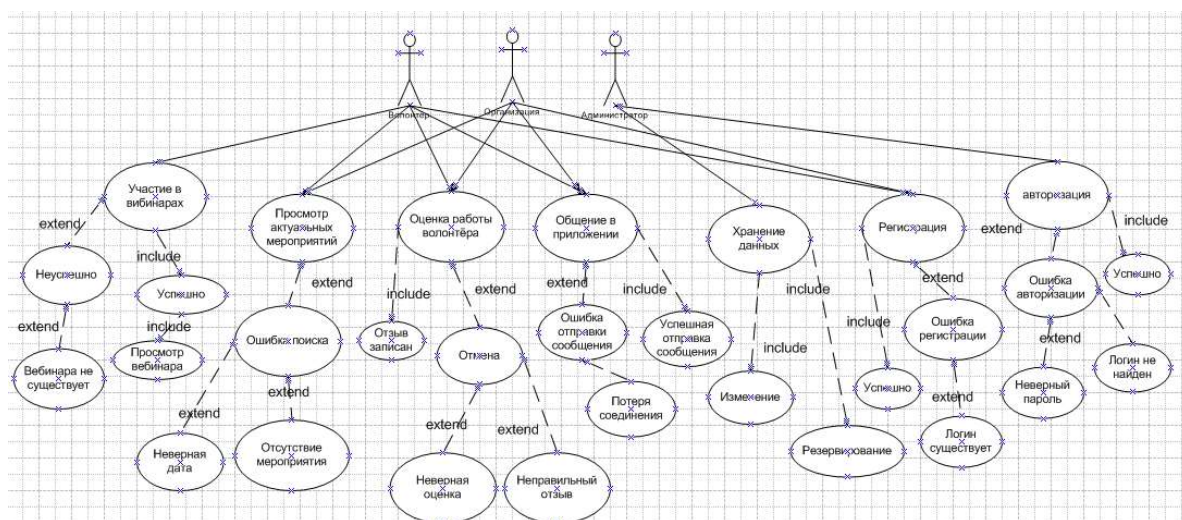


Рис. 2. Главная диаграмма прецедентов

Диаграмма прецедентов является главным визуальным средством представления новых функций системы. Она содержит все прецеденты, которые показывают, как система будет взаимодействовать с внешней средой, и какие

действия будет выполнять. Таким образом, главная диаграмма прецедентов играет важную роль в проектировании и разработке системы.

В IDEF0 система представляется как совокупность взаимодействующих работ или функций. Такая чисто функциональная ориентация является принципиальной – функции системы анализируются независимо от объектов, которыми они оперируют. Это позволяет более четко смоделировать логику и взаимодействие процессов организации.

К сайту были предъявлены следующие требования:

- интерфейс: удобный и интуитивно понятный интерфейс, обеспечивающий легкость навигации;
- скорость работы: время загрузки страниц не должно превышать двух секунд;
- безопасность данных: защита личной информации пользователей с использованием современных методов шифрования;
- мобильная версия: приложение должно быть доступно как на мобильных устройствах, так и на десктопах.

На рис. 3 представлена функциональная декомпозиция диаграммы IDEF0.

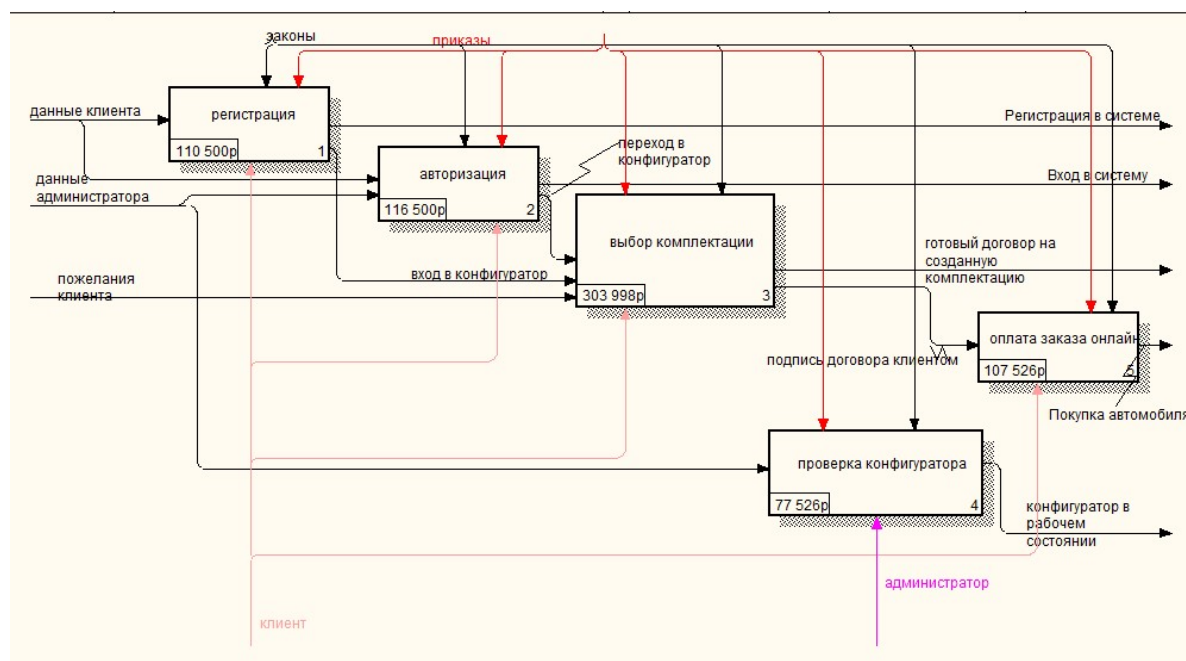


Рис. 3. Функциональная декомпозиция диаграммы IDEF0

Общая функция разбивается на более мелкие подфункции. Этот процесс называется функциональной декомпозицией. Затем каждая подфункция декомпозируется на мелкие. Таким образом, формируется диаграмма IDEF0 [2].

Учитывая технические требования и проанализировав аналоги, были выявлены минимальные технические требования [3]:

- 64-разрядный процессор с тактовой частотой 2,8 ГГц;

- модули оперативной памяти типа DDR3 и объемом 16 ГБ;
- жесткий диск типа SSD емкостью 1 ТБ;
- видеокарта с частотой графического процессора 1020 МГц или аналогичная;

- встроенная сетевая карта;
- монитор с разрешением дисплея 1920×1080 пикселей;
- подключенные периферийные устройства;
- стабильное подключение к интернету и локальной сети организации.

Требования к серверу базы данных(БД) системы:

- 64-разрядный процессор с тактовой частотой 3 ГГц;
- модули оперативной памяти типа DDR3 и объемом 128 ГБ;
- жесткий диск типа HDD емкостью 2 ТБ.

Особых требований к программному обеспечению компьютера пользователя не предъявляется. Для функционирования клиентской части на АРМ пользователя должен быть установлен веб-браузер: на базе 64-х разрядных (x64); GoogleChrome не ниже 89.0.4389.114; MozillaFirefox не ниже 96.0.3.

Вид интерфейса должен быть удобным и понятным пользователю. Размеры шрифта должны быть от 16 до 24. Шрифт TimesNewRoman. Графические элементы не должны мешать тексту. Кнопки для выбора должны быть больше, чем шрифт написанного текста.

К защите от ошибочных действий пользователей предъявляются следующие требования:

- должна быть система разграничения доступа по ролям;
- для снижения ошибочных действий пользователей должен быть разработан удобный дизайн страницы конфигуратора;
- шифрование должно происходить через протокол безопасной передачи данных в интернете(HTTPS);
- для восстановления состояния системы после сбоя должна присутствовать система резервного копирования.

Разработанный проект модернизации сайта с возможностью интерактивного конфигурирования характеристик автомобиля представляет собой стратегически обоснованное и необходимое решение, позволяющее решить несколько важных задач:

- повышение клиентской вовлеченности, где интерактивный процесс сборки автомобиля формирует связь клиента с брендом;
- персонализацию предложений компании за счет адаптации товара под запросы различных ценовых сегментов, тем самым максимально расширяя целевую аудиторию;
- автоматизацию продаж, что облегчает дальнейшую работу менеджеров.

Таким образом, реализация данного проекта модернизации конфигуратора

позволит компании не только соответствовать текущим тенденциям цифрового сообщества, но и создать значительное конкурентное преимущество, повысить лояльность клиентов и в конечном итоге стимулировать рост продаж.

### *Библиографический список*

1. Сайт «Нижегородец». Официальный дилер LADA в Нижнем Новгороде, Арзамасе и Саранске [Электронный ресурс]. – URL: <https://arz.nnmotors.lada.ru>. - (дата обращения: 19.10.2025).
2. Сайт GeeksforGeeks. О UML-диаграммах [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.geeksforgeeks.org>. - (дата обращения: 22.10.2025).
3. Сайт SystemAnalystBase. О методах анализа [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.system-analyst-base.ru>. - (дата обращения: 20.10.2025).

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БАЗОЙ ДАННЫХ НА ПЛАТФОРМЕ 1С:ПРЕДПРИЯТИЕ

*Е.Д. Филина*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, магистрант  
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д. 19; e-mail:

[katya.malynina@yandex.ru](mailto:katya.malynina@yandex.ru);

Научный руководитель: Рябов А.В., к.т.н., доцент, [anton.v.ryabov@gmail.com](mailto:anton.v.ryabov@gmail.com)

*В статье рассматривается важность автоматизации торговых процессов для малых предприятий в условиях современной экономики. Представлена разработанная система управления базой данных магазина на платформе 1С, включающая анализ бизнес-процессов, моделирование потоков данных и физическую модель базы данных, а также результаты функционального тестирования, подтверждающие корректность работы системы.*

***Ключевые слова:** ERP-системы, 1С:Предприятие, бизнес-процессы, моделирование данных, база данных, функциональное тестирование*

В настоящее время малые торговые компании играют важную роль в экономике РФ, особенно в условиях растущей конкуренции. Удовлетворенность клиентов становится ключевым фактором для долгосрочных отношений, а ее достижение напрямую связано с автоматизацией торговых процессов.

Автоматизация торговли – это не просто внедрение кассовых систем и сканеров, а создание интеллектуального центра, который собирает, анализирует и предоставляет данные для управления складом, отслеживания динамики товаров и оптимизации запасов. Кроме того, она оптимизирует работу персонала, автоматизируя рутинные задачи и формируя отчеты.

Современное торговое предприятие не может функционировать без автоматизированных комплексов управления. Корпоративные информационные платформы (ERP) интегрируют бизнес-операции. Однако, они часто имеют высокую стоимость. Внимание нужно обратить на уникальные архитектуры, формируемые с учетом анализа организационной структуры.

Среди ERP-платформ выделяются «Галактика», «Парус», SAP и Microsoft Dynamics Axapta. В табл. 1 отражены основные сравнительные характеристики данных систем.

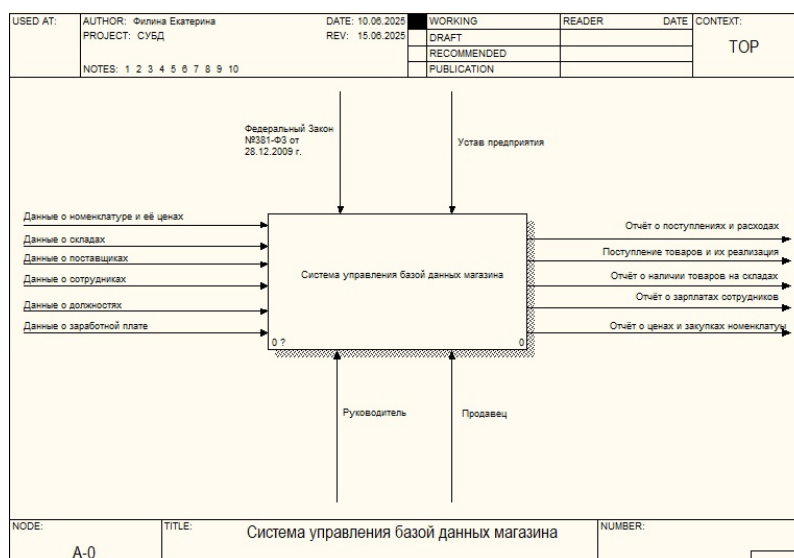
**Таблица 1**  
**Сравнение систем разработки**

Параметры	Галактика	Парус	SAP	1С:Предприятие
Возможность доработки	нет	нет	Возможна ,но трудоемка	есть
Интерфейс	Сложный	Приемлемый, однако, имеются некоторые недостатки	Интуитив но понятный и приятный для работы	Интуитивно понятный приятный для работы
Масштабируемость	Возможность построения и использования любой конфигурации	Хорошо работает как в однопользовательском режиме, так и обслуживая рабочую группу до сотен пользователей	хорошая	Хорошая, позволяет работать как в файловом варианте, так и с использованием технологии «клиент-сервер».
Поддержка СУБД	Oracle, Pervasive , MSSQL	Oracle, MSSQL Server или PostgreSQL	Oracle	файловая, Microsoft SQL Server, PostgreSQL, IBM DB2, Oracle Database
Внедрение	4 месяца–1,5 год и более	4 месяца–1 год и более	4 месяца–1 год и более	3-9 месяцев и более

Таким образом, платформа 1С:Предприятие является лидером среди внедрённых на территории России ERP-систем, что объясняется её всесторонней адаптивностью и масштабируемостью для разнообразных организационных структур. Инструментарий, реализованный в рамках конфигурации на основе данной платформы, позволяет достигать уровня автоматизации и функционального охвата, сравнимого с наиболее продвинутыми отечественными интегрированными решениями.

Особое значение приобретает тщательное изучение структуры бизнес-процессов, так как определение специфики и взаимодействия внутренних механизмов предприятия обуславливает успешность проектирования системы. Именно формализация и аналитическое описание действующих процессов становятся определяющим элементом в построении эффективных систем управления.

Декомпозиция модели процессов автоматизированной системы «Система управления базой данных магазина» представлена на рис. 1.



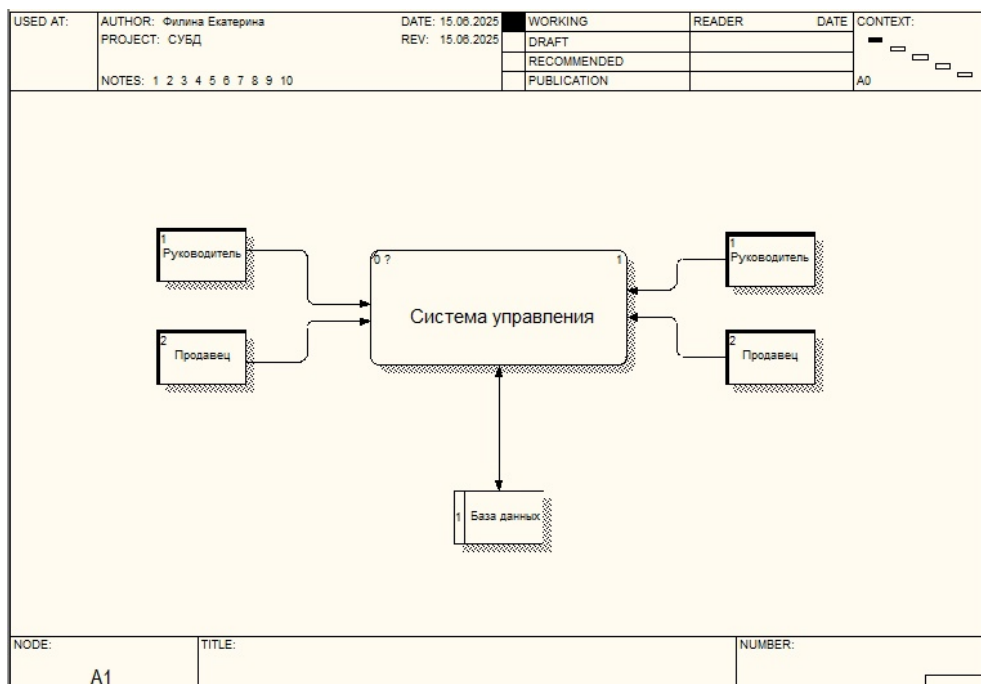
**Рис.1. Контекстная диаграмма**

Применение DFD-диаграмм обеспечивает углубленное исследование архитектуры информационных процессов и способствует аналитическому осмыслению структуры потоков данных. При необходимости разъяснения сложной организации бизнес-процессов в рамках документооборота информационной среды целесообразно прибегать к сочетанию DFD и модели IDEF0, поскольку эта совокупность инструментов допускает более четкую реконструкцию алгоритма функционирования процедур. Использование DFD позволяет формализовать как этапы перемещения информации, так и действия, связанные с ее обработкой, трактуя исследуемую систему как граф интегрированных между собой этапов. Графическое отображение потоков включает иллюстрацию пунктов отправки и приема сведений извне, каналов циркуляции данных, а также элементов, выполняющих функции хранения информации, с которыми осуществляется обмен.

Главным процессом является работа системы управления базой данных. Внешними сущностями являются руководитель и продавец. Контекстная диаграмма представлена на рис. 2.

Доступ к информации, касающейся финансовых потоков, товарной номенклатуры, складских помещений и их текущего баланса, реализован посредством интегрированной системы управления. Пользовательское взаимодействие с данными достигается посредством двунаправленного обмена между программным обеспечением и базой данных: программа осуществляет передачу записей в хранилище и выполняет извлечение необходимой

информации для поддержания её релевантности и непрерывной доступности для всех категорий пользователей [1].



**Рис. 2. Контекстная диаграмма потоков данных**

Детальная структура физической модели базы данных включает в себя описание сущностей, реализуемых посредством объектов конфигурации, используемых в 1С; здесь находят отражение правила наименования, используемые форматы данных, а также иные параметры регламентации [2]. Собственно физической реализации соответствует совокупность конфигурационных компонентов, определённых в среде 1С.

В ходе этапа детального физического конструирования были определены и реализованы шесть подсистем, двенадцать справочников, восемь разновидностей документов, шесть регистров сведений, четыре регистра накопительного характера, пять различных видов отчётности и одна обработка. При построении информационной структуры 1С автоматически генерирует таблицы данных и организует между ними связи, обеспечивая целостность и логику функционирования информационного комплекса.

Ниже представлены основные объекты конфигурации, в скобках указаны типы и значения данных, хранящихся в них.

#### 1. Подсистемы.

Информация О Программе – хранит данные о наименовании конфигурации и о её авторе.

НСИ – здесь хранятся все справочники и регистры сведений.

Закупки – содержит документы заказов, закупок и поступлений товаров на склады организации. Также здесь хранится обработка печатной формы.

Продажи – содержит документы заказов, закупок и поступлений товаров на склады организации.

Отчёты – выводит все доступные для формирования и отображения отчеты, которые необходимы при работе.

Казначейство – хранит данные об окладах сотрудников, приходный и расходный кассовый ордера, цены номенклатуры, курсы валют.

## 2. Справочники.

Склады – для учета складов и их адресов.

Номенклатура – для записи товаров и услуг, которые есть в организации.

Организации – для записи компаний, отгрузки и поступления товаров.

Партнёры – для ведения списка партнёров.

Ответственные Лица – для записи контактных лиц компаний-партнёров.

Валюты – для установления валюты стоимости на товары и услуги.

Сотрудники – для ведения списка сотрудников.

Виды Цен – для установления оптовой или розничной цен на номенклатуры.

Кассы Организации – для учета касс поступления и реализации номенклатуры.

Дети Сотрудников – для записи детей сотрудников, работающих на предприятии.

Должности – для сопоставления сотрудника и занимаемой им должности.

Подразделения – для учета подразделений, имеющих на предприятии.

## 3. Документы.

Заказ Поставщику – формирует движение по заказам поставщикам.

Поступление Товаров И Услуг – регистрирует поступления на склады номенклатуры от поставщиков.

Расходный Кассовый Ордер – учитывает расходы касс на продукцию.

Реализация Товаров И Услуг – регистрирует проданные номенклатуры.

Приходный Кассовый Ордер – учитывает поступления в кассу от клиентов.

Установка Окладов – прописывает оклады сотрудников предприятия табличной частью «ОкладыСотрудников».

## 4. Регистры.

Регистр сведений Цены Номенклатуры – хранит информацию о ценах на товары.

Регистр сведений Оклады Сотрудников – хранит информацию о заработной плате.

Регистр сведений Штрихкоды – для установки штрихкода товара.

Регистр сведений Курсы Валют – устанавливает курс на определенный период.

Регистр сведений Дети Сотрудников – сопоставляет сотрудников и их детей, сопоставляя их данные из справочников.

Регистр сведений Кадровая История Сотрудников – отображает сотрудника, подразделение и его должность.

Регистр накопления Товары На Складах – учитывает остатки на складах организации.

Регистр накопления Закупки – регистрирует количество товаров для заказа.

Регистр накопления Продажи – регистрирует количество реализованных товаров и услуг.

Регистр накопления Денежные Средства В Кассах – фиксирует остатки денег в кассах организации.

## 5. Отчёты.

Остатки Товаров На Складах – выводит данные об остатках номенклатуры.

Продажи Со Штрихкодами – выводит на экран стоимость товаров и услуг и штрихкоды на них.

Кадровые Данные Сотрудников – отображает подразделения и оклады сотрудников, а также даёт возможность выбора даты начала формирования отчёта.

Цены Номенклатуры – выводит на экран всю номенклатуру и цены на неё.

Закупки Номенклатуры – показывает общие закупки номенклатуры у разных поставщиков за определённый период времени. Также даёт возможность выбора поставщика из выпадающего списка.

## 6. Обработки.

Печать Распоряжений На Оплату – помогает сформировать печатную форму документа распоряжения о выдаче наличных на основании расходных кассовых ордеров.

Стартовая страница работы, появляющаяся при открытии 1С:Предприятия, представлена на рис. 3.

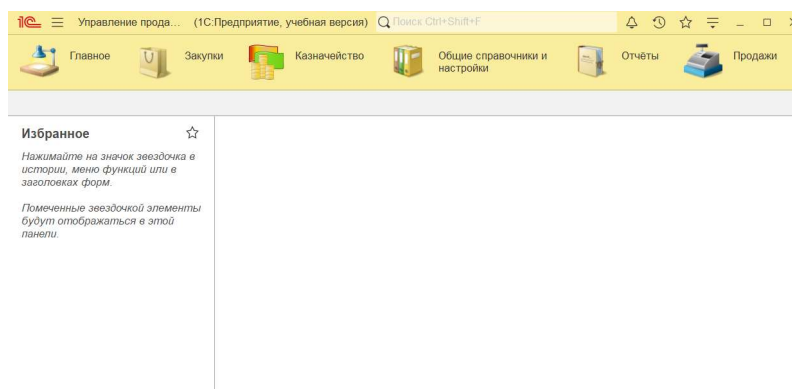


Рис.3. Главное окно режима «1С:Предприятие»

Работая с различными разделами системы, пользователь получает доступ к соответствующим наборам документов, регистров и справочников, которые размещаются в каждой из подсистем. Функциональность модуля «Закупки» предусматривает открытие документов, относящихся к закупочной деятельности, среди которых отображаются «Заказ поставщику», «Закупка товаров», «Поступление товаров и услуг»; дополнительно реализована сервисная опция по формированию распорядительных документов для осуществления оплаты посредством обработки «Печать распоряжений на оплату».

В разделе «Казначейство» реализованы инструменты финансового управления: здесь допускается формирование и корректировка курсов валют, определение видов цен, настройка кассовых аппаратов и счетов предприятия, а также ввод и редактирование ставок заработной платы сотрудников и параметров товарной номенклатуры; для документального оформления финансовых потоков предусмотрено заполнение приходных и расходных кассовых ордеров.

Раздел «Общие справочники и настройки» структурирует наиболее значимые справочники, такие как «Организации», «Номенклатура», «Склады», «Дети сотрудников», «Должности», «Кадровая история сотрудников», «Кассы организации», «Ответственные лица», «Партнеры», «Подразделения», «Сотрудники», «Штрихкоды», а также объединяет сведения о детях сотрудников в соответствующем регистре сведений. Модуль «Сервис» демонстрирует идентификацию творца и наименование используемой конфигурации. Все объекты справочной информации допускают введение новых позиций, их модификацию и запись данных. В информационном регистре обеспечивается связь между сотрудниками предприятия и личными данными их детей.

Перейдя во вкладку «Отчеты», пользователь сталкивается с аналитическими формами, охватывающими разнообразные направления деятельности: продажи, закупки, кадровые изменения, остатки запасов, ценообразование товаров. Каждая отчетная форма позволяет индивидуализировать структуру отображения (например, представление в виде таблицы, основного списка или сгруппированного перечня) наряду с выбором временного интервала.

Журнал документации по реализации продукции собран во вкладке «Продажи»; здесь детализированы все зарегистрированные документы, связанные с продажной активностью: реализации товаров, оформления заказов, фиксация ключевой информации (указание даты, регистрационного номера, категории документа, покупателя, склада и итоговой стоимости).

Процедура оценки корректности работы системы реализована с использованием техники функционального тестирования метода «чёрного

ящика», ориентированной на обнаружение недочетов при пользовательском взаимодействии с приложением. Основная задача эксперимента состоит в фиксации возможных ошибок, распределенных по следующим видам: отсутствие либо неправильная реализация функций, нарушения в интерфейсе, недостаточная производительность, сбои в операционных процессах, проблемы, связанные с запуском и завершением работы, обработкой, хранением и визуализацией информации. Как показала практика тестирования, сбои или отклонения функционального характера не выявлены – программный продукт обеспечивает соответствие заданным требованиям при эксплуатации, как в режиме программиста, так и с позиции конечного пользователя.

### ***Библиографический список***

1. Радченко М.Г. 1С:Программирование для начинающих. Детям и родителям, менеджерам и руководителям. Разработка в системе 1С:Предприятие 8.3 / М.Г. Радченко, 2017. – 589 с.
2. Хрусталева Е.Ю. Язык запросов 1С:Предприятия 8 / М.: ООО «1С-Публишинг», 2013. – 369 с.

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОПОДОБНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОДНОЗВЕННОЙ СИСТЕМОЙ С НЕИДЕАЛЬНЫМИ АКТУАТОРАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

*Л.С. Харитонов*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, магистрант  
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, e-mail: leo.khariton@yandex.ru  
Научный руководитель: Пакшин П. В., д. ф.-м. н., профессор,  
pakshinp@mail.ru

*В статье рассматривается разработка модели биоподобного управления однозвенной системой с неидеальными актуаторами-мышцами. Модель функционирует в условиях неопределённости и использует в качестве наблюдения информацию качественного (неколичественного) типа. Для управления актуаторами, имеющими нелинейную динамику и инерционность, модель формирует импульсы, имитируя управление биологическими мышцами. Моделирование реализовано в физической среде MiJoCo. Адаптивный подбор коэффициентов модели осуществляется с помощью нейросетевого алгоритма, обученного с подкреплением. Статья может быть интересна специалистам в области мягкой робототехники, разработки протезов, экзоскелетов, а также компьютерной анимации.*

**Ключевые слова:** биоподобное управление; имитационное моделирование; управление в условиях неопределённости; мягкая робототехника; нейросетевое управление; обучение с подкреплением; биомеханика; MiJoCo.

Множество инженерных решений было вдохновлено живой природой: изобретение самолёта – полётом птиц, солнечных панелей – листьями и фотосинтезом. В свою очередь, биологические науки всё активнее применяют методы математического и компьютерного моделирования. Ярким примером этого является знаменитая ИИ-система AlphaFold (от компании DeepMind), с помощью которой были предсказаны трёхмерные структуры почти всех известных науке белков, хотя ранее расшифровка структуры одного белка заслуживала диссертационного исследования.

Изучение двигательной активности живых организмов давно привлекает внимание исследователей. С эволюцией моторики учёные часто связывают эволюцию нервной системы и мозга. Живые существа демонстрируют удивительную способность управлять движениями тела с высокой точностью и устойчивостью, достигая самых разнообразных целей. При этом организмы сталкиваются сразу с несколькими типами неопределённостей, нелинейностей и задержек. Более того, организм не обладает точными данными о параметрах

управляемого объекта (к примеру, неизвестны моменты инерции звеньев скелета), неспособен обучиться практически любым двигательным навыкам методом проб и ошибок, даже в ситуациях, с которыми ранее не сталкивались ни он сам, ни его предки.

Традиционные подходы к изучению и моделированию движений человека и животных базируются на экспериментальных данных и уравнениях обратной кинематики. Однако маловероятно, что живые организмы используют обратные кинематические уравнения для управления своими движениями из-за их сложности и недостатка исходных данных для их решения.

Развитие биомиметики и вдохновение живыми системами привели к возникновению нового направления – мягкой робототехники (англ. *softrobotics*). Эта инновационная область посвящена разработке и управлению роботами из гибких, податливых материалов, подобных тканям живых организмов [6]. В отличие от традиционных роботов, изготовленных из жёстких материалов, мягкие роботы могут деформироваться, адаптироваться к окружающей среде и безопасно взаимодействовать с живыми тканями. Это открывает перспективы для применения в медицине [4] и других областях, где жёсткие роботы оказываются неэффективными. Уже создано несколько прототипов искусственных мышц [1].

В связи с изложенным вопросы адаптивного управления системами с ограниченной информацией, в том числе с помощью искусственных мышц, являются актуальными.

Научная новизна работы заключается в разработке биоподобной симуляции, где управление осуществляется не с помощью классических регуляторов, а путём имитации нервных импульсов с использованием качественной (неколичественной) обратной связи.

Практическая значимость исследования заключается в возможности применения результатов работы в области разработки протезов и экзоскелетов, создания искусственных конечностей, мягкой робототехники, а также управления непредсказуемыми системами и компьютерной анимации.

Целью работы является разработка имитационной модели биоподобного управления однозвенной системой с неидеальными актуаторами-мышцами в условиях неопределённости.

**Некоторые физиологические аспекты двигательной активности.** Основания физиологии двигательной активности заложил отечественный нейрофизиолог Н. А. Бернштейн. Идеи этого учёного во многом опередили ряд положений кибернетики: именно Бернштейн одним из первых чётко сформулировал понятие обратной связи в физиологии.

В основе движений – сокращения мышечных волокон, инициируемые импульсами мотонейронов (МН) центральной нервной системы (ЦНС). Совокупность мышечных волокон, управляемых одним МН, называется

двигательной единицей (ДЕ). Каждая мышечная клетка управляется только одним МН, но один МН может иннервировать несколько мышечных волокон, в зависимости от точности движения. При поступлении импульса все волокна ДЕ синхронно сокращаются на ~200 мс.

Мышечное веретено состоит из множества волокон двух типов: экстрафузальных (ЭФ) и интрафузальных (ИФ). ЭФ-волокна управляются  $\alpha$ -МН и сокращаются при получении импульса. ИФ-волокна регулируют чувствительность мышцы к растяжению и контролируются  $\gamma$ -МН [3].

Основу обратной связи, необходимой для понимания состояния мышц и чувства позы составляют проприорецепторы – сенсорные системы, преобразующие механическое состояние тела в нейронные сигналы. К ним относятся ИФ-волокна, сухожильные органы Гольджи и суставные рецепторы. Благодаря проприорецепторам возможны реакции на движение, растяжение, вес предметов, прилагаемую силу, положение частей тела в пространстве [3].

Сигналы от проприорецепторов поступают в ЦНС, где формируется ответный импульс для сокращения ДЕ. Совокупность МН, иннервирующих одну мышцу, называется мотонейронным пулом. В его состав могут входить МН разных размеров: крупные (тип IIb) – иннервируют быстрые ДЕ, взаимодействуют с большим числом мышечных волокон, и мелкие (тип I) – иннервируют медленные ДЕ и взаимодействуют с небольшим числом мышечных волокон. Существует и промежуточный тип ДЕ (IIa) [3].

При управлении движением сначала рекрутируется некоторое подмножество мотонейронов из общего пула, а затем регулируется частота их импульсации для достижения устойчивого сокращения (тетануса).

**Математическая модель.** В качестве основной математической модели управления «чёрным ящиком механической природы» была использована модель Пятницкого [2]. В отличие от аналогичных подходов, она базируется на аксиоматическом методе, концепции устойчивости и рассматривает процесс управления движениями в организме как процесс управления энергетическими потоками.

Рассмотрим задачу принятия и удержания позы для однозвенной модели с идеальным цилиндрическим шарниром.

Состояние системы в терминах ошибок управления формализуется вектором  $S = \{\theta, \dot{\theta}\}$ , где  $\theta$  соответствует ошибке по угловой координате, а  $\dot{\theta}$  – ошибке по угловой скорости. В задаче принятия и поддержания позы требуется привести систему в состояние  $S^* = \{\theta^*, \dot{\theta}^*\} = \{0, 0\}$  и далее удерживаться в нём.

В биологических организмах задачи управления движением решаются в условиях существенных неопределённостей. В рамках данной статьи учтём лишь следующие из них:

- невозможность использования точных данных о состоянии объекта управления: известны лишь оценки для  $\theta$ ,  $\dot{\theta}$ ;
- точная модель объекта управления и значения параметров (таких, как момент инерции звена, момент возмущающих сил и др.) неизвестны;
- активные исполнительные органы (актуаторы, мышцы) неидеальны и имеют нелинейную динамику и инерционность;
- параметры системы могут меняться с течением времени.

В соответствии с [2], существует единственный механизм формирования управляющего момента, не требующий использования точной количественной информации, имеющий вид:

$$M^{\pm}(t) = -k_1^{\pm}(t)\text{sign}(\theta(t)) - k_2^{\pm}(t)\text{sign}(\dot{\theta}(t)), \quad (1)$$

где символ « $\pm$ » означает знак  $\theta$  и указывает, какая мышца в антагонистической паре будет задействована. Коэффициенты  $k_{1,2}^{\pm}(t)$  удовлетворяют ограничениям:

$$k_1^{\pm} > k_2^{\pm} + a + b > 2(a + b), \quad k_2^{\pm} > a + b, \quad k_1^{\pm} + k_2^{\pm} \leq h, \quad (2)$$

где:  $a \geq 0$  – максимальный момент внешних возмущающих сил;  $b \geq 0$  – максимальное значение целевого управляющего момента;  $h > 0$  – максимально возможная величина управляющего ресурса.

Целевой управляющий момент (1) можно представить в виде:

$$M^{\pm}(t) = -\left[ k_1^{\pm}(t) + k_2^{\pm}(t)\text{sign}(\theta(t)\dot{\theta}(t)) \right] \text{sign}(\theta(t))$$

Тогда, с учётом представления  $M = |M|\text{sign}(M)$ , направление управляющего момента определяется знаком ошибки по углу, а величина управляющего момента подчиняется закону:

$$|M| = k_1^{\pm}(t) + k_2^{\pm}(t)\text{sign}(\theta\dot{\theta}), \quad \text{sign}(M) = -\text{sign}(\theta) \quad (3)$$

Механизм (1)(или (3)) является нестационарным [2]: коэффициенты  $k_{1,2}^{\pm}(t)$  должны изменяться по закону «мгновенный скачок – монотонное убывание», что соответствует активации мышечных волокон импульсами от  $\alpha$ -МН. Это позволяет биомеханической системе функционировать в скользящем режиме.

В рамках данной модели используем пару актуаторов-антагонистов, работающих без коактивации. Под двигателем мышечного типа будем понимать совокупность ДЕ, активируемых нервными импульсами. Управление таким двигателем сводится к тому, чтобы:

1. Указывать, какой из антагонистов приводится в активное состояние (выбор мотонейронного пула).
2. Задавать количество и тип ДЕ, которые требуется привести в активное состояние (рекрутирование ДЕ из мотонейронного пула).
3. Задавать длительность межимпульсных интервалов активации ДЕ [2].

На рис. 1 изображён теоретический эскиз фазового портрета рассматриваемой системы. Представлена ситуация, когда движение начинается на оси  $\theta$  (т.е. при  $\dot{\theta}=0$ ). Задача обучения движению состоит в том, чтобы привести систему в целевое положение (начало координат), избегая нахождения в I и III квадрантах фазовой плоскости, которые соответствуют растяжению мышцы, или находясь в них как можно меньше времени. Поскольку для управления используется информация не количественного типа, фазовая плоскость  $(\theta, \dot{\theta})$  в пределах рабочего («физиологического») диапазона была разделена на прямоугольники, каждый из которых был пронумерован (рис. 1). Измерению состояния доступны именно индексы прямоугольников, то есть информация качественного типа.

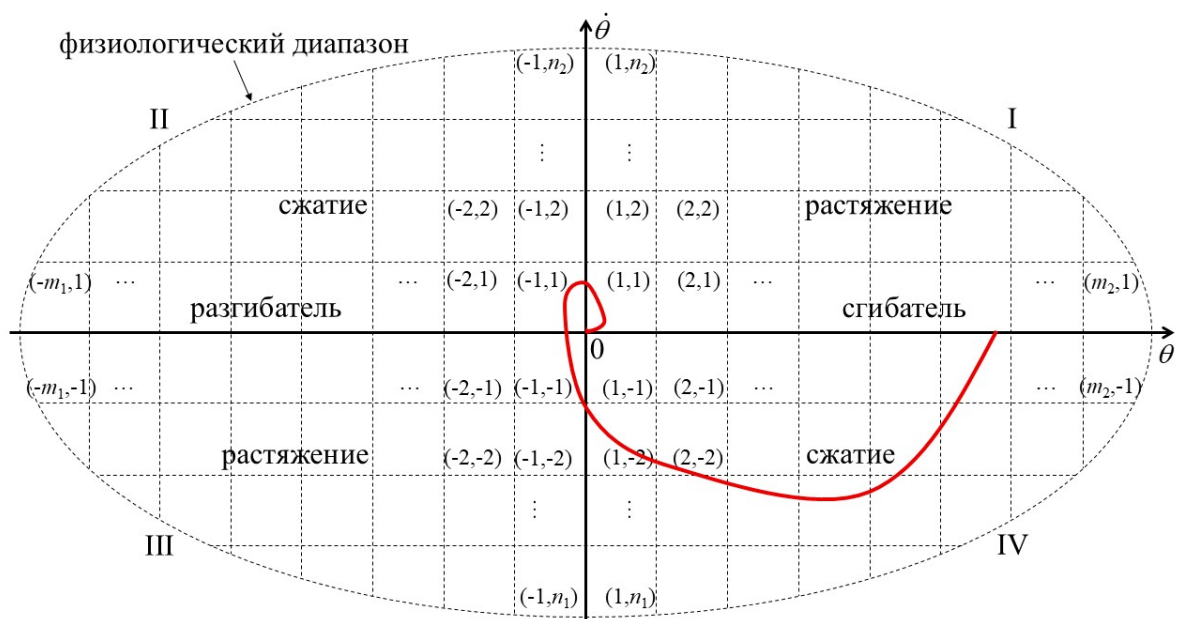


Рис. 1. Теоретический эскиз фазового портрета системы

**Имитационное моделирование.** Перейдём к моделированию управления чёрным ящиком механической природы с использованием двигателя мышечного типа. Для имитационного моделирования была выбрана физическая среда MuJoCo (Multi-JointdynamicswithContact)[8], используемая для задач из области робототехники, биомеханики и обучения с подкреплением. Была разработана XML-модель, имитирующая локтевой сустав у человека (рис. 2). Модель реализована с использованием актуаторов, имитирующих мышцы (*muscle*) и сухожилия (*tendon*), с учётом их нелинейной динамики и инерционности [5]. На систему действует вращательный момент силы тяжести, а на конце звена закреплён грузик, масса которого случайным образом изменяется в процессе симуляции.

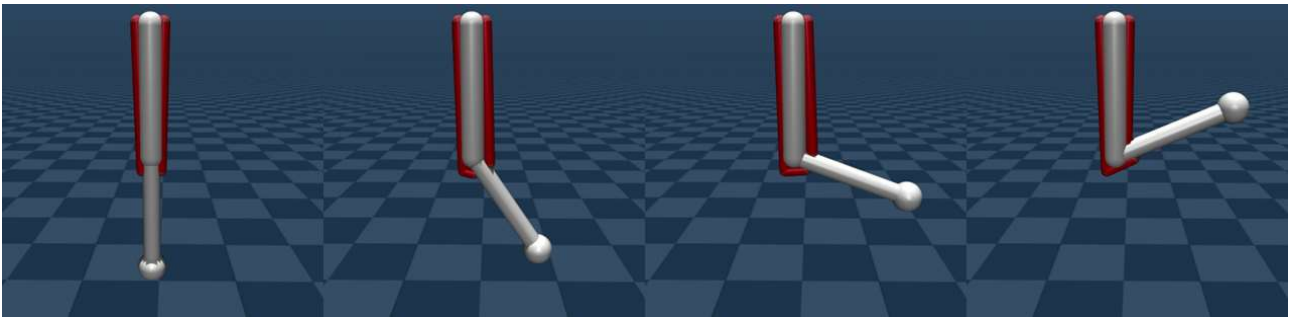


Рис. 2. Кадры анимации движения модели в MuJoCo

Для автоматического адаптивного подбора коэффициентов управляющего момента (3), удовлетворяющих условиям (2) в режиме реального времени, использовалась нейронная сеть с тремя скрытыми слоями по 128 нейронов, обученная с подкреплением за 1000 эпизодов по 1000 временных шагов. Обучение проводилось с использованием Python-библиотеки Stable-Baselines3 и алгоритма Proximal Policy Optimization (PPO) [7].

На вход нейронной сети подаются индексы прямоугольника, в котором в данный момент находится изображающая точка. На выходе сеть определяет, какую мышцу необходимо активировать (сгибатель или разгибатель), а также настраивает количество рекрутированных ДЕ и частоту их активации.

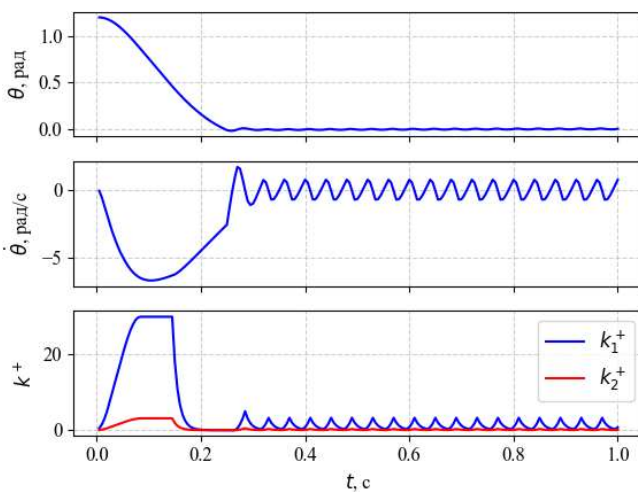


Рис. 3. Графики результатов имитации

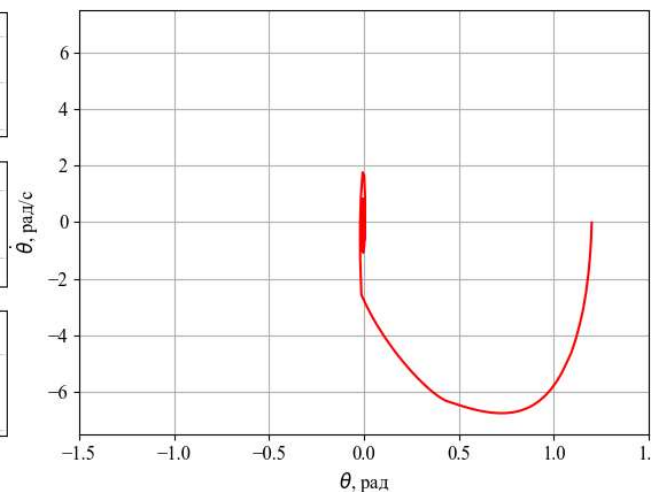


Рис. 4. Фазовый портрет системы

После обучения система стала достигать целевого состояния (поворота на произвольный угол в пределах рабочего диапазона) за  $\sim 0,3$  секунды. Графики переходных процессов  $\theta(t)$ ,  $\dot{\theta}(t)$ , а также динамика коэффициентов  $k_{1,2}^+(t)$  для мышцы-сгибателя представлены на рис. 3. На графике  $k_{1,2}^+(t)$  прослеживаются паттерны, отражающие различные типы мышечных сокращений в физиологии: сначала наблюдается гладкий тетанус, приводящий систему к целевому состоянию, а затем – одиночные сокращения, удерживающие систему вблизи этого состояния. Траектория системы сходится к целевому состоянию и

удерживается в нём в скользящем режиме, что заметно на фазовом портрете (рис. 4). Из-за неидеальности актуаторов, дискретности импульсного управления и работы в скользящем режиме в системе наблюдаются небольшие колебания вокруг целевого состояния, что является имитацией физиологического тремора у живых организмов. Этот эффект теоретически предсказуем [2]. Несмотря на тремор, система сохраняет устойчивость и остаётся вблизи целевого состояния.

Таким образом, в данной работе была рассмотрена биоподобная модель управления движением. Система функционирует в условиях неколичественной обратной связи о состоянии объекта управления, при наличии внешних возмущений, изменяющихся параметров, а также неидеальных актуаторов с нелинейной динамикой и инерционностью. Адаптивная настройка коэффициентов модели осуществляется с помощью нейросетевого алгоритма, обученного с подкреплением. В результате система демонстрирует устойчивое управление в скользящем режиме, сопровождающееся физиологическим тремором, что отражает биологическую реалистичность модели. В перспективе планируется повышение «физиологичности» модели, учёт шумов и задержек в информационной системе, реализация нейроморфного управления на основе импульсной модели нейронной сети, а также рассмотрение управления многосуставной системой.

### *Библиографический список*

1. Искусственные мышцы (обзорная статья) / А. П. Алисейчик, Д. А. Грибков, А. Р. Ефимов, И. А. Орлов, В. Е. Павловский, А. В. Подопросветов, И. В. Хайдукова // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. – 2022. – № 2. – С. 137-161.
2. Пятницкий Е. С. Избранные труды: в 3 т. Том 3. Теоретическая биомеханика. Концепция управления движением в условиях неопределенности. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2006. – 448 с.
3. Солодков А. С., Сологуб Е. Б. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: Учебник. Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Олимпия Пресс, 2005. – 528 с.
4. Herr H. M., Kornbluh R. D. New horizons for orthotic and prosthetic technology: Artificial muscle for ambulation // Proc. SPIE. – 2004. – Vol. 5385: Smart Structures and Materials 2004: Electroactive Polymer Actuators and Devices (EAPAD). – DOI 10.1117/12.544510
5. Learning with Muscles: Benefits for Data-Efficiency and Robustness in Anthropomorphic Tasks / I. Wochner, P. Schumacher, G. Martius, D. Buechler, S. Schmitt, D. F. B. Naefle // arXiv.org. – 2022. – DOI 10.48550/arXiv.2207.03952
6. Rus D. L., Tolley M. Design, fabrication and control of soft robots // Nature. – 2015. – Vol. 521, № 7553. – P. 467-475. – DOI 10.1038/nature14543
7. Stable-Baselines3: Reliable Reinforcement Learning Implementations / A. Raffin, A. Hill, A. Gleave, A. Kanervisto, M. Ernestus, N. Dormann // Journal of Machine Learning Research. – 2021. – Vol. 22. – P. 268:1-268:8.
8. Todorov E., Erez T., Tassa Y. MuJoCo: A physics engine for model-based control // IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. – 2012. – P. 5026-5033.

## АНАЛИЗ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ НЕЙРОСЕТЕВОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ ПСИХИЧЕСКИХ РАССТРОЙСТВ

С.А. Чичварин<sup>1</sup>, Ю.А. Гуськова<sup>2</sup>

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского  
государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,  
<sup>1</sup>студент, <sup>2</sup>ст.преподаватель

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д. 19;

e-mail: chichvarin05@mail.ru, julia.guskova7@yandex.ru

Научный руководитель: Жидкова Н.В., к.т.н., доцент, zhidkova-arz@yandex.ru

*В статье рассматривается концепция мультимодальнойнейросетевой системы, направленная на раннее выявление психических расстройств путем комплексного анализа поведенческих данных.*

***Ключевые слова:** психические расстройства, ранняя диагностика, искусственный интеллект, мультимодальный анализ, нейронные сети, объяснимый ИИ.*

Рост распространенности психических расстройств (ПР) представляет собой одну из ключевых проблем современного здравоохранения. По данным ВОЗ, от различных форм ПР страдают сотни миллионов человек по всему миру. Критическим фактором, определяющим успех терапии, является ранняя диагностика. Однако существующие методы (клинические интервью, опросники) обладают субъективностью, требуют значительных временных затрат и часто выявляют расстройства уже на выраженной стадии.

Современные технологии искусственного интеллекта (ИИ), в частности глубокое обучение, открывают новые возможности для объективного и превентивного скрининга ПР. Анализ цифровых следов человека (тексты в соцсетях, голосовые сообщения, видеозаписи) может выявить тонкие поведенческие маркеры — слабовыраженные маркеры, недоступные для человеческого восприятия при однократном осмотре[1].

В настоящее время разработан ряд коммерческих и исследовательских систем, использующих ИИ для анализа психического состояния. Рассмотрим конкретные примеры, выделяя их ключевые ограничения.

### *1. Системы анализа поведенческих данных*

– «CrispThinking» – это платформа мониторинга социальных сетей для выявления кибербуллинга и суицидальных мыслей у подростков. Основным недостатком является ориентация исключительно на текстовый контент, что не позволяет распознать расстройства, слабо проявляющиеся в письменной речи.

– «Woebot» –чат-бот, применяющий методы когнитивно-поведенческой терапии. Ключевым ограничением считается полная зависимость от самоотчета

пользователя, что повышает риск недостоверных данных из-за недостаточной интроспекции или сознательного искажения информации.

## 2. Системы речевого анализа

– «Kintsugi» – использует машинное обучение для анализа коротких голосовых образцов. Модель выделяет вокальные биомаркеры (темп, тон, паузы) для выявления признаков депрессии и тревоги. Существенным недостатком этой системы является её унимодальность. При целенаправленном изменении голоса пользователем в сторону "бодрости" возможен ложноотрицательный результат, а противоречие между бодрой речью и пессимистичным текстовым контентом остается невыявленным.

– «EllipsisHealth» – анализирует речь пациента во время беседы с врачом, оценивая сложность языка и вокальные характеристики. Главной проблемой выступает отсутствие объяснимости: система выдает оценку тяжести состояния без расшифровки конкретных поведенческих маркеров, что затрудняет ее интеграцию в клиническую практику[7].

## 3. Системы визуального и комплексного анализа

– Исследовательские проекты на основе «Affectiva» / «OpenFace» - используют анализ лицевой мимики для распознавания аффективных состояний. Существенным минусом является низкая экологическая валидность, так как система фиксирует эмоции вне контекста, не отличая клиническую депрессию от ситуативной грусти.

– «WinterlightLabs» – одна из передовых систем, комбинирующая лингвистический и акустический анализ речи. Основным ограничением заключается в том, что визуальный канал данных полностью игнорируется, что сужает возможности для диагностики расстройств с выраженными невербальными проявлениями.

В заключение анализа можно выделить следующие системные недостатки современных ИИ-решений для диагностики ПР:

– Унимодальность анализа – большинство систем работают только с одним типом данных, не учитывая комплексный характер проявления психических расстройств.

– Низкая объяснимость результатов – отсутствие интерпретируемых отчётов снижает доверие специалистов и затрудняет интеграцию систем в клиническую практику.

– Статичность оценки – ориентация на разовый анализ без долгосрочного мониторинга и выявления динамических изменений в состоянии пациента.

– Проблемы с данными – использование недостаточно репрезентативных датасетов, собранных в искусственных условиях, что снижает точность работы систем в реальной клинической практике[6].

В качестве решения предложена концепция мультимодальной нейросетевой системы, которая за счет синергетического анализа текстовых, аудиальных и визуальных данных с применением механизмов внимания способна существенно повысить точность и надежность скрининга. Ключевым преимуществом подхода является не только комплексность, но и ориентация на

клиническую практику: система будет генерировать для врача-психиатра интерпретируемый отчет, выделяя конкретные поведенческие маркеры из каждой модальности (например, снижение эмоциональной окраски текстов, монотонность речи и обеднение мимики), что обеспечит прозрачность и обоснованность результата. Кроме того, за счет долгосрочного мониторинга и анализа динамики данных, система смещает фокус с констатации текущего состояния на прогнозирование развития расстройства, позволяя выявлять негативные тенденции еще до их полной манифестации [2].

Для реализации предложенной концепции предлагается многоуровневая архитектура, состоящая из следующих ключевых модулей:

– Модуль сбора и предобработки данных. Обеспечивает сбор данных с согласия пользователя из различных источников: текстовых сообщений и постов в социальных сетях, аудиозаписей голоса (как в режиме реального времени, так и из заранее записанных сообщений), а также видеопотока с веб-камеры. На данном этапе производится анонимизация данных, очистка от шумов, нормализация аудиосигнала и видеоряда, выделение и выравнивание лиц в кадре.

– Модули «featureextraction» (извлечения признаков):

–Текстовый модуль на основе предобученных языковых моделей (например, RuBERT) будет выделять семантические и синтаксические паттерны: эмоциональную окраску, сложность предложений, наличие лексики, связанной с темами безнадежности, тревоги, одиночества.

– Аудиальный модуль с использованием сверточных (CNN) и рекуррентных (LSTM) нейросетей будет извлекать паралингвистические «features»: частоту основного тона (F0), темп речи, длительность и частоту пауз, уровень джиттера и шимма (меры отклонения голоса).

– Визуальный модуль на основе архитектур для распознавания лиц и поз (например, OpenPose) будет отслеживать активность лицевых мышц (FacialActionCodingSystem — FACS), частоту и длительность зрительного контакта, а также общую двигательную активность.

– Модуль слияния модальностей (FusionModule). Это ядро системы, где производится интеграция векторов признаков из трех модальностей. Для этого предлагается использовать механизм кросс-модального внимания, который позволяет модели динамически определять значимость каждой модальности и даже конкретных признаков внутри них для итогового прогноза. Например, при оценке депрессии больший «внимание» может уделяться монотонности голоса и обеднению мимики, а при оценке тревожности — речевым паузам и двигательному беспокойству.

– Модуль объяснимого ИИ (XAI). На основе работы механизма внимания данный модуль будет генерировать детализированный отчет для клинициста. В отчете будут указаны не только итоговые баллы риска, но и конкретные поведенческие маркеры, повлиявшие на решение: «Высокий риск депрессии. Наиболее значимые маркеры: снижение дисперсии тона голоса на 60% относительно базовой линии, снижение частоты использования слов с

положительной эмоциональной окраской на 45%, увеличение средней длительности пауз в речи до 800 мс, снижение активности лицевых мышц в зоне бровей и лба».

– Модуль долгосрочного мониторинга и прогнозирования. Данный модуль будет отслеживать выделенные признаки в динамике, строя временные ряды для каждого ключевого показателя. Применение методов анализа временных рядов (например, LSTM-сетей) позволит выявлять неблагоприятные тренды, такие как постепенное замедление речи или обеднение словарного запаса, что является критически важным для прогнозирования обострений (рис. 1).

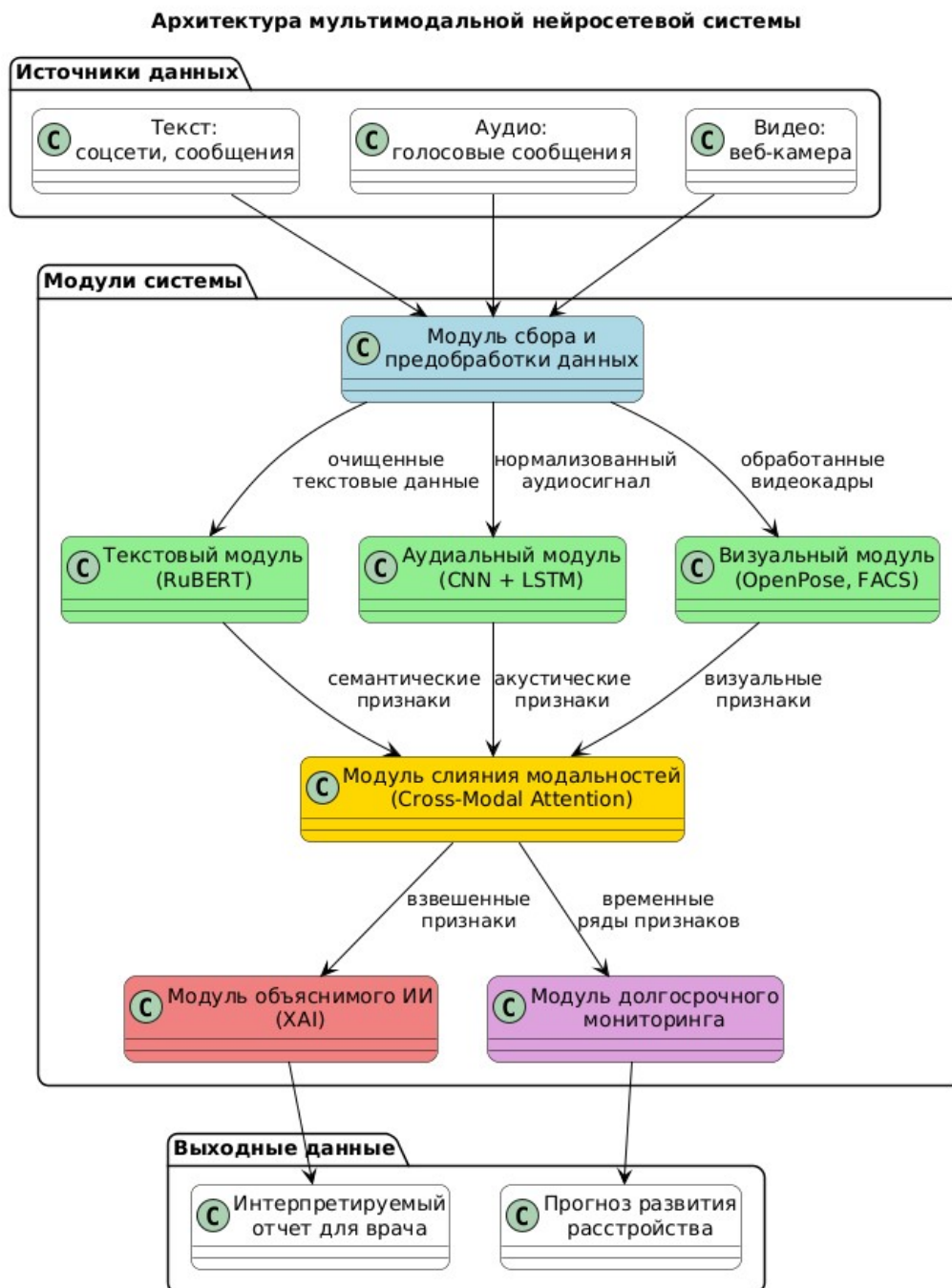


Рис. 1. Архитектура мультимодальной нейросетевой системы

Внедрение предложенной системы позволит перейти от эпизодической диагностики к непрерывному мониторингу психического состояния. Ожидается, что система сможет не только обнаруживать уже сформировавшиеся расстройства, но и предсказывать манифестацию заболеваний у лиц из групп риска с вероятностью, существенно превышающей случайное угадывание [4].

Основным практическим результатом станет создание программного интерфейса (API), который можно будет интегрировать с существующими телемедицинскими платформами и электронными медицинскими картами. Это обеспечит врачу доступ к объективным данным о динамике состояния пациента в периоды между очными визитами.

Таким образом, в статье была проанализирована проблема ранней диагностики психических расстройств и выявлены ключевые недостатки существующих ИИ-решений: унимодальность, низкая объяснимость и статичность оценки. В качестве решения предложена концепция мультимодальной нейросетевой системы, которая за счет интеграции текстовых, аудиальных и визуальных данных, а также использования механизмов внимания и долгосрочного мониторинга, способна обеспечить объективный, превентивный и клинически ориентированный скрининг.

### *Библиографический список*

1. Всемирная организация здравоохранения. Нарушения психического здоровья [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/mental-disorders> (дата обращения: 17.10.2024).
2. Выготский Л. С. Психология развития человека. — М.: Смысл, 2005. — 1136 с.
3. Карпов А.М., Гусев Д.А. Нейронные сети и глубокое обучение: учебное пособие. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2021. – 415 с.
4. Корсакова Н.К., Московичюте Л.И. Клиническая нейропсихология. — М.: Академия, 2003. — 462 с.
5. Соколов Е.Н., Шмелев А.Г. Нейрокомпьютинг и его применения в экономике и бизнесе. — М.: МИФИ, 2007. — 224 с.
6. American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5). – American Psychiatric Publishing, 2013. – 992 p.
7. Cummins, N., Scherer, S., Krajewski, J., et al. A review of depression and suicide risk assessment using speech analysis // *Speech Communication*. – 2015. – Vol. 71. – P. 10–49.
8. Ribeiro, M.T., Singh, S., & Guestrin, C. «Why Should I Trust You?»: Explaining the Predictions of Any Classifier // *Proceedings of the 22nd ACM – SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*. – 2016.

## ПЕРСОНАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЗАДАЧАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

*С.А. Чичварин*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, студент  
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д. 19;  
e-mail: [chichvarin05@mail.ru](mailto:chichvarin05@mail.ru)

Научный руководитель: Токарев Н.М., ст.преподаватель, e-mail: [nik1812-tnm@yandex.ru](mailto:nik1812-tnm@yandex.ru)

*В статье предложена архитектура интеллектуальной системы управления задачами с модулями ИИ для автоматического планирования, голосового управления и анализа рабочей нагрузки. Проведен анализ существующих решений, разработаны диаграммы прецедентов и компонентов системы. Реализация позволит автоматически категоризировать задачи, прогнозировать сроки и синхронизировать данные между устройствами.*

***Ключевые слова:** управление задачами, искусственный интеллект, планирование, голосовое управление, синхронизация.*

Современные условия управления проектами и личной продуктивностью характеризуются возрастающей сложностью задач, многообразием их взаимосвязей и высокими требованиями к соблюдению сроков. В этой связи особую актуальность приобретают персональные информационные системы, предназначенные для организации, контроля и координации деятельности. [5,с.45].

Ключевыми критериями для систем управления задачами выступают простота использования, функциональность, кроссплатформенность и гибкость адаптации под различные сценарии использования. Несмотря на широкий спектр доступных решений, их функциональность часто ограничена и не включает интеллектуальные механизмы, способные адаптироваться к индивидуальным рабочим процессам [6, с.78].

Проведенный анализ российского менеджера задач «ЛидерТаск» для личного и командного использования, который поддерживает офлайн-режим, канбан-доски и синхронизацию на всех устройствах, показывает, что данный менеджер имеет следующие недостатки:

– отсутствие автоматического планирования и интеллектуальной приоритизации задач [4];

– отсутствие системы для анализа рабочей нагрузки и прогнозирования реалистичных сроков;

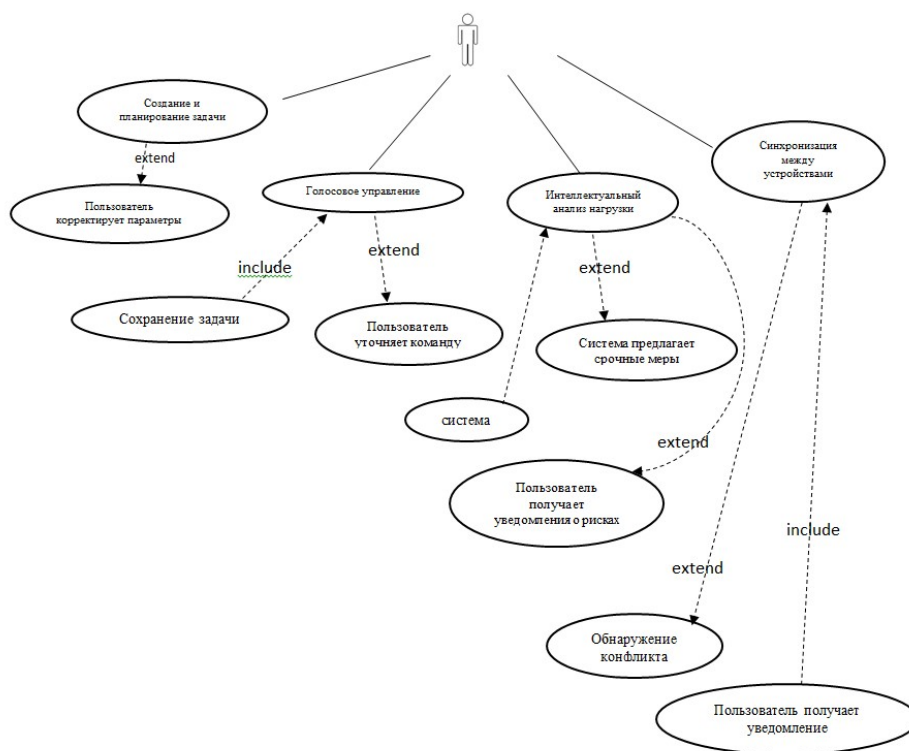
– отсутствие голосового управления и автоматической категоризации [2].

Анализ менеджера задач «Projecto» со встроенной EDM-системой и рабочими чатами в привязке к задачам, событиям и проектам имеет сквозную систему поиска с фильтрацией результатов по типу содержимого, а также механизм тегов и заметок, но в ней отсутствует система единой синхронизированной базы задач всем устройствам в режиме реального времени, однако не автоматической категоризации на основе искусственного интеллекта [4].

Таким образом, существующие системы предоставляют базовые инструменты для создания задач и отслеживания прогресса, но не предлагают глубокой аналитики на основе искусственного интеллекта, автоматического прогнозирования сроков выполнения или проактивного анализа перегрузок.

Данный пробел в функциональности определяет потребность в создании системы, которая могла бы внедрить интеллектуальные модули для автоматической категоризации, планирования и синхронизации.

Предлагаемая в данной статье архитектура системы визуализирована, (рис. 1), она демонстрирует взаимодействия пользователя с интеллектуальными модулями, включая автоматическое планирование задач, анализ рабочей нагрузки и голосовое управление.



**Рис.1. Главная диаграмма прецедентов управления задачами с использованием искусственного интеллекта**

Система предоставляет функцию интеллектуального анализа нагрузки, которая при обнаружении перегрузки расширяется сценарием предложения срочных мер и уведомления пользователя о рисках.

Согласно рис. 1 пользователь имеет возможность сам создавать и планировать задачи, проводить интеллектуальный анализ рабочей нагрузки, голосовое управление и синхронизацию между устройствами.

При создании задачи система автоматически анализирует ее содержание с помощью модулей искусственного интеллекта, которые определяют приоритет, категорию и прогнозируемые сроки выполнения. Пользователь может подтвердить или скорректировать предложенные параметры, после чего задача сохраняется в системе с возможностью последующего отслеживания прогресса.

В процессе синхронизации задач на разных устройствах может осуществляться обнаружения конфликтов, о чем пользователь получает соответствующее уведомление для принятия решения [3].

В данной работе была разработана модель интерфейса системы, на основе диаграммы классов, которая представлена на рис. 2.

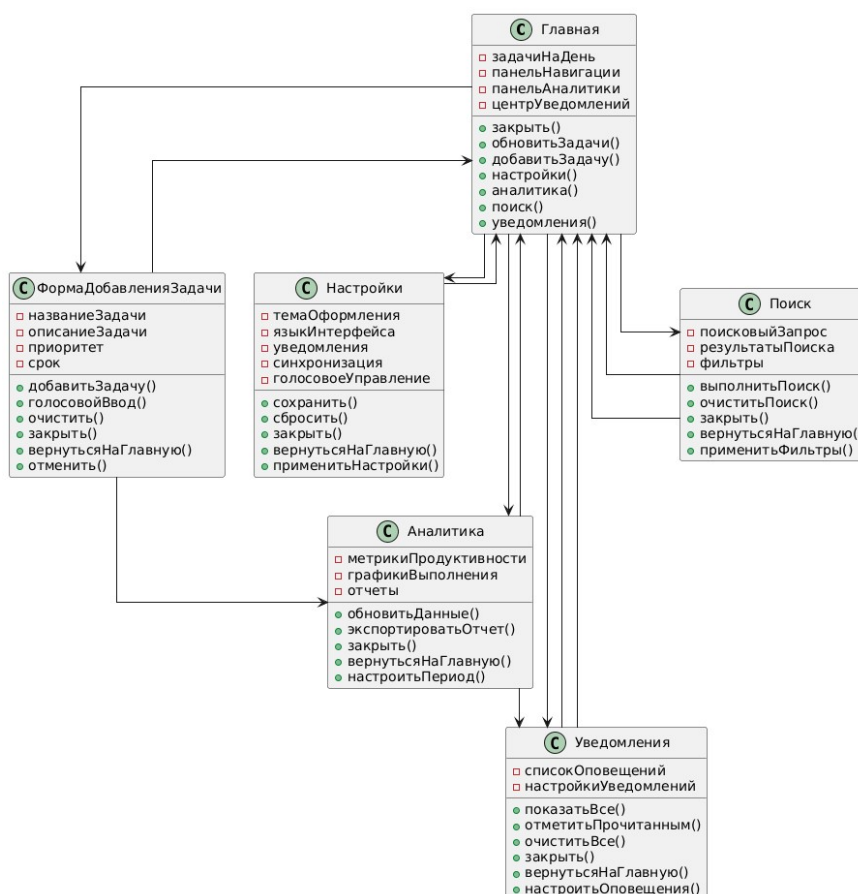


Рис.2. Диаграмма классов интерфейсов

Система управления задачами состоит из шести окон, связанных между собой.

Главное окно служит центральным узлом приложения, отображая задачи на текущий день и предоставляя доступ ко всем функциям через панель навигации.

Отсюда пользователь может перейти к добавлению новых задач через форму с полями ввода названия, описания, приоритета и срока выполнения, где также доступен голосовой ввод и возможность отмены действий.

Окно настроек позволяет настроить внешний вид, уведомления, синхронизацию и голосовое управление, применяя изменения или возвращаясь к стандартным параметрам.

Форма «Аналитика» предлагает визуализацию продуктивности с графиками и отчетами, которые можно обновлять, экспортировать и настраивать по периодам.

Форма «Уведомления» отображает все оповещения системы с возможностью управления ими, а функция поиска обеспечивает быстрый доступ к задачам через фильтры и ключевые слова. Все окна связаны двусторонней навигацией с главным окном, обеспечивая простоту перемещения между разделами и целостность пользовательского опыта.

Для реализации функциональных возможностей разрабатываемая система строится на основе модульной архитектуры, где все компоненты взаимодействуют согласно диаграмме компонентов представленной на рис. 3.

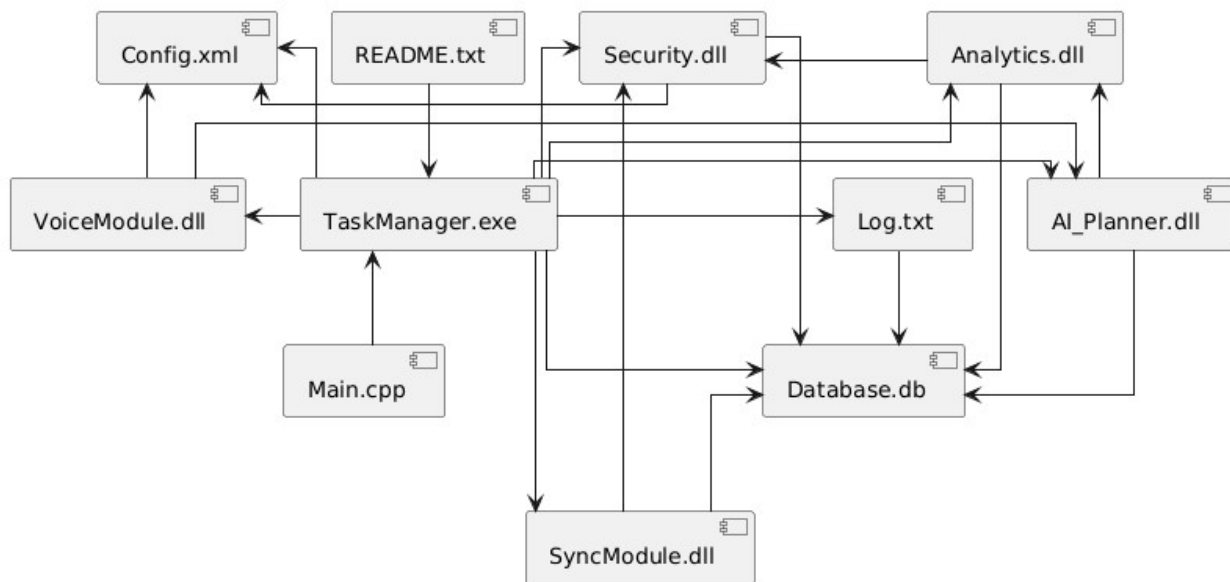


Рис.3.Диаграмма компонентов

В диаграмме компонентов персональной информационной системы для управления задачами с использованием искусственного интеллекта назначение элементов заключается в следующем:

TaskManager.exe – это исполняемый файл, который в данном приложении используется в операционных системах DOS, Windows, Symbian OS, OS/2.

Данный файл содержит машинный код программы, выполняемый операционной системой напрямую.

AI\_Planner.dll – это файл динамической библиотеки, который в данном приложении используется для интеллектуального планирования задач. Этот файл содержит алгоритмы машинного обучения для автоматической расстановки приоритетов. Файл использует исторические данные для прогнозирования сроков и обеспечивает адаптивное планирование на основе пользовательских предпочтений.

VoiceModule.dll – это файл динамической библиотеки, который в данном приложении используется для голосового управления системой. Файл содержит модули распознавания и синтеза речи, поддерживает обработку естественного языка на русском и английском, обеспечивает выполнение команд без использования клавиатуры.

Analytics.dll – это файл динамической библиотеки, который в данном приложении используется для анализа продуктивности. Файл содержит алгоритмы статистического анализа выполненных задач, генерирует отчёты и визуализацию данных о рабочей нагрузке, прогнозирует риски срыва сроков и перегрузки пользователя.

SyncModule.dll – это файл динамической библиотеки для синхронизации данных, который обеспечивает синхронизацию задач между устройствами в реальном времени с задержкой менее 500 мс и поддерживает оффлайн-работу.

Security.dll – это файл динамической библиотеки для обеспечения безопасности, который содержит модули шифрования данных по алгоритму AES-256, обеспечивает двухфакторную аутентификацию и защищает персональные данные.

Database.db – это файл базы данных для хранения информации о задачах и пользователях, который содержит структурированные данные, обеспечивает быстрый поиск и поддерживает целостность данных при одновременном доступе.

Config.xml – это файл конфигурации для настройки параметров системы, который содержит настройки интерфейса, алгоритмов ИИ и синхронизации в формате XML и позволяет настраивать систему без перекомпиляции кода.

Log.txt – это файл журнала для записи событий системы, который содержит информацию об ошибках и действиях пользователей для отладки и автоматически архивируется для экономии места.

README.txt – это файл документации для справки по системе, который содержит инструкции по установке, описание системных требований и информацию о последних обновлениях.

Main.cpp – это файл исходного кода, который служит основой системы, содержит главную функцию программы, инициализирует все модули и обеспечивает корректное завершение работы.

Архитектура персональной информационной системы для управления задачами, с использованием искусственного интеллекта, представлена на диаграмме развертывания (рис. 4), проектируется, как трёхуровневая и состоит из серверных компонентов и клиентских устройств.

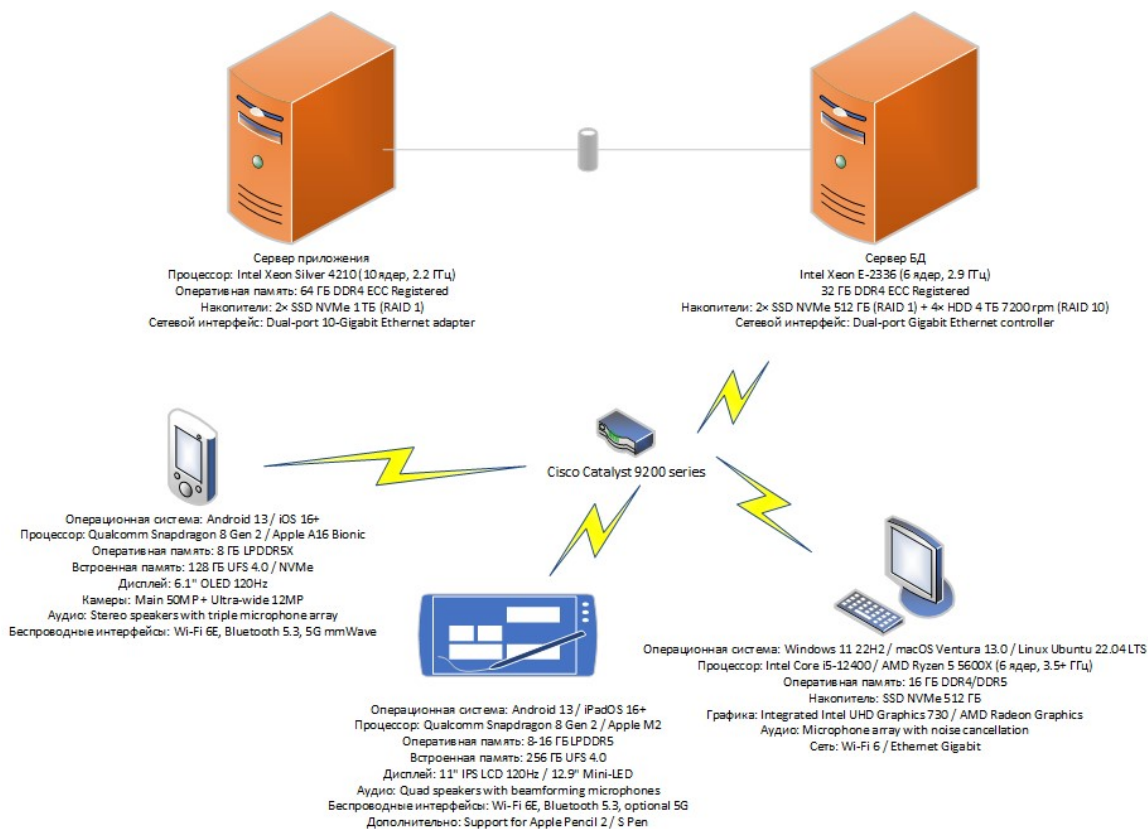


Рис. 4. Диаграмма развертывания

На уровне серверной инфраструктуры выделены два ключевых компонента:

- сервер приложений, обеспечивающий обработку и синхронизацию данных,
- сервер базы данных, использующий гибридную систему хранения данных и архивной информации.

Клиентская часть будет реализована на смартфонах, планшетах, персональных компьютерах.

Все устройства объединены через высокоскоростные сетевые интерфейсы, включая Wi-Fi 6, Bluetooth 5.3 и 5G, обеспечивая мгновенную синхронизацию данных между платформами и непрерывность рабочего процесса при переключении между устройствами.

Реализация и внедрение данной системы в процесс управления задачами пользователя позволит:

- повысить эффективность работы со сложными проектами за счёт автоматического построения и оптимизации цепочек выполнения задач,
- обеспечить прозрачность процесса выполнения работ через создание единой системы отслеживания прогресса;
- улучшить координацию командной работы и снизить коммуникационные издержки благодаря глубокой интеграции с используемыми инструментами
- минимизировать риски срыва сроков в условиях высокой загрузки путём внедрения системы проактивного прогнозирования нагрузок.

### ***Библиографический список***

1. Белова, Т.И. Эргономика пользовательских интерфейсов в системах управления задачами // Интерфейс и человеко-машинное взаимодействие. – 2022. – № 2. – С. 28-36.
2. Козлов, Д.Н. Разработка систем голосового управления с использованием нейросетевых технологий // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2023. – № 1. – С. 32-41.
3. Никитин, В.П. Методы обеспечения безопасности и синхронизации данных в распределенных информационных системах // Информационная безопасность. – 2023. – Т. 10, № 3. – С. 67-75.
4. Орлова, М.С. Алгоритмы автоматической категоризации и приоритизации задач в персональных ассистентах // Программная инженерия. – 2022. – № 4. – С. 15-23.
5. Петров, А.В. Интеллектуальные системы управления задачами: методы и алгоритмы планирования // Прикладная информатика. – 2023. – Т. 18, № 2. – С. 45-56.
6. Сидорова, Е.К. Влияние искусственного интеллекта на персональную продуктивность в условиях цифровой трансформации // Управление персоналом. – 2022. – № 5. – С. 78-85

## РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

*М.П.Воробьев<sup>1</sup>, М.А.Ямпурин<sup>2</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского  
государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,

<sup>1</sup>студент, <sup>2</sup>студент

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д. 19;

e-mail: matvejvorobev255@gmail.com; m.a.yampurin@yandex.ru,

Научный руководитель: Жидкова Н.В., к.т.н, доцент, zhidkova-arz@yandex.ru

*В данной статье представлена разработка приложения для исследования деформаций несущих конструкций на базе структуры и алгоритмов программы для игры в русские шашки. Описана постановка задачи, основные принципы работы программы возможности использования модернизированного для расчетов деформаций несущих конструкций алгоритма программы для игры в русские шашки.*

**Ключевые слова:** деформация несущих конструкций, программное обеспечение, квантовые эффекты

В большинстве вузов в рамках инженерных и физико-математических направлений подготовки студенты изучают курс сопротивления материалов. В ходе изучения данного курса проводится решение задач в рамках практических работ, и проведение лабораторных работ, для которых требуется использование средств автоматизации вычислений и графической визуализации. Графическое отображение будет позволять студентам упростить вычисления визуализировать рабочий процесс. Предлагается разработать информационную систему (компьютерную программу) для исследования деформации несущих конструкций из различных материалов.

Приложение разрабатывается с целью помощи студентам в изучении сопротивления материалов с учетом аспектов теоретической физики. Приложение разрабатывается с возможностями визуализации процессов изменения геометрических форм и размеров несущих конструкций при воздействии на них нагрузки.

Существует множество систем автоматизированного проектирования с встроенными приложениями для расчета, таких как АРМ FEM для КОМПАС-3D и Ansys [1].

Постановка задачи: провести анализ определений и формул в различных учебниках по теоретической физике и сопротивлению материалов. Разработать программу для численных расчетов деформаций металлов при воздействии

внешней нагрузки. Программа должна отображать графически, численно и аналитически изменение геометрических форм и размеров образцов материалов при деформации, строить аппроксимирующие зависимости, а также иметь функцию автоматического построения эпюр внутренних напряжений, относительной и абсолютной деформации. Программа разрабатывается с целью демонстрации доказательства того, как законы квантового мира переходят в законы макромира при использовании большого количества частиц, из которых состоит деформируемое твердое тело.

Новизна: в ходе исследования заметим, что математические модели игры механики в русские шашки и механики деформации твердого деформируемого тела идентичны. Имеет смысл подключать математический аппарат теоретической физики: тензорный анализ, тензор напряжений, теория поля. Рассмотрим все виды взаимодействий: электромагнитное, гравитационное, сильное и слабое. Вопрос о дискретной либо непрерывной природе пространства-времени играет крайне важную роль в сопротивлении материалов, по той причине, что непрерывная природа пространства-времени позволит реализовать бесконечно большое число вариантов изменения конфигураций центров кристаллической решетки (атомов, молекул или ионов).

Гипотеза: с помощью применения математического аппарата теоретической физики (тензорный анализ, операторы квантовой механики) возможно построить компьютерную программу, способную со стопроцентной (или очень близкой к ней) точностью вести расчеты расположения всех атомов, молекул, ионов и электронов в деформируемом твердом теле.

Основные принципы работы программы. Рассмотрим уже имеющуюся программу для шашек, так как реализация классов в данной программе будет аналогична реализации классов в программе для расчета деформаций в сопротивлении материалов. Графический интерфейс реализуется с помощью библиотеки PyQt5. Импортируются библиотеки `random` и `sys`.

Положение каждой шашки описывается с помощью координат. Эти координаты записываются в класс, с помощью которого реализуется шашка. На этапе: `chosen_move = choice(possible_moves)` программа выбирает псевдослучайный ход из всего списка доступных ходов. После выполнения хода координаты шашек меняются, после отображения обновленной доски на экране пользователь может видеть графическое отображение ситуации на доске.

Заметим, что графическое описание шашек на доске не является единственным истинным отображением ситуации в игре. Игра «Русские шашки» представляет собой дискретную логико-математическую структуру. Специфика описания и использования классов может быть позаимствована для разработки приложения для исследования деформаций несущих конструкций. В программе есть класс `CL (checkerslist)`. Это специальный класс, позволяющий задавать шашкам параметры (простая шашка или дамка). Заметим, что в математической

модели программы для сопротивления материалов атомы могут принимать различные состояния: обычное состояние, возбужденное, ионизированное (в зависимости от числа отданных электронов).

Функция `defgame(self)` класса `Example` реализует сам игровой процесс.

Заметим, что данная программа работает исключительно с дискретными (квантованными объектами). Данная программа может быть расширена и для описания хаотико-упорядоченного движения электронов в металлах.

План реализации программы для сопротивления материалов включает следующие этапы.

1. Создание на основе уже имеющихся функций и классов новых классов, функций и блоков кода, описывающих электронный газ в проводниках при определенной температуре.

2. Учет квантовых эффектов в сопротивлении материалов. Рассмотрим уравнения Шредингера для свободных электронов, связанных электронов в электронном газе, многоэлектронных атомов [2,3]. Использование распределенных вычислений актуально для расчетов. При учете квантовых эффектов используется закон больших чисел.

3. Создание модели диффузии и анализ ее аналогии с взаимодействием шашек. Аналогия заключается в следующем: рассмотрим пример диффузии алюминия и цинка. Известно, что диффузия – это процесс взаимного проникновения молекул (или атомов) одного вещества между молекулами (или атомами) другого. Это можно реализовать путем непосредственного применения шашечной программы к сопротивлению материалов. Пусть шашки одного цвета обозначают алюминий, а шашки другого цвета обозначают цинк. Тогда число взятых («съеденных») шашек будет пропорционально глубине (в ангстремах) взаимного проникновения молекул (или атомов) одного вещества (алюминия) между молекулами (или атомами) другого (цинка).

4. Возьмем условный квант времени, например, 1 нс. Рассмотрим изменения, происходящие за этот промежуток времени, пересчитаем координаты каждого тела, и затем отобразим на экране модель измененного материала. После этого продолжим циклически повторять процедуру расчета изменения координат объектов системы в течение требуемого промежутка времени, что программно реализуется через циклы `while` и `for`.

Реализация программы будет иметь следующий вид. Имеется брусок стали с заданными размерами. К нему прикладывается сила на различные виды деформаций: сжатие, растяжение, сдвиг, смятие, срез, кручение. К примеру, прикладывается определенная сила на сжатие-растяжение, изгиб, сдвиг, кручение. Программа строится на базе математической модели, учитывающей расположение всех атомов, молекул, ионов и электронов.

По результатам разработки приложения построена гипотеза, утверждающая, что все квантовые эффекты в твердом деформируемом теле

могут быть учтены за счет рационального использования преобразований формул в символьном виде и применения экстраполяции, интерполяции и аппроксимации только после выполнения всех символьных расчетов. Для этого может быть применена библиотека SymPy на языке программирования Python [4]. Также имеет смысл написание собственной (оригинальной) библиотеки, специально заточенной под решение задач для сопротивления материалов

Направление дальнейшего развития: анализ определений и формул для расчета движения электронов в проводниках. Создание программы для моделирования процесса напыления тонких пленок при производстве интегральных микросхем. Данная программа также позволит моделировать процессы столкновения различного числа тел, в том числе и столкновения ядер, ионов, электронов, позитронов в ускорителях частиц. Программу можно доработать для изучения свойств идеальных (описываемых уравнением Менделеева-Клапейрона) и реальных (описываемых уравнением Ван-дер-Ваальса) газов.

Разработанное приложение позволит студентам изучать сопротивление материалов с учетом аспектов теоретической физики. Приложение будет способно визуализировать процессы изменения геометрических форм и размеров материалов при воздействии на них нагрузки.

### ***Библиографический список***

1. Сайт ООО «АСКОН - Системы проектирования». Описание приложения APM FEM для КОМПАС-3D.STM32 [Электронный ресурс]. - URL:<https://kompas.ru/kompas-3d/application/machinery/apm/>. - (дата обращения: 22.10.2025).
2. Епифанов Г.И. Физические основы микроэлектроники / Г.И.Епифанов. - М.:Советское радио, 1971. - 375 с.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Квантовая механика (нерелятивистская теория). / Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004.—800 с.
4. Сайт Хабр. Обучающая статья про решение систем линейных уравнений на языке программирования Python. [Электронный ресурс]. - URL:<https://habr.com/ru/companies/bothub/articles/807413/>. - (дата обращения: 20.10.2025).

УДК 378

### РАЗРАБОТКА ИНКЛЮЗИВНОЙ ВИРУТАЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ

*М.А. Кожеваткина<sup>1</sup>, С.М. Зотов<sup>1</sup>, Я.А. Раскаткин<sup>1</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал)

Нижегородского государственного технического университета

им. Р.Е. Алексеева, <sup>1</sup>студент

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; e-mail: m.kozhevyatkina@yandex.ru

Научный руководитель: Емельянова Т.В., к.т.н., доцент: etvpm@yandex.ru

*В статье рассматривается процесс разработки инклюзивной виртуальной платформы, направленной на обеспечение равного доступа к культурному наследию людей с ограниченными возможностями здоровья. Описывается комплексный подход, сочетающий технологии фотограмметрии, 3D-моделирования и виртуальной реальности для создания качественных цифровых копий музейных экспонатов. Особое внимание уделено методам интеграции в платформу адаптивного дизайна и упрощенной навигации, а также таких элементов, как аудиогиды и субтитры. Планируется расширение процесса разработки посредством создания тактильных 3D-моделей, обеспечивающих комфортное взаимодействие с контентом для пользователей с различными особенностями здоровья.*

**Ключевые слова:** виртуальная реальность, инклюзивная платформа, 3D-моделирование, фотограмметрия, адаптивный дизайн.

В современном обществе все больше уделяется внимание вопросам инклюзии и созданию безбарьерной среды с равным доступом к объектам различных сфер жизни. В то же время наиболее уязвимым остается доступ к культурному наследию для людей с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ). Физические, сенсорные и когнитивные барьеры часто лишают их возможности полноценно знакомиться с музейными коллекциями, что является, в свою очередь, неотъемлемой частью жизни, социальной интеграции и личностного развития.

Новыми возможностями для решения такой проблемы в современном мире являются компьютерные технологии и виртуальная реальность. Сейчас уже существуют аналоги проектов виртуальных экскурсионных платформ, например «Виртуальный Русский музей» [1] или GoogleArts&Culture [2], но перечисленные разработки в основном ориентированы на массового пользователя и не учитывают специфические потребности людей с ОВЗ. В них отсутствуют адаптивные интерфейсы и специализированная.

Целью данной работы является обеспечение равного доступа к объектам культурного наследия и искусства для пользователей с нарушениями зрения, слуха, опорно-двигательного аппарата и когнитивными особенностями посредством создания такой платформы, в которой будут учтены все особенности восприятия информации для людей с ОВЗ.

Основой платформы является комплекс современных технологий, обеспечивающих создание, визуализацию и адаптацию контента.

Первым и особенно важным этапом в разработке программного продукта является оцифровка реальных музейных экспонатов с помощью фотограмметрии. Это долгий и трудоемкий процесс, хоть и автоматизирован с помощью поворотной установки, разработанной студентами АПИ НГТУ [3, с. 262], так как даже при соблюдении условий освещения для минимизации бликов и теней, цифровая копия не всегда получается необходимого качества и требует доработок вручную.

В связи с этим, после импорта снимков музейных экспонатов в специальное программное обеспечение, существует необходимость оптимизации и текстурирования. Для обеспечения производительности в виртуальной среде без значительной потери детализации все модели обрабатываются в программном обеспечении Blender.

Основной этап работ заключается в разработке виртуального пространства на игровом движке Unity. Гибкость и наличие мощных инструментов для работы с 3D-графикой данной среды позволяют широко использовать все возможности программы при создании экскурсионной платформы. В нашем случае ключевым преимуществом Unity является кроссплатформенность, то есть возможность доступа к платформе как с ПК, так и планшетов и смартфонов.

Пространство виртуальной платформы строится по модульному принципу, позволяющему легко добавлять новые выставочные залы и экспозиции без переработки всей системы. В отсутствие возможности оцифровки пространств музеев, так как необходимое оборудование, а именно лазерные 3D-сканеры, является довольно дорогостоящим, создание сцен происходит вручную в Blender на основе референсов.

На данный момент для обеспечения доступности в платформу ведется разработка комплекса адаптивных решений.

Для пользователей с нарушениями зрения и слуха в проект будет добавлена система мультимедийного сопровождения – аудиогиды. Принцип работы достаточно прост – при нажатии на значок «звук» или при «взятии в руки» виртуального экспоната начинается воспроизведение аудиофайла с краткой справкой об экспонате. Добавление звукового сопровождения производится с помощью компонентов или скриптов. Для воспроизведения звука при нажатии на кнопку можно использовать систему OnClick() в Unity.

Необходимо в иерархии объекта прикрепить компонент AudioSource (рис. 1), загрузить необходимый аудиофайл и затем прописать скрипт на языке C#.

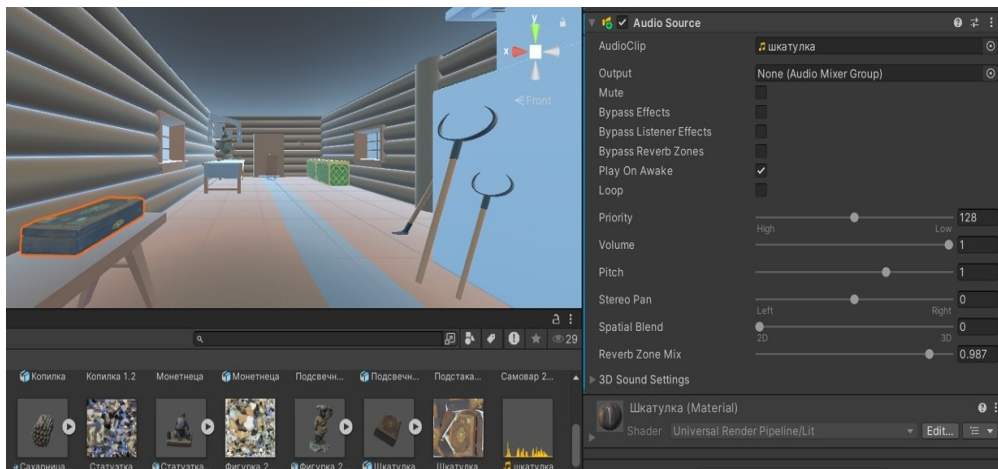


Рис. 1. Добавление аудиофайла в проект Unity и его свойства

Далее представлен пример программного кода, позволяющего добавлять в виртуальную среду аудиофайлы.

```

Using UnityEngine;
public class SoundOnClick : MonoBehaviour
{
    private AudioSource audioSource;
    void Start()
    {
        audioSource = GetComponent<AudioSource>();
    }
    void Update()
    {
        if (Input.GetMouseButton(0)) // Проверка нажатия кнопки мыши
        {
            Ray ray = Camera.main.ScreenPointToRay(Input.mousePosition);
            RaycastHit hit;
            if (Physics.Raycast(ray, out hit))
            {
                if (hit.collider.gameObject == gameObject) // Попадание в объект
                {
                    audioSource.Play(); // Воспроизводим звук
                }
            }
        }
    }
}

```

Далее этот скрипт прикрепляется к объекту, который должен воспроизводить звук при нажатии. В используемом компоненте AudioSource удобно настроить параметры звука (громкость, повтор, пространственное наложение и прочее) под потребности целевой аудитории.

Каждый экспонат будет сопровождаться озвученным описанием. Аудиодорожки включают не только информацию об объекте, но и описание его внешнего вида, что критически важно для незрячих пользователей.

Кроме аудиогидов планируется дублирование справочной информации текстовыми субтитрами. Интерфейс платформы позволяет изменять размер, цвет и контрастность шрифта для удобства слабовидящих.

Дизайн интерфейса и система навигации разрабатываются в соответствии с принципами доступности веб-контента (WCAG)[4].

Для пользователей с нарушением моторики дополнительно будет разработана упрощенная навигация, а именно: плавные повороты и перепады высот при перемещении в виртуальном пространстве.

При дальнейшей работе возможно включение в проект звуковых подсказок для направления движения, что также важно для навигации пользователей по виртуальной платформе.

Одним из ключевых инновационных элементов работы над проектом создания инклюзивной виртуальной платформы является создание тактильных копий экспонатов. Оптимизированные 3D-модели, созданные методом фотограмметрии, подготавливаются для 3D-печати. Производится ретопология для уменьшения полигонов и усиления ключевых деталей, воспринимаемых на ощупь. Модели печатаются на 3D-принтерах с использованием различных материалов (например, PLA, нейлон), имитирующих фактуру оригинала (шероховатость, гладкость).

В виртуальной среде рядом с цифровым двойником экспоната появится значок, указывающий на наличие его тактильной копии. Пользователь (или сопровождающее лицо) может запросить ее для тактильного изучения, создавая тем самым мультисенсорный опыт — «увидел в виртуальности, потрогал в реальности». Это особенно важно для незрячих и слабовидящих посетителей.

Следующим не менее важным этапом развития платформы станет расширение контента за счет создания виртуальных экскурсий по историческим местам города Арзамаса Нижегородской области.

Для оцифровки архитектурных объектов будут использованы те же технологии фотограмметрии и 3D-моделирования. Для съемки масштабных объектов планируется применение лазерного 3D-сканера.

Экскурсии будут разработаны с учетом всех ранее описанных адаптивных принципов: доступные маршруты движения в VR, аудиоописание, субтитры, возможность паузы и повторного прослушивания информации.

Разрабатываемая инклюзивная виртуальная платформа представляет собой комплексное решение на стыке современных цифровых технологий и социальной ответственности. Сочетание фотограмметрии, VR, адаптивного дизайна и тактильных компонентов позволяет создать по-настоящему доступную среду для взаимодействия с культурным наследием.

Платформа имеет значительный потенциал для масштабирования и внедрения в музеях, образовательных учреждениях и центрах социальной адаптации по всей России. Дальнейшее развитие, включая создание виртуальных экскурсий по историческим городам, будет способствовать не только социальной интеграции людей с ОВЗ, но и сохранению и популяризации историко-культурного наследия страны.

### ***Библиографический список***

1. Виртуальный Русский музей: официальный сайт – URL: <https://rusmuseumvr.ru/> (дата обращения: 25.10.2025).
2. Разработка поворотной установки с синхронизацией фотоаппарата для фотограмметрии: сборник научных статей конференции «Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса России: история, реальность, инновации» – 2024 г. : с. 262-265.
3. Руководство по обеспечению доступности веб-контента (WCAG) 2.0: сайт. – URL: <https://www.w3.org/Translations/WCAG20-ru/> (дата обращения: 24.10.2025).
4. GoogleArts&Culture: официальный сайт – URL: <https://artsandculture.google.com/> (дата обращения: 25.10.2025).

## РАЗРАБОТКА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ КОРРЕКЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ

*А.Н. Куклин<sup>1</sup>, Ю.А. Гуськова<sup>2</sup>, А.А. Сергеев<sup>3</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, г. Арзамас,

<sup>1</sup>студент, <sup>2</sup>ст. преподаватель, <sup>3</sup>студент

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д.19;

email:xlalbertlllx@gmail.com;julia.guskova7@yandex.ru

Научный руководитель: Ямпурин Н.П., д.т.н., профессор,

kitres@apinntu.ru

*В статье рассмотрена модернизация образовательной платформы, используемой в коррекционных центрах для обучения детей с ограниченными возможностями здоровья. Описан обновленный функционал панели администратора.*

***Ключевые слова:** образовательная платформа, дети с ОВЗ, панель администратора, автоматизация, управление пользователями.*

Деятельность коррекционных центров направлена на обеспечение социальной защиты детей с ограниченными возможностями здоровья. Одной из ключевых обязанностей центров социального обслуживания является обучение детей с ОВЗ, в частности, детей с интеллектуальными нарушениями. В ходе обучения применяется множество различных методик, каждая из которых должна быть адаптирована под конкретного ребенка. Отсюда вытекает несколько проблем.

Во-первых, перед педагогами стоит задача отслеживания успехов каждого ребенка. Данный процесс ведется вручную и недостаточно эффективен. Все записи ведутся в электронных таблицах и поэтому быстро теряют актуальность. Проведенный опрос в арзамасском доме социального обслуживания детей «Маяк» показал, что педагоги и другие специалисты часто сталкиваются с проблемами при работе с данными о воспитанниках.

Во-вторых, актуальной остается проблема адаптации учебной программы для детей с разной степенью интеллектуальных нарушений. В условиях высокой нагрузки на педагогов сложно оценить возможности каждого ребенка с максимальной точностью. Отсутствие инструментов для системной оценки уровня и динамики развития каждого воспитанника приводит к тому, что программа не всегда соответствует его реальным возможностям и потребностям.

Ранее была разработана образовательная платформа, куда был добавлен первый учебный модуль. Программа была апробирована в арзамасском ДСОД «Маяк» и получила первые положительные отзывы от педагогов. Был проведен опрос специалистов центра, после которого было принято решение модернизации системы управления пользователями. Это позволит работникам коррекционных центров автоматизировать управление пользователями. Наличие системы обеспечит быстрый доступ к информации о каждом воспитаннике, что упростит множество процессов внутри организаций.

В данный момент панель администратора содержит только раздел управления цифровыми альбомами. Она будет расширена путем добавления трех новых разделов: пользователи, группы, отчеты. Интерфейс раздела «Пользователи» представлен на рис. 1.



**Рис. 1. Интерфейс раздела «Пользователи»**

В обновленной версии панели администратора реализован расширенный функционал, направленный на автоматизацию основных процессов внутри образовательной организации. Раздел «Пользователи» предназначен для создания и администрирования учетных записей всех участников – педагогов, воспитанников и других сотрудников. Администратор получает возможность добавлять новых пользователей, изменять их данные, назначать роли и права доступа, что позволяет гибко регулировать возможности взаимодействия с системой. Каждому пользователю можно назначить индивидуальные параметры входа и привязать его к конкретной группе или учебному модулю. Также можно фильтровать пользователей по их роли, ФИО и электронной почте.

Раздел «Группы» предназначен для структурирования учебного процесса и управления группами воспитанников. Администратор может создавать учебные группы, назначать в них педагогов и добавлять детей, формируя состав на основе возраста, уровня развития или образовательной программы. Для

каждой группы отображается список участников. Добавлена возможность связывать группы с конкретными учебными модулями, что позволяет легко контролировать выполнение программ и оценивать их эффективность.

В разделе «Отчеты» администратор может формировать отчеты об успеваемости воспитанников, активности педагогов и общей эффективности учебного процесса. Отчеты включают такие параметры, как среднее время выполнения заданий, количество ошибок, посещаемость, динамику развития когнитивных навыков и результаты прохождения викторин. Система автоматически визуализирует данные в виде графиков. Реализована функция генерации индивидуальных отчетов по каждому ребенку, где отображается история его достижений, а также отчетов по группам и по преподавателям. Для удобства предусмотрена возможность экспорта отчетов в формате PDF или Excel, а также отправки их напрямую на электронную почту руководства учреждения.

В профиле ученика хранятся личные данные ребенка, а также результаты прохождения занятий и достижения. Каждое выполненное задание фиксируется с указанием времени выполнения, количества ошибок, динамики улучшений и используемых подсказок. Визуальная часть профиля оформлена в интуитивной форме – педагог видит график прогресса, список пройденных курсов и областей, требующих дополнительного внимания. Для каждого ученика система может автоматически подбирать оптимальный уровень сложности упражнений, исходя из статистики его предыдущих результатов. Профиль ребенка может хранить заметки от педагогов и других специалистов. Это необходимо для сохранения важной информации о ребенке, которая пригодится в дальнейшей работе с ним. Текст вводится в свободной форме и может включать описание особенностей ребенка, как он ведет себя с другими людьми, а также возможные его пожелания. Интерфейс профиля ученика представлен на рис. 2.

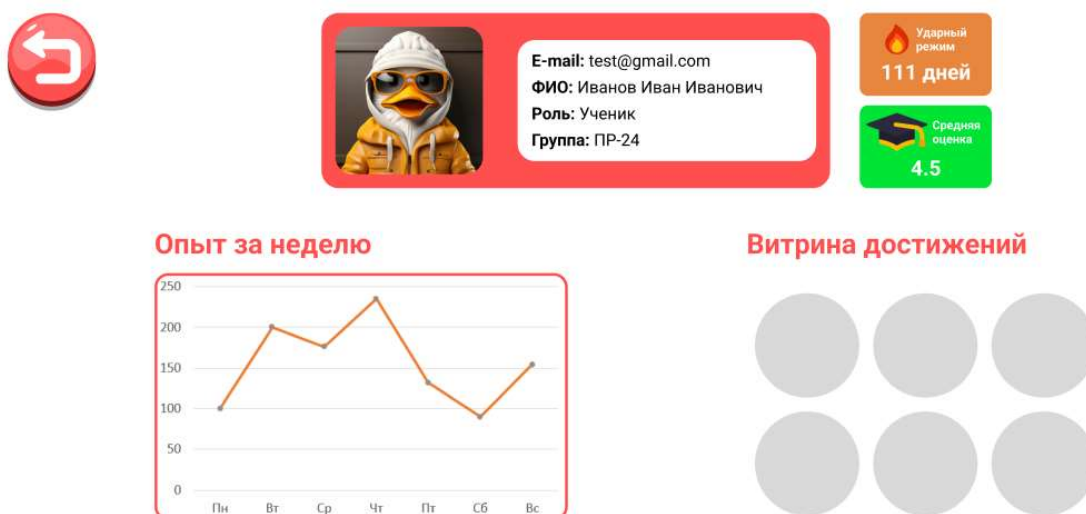


Рис. 2. Интерфейс профиля ученика

Профиль педагога позволяет управлять учебным процессом в приложении. Есть возможность формирования и просмотра учебных групп. Помимо этого, педагоги имеют расширенный доступ к статистике и формированию отчетности. Педагог может посмотреть подробную информацию о каждом ребенке, а также его успеваемость. На основе этих данных педагог может принять решение по корректировке учебной программы. Также в своем профиле педагог может создавать новый учебный материал в учебных модулях. В данный момент, каждый педагог может создать цифровой альбом и викторину на его основе.

Образовательная платформа основана на клиент-серверной архитектуре. Клиентская часть приложения реализована на движке Unity с использованием языка программирования C# [1]. При этом приложение может использоваться как локально, так и с подключением к удаленному серверу. Локальное подключение позволяет использовать ресурсы учреждения для работы внутри локальной сети. Сервер в таком случае запускается на оборудовании учреждения или же на учебных компьютерах. Сервер является посредником между клиентом и базой данных и осуществляет обмен данными. Сервер проверяет полученные данные и обрабатывает ошибки, возникающие во время работы программы. Сервер написан на платформе Node.js с использованием языка программирования JavaScript. Взаимодействие между двумя компонентами системы происходит путем обмена данными в JSON формате через RESTAPI – это архитектурный стиль взаимодействия компонентов распределенного приложения в сети. REST – это набор правил того, как программисту организовать написание кода серверного приложения, чтобы все системы легко обменивались данными и приложение можно было масштабировать [2].

Таким образом, модернизация образовательной платформы позволяет значительно повысить эффективность управления образовательным процессом в коррекционных учреждениях. Система автоматизирует работу с пользователями и группами, облегчает сбор и анализ данных. Модернизация приложения позволит повысить качество обучения детей, т.к. позволяет более точно оценивать возможности каждого ребенка.

### ***Библиографический список***

1. Unity в действии. Мультиплатформенная разработка на C# / Пер. с англ. И. Рузмайкиной. – СПб.: Питер, 2016. – 336 с.: ил. – (Серия «Для профессионалов»)
2. Яндекс практикум [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://practicum.yandex.ru/blog/chto-takoe-rest-api-i-kak-rabotaet/>. – (дата обращения: 22.10.2025).

## ФИЗИКА В ФОРМАТЕ КВЕСТА: ИННОВАЦИОННЫЙ ВЕБ-РЕСУРС

*Е.Н. Мякишева*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, магистрант,  
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас;  
e-mail: [Lena-ryabova-02@yandex.ru](mailto:Lena-ryabova-02@yandex.ru)

Научный руководитель: Гришина О.В., к.п.н., доцент, [olgagr9@mail.ru](mailto:olgagr9@mail.ru)

*В статье представлен инновационный веб-ресурс по физике, который модернизирует процесс обучения за счет игровых механик и интерактивных заданий. Платформа предлагает разнообразные форматы – от классических головоломок до современных тестов и упражнений, превращая изучение предмета в увлекательный квест. Ресурс подходит для использования в учебном процессе, для самостоятельной работы студентов, а также для проведения семинаров и факультативов, расширяя возможности освоения физики.*

***Ключевые слова:** веб-ресурс, задания, физика, разработка, научный квест, тестирующая программа, цифровые технологии, образовательный сайт.*

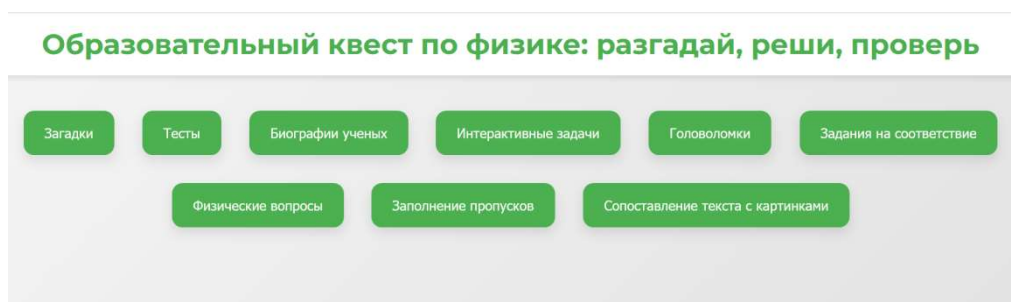
В условиях цифровизации образования электронные ресурсы становятся всё более востребованными, особенно среди студентов. Они имеют неоспоримые преимущества перед традиционными методами. Во-первых, обеспечивают **гибкость и доступность**, позволяя учиться в любое удобное время и из любой точки мира. Во-вторых, **интерактивность и наглядность** делают процесс усвоения материала более увлекательным и эффективным. В-третьих, **персонализация обучения** даёт возможность адаптировать темп и контент под индивидуальные потребности каждого студента, а широкий спектр доступных ресурсов – от мультимедийных материалов и виртуальных лабораторий до тестов с мгновенной обратной связью – открывает возможности, недоступные в классическом обучении.

Одним из ярких примеров инновационных цифровых ресурсов являются образовательные квесты. Такие платформы трансформируют традиционное обучение в увлекательный игровой процесс, стимулируя студентов к самостоятельному поиску информации и глубокому освоению материала. Гибкость этих инструментов позволяет адаптировать их для различных дисциплин и возрастных групп, предлагая задания, развивающие как познавательный интерес, так и аналитические навыки. Таким образом, цифровые образовательные квесты становятся незаменимым инструментом,

который делает обучение не только увлекательным, но и значительно повышает его эффективность.

Перед автором стояла задача создать электронный квест по физике, предназначенный для студентов первых курсов. Этот ресурс призван как развивать, так и проверять знания обучающихся посредством разнообразных типов заданий.

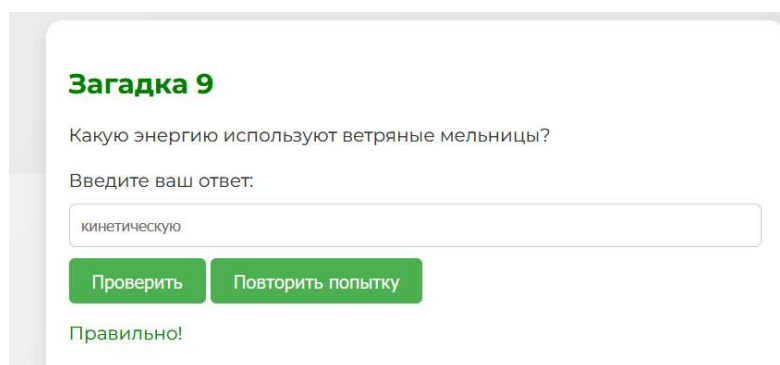
Главная страница разработанного веб-ресурса, представленная на рис. 1, служит центральным элементом навигации. Она содержит интерактивные кнопки-ссылки, которые обеспечивают быстрый доступ к девяти различным блокам-заданий, каждый из которых посвящен своей теме. Гибкость навигации позволяет пользователям выбирать разделы по своему усмотрению.



**Рис. 1.** Главная страница электронного образовательного квеста

В блоке «Загадки» пользователям предлагается серия из 20 загадок, посвященных различным областям физики. Они структурированы по уровню сложности, начиная с наиболее простых и постепенно переходя к более комплексным.

После ознакомления с условиями загадки, пользователям предоставляется возможность ввести свой вариант решения в отведенное поле. Система незамедлительно осуществляет проверку ответа, информируя обучающихся о его корректности. В случае получения неверного результата, пользователи имеют возможность повторного прохождения данного интеллектуального состязания, что способствует закреплению знаний и развитию навыков мышления (рис. 2).



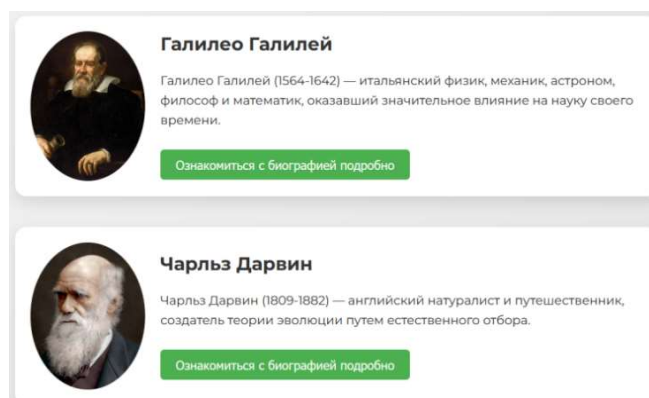
**Рис.2.** Пример загадок

**Тесты – неотъемлемая часть эффективного обучения.** Они позволяют быстро оценить уровень знаний, выявить хорошо усвоенные темы и определить, какие разделы требуют повторения или более глубокого изучения. В электронном квесте также реализована система тестирования для проверки знаний по основным разделам физики.

Каждый тест состоит из нескольких заданий, к каждому из которых предлагается четыре варианта ответа. Вопросы разработаны так, чтобы оценить не только теоретические знания, но и умение применять их на практике – например, рассчитывать простые величины или использовать необходимые формулы.

Для обеспечения объективности и равных условий для всех участников тестирование ограничено по времени: на каждый вопрос отводится одна минута. После завершения испытания пользователи получают подробную статистику, которая показывает количество правильных и неправильных ответов. Эта информация поможет лучше понять пользователям свои сильные и слабые стороны и сосредоточиться на темах, требующих дополнительного внимания.

**Знакомство с биографиями выдающихся учёных – важнейший элемент в изучении физики.** Разработанный квест предлагает краткие, но содержательные обзоры жизни и деятельности о двенадцати основоположников науки, чьи открытия, законы, формулы и гипотезы до сих пор остаются фундаментом современных знаний (рис. 3).



**Рис. 3. Некоторые ученые, о которых рассказывается в квесте**

В электронном ресурсе представлены не только ключевые вехи жизненного пути великих физиков, но и подробное описание их достижений, которые активно используются в современном мире. Для закрепления материала после изучения биографий пользователи могут пройти специальный тест.

**В квесте реализован блок «Интерактивные задания»,** который даёт возможность пользователям применить знания физических формул на практике

и отрабатывать навыки решения типовых задач. Отличительной чертой этого раздела является возможность самостоятельного ввода исходных данных для расчёта физических величин. Например, чтобы вычислить кинетическую энергию, достаточно указать массу и скорость объекта, а после нажатия кнопки «Рассчитать кинетическую энергию» результат отобразится мгновенно (рис. 4).

Задача 2: Кинетическая энергия

Введите массу тела (в кг):  
5

Введите скорость тела (в м/с):  
5

Рассчитать кинетическую энергию

Кинетическая энергия: 62.50 Дж

Рис. 4. Расчет требуемой величины

В блоке представлено около 20 задач, упорядоченных по уровню сложности – от базовых к более сложным. Это обеспечивает плавное погружение в практику решения физических задач. Подобный формат обучения способствует прочному запоминанию формул и развивает умение применять их в реальных ситуациях.

Блок «**Головоломки**» в электронном образовательном квесте предлагает многогранный подход к развитию мышления и закреплению знаний, сочетая в себе три типа заданий, классическое «**Судоку**», физические ребусы и логические задачи. «**Судоку**» тренирует внимание и стратегическое мышление, а **физические ребусы** помогают визуализировать и закрепить ключевые понятия физики в игровой форме. **Логические задачи**, в свою очередь, требуют не только знания фактов, но и аналитического подхода, умения сопоставлять данные и применять их в нестандартных ситуациях, что делает обучение более всесторонним.

В квесте предусмотрен блок «**Задания на соответствие**», который помогает закрепить знания о физических величинах и их единицах измерения. Пользователям предлагается **соотнести величины из одного столбца с соответствующими единицами измерения из другого**.

Такой формат заданий позволяет не только **проверить понимание основных понятий**, но и **научиться быстро и точно идентифицировать единицы измерения**, что особенно важно для формирования системного подхода к изучению физики.

Интерактивный кроссворд – это еще один нестандартный, но эффективный способ проверить знания обучающихся. В блоке «**Физические задачи**»

представлен его цифровой аналог: для каждого вопроса предусмотрены ячейки, соответствующие количеству букв в ответе. Вопросы охватывают различные разделы физики – от механики до магнетизма, что позволяет комплексно оценить уровень подготовки. Пользователи вводят ответы по буквам, а система мгновенно реагирует на правильность ввода: **верные символы подсвечиваются зелёным, а ошибочные – красным** (рис. 5).



4. Как называется устройство для измерения давления?

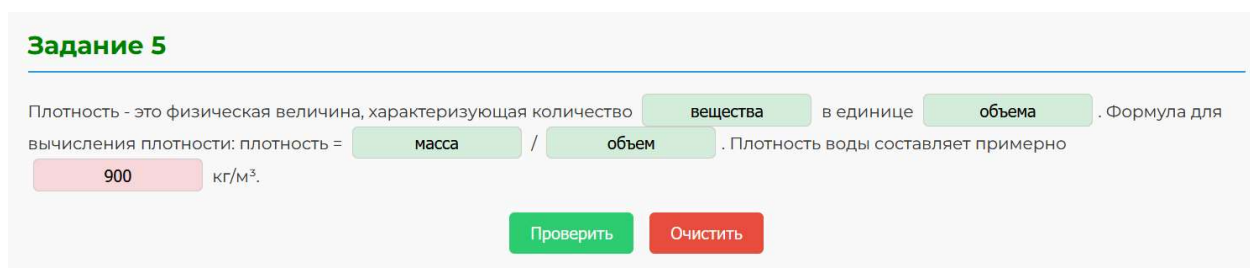
м а н о м е т р

5. Процесс, происходящий при постоянном объеме?

и з о х о р н ы й

Рис. 5. Фрагмент физических вопросов

Изучение физики невозможно без освоения её терминологии. Поэтому в квесте реализован интерактивный блок, где нужно заполнить тексты физическими терминами. Читая предоставленные отрывки и вставляя слова (или словосочетания) по смыслу, пользователь глубже погружается в материал. После завершения задания, система мгновенно покажет результат (рис. 6).



**Задание 5**

Плотность - это физическая величина, характеризующая количество **вещества** в единице **объема**. Формула для вычисления плотности: плотность = **масса** / **объем**. Плотность воды составляет примерно **900** кг/м<sup>3</sup>.

Проверить Очистить

Рис. 6. Пример задания на заполнение пропусков

Такой подход превращает пассивное чтение в активное взаимодействие с информацией, что значительно повышает эффективность обучения.

Лабораторные работы играют ключевую роль в освоении физики, обеспечивая наглядное представление процессов и знакомство с измерительными приборами. Поэтому в квесте создан специальный блок, где обучающимся предлагается сопоставить изображение прибора с его точным определением. Это помогает не только запомнить, как выглядит физическое оборудование, но и понять его назначение. По завершении задания, результат проверки будет наглядно представлен.

Таким образом, пользователи получают практические навыки, которые необходимы для успешного выполнения реальных лабораторных работ. В рамках квеста реализованы ключевые образовательные блоки, направленные на всестороннее освоение физики. Эти интерактивные элементы, дополняя теоретическую часть, создают целостную и эффективную среду для обучения. Такой подход делает изучение физики более доступным, увлекательным и результативным.

При создании квеста были использованы современные веб-технологии: **HTML** для структурирования контента, **CSS** для оформления и адаптивной вёрстки, а также **JavaScript** для реализации интерактивных элементов и динамической проверки ответов пользователей.

Материалы для квеста разработаны на основе информации из нескольких источников [1;2;3]. При создании дизайна и функциональности сайта были использованы рекомендации из учебного пособия [4].

### *Библиографический список*

1. Гамов Георгий. Великие физики от Галилео до Эйнштейна. Как были сделаны самые значимые научные открытия / Пер. с англ. Л.А. Игоревского. – М.:Центрполиграф, 2021 – 383 с.
2. Ланина И.Я. 100 игр по физике: Кн. для учителя. – М.: Просвещение, 1995. – 224 с.
3. Пашкина, Н.А. Введение в компьютерные технологии обучения: учеб.пособие. /Н.А. Пакшина – Нижний Новгород: НГТУ, 2010. – 199 с.
4. Пакшина, Н.А. Web-квесты: опыт разработки и внедрения в учебный процесс: монография/Н.А. Пакшина. – Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2013. – 92 с.

## НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКЛОННОСТИ СТУДЕНТОВ К ВЫГОРАНИЮ ПО ЛИЧНОСТНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

*Т.С. Симонов<sup>1</sup>, А.Г. Тишаева<sup>2</sup>, Ю.П. Ехлаков<sup>3</sup>*

Томский государственный университет систем управления и  
радиоэлектроники, Факультет систем управления, <sup>1</sup>аспирант,  
<sup>3</sup>профессор каф. АОИ

Сибирский государственный медицинский университет, Институт  
интегративного здравоохранения, <sup>2</sup>аспирант

Россия, Томск; e-mail: [tim.sim4@yandex.ru](mailto:tim.sim4@yandex.ru), [tishaevaalina@bk.ru](mailto:tishaevaalina@bk.ru), [upe@tusur.ru](mailto:upe@tusur.ru)

*В работе предлагается постановка задачи оценки риска профессионального выгорания студента. Оценку планируется выполнять с помощью нечеткой модели. Входными параметрами модели являются личностные характеристики. Для оценки этих характеристик используется Пятифакторный опросник. Правила модели будут основаны на корреляционных связях между личностными параметрами и выгоранием.*

**Ключевые слова:** оценка риска, выгорание студентов, нечеткая модель, корреляционный анализ

На сегодняшний день синдром выгорания является распространенным феноменом. В 2019 году выгорание вошло в Международную классификацию болезней (МКБ-11) как фактор, влияющий на состояние здоровья или обращение в медицинские организации, в подпункт проблемы, связанные с работой или безработицей (код-QD85) [1]. Существуют различные определения данного понятия. В МКБ-11 дается следующее определение: выгорание - синдром, концептуализированный как результат хронического стресса на рабочем месте, с которым не удалось справиться. Он характеризуется тремя составляющими: 1) чувство истощения энергии или изнеможения; 2) возрастание эмоциональной отстраненности от работы, негативное или циничное отношение к работе; и 3) чувство неэффективности и недостатка достижений. Выгорание относится только к явлениям в профессиональном контексте и не должно применяться к описанию опыта в других сферах жизни.

В [5] выгорание определяют связанное с работой состояние истощения, характеризующиеся крайней усталостью, сниженной способностью к регулированию когнитивных и эмоциональных процессов, а также эмоциональной отстранённостью от работы. Хотя принято соотносить выгорание с профессиональной деятельностью, что является основной

занятостью работоспособного населения. Однако, для студентов основной деятельностью является их обучение в университете, приобретение профессиональных навыков и их отработка на практике. К тому же уже во время обучения студенты приобретают первый профессиональный опыт и к выпуску уже обладают необходимыми профессиональными навыками и опытом. В исследовании [2] было показано, что фазы выгорания: истощения и резистенции формируются у студентов-медиков уже в процессе обучения.

Ряд научных работ посвящены исследованию синдрома выгорания у студентов. Авторы [6] изучили факторы, способствующие выгоранию студентов-медиков во время пандемии COVID-19. Основные результаты исследования показывают, что 51% различий в уровне эмоционального выгорания студентов объясняется их воспринимаемым стрессом, психическим здоровьем и воспринимаемой поддержкой. Кроме того, воспринимаемый студентами стресс, поддержка и уровень образования объясняют 42 % различий в уровне их академического выгорания.

В работе [7] исследовали академическое выгорание, личностные качества и успеваемость студентов. Студенты-медики, которые сообщали о том, что тратят больше времени на учёбу, меньше спят и получают более низкие оценки, имели более высокие показатели академического выгорания. Кроме того, 16,1 % различий в показателях академического выгорания объясняются личностными параметрами, а также выбранной специальностью, курсом и количеством учебных часов.

Связи между личностными параметрами и профессиональным выгоранием также были исследованы. Результаты данных исследований, обобщенные в системном обзоре [8], показывают, что выгорание прямо связано с нейротизмом и имеет обратную связь с остальными личностными параметрами. Эти результаты свидетельствуют о том, что для понимания феномена академического выгорания у студентов университетов важно учитывать как академические, так и личностные факторы.

Развивая личностно-ориентированный подход, цель данной работы заключается в разработке модели для оценки риска возникновения выгорания у студента на основании его личностных характеристик.

Риск возникновения у студента выгорания определим как вероятность возникновения связанного с учебной деятельностью истощения, снижения способности к регулированию когнитивных и эмоциональных процессов, а также эмоциональной отстранённостью от учебы.

Для идентификации рискообразующих факторов студенческого выгорания будем использовать личностные параметры согласно модели «Большая пятерка». Данная модель, рассмотренная в [8], включает в себя: экстраверсию, привязанность, саморегуляцию, нейротизм и открытость новому опыту. *Экстраверсия* показывает, любит ли человек быть среди людей.

*Привязанность* характеризует, насколько гармонично человек существует в социуме, противопоставляет просоциальную и коллективную ориентацию эгоцентризму. *Саморегуляция* определяет, насколько добросовестно человек выполняет свои обязанности, его целеустремленность, организованность, мотивация. *Нейротизм* показывает, насколько человек эмоционально стабилен или нестабилен. *Открытость опыту* отражает, насколько человек заинтересован в узнавании нового, знакомстве с новыми людьми, посещении новых мест.

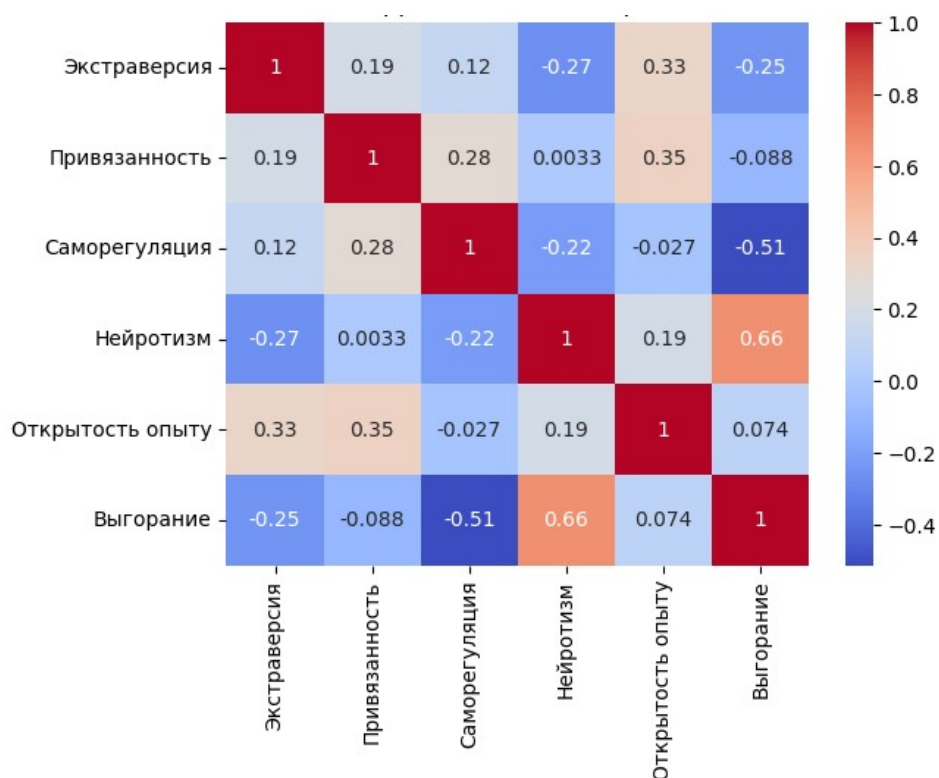
Личностные характеристики студента оцениваются с помощью Пятифакторного личностного опросника, предложенного в [3]. Адаптированный на русский язык вариант опросника содержит набор из 75 парных противоположных по своему значению стимульных высказываний, характеризующих поведение человека. Степень выраженности каждой из пяти личностных характеристик определяется по оценочной шкале Лайкерта (-2; -1; 0; 1; 2). Минимальное количество набранных баллов для любого фактора равно 15, максимальное количество – 75. Авторы тестовой методики условно разделили шкалу на высокие (51–75 баллов), средние (41–50 баллов) и низкие (15–40 баллов) оценки.

Уровень выгорания студента оценивается русскоязычной версией Инструмента оценки студенческого выгорания (ВАТ) [5]. Опросник включает 33 утверждения о состоянии респондента, каждое из которых оценивается по пятибалльной шкале Лайкерта.

На данный момент анкетирование прошли 55 человек. Средний возраст респондентов 20,56 лет при стандартном отклонении 1,39. 62% респондентов мужского пола, 38% - женского.

Для определения связей между личностными параметрами и уровнем выгорания был проведен корреляционный анализ Спирмена.

Тепловая карта на рис. 1 представляет результаты корреляционного анализа. Анализ показал зависимости, аналогичные систематическому обзору [8] и предыдущей работе [4]: выгорание прямо связано с нейтроизмом и имеет обратную связь с большинством других параметров. Только открытость опыту показала прямую связь с выгоранием, вопреки прошлым данным. Однако связь слабая и статистически незначимая, возможно она изменится с увеличением выборки. При этом в работе [7] саморегуляция и выгорание имели прямую зависимость. В результате корреляционные связи между личностными параметрами и склонностью студентов к выгоранию предварительно определены. Когда выборка увеличится до 100 человек, корреляции будут уточнены. По уточненным корреляциям планируется построить набор продукционных правил для нечеткой модели, определяющей склонность к выгоранию по личностным характеристикам у студентов.



**Рис. 1. Тепловая карта корреляций**

### *Библиографический список*

1. МКБ-11 для ведения статистики смертности и заболеваемости. —URL: <https://icd.who.int/browse/2025-01/mms/ru#129180281> (дата обращения: 22.10.2025).
2. Булычева Е.В., Бакунович М.П. Особенности формирования синдрома эмоционального выгорания студентов с учетом их профессиональной занятости // Медицинское образование и профессиональное развитие. 2022. №2 (46).
3. Хромов А.Б. Пятифакторный опросник личности: Учебно-методическое пособие. – Курган: Изд-во КГУ. – 2000.
4. Симонов Т.С., Тишаева А.Г., Ехлаков Ю.П. Оценка риска возникновения профессионального выгорания сотрудника: постановка задачи // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник трудов XXII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Томск, 22–25 апреля 2025 г.). Том 7. IT-технологии и электроника. – Томск: ТПУ, 2025. – С. 122-124.
5. Schaufeli W. B., Desart S., De Witte H. Burnout Assessment Tool (BAT)—development, validity, and reliability // International journal of environmental research and public health. – 2020. – Т. 17. – №. 24. – С. 9495.
6. Sveinsdóttir H. et al. Predictors of university nursing students burnout at the time of the COVID-19 pandemic: A cross-sectional study // Nurse education today. – 2021. – Т. 106.–С. 105070.
7. Cuevas-Caravaca E., Sánchez-Romero E. I., Antón-Ruiz J. A. Academic burnout, personality, and academic variables in university students // European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education. – 2024. – Т. 14. – №. 6. – С. 1561-1571.
8. Angelini G. Big five model personality traits and job burnout: a systematic literature review // BMC psychology. – 2023. – Т. 11. – №. 1. – С. 49.

## О ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ ПРИЛОЖЕНИЯ «КАЛЬКУЛЯТОР ПЛОЩАДЕЙ ПРОИЗВОЛЬНЫХ ФИГУР»

*Л.Е. Тютерева*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, студент  
Россия, 607227 Нижегородская область, г. Арзамас, ул. Калинина, д.19;  
e-mail: [friendly.arz@mail.ru](mailto:friendly.arz@mail.ru)

Научный руководитель: Емельянова Т.В., к.т.н., доцент, [etvpm@yandex.ru](mailto:etvpm@yandex.ru)

*Статья посвящена рассмотрению технологических особенностей разработки приложения, с помощью которого можно найти площади определённых геометрических фигур, кроме того, приложение позволяет построить данные фигуры по ключевым элементам.*

***Ключевые слова:** компьютерные технологии; калькулятор площадей произвольных фигур, приложение.*

В настоящее время большинство традиционных технологий обучения различным предметам невозможно реализовать без применения компьютерных средств, позволяющих оптимизировать процесс обучения, визуализировать объекты всевозможных предметных областей. Особенно это необходимо для абстрактных математических и технических сфер. В связи с этим требуется разработать достаточно простые в использовании технические решения, которые будут помогать пользователю. Реализация подобных приложений является трудоёмкой задачей, поскольку требует учёта всех тонкостей по выбранной теме и удобства использования. В данной статье рассмотрим особенности создания приложения «Калькулятор площадей произвольных фигур».

Приложение разрабатывалось на языке программирования C#, поскольку он является мощным инструментом для создания более масштабных и разносторонних приложений, востребованным во всём мире, постоянно расширяющим свой функционал [1].

Для реализации проекта было выбрано программное обеспечение Microsoft VisualStudio 2022. Оно предоставляет разработчику возможность визуализировать интерфейс приложения перед его созданием и программированием рабочей части, что упрощает разработку и понимание вида и функционала готового продукта.

Перед созданием приложения необходимо изучить тему и продумать внешний вид проекта, работу пользователя с продуктом (при необходимости

создать правила по работе с готовым инструментом), реакцию системы на ошибки при использовании человеком.

Приложение было создано на платформе .NET Framework 4.7.2, наиболее универсальной версии для аппаратных средств, с использованием шаблона "Приложение WindowsForms".

На каждую вкладку начального приложения были добавлены элементы, позволяющие удобно и эффективно работать с ним (рис.1).

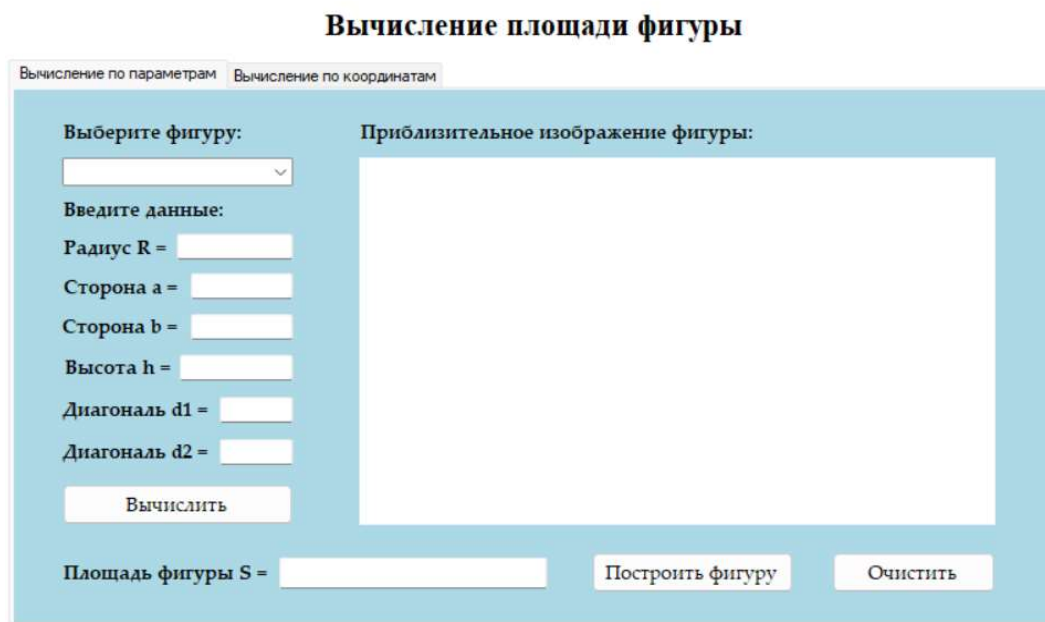


Рис. 1. Внешний вид приложения

Далее необходимо инициализировать переменные, которые будут хранить данные, введённые с клавиатуры. Если данные не были записаны, то следует учесть эту ситуацию и задать значение переменной по умолчанию, например, равную нулю. Необходимо также обратить внимание и на корректность выбора типа фигуры и введённых данных, и принять это в расчёт при написании программной части.

Для удобства разработчика рекомендуется вынести в отдельную часть кода методы рисования геометрических фигур и вычисления площади выбранного объекта. В последнюю очередь настраиваются кнопки и поля изображения фигуры для проверки корректности работы написанных методов и их возможных корректировок.

После сохранения папки с проектом приложение можно открыть на любом устройстве, и оно не потеряет свой функционал.

Для использования калькулятора площади произвольных фигур необходимо выбрать файл с разрешением ехеv папкеbin. После запуска приложения необходимо переключиться на нужную вкладку, в которой будут вводиться данные. Далее из списка выбрать фигуру (рис.2).

После вводим данные в соответствующие поля. Для ввода координат нужно соблюдать последовательность ввода (координаты вершин вводятся по порядку, т.е. по обходу контора по или против часовой стрелки).

Результат появляется при нажатии кнопки «Вычислить» в поле слева от «Очистить». После можно нажать «Построить фигуру» и получить примерное изображение объекта (рис.3).

### Вычисление площади фигуры

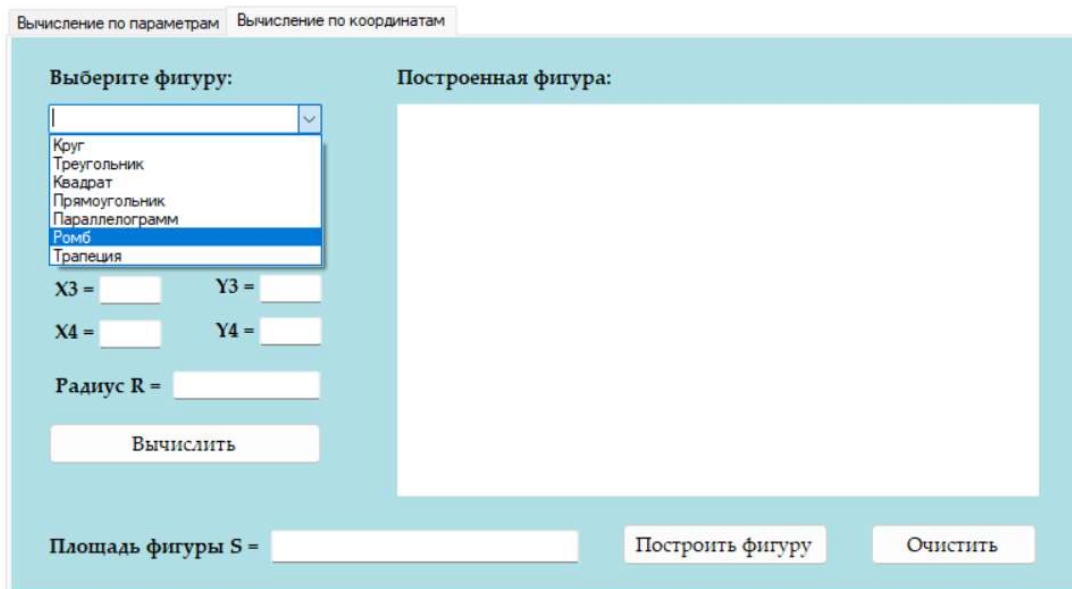


Рис. 2. Выбор фигуры для вычисления

### Вычисление площади фигуры

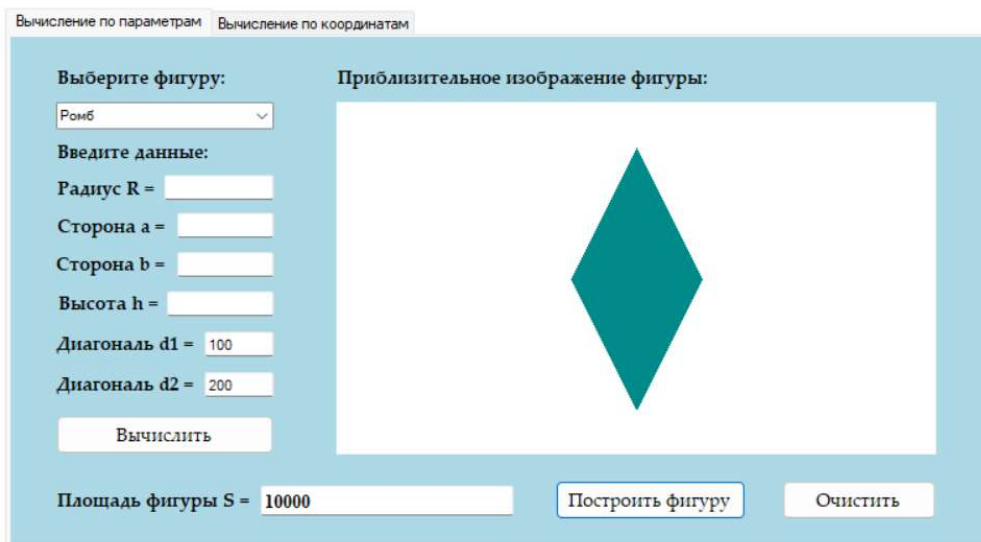


Рис. 3. Результат вычисления и визуализации

Для увеличения (уменьшения) размера построенной фигуры есть возможность увеличить (уменьшить) все параметры, умножив (разделив) на

выбранное число, и после нажать только кнопку «Построить фигуру» при этом сохраниться значение площади по изначальным параметрам (рис. 4). Аналогично вычисляется площадь выбранной фигуры и визуализируется при вводе координат на второй вкладке приложения (рис. 5).

Реализованное приложение предоставляет пользователям возможность лёгкого взаимодействия, что делает процесс вычисления более удобным и быстрым. Улучшение пользовательского интерфейса и добавление большего количества элементов для взаимодействия могут значительно повысить эффективность и интерес пользователя при использовании приложения.

#### Вычисление площади фигуры

Вычисление по параметрам    Вычисление по координатам

Выберите фигуру:  
Ромб

Введите данные:  
Радиус R =  
Сторона a =  
Сторона b =  
Высота h =  
Диагональ d1 = 50  
Диагональ d2 = 100

Вычислить

Приблизительное изображение фигуры:

Площадь фигуры S = 2500    Построить фигуру    Очистить

Рис. 4. Изменение размера фигуры без изменения значения площади

#### Вычисление площади фигуры

Вычисление по параметрам    Вычисление по координатам

Выберите фигуру:  
Трапеция

Введите данные:  
X1 = 20    Y1 = 20  
X2 = 100    Y2 = 20  
X3 = 80    Y3 = 60  
X4 = 40    Y4 = 60  
Радиус R =

Вычислить

Построенная фигура:

Площадь фигуры S = 2400    Построить фигуру    Очистить

Рис. 5. Пример работы второй вкладки приложения

Таким образом, были рассмотрены технологические особенности создания приложения «Калькулятор произвольных геометрических фигур»,

подчёркнуты тонкости выбранной темы, которые были учтены при написании программной части продукта, а именно: прописаны реакции системы на ошибки при введении данных, непоследовательные действия и пропуски ввода пользователем параметров, необходимых для вычисления, предусмотрены конструктивные возможности не только вычисления площадей фигур, но и построения данных объектов, и разработана инструкция по правильной работе с приложением.

---

1. Jesse Liberty. Programming C#: Building .NET Applications with C#: Книга. – 2002 – 447 с.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ 3D-ЭКСКУРСИИ ПО УЧЕБНОМУ ЗАВЕДЕНИЮ

*В.Д. Фокина<sup>1</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева

<sup>1</sup>студент: e-mail: dmfokin80@gmail.com

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

Научный руководитель: Токарев Н.М., ст.преподаватель, e-mail: nik1812-tnm@yandex.ru

*В статье представлено моделирование интерактивной 3D-экскурсии для учебного заведения, которое позволит привлечь абитуриентов и помочь им подробно изучить структуру заведения, а также предоставить студентам, сотрудникам и гостям навигацию по пространству. В статье представлены разработка и анализ функциональных требований к приложению, главная диаграмма прецедентов и диаграммы классов.*

**Ключевые слова:** 3D-экскурсия, моделирование проекта, мультимедийный контент, навигация, интерактивные элементы.

Одним из успешных направлений интеграции инновационных технологий в образовательные процессы является 3D-экскурсия по учебному заведению, которая позволяет наглядно продемонстрировать все преимущества его инфраструктуры. [2, с. 662-663] Деятельность медиacentров в учебных заведениях регламентируется документами:

- Федеральный закон от 29.12.2012 №273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», лицей 21.pfkr-school.minobr63.ru

- Закон РФ от 27.12.1991 №2124-1 «О средствах массовой информации». klsch7.rukr-school.minobr63.ru

- Распоряжение Правительства РФ от 31.03.2022 №678-р, утвердившее Концепцию развития дополнительного образования детей до 2030 года. klsch7.ru

- Письмо Министерства образования РФ «О создании медиacentров образовательных учреждений» от 04.01.95 №25/11. btaldaschool.kuz-edu.ru

- Устав учебного заведения и другие локальные акты. klsch7.ru

На основе этих документов в учебных заведениях действует Положение о медицентре, которое регламентирует создание инновационного имиджа заведения.

3D-тур становится универсальным инструментом, выступая мощным маркетинговым активом и элементом современного образовательного пространства, который поможет абитуриентам ознакомиться со структурой

заведения, а, например, студентам проложить маршрут до нужной аудитории. [3, с. 5-11; 4]

На текущий момент в образовательных учреждениях оповещение происходит с помощью онлайн-консультаций и вебинаров, что имеет следующие недостатки:

- географическая и временная ограниченность;
- статичность и недостаточная наглядность предоставляемой информации;
- ограниченное взаимодействие с контентом;
- слабая вовлеченность и запоминаемость предлагаемых материалов.

Предлагаемая 3D-экскурсия будет доступна круглосуточно и удаленно и будет включать в себя интерактивные элементы и мультимедийный контент. [1, с. 13-56]

Для детального описания функциональных требований и определения основных сценариев взаимодействия пользователей с системой была разработана главная диаграмма прецедентов системы (рис.1).

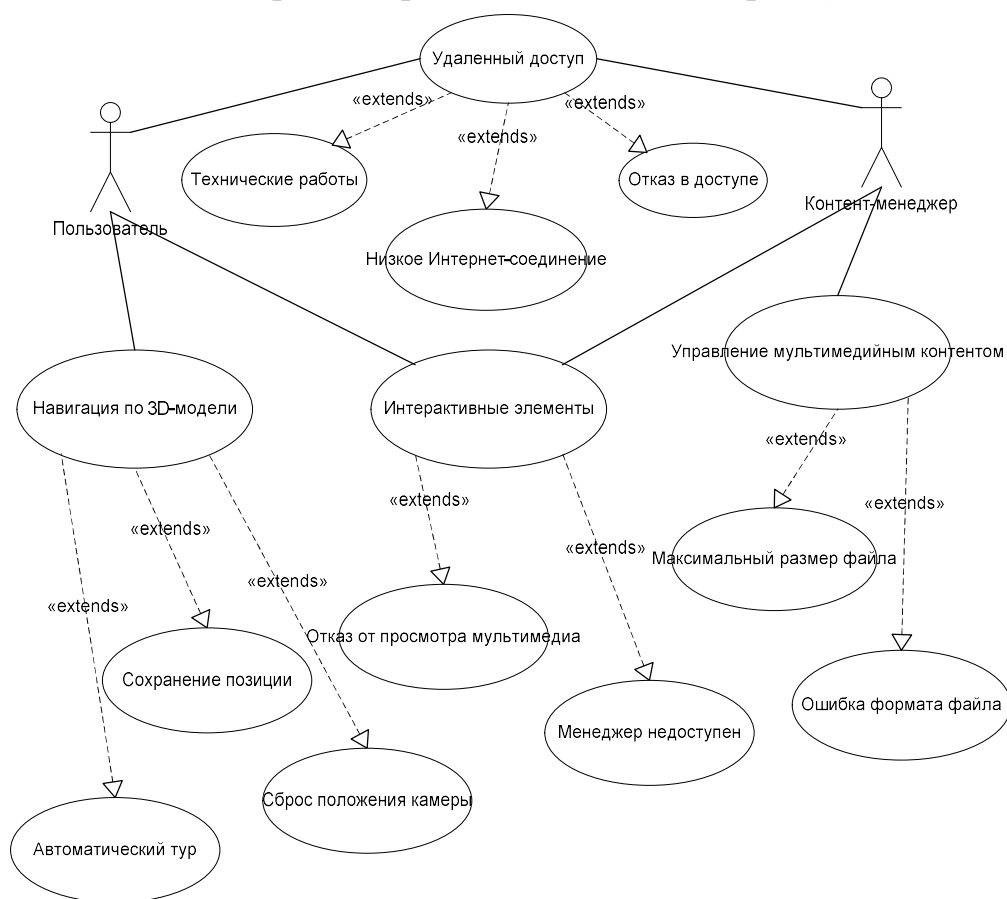


Рис. 1. Главная диаграмма прецедентов

Согласно рис. 1, процесс взаимодействия с системой пользователь начинает с ввода URL-адреса 3D-экскурсии в браузере своего устройства, затем

он отправляет запрос на удалённый доступ к системе, который обрабатывает контент-менеджер.

Система загружает основной интерфейс экскурсии и после выбора пользователем точки входа загружает соответствующую 3D-модель, то есть обеспечивает навигацию по экскурсии.

Пользователь исследует виртуальное пространство, запрашивает информацию об интересующем его объекте. Система уведомляет контент-менеджера о поступившем запросе и предоставляет текстовое описание объекта. Контент-менеджер анализирует запрос пользователя и дает команду системе о показе мультимедиа, и система открывает интерактивное окно с доступными типами контента, после выбора пользователя отображает его.

Контент-менеджер, в свою очередь, управляет мультимедийным контентом: на панели администратора выбирает точку интереса на карте, для которой требуется добавить контент, выбирает файл и указывает его тип. Система загружает файл на сервер и отображает новый медиа файл в списке контента для данной точки.

На основании модели прецедентов был разработан интерфейс пользователя проектируемой 3D-экскурсии с использованием диаграммы классов-интерфейсов, которая представлена на рис. 2.



Рис. 2. Диаграмма классов-интерфейсов

Из рис. 2 следует, что пользователь кроме простого изучения пространства может включить автоматический тур, тогда система запустит запрограммированный маршрут с оптимальными точками обзора, а пользователь будет пассивно наблюдать за автоматическим перемещением по ключевым локациям. При потере ориентации пользователь может активировать кнопку «Сброс положения камеры», и система восстановит стандартный угол обзора по умолчанию. Выбрав точку интереса, пользователь может

просмотреть текстовое описание объекта или изучить предоставленный мультимедийный контент к нему.

Проектируемая 3D-экскурсия будет состоять из 11 файлов, взаимодействие которых представлено на диаграмме компонентов системы (рис. 3).

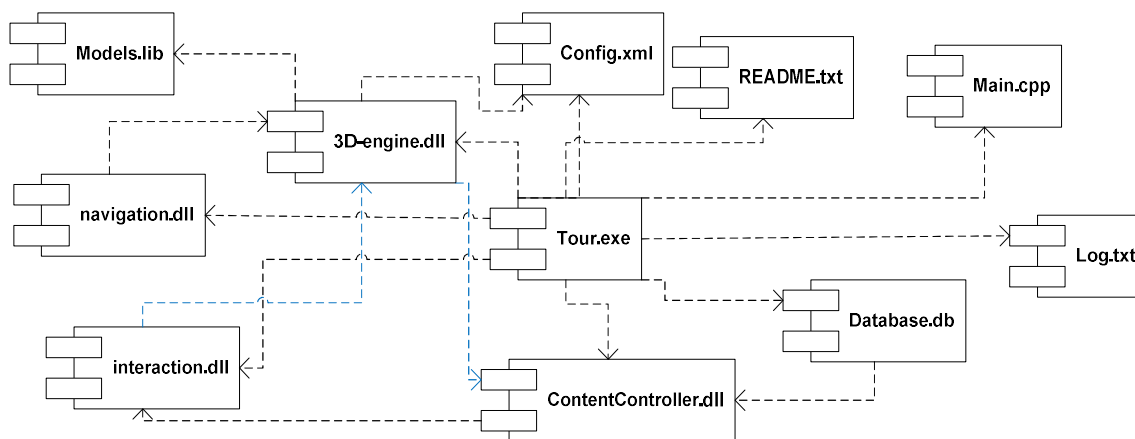


Рис. 3. Диаграмма компонентов

Файлы, представленные в диаграмме компонентов, имеют разные назначения. Main.cpp содержит функцию main(), в которой прописана инициализация всех компонентов, конфигурация и запуск главного приложения. Tour.exe – главный исполняемый файл, который запускает 3D-экскурсию и координирует работу всех компонентов системы. 3D-engine.dll – динамическая библиотека. Она управляет визуализацией 3D-сцен, в том числе и положением камеры, настройкой освещения, текстурами. Models.lib – статическая библиотека-хранилище всех 3D-моделей, которые загружает 3D-engine.dll. ContentController.dll отвечает за управление мультимедийным контентом. Этот файл обеспечивает загрузку материалов для интерактивных элементов. navigation.dll и interaction.dll являются модулями перемещения и интерактивных элементов соответственно. Они обрабатывают действия пользователя. Config.xml – файл конфигурации, содержащий все настройки программы, например пути к файлам, параметры графики и т.д. В компоненты также входит база данных Database.db, в которой хранятся данные о пользовательских сессиях и статистика. Журнал событий Log.txt содержит запись ошибок, предупреждений, информацию о запуске программы и действиях пользователя. Необходимый для любой программы README.txt – текстовый файл (документация), который содержит инструкцию по установке, системные требования, описание функционала и контакты технической поддержки.

Архитектура проектируемой системы, представленная на диаграмме развертывания (рис. 4), предполагает использование программного и аппаратного обеспечение на сторонах клиента и сервера.

В клиентскую сторону входят устройства пользователей: веб-браузер – для доступа через интернет, клиентская рабочая станция – стационарные компьютеры, операционная система Windows–платформа для прикладной программы. Клиентское приложение включает главное приложение, 3D-движок – обработку трехмерной графики, модуль навигации – управление перемещением по сцене, модуль взаимодействия – обработку действий пользователя, менеджер контента – управление загружаемыми материалами.

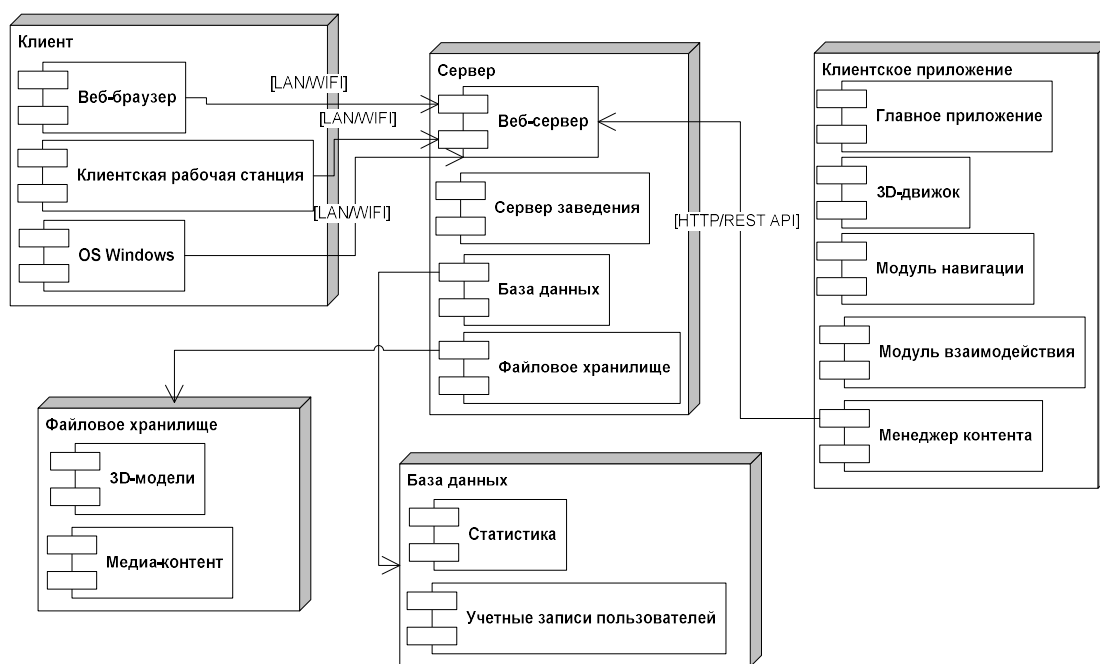


Рис. 4. Диаграмма развертывания

В серверную часть входят веб-сервер, который обслуживает веб-клиентов, сервер учебного заведения – центральный сервер инфраструктуры, база данных – хранение структурированной информации, файловое хранилище – хранение объемных данных. Компоненты базы данных – это статистика и учетные записи пользователей. Файловое хранилище содержит 3D-модели, медиа. Все компоненты соединены через протоколы связи: LAN – проводная локальная сеть, WIFI– беспроводная сеть, HTTP/HTTPS – для загрузки веб-клиента, передачи статических ресурсов, REST API – для приложения.

Разработанная система предполагает решение ключевых задач по предоставлению информации абитуриентам, навигации и повышению информационной открытости. В перспективе предполагается расширить функционал системы электронными ключами для доступа к

специализированным разделам и разместить дополнительные мультимедийные материалы.

Внедрение 3D-экскурсии позволит визуализировать структуру учебного заведения с интеграцией мультимедийного контента и интерактивных элементов.

### *Библиографический список*

1. Галиаскаров, Э. Г. Анализ и проектирование систем с использованием UML: учебник для вузов– Москва: Издательство Юрайт, 2025. – 125 с.

2. Кинстлер Н.А., Скрипка А.А., Городищева А.Н. Виртуальный тур как инструмент повышения имиджа организации. // Электронная библиотека КиберЛенинка: сайт.–URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/virtualnyy-tur-kak-instrument-povysheniya-imidzha-organizatsii/viewer> (дата обращения: 21.10.25).

3. Меженин А.В. Технологии разработки 3D-моделей. Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2018. – 100 с.

4. Шляхтина С. Программы для создания виртуальных туров. // КомпьютерПресс: сайт.–URL: <https://compress.ru/article.aspx?id=15669> (дата обращения: 19.10.25).

## СОЗДАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ИГРОВОГО ЭЛЕКТРОННОГО РЕСУРСА «CSS ТИР» ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ КАСКАДНЫМ ТАБЛИЦАМ СТИЛЕЙ

*А.С. Царьков<sup>1</sup>*

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского  
государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,<sup>1</sup> студент,  
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас;

e-mail: [artemtsrkv.off@mail.ru](mailto:artemtsrkv.off@mail.ru)

Научный руководитель: Н.А. Пакшина, к.т.н., доцент,

e-mail: [nataliapakshina@mail.ru](mailto:nataliapakshina@mail.ru)

*Статья посвящена решению проблемы недостаточной вовлеченности учащихся в процесс освоения веб-технологий, в частности CSS. Рассматривается потенциал игрофикации как инструмента повышения учебной мотивации. Описывается процесс проектирования и реализации специализированного электронного образовательного комплекса «CSS Тир», который включает интерактивный тренажер и модуль группового тестирования. Детализированы архитектурные решения, примененный технологический стек (HTML5, CSS3, JavaScript) и педагогические приемы, используемые в ресурсе. Приводятся методические рекомендации по интеграции комплекса в учебные занятия и данные о его эффективности, свидетельствующие о росте заинтересованности студентов и улучшении качества усвоения знаний.*

**Ключевые слова:** цифровое образование; игрофикация; каскадные таблицы стилей; фронтенд-разработка; интерактивное тестирование; образовательные игры.

Эволюция образовательных стандартов ставит перед педагогами задачу поиска инновационных методик, способных преодолеть низкую эффективность классических лекционных форматов. Наиболее остро этот вызов стоит в прикладных дисциплинах, таких как веб-программирование. Изучение CSS, являясь ключевым для верстки интерфейсов, часто сводится к механическому запоминанию синтаксических конструкций, что не способствует формированию глубокого понимания и снижает познавательную активность [2, с. 44].

Мощным катализатором учебной деятельности признана игрофикация – интеграция игровых механик в образовательный процесс. Многочисленные исследования доказывают, что геймифицированные учебные среды усиливают вовлеченность, создают здоровую конкурентную атмосферу и обеспечивают оперативную обратную связь [3, с. 53]. В данном контексте целью исследования стала разработка и апробация электронного обучающего комплекса «CSS Тир», который преобразует освоение CSS в динамичный соревновательный процесс.

## В рамках работы решались следующие задачи:

1. Выявить и систематизировать принципы конструирования современных ЭСО, ориентированных на изучение CSS.
2. Спроектировать архитектуру и пользовательский интерфейс геймифицированного ресурса, интегрирующего персональные и коллективные формы деятельности.
3. Выполнить техническую реализацию комплекса с привлечением актуальных веб-стандартов (HTML5, CSS3, JavaScript).
4. Разработать методический сценарий использования ресурса в рамках учебных занятий.

### 1. Методологические основы проектирования геймифицированной обучающей системы по CSS

Современное электронное средство обучения должно представлять собой не цифровой аналог учебника, а сложную интерактивную среду, обеспечивающую наглядность, адаптивность и практическую направленность [1, с. 20]. Применительно к изучению CSS это предполагает:

- **Немедленную визуализацию:** возможность мгновенно наблюдать последствия применения тех или иных стилевых свойств.
- **Ориентацию на решение задач:** выполнение упражнений, максимально приближенных к реальным кейсам из практики веб-разработки.
- **Свободу навигации:** нелинейную структуру, позволяющую студенту самостоятельно выстраивать траекторию обучения, обращаясь к нужным разделам по требованию.

Разработанный образовательный комплекс «CSS Тир» базируется на трехуровневой модульной архитектуре (рис. 1).



Рис. 1. Общая структура электронного обучающего комплекса «CSS Тир»

- **Справочно-теоретический модуль:** систематизированная база знаний по ключевым концепциям и свойствам CSS, дополненная примерами кода.
- **Индивидуальный игровой модуль «CSS Тир»:** тренажер для отработки и первичного контроля усвоения материала в формате динамической игры.
- **Модуль группового взаимодействия «Командный тест»:** инструмент для организации соревновательной деятельности в малых группах. Эта система тестирования помогает преподавателю определить текущий уровень усвоения материала студентами и при необходимости восполнить пробелы в их знаниях [4, с. 367].

## 2. Процесс разработки и реализации электронного ресурса

### 2.1. Технологический стек и архитектурные решения

Электронный ресурс «CSS Тир» создан с использованием стандартных веб-технологий, что гарантирует его кроссплатформенность и легкий доступ через браузер без необходимости установки дополнительного программного обеспечения.

- **HTML5:** применяется для построения семантически верной и доступной структуры пользовательского интерфейса.

- **CSS3:** отвечает за создание адаптивного визуального дизайна, реализацию плавных анимаций (включая движение мишени) и всех интерактивных эффектов, формируя визуальную составляющую игрового процесса.

- **JavaScript (ES6+):** является ядром приложения, обеспечивая работу игровой логики, управление состояниями, обработку пользовательских событий и взаимодействие с локальным хранилищем для сохранения индивидуальных достижений.

Архитектура приложения (рис. 2) реализована по модульному принципу, где функциональность разделена между независимыми компонентами (управление игровыми объектами, временем, вопросами), что повышает сопровождаемость и упрощает дальнейшее расширение системы.

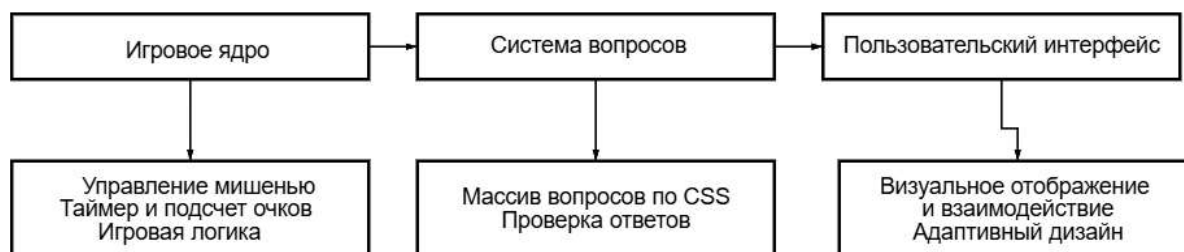


Рис. 2. Архитектура системы «CSS Тир»

## ***2.2. Педагогический дизайн и игровые механики***

**Модуль «CSS Тир»** построен на следующих ключевых игровых механиках:

- **Адаптивная сложность:** плавное нарастание скорости перемещения мишени в рамках одной игровой сессии (5 минут), что обеспечивает постоянный вызов и подстраивается под уровень подготовки пользователя.

- **Сбалансированная система мотивации:** за верный ответ пользователь получает +10 очков, неверный – штрафуются уменьшением доступного времени на 5 секунд.

- **Вовлекающее взаимодействие:** богатая палитра визуальных и анимационных откликов на действия пользователя (наведение, клик) способствует более глубокому погружению в учебный процесс.

С педагогической точки зрения, данный формат требует от учащегося не только демонстрировать точность и скорость реакции, но и мгновенно активировать теоретические знания для решения предложенной задачи, что тренирует мышление и психологическую устойчивость.

**Модуль «Командный тест»** ориентирован на развитие:

- **Коллективный интеллект: необходимость совместного обсуждения и выработки общего решения в команде.**

- **Элемент стратегии:** наличие ограниченного ресурса – «Помощи клуба», который можно использовать один раз за игру.

- **Стимул к лидерству:** соревновательный формат в реальном времени повышает групповую динамику и мотивацию к победе.

## ***2.3. Методическое сопровождение и организация учебного процесса***

Для успешной интеграции ЭСО в образовательный цикл были подготовлены детальные методические указания. Стандартный сценарий занятия продолжительностью 45-50 минут структурирован следующим образом:

- Актуализация теоретических знаний (10-15 мин).
- Практическая работа с модулем «CSS Тир» (10-15 мин).
- Соревновательная работа в модуле «Командный тест» (10-15 мин).
- Фиксация и анализ результатов, оформление краткого отчета (10 мин).

Автоматизированная система фиксации результатов (учет баллов, времени, процента верных ответов) существенно снижает административную нагрузку на преподавателя при проведении контроля.

Практическое использование электронного образовательного ресурса «CSS Тир» подтвердило его результативность в повышении уровня учебной мотивации и академической активности студентов. Объединение индивидуального тренажера и командного состязания позволяет комплексно воздействовать на различные аспекты обучения: от автоматизации базовых

навыков до формирования компетенций групповой работы и стратегического планирования.

Апробация комплекса в студенческих группах выявила, что применение игрофицированного подхода способствует более осмысленному и глубокому усвоению навыков CSS в сравнении с традиционными методами оценивания.

**Направлениями для будущего развития** проекта являются: расширение базы учебных заданий, введение новых игровых форматов (например, режима «карьеры» с последовательным прохождением уровней), а также адаптация концепции для преподавания смежных технологий, включая JavaScript и современные фреймворки.

### *Библиографический список*

1. Гусев М.Н. Электронное средство обучения «Основы веб-дизайна» на базе игровых и соревновательных элементов / М.Н. Гусев, Д.А. Писаревский // Информационные технологии и прикладная математика: сборник статей участников Всероссийской научно-практической конференции. – Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ, 2022. – С. 44–48.

2. Миронова С.В. О проблемах применения Web-технологий в образовании / С.В. Миронова, С.В. Напалков // Современные Web-технологии в цифровом образовании: значение, возможности, реализация: сборник статей. – Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ, 2019. – С. 35–49.

3. Пакшина Н.А. Исследование целесообразности применения игровых технологий обучения в высшем образовании / Н.А. Пакшина, Ю.П. Емельянова // Информатика и образование. – 2016. – № 2. – С. 53–55.

4. Пакшина Н.А. Система командного тестирования в практике обучения студентов технических вузов / Н.А. Пакшина, А.С. Копосов // Web-технологии в образовании: традиции, инновации, опыт: Сборник статей участников X Международной научно-практической конференции, Арзамас, 16–18 мая 2024 года. – Арзамас: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2024. – С. 367-370. – EDN JCDASN.