

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Балтийский государственный технический университет
«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова
Российская академия ракетных и артиллерийских наук
Российская академия естественных наук



XVII Международная молодежная научно-техническая конференция

«МОЛОДЕЖЬ. ТЕХНИКА. КОСМОС»

**Приуроченная к 150-летию со дня основания
Ремесленного училища цесаревича Николая**

Том 2

**Санкт-Петербург, Россия
24 по 27 марта 2025 года**

Библиотека журнала «Военмех. Вестник БГТУ», № 129

Санкт-Петербург
2025

УДК 629.78 : 623.4
M75

M75 Молодёжь. Техника. Космос: труды семнадцатой общероссийской молодёжной науч.-техн. конф. в 4 т. Т. 2. СПб, Издательство Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, 2025. – 283 с. – Библиотека журнала «Военмех. Вестник БГТУ», № 129

Публикуются статьи и доклады, представленные на XVI международной молодёжной научно-технической конференции «Молодёжь. Техника. Космос», прошедшей в Балтийском государственном техническом университете «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова в марте 2025 года. В первый том сборника вошли материалы секций: «Системы вооружения и военная техника» и «Системы управления и информационные технологии».

Для инженерных и научных специалистов, работающих в указанных направлениях, а также для студентов старших курсов и аспирантов профильных вузов.

Отзывы направлять по адресу: Россия, 190005, Санкт-Петербург, 1-я Красноармейская ул., д. 1. Редакция журнала «Военмех. Вестник БГТУ».

УДК 629.78: 623.4

Редакционный совет: д-р техн. наук, проф. К. М. Иванов (председатель), д-р техн. наук, проф. А. Е. Шашурин, канд. ист. наук, доц. М. Н. Охочинский, Ю.В. Каун

Ответственный редактор серии «Библиотека журнала «Военмех. Вестник БГТУ» М. Н. Охочинский

Тексты статей публикуются в авторской редакции

© БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 3

СИСТЕМЫ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННАЯ ТЕХНИКА

АНАЛИЗ ИЗНАШИВАНИЯ И МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ТРУЩИХСЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ В УЗЛАХ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ.....	7
Д.С. Мишарев, В.М. Петров, А.В. Федосов	
АНАЛИЗ, УСТРОЙСТВО И ДЕЙСТВИЕ ВУ МГ-4 И МГ-5.....	11
М. Лахтинова	
АТМОСФЕРНО-ОПТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ СВЯЗИ	16
А.А. Цацин, Д.Н. Дровалев, Д.В. Губанов	
БОЕВАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЛАДКОСТВОЛЬНЫХ РУЖЕЙ ПРОТИВ FPV ДРОНОВ.....	21
А.Е. Зрюмов	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА И ПЕРИОДИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	23
Т.М. Абу Фадда, С.В. Свирелкин, М.М. Сутаев, Е.Ю. Ремшев	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ОЦЕНКЕ ТОЧНОСТИ СТРЕЛЬБЫ БОЕПРИПАСОМ С ГОТОВЫМИ ПОРАЖАЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ПО ВОЗДУШНЫМ ЦЕЛЯМ	28
Г.А. Поспелов	
ИССЛЕДОВАНИЕ СОВКОВОГО И ТУННЕЛЬНОГО ВОЗДУХОЗАБОРНИКОВ И ИХ ВЛИЯНИЯ НА ПОЛЕТ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА	34
К.С. Комаров, М.В. Романчев, К.С. Алексеева	
КЛАССИФИКАЦИЯ ПОМЕХ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРОТИВ НЕКОНТАКТНЫХ ДАТЧИКОВ ЦЕЛИ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НИМИ.....	39
Д.В. Козлов	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОПРИВОДА МЕХАНИЗМА ЗАРЯЖАНИЯ АРТИЛЛЕРИЙСКОЙ УСТАНОВКИ В СРЕДЕ MATLAB SIMULINK.....	43
А.В. Новосельцев, Я.З. Голубова, В.С. Цепелев	
«О РАЗРАБОТКЕ БАЗ ДАННЫХ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КУРСОВОГО И ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ «СТРЕЛКОВО-ПУШЕЧНОЕ, АРТИЛЛЕРИЙСКОЕ И РАКЕТНОЕ ОРУЖИЕ».....	47
Н.В. Бобинова	
ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТРОЙСТВА ЗАГРАЖДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ОТ СНАРЯДОВ С РЕГУЛИРУЕМОЙ ДИНАМИКОЙ ДВИЖЕНИЯ ЗАЩИТНОГО ЭКРАНА.....	49
В.Е. Иванов, Е.А. Михайлов, А.А. Семеко, М.В. Филипова	
ПРОРАБОТКА ВОЗМОЖНЫХ ВАРИАНТОВ КОМПОНОВКИ ДУПЛЕКСА БУКСИРУЕМОГО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ОРУДИЯ КАЛИБРАМИ 152/155 ММ.....	54
В.В. Тельминов, Д.В. Безлепкин, А.В. Ступнев	
РАЗРАБОТКА РОБОТИЗИРОВАННОГО ГРАНАТОМЕТНОГО КОМПЛЕКСА	61
А.В. Новосельцев, Я.З. Голубова, В.С. Цепелев	
РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО СТЕНДА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ СТАНКА С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ.....	65
И.М. Сочнев, О.А. Иванов, К.И. Кононов	
РАСЧЁТ БАРАБАННОЙ СИСТЕМЫ СБРОСА ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ С СИСТЕМОЙ БАЛАНСИРОВКИ.....	68
А.С. Санаров	
РАСЧЁТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПОРНО-ПОВОРОТНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ТЯЖЁЛОЙ ТЕХНИКИ	72
А.С. Санаров	

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ БЕСПИЛОТНЫМ АВИАЦИОННЫМ СИСТЕМАМ.....	75
Н.О. Маев, А.И. Колотилова	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОСЛАБЛЕНИЯ ВИБРАЦИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В СПЕЦИАЛЬНОМ САМОХОДНОМ СОСТАВЕ.....	79
В.А. Крутова, Д.С. Завьялов, А.С. Воронов	
СЕКЦИЯ 4	
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	
ТИПЫ ВОЗМОЖНЫХ АТАК И МЕРЫ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТЕСТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ПРОНИКНОВЕНИЕ Г.В. Янковский, А.А. Ковтун, Е.Р. Землянская.....	83
ПОДГОТОВКА ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ С УЧЁТОМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА Вальштейн К.В.	86
ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТЕГРАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН И СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА Д.В. Зимина.....	90
АКУСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ БПЛА КОПТЕРНОГО ТИПА.....	92
В.В. Шеденко, В.С. Иванов	
ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ КОГНИТИВНОЙ СИСТЕМЫ В СОЧЕТАНИИ С НЕЙРОСЕТАМИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМИ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ.....	97
Д.М. Ядыкина, П.А. Панилов	
ТИПЫ ВОЗМОЖНЫХ АТАК И МЕРЫ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТЕСТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ПРОНИКНОВЕНИЕ	100
Г.В. Янковский, А.А. Ковтун, Е.Р. Землянская	
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ETHERNET В КОМПЛЕКСНЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ.....	103
Л.А. Цекало, С.А. Гейко	
УПРАВЛЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА.....	106
В.С. Соболев, Д.О. Ковалевский	
ОБЗОР ТЕНДЕНЦИЙ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕРФЕЙСОВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ... ..	110
С.А. Ерошенко, А.А. Гладевич	
ОБЗОР МЕТОДОВ ЛОКАЛЬНОГО РАЗВЕРТЫВАНИЯ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ	117
Ю.Ю. Енин	
РАБОТА И НАСТРОЙКА ТЕЛЕМЕТРИИ НА КОФЕЙНОМ НАСТОЛЬНОМ АППАРАТЕ RUNERO ESPRESSO.....	121
О.А. Елисеева, Н.В. Каплин	
МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЧИСЛА ЭКСПЕРТОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКСПЕРТНОЙ ГРУППЫ.....	125
О.А. Елисеева, Д.Р. Лаврентьев	
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ АДАПТИВНОГО ВЫРАВНИВАНИЯ ГИСТОГРАММЫ К ВИДЕОИНФОРМАЦИИ, ПОЛУЧЕННОЙ В ГЛУБИННЫХ СКВАЖИНАХ.....	130
Е.И. Арефьева	
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВИДЕОИССЛЕДОВАНИЙ НА ПРИМЕРЕ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН	133
А.В. Яковлев	
ПОВЕРХНОСТНЫЙ ИСТОЧНИК ЧАСТИЦ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ СРЕД.....	138
И.В. Виноградов, И.Б. Иванов, Т.В. Логунова	
РАЗРАБОТКА ВСТРАИВАЕМОГО МОДУЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ КУРЬЕРСКОЙ СЛУЖБЫ КОМПАНИИ	141
В.А. Гаврин, А.С. Сурков, С.И. Грачев	

АУДИТ САЙТА ПОЛИКЛИНИКИ №23 СПб	146
Д.М. Дарбинян	
ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГИЙ В ЭКОНОМИЧЕСКИЕ СЕКТОРА... 150	
Д.А. Игнатченко, Т.В. Логунова, Л.В. Щербакова	
РАЗРАБОТКА УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ МУЛЬТИРОТОРНОГО ТИПА ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ МАНЁВРОВ НА ОСНОВЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА УПРАВЛЕНИЯ	154
Я.А. Королев	
АКТУАЛЬНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ.....	160
К.О. Кржечковский, Д.С. Мехоношин, К.А. Беленков	
ТЕХНОЛОГИЧНАЯ АДАПТАЦИЯ СТУДЕНТОВ ВУЗА	163
Н.Д. Семенова	
МЕТОДИКА НАСТРОЙКИ ФИЛЬТРОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДАННЫХ ПОЛЁТА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА.....	166
Т.Ю. Жуковец, Д.Д. Суворов	
РАССМОТРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВНЕДРЕНИЯ НЕЙРО-КОНСУЛЬТАНТА В ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ.....	170
М.С. Маковецкая, А.А. Маковецкий, Т.В. Логунова, Л.В. Щербакова	
МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕННОГО АНАЛИЗА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ АВТОНОМНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ.....	173
И.С. Абрамов, А.Ю. Иваню, А.В. Иваню, А.Н. Шиян	
ИМПЛЕМЕНТАЦИЯ ПРОТОКОЛА TUS ДЛЯ ЗАГРУЗКИ В СИСТЕМЕ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ TATLIN.OBJECT	178
К.С. Кривогузов	
ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНЫХ СЛУЖБ ОС WINDOWS ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОБНОВЛЕНИЯ ПРИКЛАДНОГО ПО	181
Л.А. Молчанов, А.А. Гладевич	
АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОДОЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ БПЛА НА ОСНОВЕ БАЛАНСА ЭНЕРГИИ.....	185
Д.Р. Курашова	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ИГРЫ НА ARDUINO.....	189
Е.А. Бекетова, А.О. Веремчук, А.М. Ледайкина, А.А. Касаткин	
ЗАДАЧА СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕГМЕНТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ.....	194
А.А. Касаткин, М.А. Колмогоров, Р.А. Мацола	
ТЕОРИЯ ПРОЧНОСТНОГО РАСЧЕТА ОСЕВОЙ НАГРУЗКИ И УСТОЙЧИВОСТИ СУХИХ ОТСЕКОВ НА ПРИМЕРЕ СТРИНГЕРНОГО ОТСЕКА.....	198
А.А. Кузнецов, Ю.А. Никольченко	
КРИПТОГРАФИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ДАННЫХ: ОСНОВЫ, МЕТОДЫ И ПРИМЕНЕНИЕ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	200
Б.С. Лещинский, Н.А. Васильев, А.С. Куракин, Д.С. Ситдилов	
ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА ТРАЕКТОРНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	203
А.А. Псарёв, В.И. Михеев, Ю.А. Никольченко	
РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТА СОЗДАНИЯ, ХРАНЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНТЕНТА С ПРИМЕНЕНИЕМ БАЗЫ ДАННЫХ	206
М.Д. Суров	
АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ БПЛА ПО ЗАДАННОМУ МАРШРУТУ	208
А.М. Кудрявцев	

РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕГО МОДУЛЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИБОРА ИЗМЕРЕНИЯ НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ ОБЛАЧНОСТИ	212
В.И. Киселев	
СРАВНЕНИЕ ТОЧНОСТИ НАВЕДЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗНЫХ ТИПОВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ	216
Ф.Е. Горбачев, А.А. Кузнецова, А.В. Кириллов	
АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПОИСКА ПО ЗАДАНЫМ ПАРАМЕТРАМ (ТЕГАМ)	219
А.О. Штурнев	
МЕТОДЫ АНАЛИЗА ИСХОДНЫХ ТЕКСТОВ ПРОГРАММ	223
Н.Е. Дисенко, А.И. Фарамазян	
ПОДХОДЫ К КЛАСТЕРИЗАЦИИ ВЕКТОРНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ В КОНТЕКСТЕ АНАЛИЗА ВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ	226
М.А. Комардин, Р.М Бритвин, Д.А Проценко	
УПРАВЛЕНИЕ ЗНАНИЯМИ АВИАКОСМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ	232
Д.А. Комаров	
ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ МНОГОЦЕЛЕВОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА	236
Е.П. Морозов	
ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ ОБЪЕКТОВ	241
К.Д. Волков, К.С. Николаев, К.Д. Фролов, А.В. Шендаров	
АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОСАДКИ	246
Е.К. Гончарова, А.А. Горелов	
МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ОБЪЕКТА В СРЕДЕ SIMULINK	249
А.Н. Егоров	
ПРОГРАММА КОММУТАЦИИ ПОТОКОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ	255
А.В. Лященко	
АЛГОРИТМ ВЫБОРА И ВНЕДРЕНИЯ МЕТОДОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ВЕБ-РАЗРАБОТКИ	258
Д. Зиновьев, Е.И. Кедрова	
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИМПОРТНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ В ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ В УСЛОВИЯХ САНКЦИЙ	260
В.В. Никитин, М.В. Васьковский	
МЕТОДИКА ФИЛЬТРАЦИИ НЕКАЧЕСТВЕННОГО ФОТОМАТЕРИАЛА В СИСТЕМЕ ВИДЕОАНАЛИТИКИ	265
Д.В. Казубович, Е.А. Мажайцев	
ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ПРОИЗВОДСТВА ДРУЖЕСТВЕННЫХ СТРАН В БПЛА	267
Г.А. Клочков	
МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ КОНТУРОВ ПРОФИЛИРОВАННОГО СОПЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	269
В.И. Михеев, А.А. Псарёв, А.А. Кузнецов	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ СЕГМЕНТАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ ФОТОСНИМКОВ	274
А.М. Польских, С.К. Андреев, М.Д. Шабанов, А.В. Гнатенко	
УЧЕБНЫЙ ОСЦИЛЛОГРАФ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ STM	276
Ф.И. Чернюк	
СМАРТ-ОЧКИ «HOLOSCAN»	279
И.С. Воронов	

РИСКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ОПЕРАТОРОВ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ	283
А.А. Русина, Е.А. Мажайцев	
АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ.....	285
Е.А. Мажайцев, А.И. Чаусовский	
МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ТЕЛЕМЕТРИИ	287
А.О. Кормош, Б.Ю. Кучерук	

СЕКЦИЯ 3 СИСТЕМЫ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННАЯ ТЕХНИКА

УДК 539.375.6

АНАЛИЗ ИЗНАШИВАНИЯ И МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ТРУЩИХСЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ В УЗЛАХ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

Д. С. Мишарев¹, В.М. Петров², А.В. Федосов²

¹ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

² Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

В статье исследованы виды и характеристики изнашивания рабочей поверхности вала затвора дискового поворотного. Вал изготовлен из стали марки 14Х17Н2 и установлен в подшипник скольжения, представляющий собой втулку из антифрикционного углепластика марки УГЭТ. Эксплуатация трибосопряжения производится при смазывании уплотнительной смазкой ВНИИНП-282 с возможным риском попадания в пару трения морской воды. В исследовании проведена категоризация факторов изнашивания и дана теоретическая характеристика пары трения с учетом этих факторов. На основе анализа выделены наиболее вероятные виды изнашивания рабочей поверхности вала, а также предложены рекомендации по их предотвращению на этапе проектирования изделий.

Ключевые слова: износ, затвор дисковый, трение, вал, трибосопряжение

Введение

В настоящее время наблюдается активное развитие атомной энергетики, гражданского и военного судостроения. Эти, казалось бы, различные направления объединяет использование трубопроводов и сопутствующей арматуры, как для транспортировки теплоносителя в случае АЭС, так и для целого комплекса задач, выполняемых судовыми системами. Надёжность каждого элемента трубопроводной арматуры влияет на надёжность и безопасность всей системы, поскольку количество единиц арматуры на таких объектах достаточно велико. Одним из распространенных видов запорной трубопроводной арматуры являются затворы дисковые (рисунок 1).



Рисунок 1 – Затвор дисковый поворотный с ручным управлением

В статистике наиболее опасных отказов арматуры значительное место занимают нарушения циклов открытия-закрывания вследствие повреждения рабочей поверхности основного вала. Подобные отказы зачастую являются критическими, и вероятность безотказной работы по таким отказам должна быть близка к 1. [1]. Важным шагом в решении этой проблемы является выявление видов изнашивания рабочей поверхности вала ещё на этапе проектирования арматуры на основе анализа ключевых факторов, влияющих на износ.

Понятие изнашивания и перечень основных его видов регламентируются ГОСТ 27674-88 [2]. Согласно данному стандарту, изнашивание определяется как процесс постепенного изменения размеров и формы твёрдого тела вследствие отделения частиц материала с его поверхности, которое может сопровождаться увеличением остаточной деформации. Износ – это результат изнашивания, выражаемый в установленных единицах измерения. Процесс изнашивания деталей в машиностроении во времени

обычно описывается с помощью кривой износа, которая отражает изменение износа в зависимости от продолжительности эксплуатации. (рисунок 2).

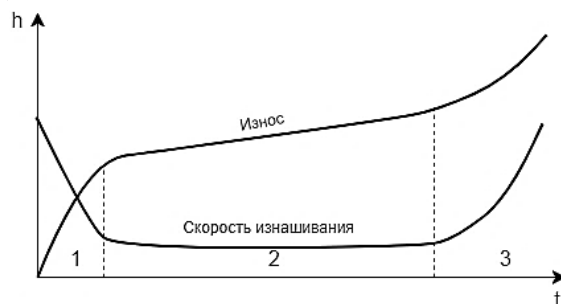


Рисунок 2 – Зависимость износа и скорости изнашивания от времени: 1 – период приработки, 2 – период нормальной работы, 3 – период катастрофического износа; h – износ, t – время

В период приработки рельеф рабочей поверхности, полученный после изготовления, преобразуется в эксплуатационный. Скорость изнашивания монотонно убывает до некоторой постоянной величины, что означает переход в режим нормального изнашивания. В течение этого периода происходит постепенное накопление повреждений, которые могут привести к катастрофическому износу детали и отказу изделия. На процесс изнашивания влияет комплекс конструкторских, технологических и эксплуатационных факторов, которые можно объединить в несколько категорий (рисунок 3)



Рисунок 3 – Основные факторы, влияющие на процесс изнашивания

Исследование пары трения

В работе рассматривается узел затвора дискового поворотного, состоящий из вала и втулки. Схематичное изображение затвора представлено на рисунке 4. Крутящий момент с привода 1 посредством шпоночного соединения передаётся на вал 4, который установлен в корпусе 2 в подшипник скольжения. Функцию подшипника скольжения выполняет втулка 3. Снижение трения в узле достигается нанесением смазки при сборке. Вал передаёт крутящий момент на диск 5 с помощью шлицевого соединения.

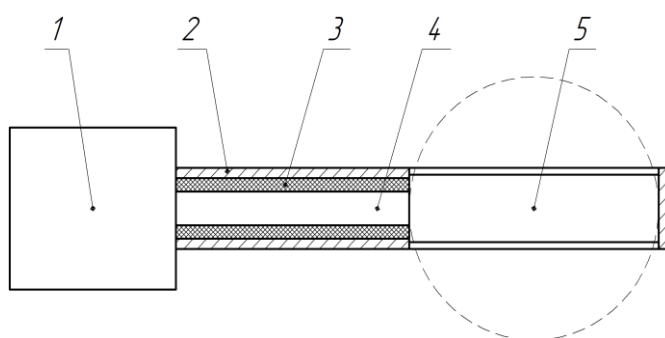


Рисунок 4 – Схема затвора дискового: 1 – привод; 2 – корпус; 3 – втулка; 4 – вал; 5 – диск

Свойства трибосопряжения. Материалом вала является коррозионностойкая жаропрочная сталь 14X17H2. Эта сталь широко применяется для изготовления деталей, работающих в условиях агрессивных сред, благодаря высокому содержанию хрома (17%) и никеля (2%), которые обеспечивают повышенную коррозионную стойкость и устойчивость к окислению. Ответная втулка изготовлена из износостойкого антифрикционного углепластика УГЭТ, который обладает высокой прочностью, износостойкостью и способен выдерживать значительные контактные давления. Данный материал применяется в тихоходных парах трения, где требуется низкий коэффициент трения и высокая долговечность. Трение в рассматриваемой паре происходит по диаметру 125 мм. Вал выполнен по 7 квалитету с основным отклонением f , шероховатость поверхности по параметру R_a 0,8 мкм. Втулка выполнена по 7 квалитету с основным отклонением H и шероховатостью поверхности по параметру R_a 1,6 мкм. Посадка $H7/f7$ с зазором, которая типична для подшипников скольжения, работающих при умеренных и посто-

янных скоростях и нагрузках. Такая посадка обеспечивает свободное относительное перемещение деталей, минимизируя износ и предотвращая заклинивание. [3, с. 140] При помощи данных, приведённых в ГОСТ 25347-2013 [4] и методики [3, с. 121-130] по формулам (1 – 9) рассчитаны основные параметры посадки (таблица 1) и составлена её схема (рисунок 5).

Таблица 1 – Расчёт основных параметров посадки

Параметр	Расчётная формула	Значение, мм
Допуск отверстия	$T_D = ES - EI$ (1)	0,04
Допуск вала	$T_d = es - ei$ (2)	0,04
Наибольший размер отверстия	$D_{max} = D + T_D$ (3)	125,04
Наименьший размер отверстия	$D_{min} = D - T_D$ (4)	125
Наибольший размер вала	$d_{max} = d + T_d$ (5)	124,975
Наименьший размер вала	$d_{min} = d - T_d$ (6)	124,917
Наименьший зазор	$S_{min} = D_{min} - d_{max}$ (7)	0,123
Наибольший зазор	$S_{max} = D_{max} - d_{min}$ (8)	0,043
Наиболее вероятный зазор	$S_m = \frac{S_{min} + S_{max}}{2}$ (9)	0,083

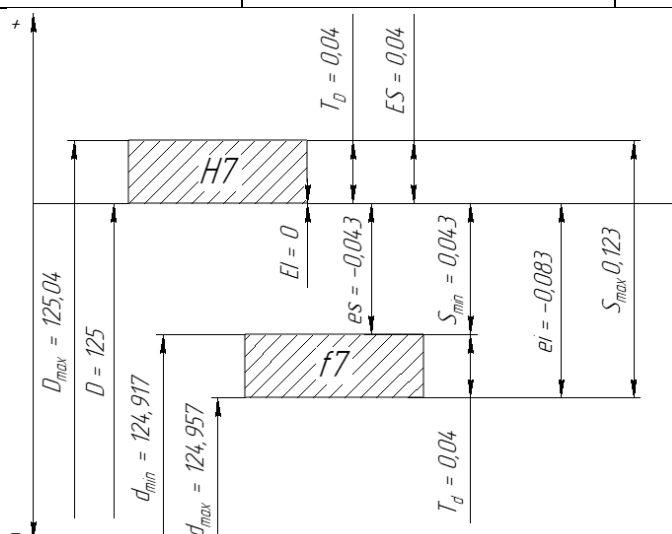


Рисунок 5 – Схема применённой посадки: D (d) – номинальный размер, ES (es) – верхнее предельное отклонение, EI (ei) – нижнее предельное отклонение, T_D (T_d) – поле допуска, D_{max} (d_{max}) – максимальный размер, D_{min} (d_{min}) – минимальный размер, S_{max} (S_{min}) – максимальный (минимальный)

Параметры рабочей среды. В качестве смазочного материала используется уплотнительная смазка ВНИИНП-282 ТУ 38.1011261-89 [5]. Она отличается водостойкостью, совместимостью с полимерами, инертностью к сильным окислителям и не склонна к термоупрочнению. Динамическая вязкость при T = 20°C составляет $\eta = 160 \dots 280$ Па·с. Пара трения эксплуатируется при нормальной температуре и давлении окружающей среды в присутствии агрессивной среды – морской воды. Основным отличием морской воды от пресной является солёность – показатель суммарной массы твердых веществ, растворённых в килограмме морской воды. В среднем она составляет примерно 35% (из них 2 ... 40% – соли). Кроме того, морская вода является нейтральным (pH = 7,3 ... 8,6) хорошо аэрированным (4 ... 10 мг/л) электролитом. [6] Наличие солей, в частности, хлорида натрия (NaCl) в составе морской воды обуславливает возможность протекания процессов электрохимической коррозии в контактирующих с ней металлических изделиях. Кислород и хлор увеличивают скорость коррозионного процесса. Динамическая вязкость морской воды при T = 20°C рассчитана по известной формуле (10) с использованием данных, представленных в статье [7].

$$\eta = \nu \cdot \rho \cdot 10^{-9}, \quad (10)$$

где: ν – кинематическая вязкость, сСт; ρ – плотность, г/см³

Поправочный коэффициент введён для перевода единиц. Значение динамической вязкости составило $\eta = 1065,75 \cdot 10^{-6}$ Па·с. Стоит отметить, что при трении стали и УГЭТ всухую и при смазывании водой наблюдается образование абразивных частиц износа [8, 9].

Характер взаимодействия. В основе взаимодействия вала и втулки лежит процесс трения скольжения по поверхности при циклической знакопеременной нагрузке (непериодическое открытие и закрытие затвора). При этом, вал совершает вращение, а втулка остаётся неподвижной. Линейная скорость вала составляет $\nu = 0,007$ м/с. Нагрузка на вал прикладывается в перпендикулярном направлении и представляет собой перепад давления на диске в 0,3 МПа. В таких условиях вид трения меняется динамично в рамках каждого цикла «открытие-закрытие» по диаграмме Герси-Штрибека (рисунок 6).

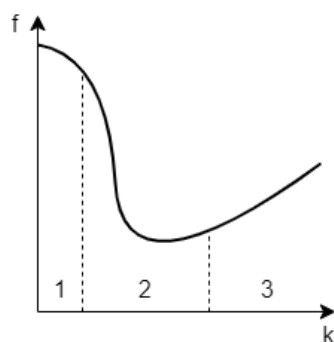


Рисунок 6 – Диаграмма Герси-Штрибека: 1 – граничный режим трения, 2 – смешанный режим трения, 3 – жидкостный режим трения; f – коэффициент трения, k – характеристика режима смазки

При граничном режиме трения шероховатость поверхности превышает толщину слоя смазки, при смешанном режиме эти параметры становятся сопоставимыми, а при жидкостном режиме толщина слоя смазки превышает шероховатость поверхности. Таким образом, наибольший износ наблюдается при граничном (1) и смешанном (2) режимах трения, которые характерны для начального этапа вращения вала. Эффективность смазки при жидкостном режиме трения можно приблизительно оценить с использованием следующей формулы: (11):

$$F_{\text{тр}} = \frac{A\eta v}{h}, \quad (11)$$

где: A – фактическая площадь контакта, м^2 , η – вязкость смазочной среды, $\text{Па} \cdot \text{с}$, v – скорость скольжения, м/с , h – толщина смазочного слоя, м [10]

Фактическая площадь контакта для металлов находится в пределах 1 ... 10% от номинальной и в среднем остаётся постоянной даже при увеличении давления. Таким образом, площадь можно найти по формуле (12):

$$A = \pi D H \cdot 0,1, \quad (12)$$

где: π – математическая константа, D – диаметр трения, м , H – длина поверхности трения, м

При условии устойчивого режима жидкостного трения толщина смазочного слоя в самом узком месте может быть найдена по формуле (13) [11, с. 141]:

$$h = S_m \cdot 0,25, \quad (13)$$

где: S_m – наиболее вероятный зазор, м

Результаты расчётов сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты расчёта силы трения

Смазочная среда	Значение динамической вязкости, $\text{Па} \cdot \text{с}$	Значение силы трения, Н
ВНИИНП-282	160	1,33
	280	2,32
Морская вода	$1065,75 \cdot 10^{-6}$	$5,4 \cdot 10^{-6}$

Стоит отметить, что очень низкая вязкость морской воды не позволяет сформировать на поверхности трения устойчивую смазочную плёнку, что препятствует установлению жидкостного режима трения.

Результаты исследования

Из характеристики пары трения по факторам изнашивания можно кратко выделить следующее:

1) Используемые материалы обладают определённой стойкостью к коррозии, а применённая посадка H7/f7 соответствует назначению узла (подшипник скольжения), обеспечивая умеренный зазор для работы при постоянных нагрузках и скоростях.

2) В узле применяется уплотнительная смазка, однако существует риск её вымывания и попадания морской воды, что может привести к образованию абразивных частиц износа и ухудшению условий трения.

3) В узле происходит трение скольжения, а непостоянная циклическая знакопеременная нагрузка затрудняет процесс приработки поверхностей, что повышает вероятность заедания и ускоренного износа.

На основе анализа выделенных факторов можно составить предполагаемый перечень видов изнашивания рабочей поверхности основного вала для конкретных условий эксплуатации. Этот перечень будет соответствовать номенклатуре понятий, представленных в таблице 1 ГОСТ 27674-88 (таблица 3), и включать такие виды изнашивания, как абразивное, коррозионно-механическое и усталостное.

Таблица 3 – Предполагаемый перечень видов изнашивания вала

Вид изнашивания	Характеристика	Причины появления
Абразивное	Механическое изнашивание в результате царапающего действия твердых частиц	Образование абразивных частиц износа в результате трения «сталь-УГЭТ»

Усталостное	Механическое изнашивание в результате усталостного разрушения поверхности	Работа в условиях знакопеременных нагрузок
При заедании	Изнашивание в результате переноса материала с одной поверхности трения на другую и воздействия возникших неровностей на первую	Низкая скорость вращения и наличие зоны граничного трения
Коррозионно-механическое	Изнашивание в результате механического воздействия с электрохимическим взаимодействием со средой	Попадание в узел трения агрессивной среды (морской воды) и наличие контакта с воздухом

Полученные результаты согласуются с более общим исследованием [13], в котором рассмотрены основные виды изнашивания узлов трубопроводной арматуры. Для повышения эксплуатационных характеристик рабочей поверхности вала и защиты от выявленных видов изнашивания, таких как абразивное, коррозионно-механическое и усталостное, целесообразно применение функциональных покрытий. Это позволит улучшить износостойкость, коррозионную стойкость и долговечность детали, особенно в условиях непостоянных нагрузок и агрессивных сред, таких как морская вода.

Библиографический список

1. Тарасьев Ю. И., Дунаевский С. Н. Вопросы надежности и безопасности трубопроводной арматуры // Территория Нефтегаз. 2008. №9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/voprosy-nadezhnosti-i-bezopasnosti-truboprovodnoy-armatury>
2. ГОСТ 27674-88 Трение, изнашивание и смазка. Термины и определения
3. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник для вузов / И. А. Иванов, С. В. Урушев, Д. П. Кононов [и др.] ; Под редакцией И. А. Иванова и С. В. Урушева. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 356 с. — ISBN 978-5-507-44065-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/208667> (дата обращения: 02.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. ГОСТ 25347-2013 (ISO 286-2:2010) Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Ряды допусков, предельные отклонения отверстий и валов
5. ТУ 38.1011261-89 Смазка ВНИИ НП-282 Технические условия
6. Сидняев Николай Иванович, Бережнова Мария Андреевна Исследование влияния морской воды на разрушение погружных морских конструкций // Инженерный журнал: наука и инновации. 2019. №10 (94). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-morskoy-vody-na-destruktsiyu-pogruzhnyh-morskih-konstruktsiy> (дата обращения: 02.05.2024).
7. Ефремова, К. Д. Кавитационные свойства жидкостей / К. Д. Ефремова, В. Н. Пильгунов // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. — 2016. — № 3. — С. 12-36. — DOI 10.7463/0316.0835344. — EDN VTKQET.
8. Анисимов, А. В. Экспериментальное исследование поверхностей контакта в трибопарах полимер - металл / А. В. Анисимов, Б. К. Барахтин, В. В. Рыбин // Вопросы материаловедения. — 2006. — № 2(46). — С. 51-61. — EDN LADPPZ.
9. Морфология контактной поверхности и трибологические характеристики углепластиков / И. И. Курбаткин, Г. В. Самохвалов, Т. И. Муравьева, А. М. Мерзин // Известия СНЦ РАН. — 2011. — № 4(3). — С. 788-793. — ISSN 0132-4535.
10. Динамические модели фазовых переходов между кинетическими режимами граничного трения: концепция сдвигового плавления: монография / Я. А. Ляшенко. — Сумы : Сумский государственный университет, 2018. — 335 с.
11. Рубцов В. Е. Моделирование деформационных и тепловых процессов в поверхностном слое упруго-пластического материала при трении: дис. ... канд. физ.-мат. наук / В. Е. Рубцов. — Томск: Ин-т физики прочности и материаловедения СО РАН, 2004. — 145 с.
12. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник для вузов / И. А. Иванов, С. В. Урушев, Д. П. Кононов [и др.] ; Под редакцией И. А. Иванова и С. В. Урушева. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 356 с. — ISBN 978-5-507-44065-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/208667> (дата обращения: 08.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
13. Олейник, А. В. Обзор и анализ проблем надежности и долговечности трубопроводной арматуры / А. В. Олейник, Е. С. Назарова, В. Р. Лысенко // Современные вопросы устойчивого развития общества в эпоху трансформационных процессов : сборник материалов IV Международной научно-практической конференции, Москва, 12 декабря 2022 года. — Москва: Алеф, 2022. — С. 119-127. — DOI 10.34755/IROK.2022.12.96.038. — EDN BMQRWS.

УДК 623.454

АНАЛИЗ, УСТРОЙСТВО И ДЕЙСТВИЕ ВУ МГ-4 И МГ-5

М. Лахтионова

Балтийский Государственный Технологический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

Аннотация: В статье проводится анализ конструкции, принципов работы и эксплуатационных характеристик взрывателей МГ-4 и МГ-5, разработанных для артиллерийских снарядов. Рассматриваются ключевые отличия в их устройстве, достоинства и недостатки, а также причины перехода от МГ-4 к более совершенному МГ-5.

Введение: Взрыватели являются ключевыми элементами боеприпасов, обеспечивающими их эффективное применение в различных условиях. От их конструкции и надежности зависит не только успех выполнения боевых задач, но и безопасность личного состава.

Взрыватель МГ-4, разработанный в 1930-х годах, стал важным этапом в развитии артиллерийских систем, однако его конструкция имела ряд недостатков, которые ограничивали его применение в современных условиях. Переход к более совершенному взрывателю МГ-5 был обусловлен необходимостью повышения универсальности, безопасности и надежности. Изучение эволюции этих устройств позволяет не только понять историю развития военной техники, но и выявить ключевые инженерные решения, которые могут быть полезны при проектировании современных боеприпасов.

1. Взрыватель МГ-4

1.1 Описание устройства и действия

Взрыватель состоит из контактного датчика цели и детонирующего устройства, собранных в корпусе 1 и головной втулке 2 (Рисунок 1).

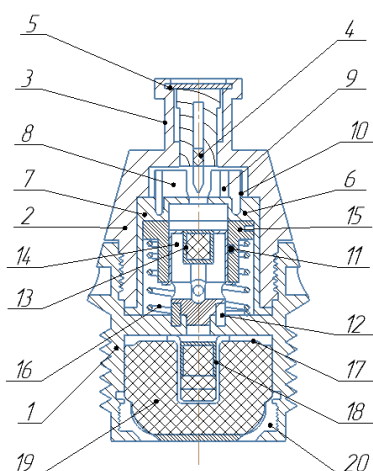


Рисунок 1 – Взрыватель МГ-4

Ударник мгновенного действия состоит из деревянной папиросы 3 (изготавливается из парафинированного бука, ясеня или клёна) и стального жала 4, плотно вставленного в папиросу на шеллачном лаке. Сверху ударник закрыт медной мембраной 5 толщиной 0,1 мм, а от перемещения вниз удерживается четырьмя плашками 8, свободно сидящими на осях 7. Плашки охвачены предохранительной кольцевой пружиной 10 (Рисунок 2).

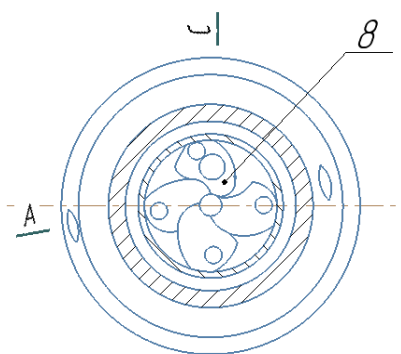


Рисунок 2 – Плашки (вид сверху)

Одна из плашек имеет отверстие, в котором находится инерционная шпилька 9, входящая нижним концом в каноническую выемку втулки 6. Шпилька служит для задержки начала взведения. Латунный инерционный ударник 11 с капсюлем-воспламенителем 13 помещен внутри разгибателя 15 и входит своим хвостом в отверстие перемычки корпуса. Для улучшения изоляции капсюля-воспламенителя поставлено медное обтюрирующее колечко 12. Ударник 11 имеет осевой и поперечные каналы для прохода луча огня. От перемещения вверх ударник 11 удерживается закрепленным на нем латунным лапчатым предохранителем 14, который имеет четыре лапки с отогнутыми концами, заходящими под нижний торец разгибателя. Разгибатель поджат к втулке 6 взводящей пружиной 16.

Принцип действие взрывателя.

1. Активация взрывателя

В момент, когда взрыватель сталкивается с целью (например, при ударе о землю или объект), контактный датчик активирует механизм. Это действие служит сигналом для начала процесса инициации взрыва.

2. Освобождение ударника

При активации взрывателя пружина 10, удерживающая плашки 8, начинает освобождаться. Плашки, которые находятся на осях 7, удерживают ударник в верхнем положении. Как только пружина ослабляет давление, плашки освобождают ударник, который теперь может двигаться вниз.

3. Движение ударника

Ударник 3 (деревянная папираса) и стальное жало 4, теперь свободны, начинают движение вниз под действием силы тяжести и инерции. Ударник должен быть сконструирован так, чтобы его движение было быстрым и резким, что необходимо для эффективного срабатывания капсюля.

4. Инициация капсюля

Ударник 11, находящийся внутри разгигателя 15, движется вниз, когда освобождается. Он имеет осевой и поперечные каналы для прохода огня. При движении вниз он сталкивается с капсюлем-воспламенителем 13, который находится в его нижней части.

При ударе инерционного ударника по капсюлю происходит его воспламенение. Это может быть вызвано механическим воздействием, которое приводит к химической реакции внутри капсюля, вызывая мгновенное выделение тепла и пламени.

5. Распространение огня

Осевые и поперечные каналы в ударнике 11 позволяют огню и газам, образующимся в результате воспламенения капсюля, проходить дальше к основному взрывному веществу. Это обеспечивает быстрое и надежное иницирование основного заряда.

6. Взрыв

Воспламенение капсюля создает достаточное количество энергии, чтобы иницировать основное взрывное вещество, которое находится в корпусе взрывателя. Это может быть тротил, аммонит или другое взрывчатое вещество. Как только основное вещество инициализируется, происходит взрыв.

7. Безопасность и предохранительные механизмы

В конструкции взрывателя предусмотрены различные механизмы безопасности, такие как предохранительный лапчатый элемент 14 и инерционная шпилька 9. Эти элементы предотвращают случайное срабатывание устройства до момента, когда оно действительно должно сработать.

Мембрана 5 защищает ударник от случайных механических воздействий до момента активации, что также минимизирует риск преждевременного срабатывания.

Анализ конструкции: достоинства и недостатки

Достоинства взрывателя:

- a) Повышенная безопасность в обращении, так как преждевременное действие ударного механизма возможно лишь при взведении центробежного и инерционного предохранительных устройств;
- b) Достаточная чувствительность и быстрота действия;
- c) Наличие изоляции капсюля-воспламенителя при выстреле.

Недостатки взрывателя:

- a) Сложность устройства ввиду применения отдельных предохранительных устройств для каждого ударника;
- b) Неиспользование инерционного ударника для повышения безотказности действия при малых углах встречи с преградой, то есть не работает;
- c) Помещение детонатора непосредственно внутрь корпуса взрывателя без применения стакана детонатора. Это позволяет увеличить детонатор, однако создает возможность попадания отколовшихся частиц взрывчатого вещества в резьбу донной втулки, что в свою очередь может явиться причиной преждевременного разрыва в канале ствола, когда зазоры в резьбе выбираются, частиц расплющиваются и могут воспламениться;
- d) Применение плашечного предохранительного устройства.

2. Взрыватель МГ-5

2.1 Описание устройства и действия

Головной взрыватель МГ 5 является взрывателем предохранительного типа с дальним взведением. Взрыватель состоит из ударного устройства, предохранительного устройства, детонационного узла и механизма дальнего взведения, собранных в стальном корпусе (Рисунок 3).

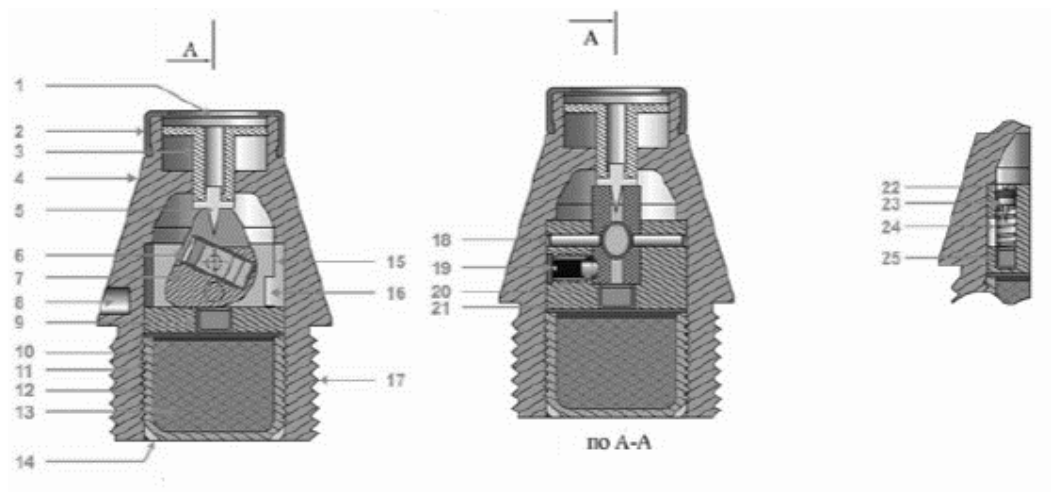


Рисунок 3 – Взрыватель МГ-5:

Ударный механизм состоит из ударника (3) с жалом (5) и мембраны (1). Мембрана крепится на корпусе при помощи кольца (2), накатанного на корпус взрывателя (4). Стык кольца и мембраны для герметичности залакирован. Мембрана удерживает ударник от выпадения из корпуса, предохраняет его от давления воздуха в полёте и от повреждений при транспортировке. Предохранительное устройство состоит из поворотного диска (7), осей к нему (18), стопора (21). В гнезде поворотного диска размещен капсюль детонатор (6). Поворотный диск может поворачиваться на осях. Детонационный узел размещен в нижней части корпуса взрывателя и включает в себя передаточный заряд с чашечкой (9) и тетриловый дополнительный детонатор (13), запрессованный в стакан (12). До выстрела жало ударника входит в прорезь диска и опирается своим фланцем на его поверхность. Диск удерживается от поворота стопором (21), а стопор поджат запрессованным пороховым предохранителем (19). Механизм дальнего взведения собран в боковом вертикальном канале втулки и состоит из капсюля воспламенителя (25), жала (23) и контрпредохранительной пружины (24), которые закреплены резьбовой пробкой (22). Этот канал при помощи паза во втулке (16) сообщается с пороховым предохранителем (19). Принцип действия взрывателя следующий: в момент выстрела боковое жало (23) под действием силы инерции оседает и, преодолевая сопротивление контрпредохранительной пружины (24), накаливает капсюль воспламенителя (25). Луч огня от капсюля передаётся через боковой вырез втулки (16) на пороховой предохранитель (19).

Принцип действия взрывателя

1. Подготовка к выстрелу

Ударник (3) с жалом (5) удерживается в корпусе (4) мембраной (1), которая закреплена кольцом (2). Поворотный диск (7) с капсюлем-детонатором (6) зафиксирован стопором (21), который поджат пороховым предохранителем (19). Жало ударника (5) входит в прорезь диска и опирается на его поверхность, предотвращая случайное срабатывание.

2. Выстрел и активация механизма

При выстреле боковое жало (23) под действием инерции сжимает контрпредохранительную пружину (24) и накаливает капсюль-воспламенитель (25). Луч огня от капсюля через паз во втулке (16) передается на пороховой предохранитель (19), который начинает выгорать.

3. Взведение на траектории (40–60 м от ствола)

Пороховой предохранитель (19) полностью выгорает, освобождая стопор (21). Под действием центробежной силы стопор (21) смещается, освобождая поворотный диск (7). Диск (7) поворачивается, устанавливая капсюль-детонатор (6) напротив жала ударника (5).

4. Удар о преграду и детонация

При ударе о цель мембрана (1) разрушается, освобождая ударник (3). Ударник (3) с жалом (5) движется вниз, накаливая капсюль-детонатор (6). Взрыв капсюля инициирует цепную реакцию: Передаточный заряд (9) в чашечке. Дополнительный детонатор (13) в стакане (12).

2.2 Анализ конструкции: достоинства и недостатки

Достоинства взрывателя:

- Повышенная безопасность: Трехступенчатая система предохранителей (центробежный, пружинный и инерционный штифт) значительно снижает риск случайного срабатывания.
- Регулируемое замедление: Возможность настройки времени срабатывания (0.05–0.15 сек) за счет сменных штифтов делает взрыватель универсальным для разных типов целей.
- Прочность корпуса: Использование легированной стали 30ХГСА повышает устойчивость к ударам и деформациям.
- Универсальность: Совместимость с калибрами 85–152 мм, включая морские орудия.

Недостатки взрывателя:

- а) Сложность конструкции: Трехступенчатая система предохранителей требует точной настройки и обслуживания.
- б) Зависимость от условий эксплуатации: При экстремально низких температурах (ниже -60°C) возможно замедление срабатывания из-за загустения синтетического масла в гидравлическом замедлителе.
- в) Высокая стоимость производства: Использование легированной стали и сложных механизмов увеличивает стоимость взрывателя.

Заключение

Проведённый анализ конструкции и принципов действия взрывателей МГ-4 и МГ-5 позволяет сделать вывод о значительном прогрессе в разработке артиллерийских боеприпасов. Оба взрывателя имеют свои достоинства и недостатки, но МГ-5 представляет собой качественный шаг вперёд по сравнению с МГ-4, устраняя многие его ограничения.

Также выведенная таблица сравнения проанализированных вариантов.

Таблица 1

Параметр	МГ-4	МГ-5
1. Общее сравнение		
Материал корпуса	Алюминий АЛ-9 (200 МПа)	Сталь 30ХГСА (850 МПа)
Система безопасности	2 ступени (центробежный + пружинный)	3 ступени (добавлен инерционный штифт)
Замедление	Фиксированное (0.1 сек)	Регулируемое (0.05–0.15 сек)
Температурный диапазон	-40°C до $+50^{\circ}\text{C}$	-60°C до $+70^{\circ}\text{C}$
Срок службы	10 лет	15 лет
Типы снарядов	Осколочно-фугасные снаряды калибра 122–152 мм.	Универсальный: осколочно-фугасные, бетонобойные, морские снаряды.
2. Принцип действия		
Активация	При ударе о цель контактный датчик активирует ударник.	При выстреле боковое жало (23) накалывает капсюль-воспламенитель (25).
Взведение	Центробежная сила разблокирует плашки (8), освобождая ударник.	Пороховой предохранитель (19) выгорает, освобождая стопор (21).
Удар о цель	Ударник (3) накалывает капсюль-воспламенитель (13).	Ударник (3) накалывает капсюль-детонатор (6).
Детонация	Взрыв передаточного заряда и основного ВВ.	Взрыв передаточного заряда (9) и тетрилового детонатора (13).
3. Достоинства		
Безопасность	Двухступенчатая система предохранителей	Трехступенчатая система
Чувствительность	Быстрое срабатывание при ударе.	Регулируемое замедление (0.05–0.15 сек) для разных целей.
Герметичность	Медная мембрана (5) защищает от влаги и пыли.	Лакированный стык кольца (2) и мембраны (1) обеспечивает герметичность.
Универсальность	Подходит для осколочно-фугасных снарядов.	Совместим с калибрами 85–152 мм, включая морские орудия.
4. Недостатки		
Сложность конструкции	Раздельные предохранители для каждого ударника.	Трехступенчатая система требует точной настройки.
Надёжность	Низкая эффективность при малых углах удара.	Зависимость от условий эксплуатации (температура, влажность).
Риск заклинивания	Плашечное предохранительное устройство может заклинить.	Поворотный диск (7) может не сработать при загрязнении.
Стоимость	Относительно низкая стоимость производства.	Высокая стоимость из-за сложных механизмов и материалов.

- **МГ-4:** Простой и надёжный взрыватель для осколочно-фугасных снарядов, но с ограниченной универсальностью и безопасностью.
- **МГ-5:** Усовершенствованная конструкция с повышенной безопасностью, универсальностью и устойчивостью к экстремальным условиям, но более сложная и дорогая в производстве.

Взрыватели МГ-4 и МГ-5 демонстрируют эволюцию артиллерийских технологий, где каждый новый этап направлен на повышение безопасности, универсальности и надёжности. МГ-5, как более совершенная модель, устраняет ключевые недостатки МГ-4, сохраняя при этом преемственность в конструкции и принципах действия. Эти устройства остаются актуальными для современных военных задач, а их изучение формирует основу для дальнейших инноваций в области боеприпасов.

Библиографический список.

- 1) Пиротехнические и огневые цепи систем управления: Учебное пособие. Ч. 1/Г. В. Барбашов, Е. Б. Грецова, А. П. Смирнов; Балт. Гос. техн. ун-т. СПб., 1999. 224 с.
- 2) Пиротехнические и огневые цепи систем управления: Учебное пособие. Ч. 2/Г. В. Барбашов, Е. Б. Грецова, А. П. Смирнов; Балт. Гос. техн. ун-т. СПб., 1999. 154 с.
- 3) Теоретические основы проектирования взрывателей. Ч.1. Силы и моменты в механизмах взрывателей при артиллерийском выстреле: учебное пособие /А.П. Смирнов, Е.Б. Грецова, С.А. Карпов; Балт. гос.техн. ун-т. – СПб., 2019. – 156 с.
- 4) Взрыватели ракетной и ствольной артиллерии: Учебное пособие/Г.М. Третьяков; Военная Академия им. Ф. Э. Держинского, 1960.

УДК 661.961.62

АТМОСФЕРНО-ОПТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ СВЯЗИ

А.А. Цацин, Д.Н. Дровалев, Д.В. Губанов

Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского

АОЛС активно исследуется в космическом пространстве, как в России, так и в других странах. Эксперименты по налаживанию связи в орбитальных группировках могут сыграть важную роль в построении систем связи для управления и координации действий войск (Рис.1). Данная технология позволяет организовать высокоскоростные и защищенные каналы связи в условиях, когда традиционные методы становятся неэффективными либо невозможными. [4].

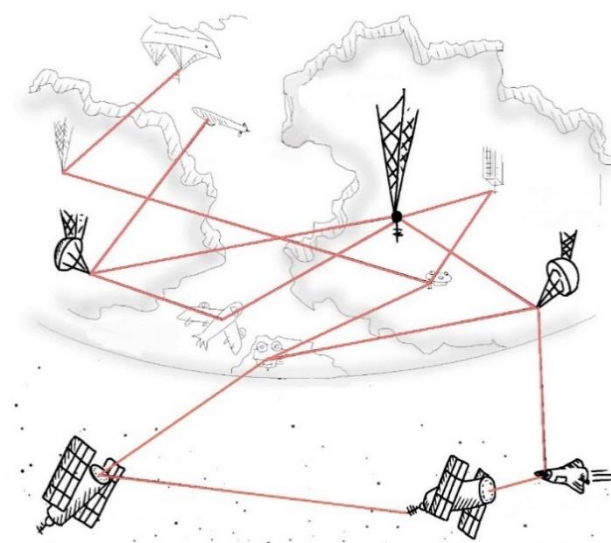


Рисунок 1. – Варианты организации связи на базе АОЛС между различными объектами

Для успешного применения АОЛС важно учитывать особенности местности, проектировать связи с учетом максимальной видимости. Планирование и проектирование системы связи основывается на тщательном анализе возможных факторов, влияющих на качество передачи – от рельефа местности до атмосферных явлений. Эффективность установки во многом зависит от соблюдения высотных характеристик и наличия прямой видимости [5].

Ключевым аспектом успешного внедрения АОЛС является обеспечение их совместимости с уже имеющимися системами связи, что предусмотрено в процессе модернизации вооруженных сил [6]. Это позволяет осуществлять интеграцию новых технических решений в существующих и минимизировать усилия на перенастройку для пользователей.

Расположение зданий воинской части позволяет эффективно реализовать системы связи.

Близкое расположение зданий соответствует требованиям оборудования, что упрощает организацию внутрибазовой связи. В рамках отдельных тактических сценариев предусматривается возможность подключения к мобильным командным пунктам и патрульным машинам, находящимся на расстоянии до 15 километров от воинской части.

АОЛС может быть установлена между бортовой платформой летательного аппарата и статической наземной станцией, что актуально как для военных, так и гражданских целей. Прямая видимость достижима при условии полета на достаточной высоте. Данный сценарий успешно реализован компанией Via Light (теперь Mynaric) с использованием системы MLT-20 на истребителе "Торнадо" (Рис.2).

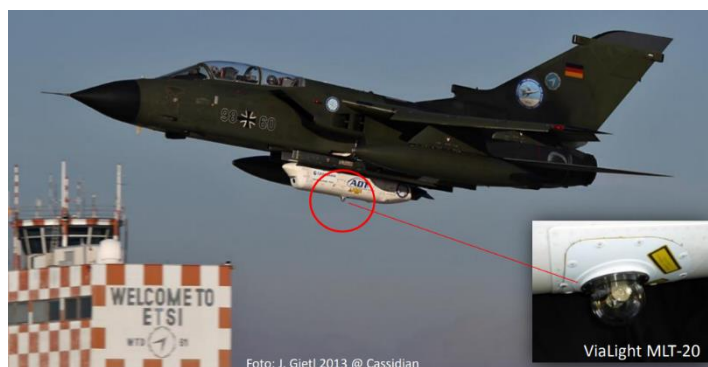


Рисунок 2. – MLT-20 на истребителе "Торнадо".

Связь может быть установлена между небольшими БПЛА, работающими на малых высотах, между двумя стационарными аэростатами или между самолетом и дирижаблем. В США подобная возможность была продемонстрирована с помощью системы FALCON (Рис.3, Рис.4).

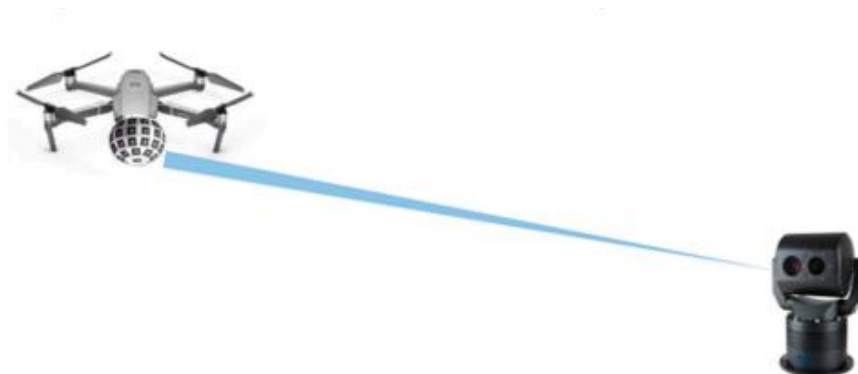


Рисунок 3. – Односторонний канал связи «Земля-БПЛА»

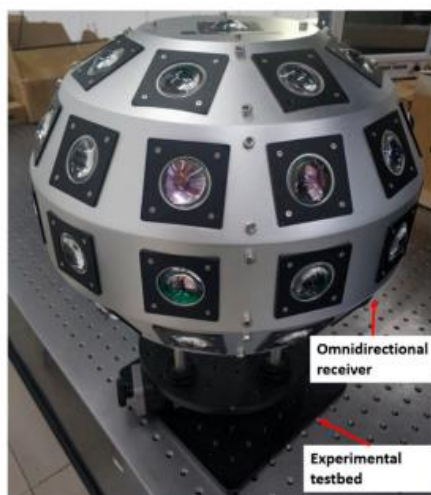


Рисунок 4. – Модель системы всенаправленного приема оптического сигнала

Разработки в области лазерной связи для космоса ведутся с 1960-х годов. В настоящее время проекты, такие как американская военная программа Blackjack, продолжают развивать эту технологию. Оптическое беспроводное оборудование может быть использовано для создания каналов связи в низкоорбитальных спутниковых группировках, что позволит обеспечить передачу информации с театра военных действий к командованию в режиме реального времени.

В России исследования в области межспутниковой связи проводятся как государственными (Роскосмос, Росатом), так и частными компаниями (Бюро1440).

Таким образом, АОЛС представляют собой не только технологичное решение, но и стратегический элемент для повышения боеспособности российских вооруженных сил в условиях современного конфликта. Их применение позволяет улучшить качество и быстроту связи, что в свою очередь сказывается на оперативности принимаемых решений в боевых действиях.

Атмосферно-оптические линии связи (АОЛС) в боевых условиях обеспечивают уникальные преимущества, которые значительно увеличивают эффективность военных операций и способствуют выполнению поставленных задач. Лазерная связь, используемая в рамках АОЛС, позволяет передавать

большие объемы данных за короткое время, что особенно актуально в условиях интенсивных боевых действий. Полоса пропускания лазерной связи может быть в десятки и сотни раз больше, чем у традиционных радиосистем, что позволяет обеспечивать высокоскоростной обмен информацией между военными подразделениями

Одним из ключевых преимуществ АОЛС является их устойчивость к радиопомехам. В условиях боевых действий необходимость скрытого и защищенного взаимодействия становится критически важной. Лазерные системы менее подвержены воздействию электронных помех, что позволяет сохранять связь даже в самых сложных электромагнитных обстановках.

Качество передачи данных является еще одним важным аспектом, на который познавательски опирается лазерная связь. Благодаря низкому коэффициенту шума информация передается с высокой четкостью, что важно для точного выполнения боевых задач. Это достижение критично в условиях, когда выполнение задания зависит от передачи данных, таких как координаты целей, разведывательная информация и другие ключевые параметры [4]. Кроме того, использование АОЛС позволяет минимизировать время задержки, что особенно важно при управлении огнем и эксплуатации оружия.

Гибкость применения АОЛС не вызывает сомнений. Лазерные системы могут быть использованы в различных вариантах: как наземной, так и космической связи, что создает множество возможностей для интеграции в существующие системы. Это делает их универсальными инструментами для различных военно-оперативных задач, включая поддержку высоких технологий в министерствах обороны разных стран.

Таким образом, современные разработки в области лазерной техники продолжают расширять возможности атмосферно-оптических линий связи. Учеными ведутся активные исследования для улучшения характеристик и повышения надежности систем, используемых в вооруженных силах. Это наряду с растущим интересом к лазерным технологиям в контексте современного военного дела указывает на необходимость дальнейших инвестиций и исследований в данной области. АОЛС становятся не только важным инструментом для повышения оперативной эффективности, но и важным элементом стратегии ведения современных боевых действий.

Опыт последних месяцев показывает, что элементом успешного боя – является занятие и контроль самых высоких точек местности для оборудования их средствами наблюдения, связи и оперативного управления войсками. Требуется взять во внимание – что в связи с частым задействованием БПЛА – возрастает вероятность применения средств РЭБ на поле боя, а значит потеря управления не только средствами (БПЛА), но и управления войсками. В связи с этим мы уже можем наблюдать появление БПЛА оснащенные оптоволоком для предотвращения воздействия на них средств РЭБ противника.

Начало применения оптических линий связи позволит убрать воздействия противника на каналы передачи информации. АОЛС помогут развертывать оперативную и неподверженную несанкционированному доступу связь. Можно заметить, что попытки внедрения АОЛС в ВС РФ уже принимались в 2000-ых годах, однако условия их применения в настоящих боевых реалиях изменились. Возьмем за основу направления статью «Перспективные системы радиорелейной связи военного (двойного) назначения на основе применения лазерных телекоммуникационных технологий» Д.А. Антропова, в ней уже приведены экспериментальные расчеты эффективности АОЛС развернутой между 1-ым и 3-им домом МО РФ, так же приведены примеры использования АОЛС для создания ПУ(Рис.5).

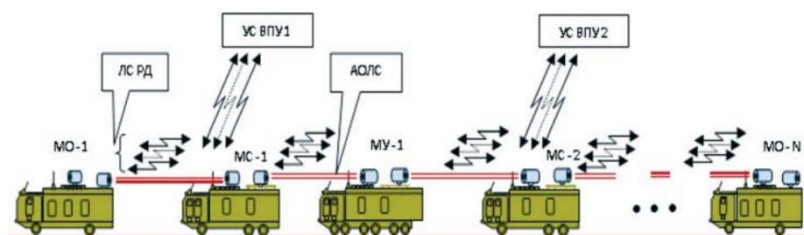


Рисунок 5. – Предлагаемый Антроповым Д.А. вариант использования АОЛС для создания подвижных ПУ

Однако данное применение можно отвергнуть, в связи с опытом Специальной военной операции. В случае начала обстрела колонны артиллерией, а как чаще бывает налета FVP-дронов на технику – связь в подразделение будет потеряна. К тому же перебрасывания сил в таких количествах на территории приближенной к фронту боевых действий потеряла актуальность, а производится только в тылу, где применение АОЛС теряет свою эффективность. Передвижение на линии соприкосновения происходит штурмовыми группами, которые за частую используют легкую и быструю технику (нередко Багги или мотоциклы) для создания плацдарма, куда потом будут подводиться основные силы для развертывания дальнейших действий войск и подразделений. В последнее время – это можно наблюдать на Кураховском направлении (Рис.6 и Рис.7).



Рисунок 5. – Оперативная обстановка на Кураховском направлении 26.11.2024 года. Сайт: militarysummary.com

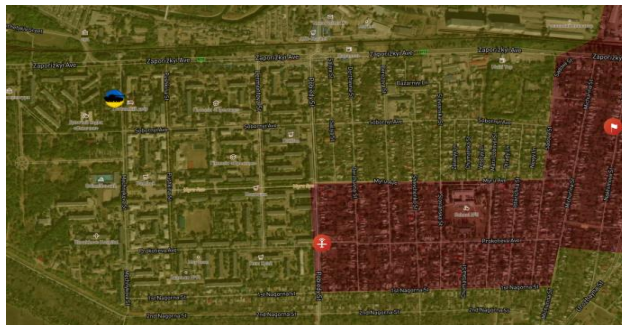


Рисунок 6. – Оперативная обстановка в г.Курахово и вблизи н.п. Успенковка 26.11.2024 года. Сайт: militarysummary.com

Обстановка на Кураховском направлении в большинстве своем отображает ситуацию и условия ведения боевых действий на всей линии соприкосновения. Вывод из этого – боевые действия ведутся в основном в населенных пунктах либо в лесопосадках вблизи населенных пунктов. Что дает возможность настроить устойчивую связь в тактическом звене управления с помощью установки АОЛС на высотах природного или искусственного характера.

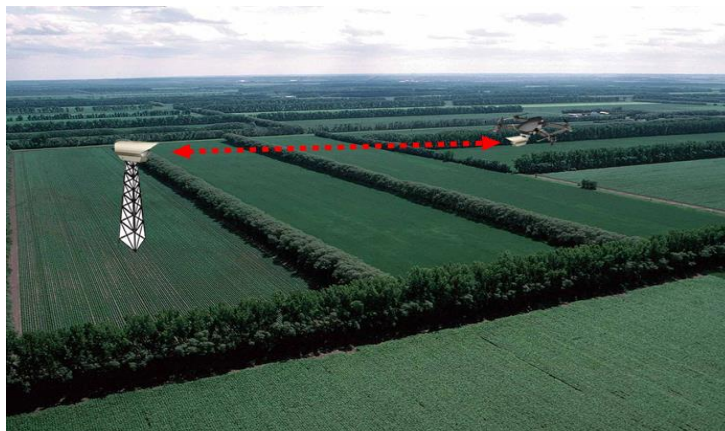


Рисунок 7. – Предложение применения АОЛС дуплексного канала «БПЛА-Земля»

Установка наземной атмосферно-оптической системы на искусственных (мачты, столбы, крыши домов и прочее) или природных высотах предоставит возможность осуществления передачи информации между БПЛА и наземным пунктом. Однако управление им будет осуществляться через оптоволокно, чтобы избежать влияние РЭБ противника.

Такое применение БПЛА, даст новые возможности при проведение боевых действий в условиях постоянного воздействия РЭП противника и невозможности организации других вариантов обмена информации между ПУ и войсками.

На основе технологии АОЛС, разрабатывается макет для нужд тактического звена ВС РФ (расчет, отделение, взвод). Новизна устройства заключается в компактности и безопасности обмена информацией в условиях воздействия РЭБ противника. Предполагается использовать устройство в условиях, когда применение проводной и радиосвязи затруднительно или невозможно. Условия применения представляют собой наличие прямой видимости между операторами, что позволяет использовать устройство в городской застройке (установить приемо-передатчики на возвышенности), в полях, на КП и т.д.

Макет устройства представляет собой микроконтроллер на основе МП АТmega8, с использованием модулей (лазерный модуль, фотодиодный модуль, АКБ и дисплей). Наличие дисплея и АКБ позволяет использовать устройство автономно, что повышает оперативность применения конечного изделия.



Рисунок 8. – Макет оптического приемника с разработанным интерфейсом, отображенном на дисплее

Изделие предназначено для эксплуатации в условиях боевых действий, поэтому предполагает дополнительную защиту информации. Опытные испытания макета позволили передавать информацию, со скоростью 16 Кбит/сек до 50 метров, с вероятностью успешной передачи информации 0,96.

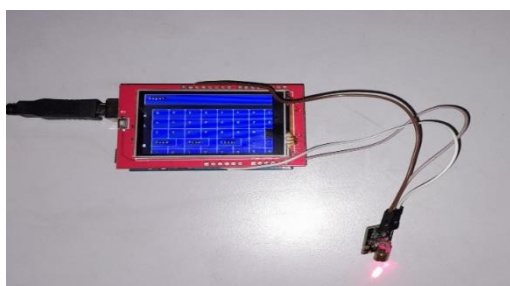


Рисунок 9. – Макет оптического передатчика с разработанным интерфейсом, отображенном на дисплее

АОЛС представляют собой одну из наиболее перспективных технологий, способных значительно изменить подходы к организации связи в Вооруженных силах Российской Федерации. В ходе исследования данной темы было выявлено множество аспектов, касающихся как исторического развития, так и современных применений АОЛС, что позволяет сделать вывод о важности и актуальности этой технологии в контексте обеспечения обороноспособности страны.

Технологические новшества в области атмосферно-оптической связи открывают новые горизонты для ее применения. Разработка трехмерных систем связи, которые могут адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды, является одним из наиболее значительных достижений в этой области. Эти системы способны обеспечивать связь даже в условиях сложных метеорологических явлений, что делает их особенно ценными для военных операций, проводимых в различных климатических зонах.

Преимущества АОЛС в условиях боевых действий неоспоримы. Высокая скорость передачи данных, защищенность от перехвата и возможность работы в сложных электромагнитных условиях делают АОЛС незаменимыми в современных конфликтах. Кроме того, использование лазерной связи позволяет избежать многих проблем, связанных с традиционными радиосистемами, такими как интерференция и уязвимость к электронным атакам. Это создает новые возможности для ведения боевых действий, где информация становится не только средством управления, но и оружием.

В заключение, можно сказать, что атмосферно-оптические линии связи представляют собой важный и перспективный инструмент для Вооруженных сил Российской Федерации. Их внедрение и дальнейшее развитие способны значительно повысить эффективность и надежность военных коммуникационных систем, что является ключевым фактором в условиях современных боевых действий. Учитывая все вышеперечисленные аспекты, можно с уверенностью утверждать, что АОЛС займут достойное место в системе связи Вооруженных сил, способствуя укреплению обороноспособности страны и обеспечению ее безопасности.

Научный руководитель – к.т.н. Д.В. Губанов

Библиографический список

1. Пратт В. Лазерные системы связи. М., 1972.
2. Гауэр Д. Оптические системы связи. М., 1989.
3. Фокин В.Г., Оптические системы передачи и транспортные сети. Учебное пособие. –М., 2008, с. 235
4. Технология беспроводной оптической связи и ее применение... [Электронный ресурс] // - Режим доступа: , свободный.
5. Строительство модернизированной первичной сети связи... [Электронный ресурс] // cyberleninka.ru - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/stroitelstvo-modernizirovannoy-pervichnoy-seti-svyazi-voennogo-okruga-na-osnove-ispolzovaniya-atmosfernyh-opticheskikh-sistem>, свободный.
6. Методичка: Методические рекомендации по разработке... [Электронный ресурс] // files.student-it.ru - Режим доступа: <https://files.student-it.ru/previewfile/245535>, свободный.

7. Анализ возможностей организации связи в полевом районе... [Электронный ресурс] // moluch.ru - Режим доступа: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/6/1529/>, свободный.
8. Проектирование атмосферно-оптической линии связи... [Электронный ресурс] // habr.com - Режим доступа: https://habr.com/ru/companies/stc_spb/articles/721490/, свободный.
9. Перспективные системы радиорелейной связи... [Электронный ресурс] // cyberleninka.ru - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnye-sistemy-radioreleynoy-svyazi-voennogo-dvoynogo-naznacheniya-na-osnove-primeneniya-lazernyh-telekommunikatsionnyh>, свободный.
10. Применение лазеров в военном деле [Электронный ресурс] // opp.gr-media.ru - Режим доступа: <http://opp.gr-media.ru/2018/02/16/применение-лазеров-в-военном-деле/>, свободный.

УДК 623.4.01

БОЕВАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЛАДКОСТВОЛЬНЫХ РУЖЕЙ ПРОТИВ FPV ДРОНОВ

А.Е. Зрюмов

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Аннотация

В данной статье приведены результаты исследования возможности применения гладкоствольного ружья для уничтожения низколетящих беспилотных летательных аппаратов типа DGIFPVMavic. Представлены результаты экспериментальных стрельб из ружья дробовым патроном. По полученным данным проведен статистический анализ рассеивания дробин при различной дальности стрельбы. Предложены технические решения для повышения боевой эффективности.

Введение

В последние годы в военной технике произошли значительные изменения, связанные с широким внедрением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Эти устройства стали важной частью современного военного арсенала. В условиях текущих конфликтов БПЛА стали доминирующим элементом в воздушном пространстве. Для нейтрализации угроз, исходящих от дронов, многие армии мира начали активно внедрять системы радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Однако не все подразделения имеют доступ к таким средствам РЭБ из-за технических проблем и ограничений. В условиях дефицита средств РЭБ на поле боя начали использовать гладкоствольное оружие различных моделей. Ружья представляют собой хорошо отработанные в производстве и эксплуатации изделия, которые могут быть эффективны для поражения низколетящих БПЛА. Однако их использование требует от солдат значительных физических и психологических усилий [1]. В ходе специальной военной операции наблюдается рост интереса к различным видам дробовых ружей, которые активно используются в боевых условиях. Эти ружья можно разделить на две основные группы: самозарядные и ружья с разным количеством стволов. Самозарядные ружья, такие как МР-153 и Сайга-12, являются наиболее эффективными средствами для поражения целей благодаря своей автоматике [2]. Однако их применение ограничено недостаточной эффективной дальностью стрельбы и требует специальных навыков от бойцов [3].

Подготовка к практическим тестам

Для исследования использовалось гражданское охотничье самозарядное ружье с регулируемым затвором под маркой «МР-153». Это ружье выполнено в конфигурации со стволом длиной 710 мм и сужением «цилиндр». Стоит отметить, что стрельба происходила при участии автора на территории стрелково-стендового комплекса, при температуре -15°C и боковом ветре 3-4 м/с.

В тестах применялись патроны 12х70 («Сибирь») с навеской 32 грамма и номером дроби «5». Тестирование проводилось на различных дистанциях: 10, 25, 50 и 75 метров. Измерение дистанции происходило при помощи охотничьего дальномера «Argon AXIS 800» [4]. Мишень «Зернова», а вероятной целью для поражения выступал БПЛА DJI FPV, который активно используется в современных военных конфликтах, длиной 347,5 мм и высотой 107,7 мм, диаметром пропеллера 23,9 мм. Условия для поражения считались идеальными.

Расчет вероятности поражения лопастей дрона

Приняты следующие исходные условия: предельная дистанция стрельбы – 75 м; диаметр дроби – 3 мм; скорость дроби – 176 м/с.

Результаты промежуточных вычислений показали, что время пролета дроби на 3 мм – $17045 \cdot 10^{-10}$ с; время движения дробины – 0,003 с (при частоте вращения лопастей, равной 333 c^{-1}); скорость вращения лопасти – 50,24 м/с.

Соотношение периодов вращения лопастей и движения дроби составило 750. Таким образом, стрельба по винтам БПЛА является не эффективной. Скорость дробины даже на предельной дистанции будет больше, чем скорость вращающихся винтов. Это значит, что дробь на больших дистанциях пролетит вращающийся винт, не нанося ему повреждений. С уменьшением дистанции скорость дробины увеличиваться, а величина отношения периодов вращения лопастей и движения дроби будет расти, не позволяя поразить винт.

Поражение корпуса дрона

На дистанции в 10 метров в 100-дольную мишень оказалось 205 попаданий, количество дробин, попавших в цель размерами 347,5×107,7 мм, – 58 штук, процентное соотношение составило 28,29%. Переданная кинетическая энергия составила 464 Дж.

На дистанции в 25 метров в 100-дольной мишени было выявлено 101 попадание, количество дробин, попавших в вероятную цель, составило 24 штуки, процентное соотношение составило 23,76%. Кинетическая энергия, переданная цели, составила 132 Дж.

На дистанции в 50 метров в 100-дольной мишени было выявлено 34 дробин, количество дробин, попавших в вероятную цель, составило 7 штук, процентное соотношение составило 20,58%. Кинетическая энергия, переданная цели, составила 28 Дж.

На дистанции 75 метров получить результатов не удалось. Разлет дроби оказался слишком большим, а именно, площадь поражения составила 800 мм на 1600 мм. Это не позволяет создать статистические данные.

Несмотря на относительно невысокие статистические показатели попадания, кинетическая энергия, передаваемая цели, остаётся достаточной для пробития пластиковых корпусов. Это позволяет эффективно использовать боеприпасы даже при условии малого количества попаданий. Важно отметить, что с увеличением номера дроби, которая используется в снаряжении патронов, возрастает не только величина передаваемой кинетической энергии, но также увеличивается эффективная дальность стрельбы.

Статистический анализ результатов экспериментов

Понимание распределения дроби в области поражения необходимо для эффективного поражения БПЛА. Результаты стрельбы на разных дистанциях приведены в таблицах 1-3.

Таблица 1 – Статистические данные на дистанции стрельбы 10 м

Исходные данные						
Расстояние от центра мишени X_i , мм	2	6	12	20	28	36
	0	0	0	0	0	0
Количество попаданий N	1	3	70	59	22	10
	0	4				
Результаты расчета						
Вероятность попадания P	0,049	0,166	0,41	0,288	0,107	0,049
Математическое ожидание M	0,976	9,951	40,976	57,561	30,049	17,561
Дисперсия D	9,17	1,563	46,9	53,0	16,22	20,09

Среднее значение разлета дроби в 157 мм, при отклонении в 84 мм. Учитывая отклонение, можно заключить, что большинство дробин ложится вблизи центральной точки прицеливания. Это говорит о равномерном распределении дроби по мишени. Таким образом, можно с уверенностью утверждать о высокой вероятности поражения цели.

Таблица 2 – Статистические данные на дистанции стрельбы 25 м

Исходные данные						
Расстояние от центра мишени X_i , мм	2	6	1	20	280	360
	0	0	20	0		
Количество попаданий N			2			
	0	5	9	21	17	29
Результаты расчета						
Вероятность попадания P	0	0,050	0,287	0,08	0,168	0,287
Математическое ожидание M	0	2,970	3,445	41,584	47,129	103,366
Дисперсия D	0	1,422	3,443	18,1	429	4890

Среднее значение разлета дроби составляет 230 мм, отклонение составляет 102 мм. Данное значение позволяет уверенно говорить о том, что цель будет поражена.

Таблица 3 – Статистические данные на дистанции стрельбы 50 м

Исходные данные						
Расстояние от центра мишени X_i , мм	2	6	1	20	28	360
	0	0	20	0	0	
Количество попаданий N						
	2	2	5	5	7	13
Результаты расчета						
Вероятность попадания P	0,059	0,059	0,147	0,147	0,206	0,382
Математическое ожидание M	1,176	3,529	1,764	29,412	57,647	137,647

Дисперсия D	3 033	2 058	2 374	32 6	22 3	4877
---------------	----------	----------	----------	---------	---------	------

Среднее значение разлета дроби составляет 247 мм, отклонение составляет 114 мм. На дистанции в 50 метров разлет дроби является слишком большим и не всегда позволяет поразить цель.

Выводы

Стоит отметить, что практические тесты проводились по неподвижным целям. В реальной боевой обстановке цель будет активно передвигаться в воздушном пространстве, а количество попаданий будет уменьшено. Для увеличения вероятности попадания можно использовать несколько типов технических решений. Одно из самых эффективных – это селективный отбор оружия. Селекция должна производиться по типу и качеству боя [5]. Для увеличения вероятности попадания по двигающейся цели стоит использовать специальный кольцевой-зенитный прицел в виде цилиндра, закрепленного на подставке. Крепление к оружию может быть обеспечено через планку «Вивера» или изменено по требованию заказчика на любое другое крепление. Одно из решений представлено на рис. 1.

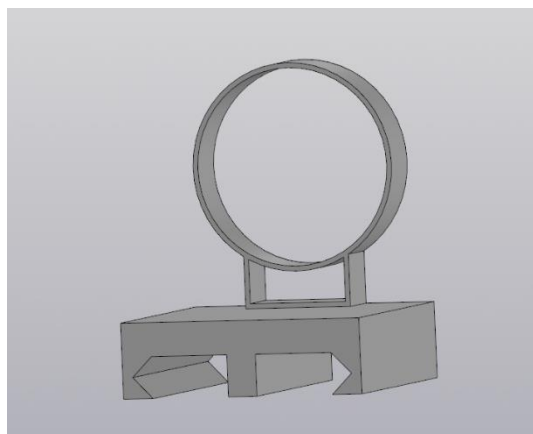


Рис.1. Специальный кольцевой-зенитный прицел

Принцип действия прицела заключается в следующем. При стрельбе боец удерживает цель внутри окружности. Таким образом, поправка на перемещение берется автоматически, что позволяет выполнить боевую задачу с минимальным количеством выстрелов. Данный прицел должен располагаться на крышке ствольной коробки/ствола, на расстоянии 5-8 см от глаз стрелка.

Библиографический список

1. Костючков, Б. Надо ли хорошо стрелять на охоте? [Текст] / Б. Костючков // Природа и охота . — 1993. — № 3. — С. 28-29.
2. Александров, Е. МР-153 – надёжность на высоте [Текст] / Е. Александров // КАЛАШНИКОВ. ОРУЖИЕ, БОЕПРИПАСЫ, СНАРЯЖЕНИЕ. — 2010. — № 3. — С. 58-59.
3. Соколов, И. «Это похоже на охоту на уток»: как бойцы СВО сбивают БПЛА из дробовиков и почему они лучше антидроновых ружей / И. Соколов [Электронный ресурс] // Daily Storm : [сайт]. — URL: <https://dailystorm.ru/obschestvo/eto-pohozhe-na-ohotu-na-utok-kak-boytsy-svo-sbivayut-bpla-iz-drobovikov-i-pochemu-oni-luchshe-antidronovyh-ruzhey> (дата обращения: 08.01.2025).
4. Общество с ограниченной ответственностью «ЦЭК» Инструкция по эксплуатации лазерный дальномер Arkon AXIS 800 / Общество с ограниченной ответственностью «ЦЭК» [Электронный ресурс] // https://arkonoptics.ru/series/series_axis.php?ysclid=m7nslkvwun291125489 : [сайт]. — URL: https://arkonoptics.ru/upload/iblock/988/zod3hrvw3jpabmomw3i7gmfne5auxcfu/Лазерный%20дальномер%20ARKON%20AXIS%20800_1500_3500_92_125-2.pdf (дата обращения: 27.01.2025).
5. Валов, Н.А. Охотничье оружие и боеприпасы [Текст] / Н.А.Валов . — Москва: Физкультура и спорт, 1977 — 118 с.

УДК 660.245

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА И ПЕРИОДИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Т.М. Абу Фадда¹, С.В. Свирелкин¹, М.М. Сутаев², Е.Ю. Ремиев¹

¹ Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

² Дагестанский государственный технический университет

В современном машиностроении широко используются упругие элементы, которые эксплуатируются в условиях статических, динамических и циклических нагрузок. Значительную часть таких элементов составляют пружины, выполняющие функции амортизаторов, буферных устройств, аккумуля-

торов энергии, а также элементов, обеспечивающих необходимое растяжение или сжатие. Упругие элементы занимают особое место в высокоточных технических системах, где они обеспечивают амортизацию и защиту от ударов и вибраций. Особенно важна их роль в аэрокосмической отрасли, поскольку они эффективно компенсируют динамические нагрузки при старте, маневрировании и посадке ракет и космических аппаратов. Кроме того, данные элементы применяются в устройствах амортизации платформ различного назначения, судовых системах и морской технике. В этих сферах упругие элементы защищают конструкции от внешних неблагоприятных факторов, таких как механические удары, вибрационные нагрузки и волновые воздействия. Эксплуатация упругих элементов требует строгого соблюдения нормативных эксплуатационных характеристик и обязательного сохранения функциональных параметров на протяжении всего установленного срока службы.

Основными эксплуатационными характеристиками пружин являются прочность, релаксационная стойкость и высокие упругие свойства, которые обеспечивают возможность воспринимать значительные статические, циклические и динамические нагрузки, возникающие при боевых и нештатных воздействиях, без потери упругих характеристик и без остаточной деформации. Релаксационная стойкость – это способность пружины сохранять заданную нагрузку сжатия в установленных пределах на протяжении длительного времени, что является обязательным требованием при эксплуатации ответственных технических систем, подвергающихся значительным механическим и динамическим воздействиям [1-2].

Недопустимыми являются дефекты, как внешние, так и внутренние, в материалах пружин, так как они могут привести к разрушению элементов конструкции в процессе эксплуатации. Для контроля качества пружин применяются различные методы, включая испытания выборочных партий. Однако существующая методика контроля имеет несколько существенных недостатков:

1) оценка релаксационной стойкости проводится только для выборочной партии, что может не отражать реальное состояние всей серии изделий;

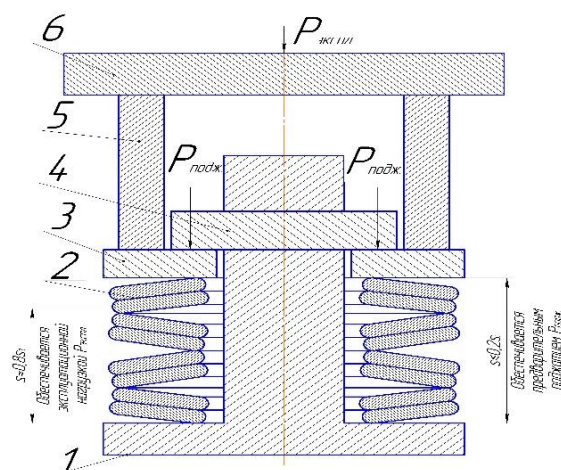
2) отсутствие методов прогнозирования релаксационных характеристик пружин на длительный срок эксплуатации (25–30 лет), что критично для долговечных объектов военного назначения;

3) значительные трудозатраты и энергозатраты, связанные с моделированием нагрузок, имитирующих реальные боевые условия эксплуатации [3-4].

В настоящее время в производстве не применяются неразрушающие методы оценки показателей надежности и долговечности, а также релаксационной стойкости, что ограничивает возможность оценки ресурсов упругих элементов.

В ходе исследований проанализировано существующие методы контроля показателей качества изделий машиностроения и применяемые неразрушающие методы контроля, после чего было принято решение о внедрении метода акустической эмиссии (АЭ) для решения задачи оценки и прогнозирования релаксационной стойкости пружин. Акустическая эмиссия представляет собой излучение механических волн, вызванное динамическими локальными перестройками структуры материала. Этот метод является неразрушающим способом контроля и имеет ряд существенных преимуществ, включая контроль качества в процессе эксплуатации объектов, а также при высоких температурах и в труднодоступных местах, что актуально для оценки состояния техники и (или) различных систем в реальных условиях. Дистанционность, пассивность, чувствительность и высокая точность оценки дефектов – ключевые характеристики метода, которые позволяют проводить мониторинг без прямого вмешательства в работу. Пассивность метода заключается в том, что волны излучаются объектом, находящимся под нагрузкой, что исключает необходимость внешнего излучения. Возможность дистанционного контроля предполагает установку приборов на значительном расстоянии от объекта, что удобно для оценки состояния стратегических комплексов без непосредственного контакта с ними. В ходе исследований источником сигналов является исследуемый объект, находящийся под нагрузкой, что позволяет оценить его состояние без ущерба для функциональности и целостности [5-6].

После производства тарельчатых пружин на контрольной операции фиксировались значения силы, возникающей при предварительной деформации, учитывая, что эксплуатация данных пружин предполагает обязательное предварительное поджатие пакета на испытательной машине SHIMADZU AGX-100 кН (Япония). Необходимо отметить, что на всех исследуемых образцах (ТП группы 1 и группы 2) в процессе выдержки при постоянной силе (операция заневоливание) был установлен датчик АЭ, и регистрировались сигналы АЭ. После ТП устанавливались в приспособление для циклических испытаний (Рис. 1 а, б), по схеме параллельно-последовательной сборки в количестве 8 штук.



а)



б)

в)

1 – установочная плита с штоком; 2 – пакет из 8 ТП; 3 – верхняя плита; 4 – клин; 5 – труба нагрузочная; 6 – плита нагрузочная

Рисунок 1 – Циклические испытания тарельчатых пружин

а – схема приспособления для циклических испытаний; б – пакет тарельчатых пружин в приспособлении; в – схема установки поджатого пакета тарельчатых пружин

Образцы ТП (группа 1 и группа 2) подвергались циклическим испытаниям с количеством циклов =9000 циклов в интервале нагрузок 100 – 160 кН. После каждых 3000 циклов осуществлялась разборка приспособления, и каждая ТП исследуемого пакета проходила контроль по замеру силы при деформации. Значения высоты ТП в свободном состоянии для каждого этапа экспериментального исследования представлены в таблице 1. Замеры высоты необходимо было делать для того, чтобы оценивать остаточную деформацию ТП (пластическая деформация ввиду влияния циклических нагрузок). Экспериментальные результаты, представленные в таблице 5 свидетельствуют о том, что в ходе циклических нагрузок в материале ТП не проявлялась пластическая деформация, а изменение силы сжатия пружины вызваны релаксационными процессами. Также необходимо отметить, что изменение габаритных размеров ТП (пластическая деформация) на операции заневоливание, а соответственно и высоты (столбцы №4 и

№5 табл.1) говорит о том, что операцию заневоливания можно квалифицировать, как операцию обработки металлов давлением – гибка.

Таблица 1 – Высота ТП l_0 на этапах экспериментального исследования релаксационной стойкости

№ п.п.	№ образца	Материал	Высота ТП l_0 в свободном состоянии, мм				
			До технологической операции заневоливания	После технологической операции заневоливания	После 3000 ц. в интервале нагрузок 100 – 160 кН	После 6000 ц. в интервале нагрузок 100 – 160 кН	После 9000 ц. в интервале нагрузок 100 – 160 кН
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ТП 1-1	Рессорно-пружинная сталь 60С2А	13,8	13,5	13,5	13,5	13,5
2	ТП 1-2		13,6	13,2	13,2	13,2	13,2
3	ТП 1-3		13,8	13,2	13,2	13,2	13,2
4	ТП 1-4		13,8	13,2	13,2	13,2	13,2
5	ТП 1-5		13,8	13,2	13,2	13,2	13,1
6	ТП 1-6		13,8	13,2	13,2	13,2	13,2
7	ТП 1-7		13,6	13,5	13,5	13,5	13,3
8	ТП 1-8		13,8	13,2	13,2	13,2	13,2
9	ТП 2-1	Титановый сплав ВТ23	15,6	15,2	15,2	15,2	15,2
10	ТП 2-2		15,8	15,4	15,3	15,3	15,3
11	ТП 2-3		15,8	15,4	15,3	15,3	15,3
12	ТП 2-4		15,8	15,4	15,3	15,3	15,3
13	ТП 2-5		15,6	15,2	15,2	15,2	15,2
14	ТП 2-6		15,8	15,2	15,2	15,2	15,2
15	ТП 2-7		15,9	15,3	15,3	15,3	15,3
16	ТП 2-8		15,4	15,2	15,2	15,2	15,2

В таблице 2 представлены сводные экспериментальные результаты исследования релаксационной стойкости ТП группы 1 и группы 2 после циклических испытаний с количеством циклов $S=9000$ в интервале нагрузок 100 – 160 кН. Где значения силы $P_{начал.}$ при деформации $s = 0,2 \cdot s_3$ после технологической операции заневоливания.

Таблица 2 – Экспериментальные результаты исследования релаксационной стойкости ТП группы 1 и группы 2 после циклических испытаний в интервале нагрузок 100 – 160 кН

Образец	$P_{начал.}$, кН	Релаксация силы R_1 после 3000 циклов, %	Релаксация силы R_2 после 6000 циклов, %	Релаксация силы R_3 после 9000 циклов, %	Суммарное значение релаксации ТП после 9000 циклов, R %
<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>5</u>	<u>7</u>	<u>8</u>
<u>ТП1-1</u>	47,43	4,95	2,06	0,06	7,07
<u>ТП 1-2</u>	43,93	0,36	2,31	2,10	4,77
<u>ТП 1-3</u>	46,67	0,84	0,32	0,51	1,67
<u>ТП 1-4</u>	46,25	1,9	1,12	1,37	4,39
<u>ТП 1-5</u>	45,78	0,59	1,52	1,97	4,08
<u>ТП 1-6</u>	48,23	0,23	1,60	0,80	2,63

<u>ТП 1-7</u>	46,40	0,65	1,88	1,97	4,50
<u>ТП 1-8</u>	45,18	1,35	3,41	4,39	9,15
<u>ТП 2-1</u>	55,69	1,16	0,59	0,86	2,61
<u>ТП 2-2</u>	59,86	0,27	1,96	0,31	2,54
<u>ТП 2-3</u>	58,96	0,58	0,54	0,14	1,26
<u>ТП 2-4</u>	59,25	0,62	0,36	1,16	2,14
<u>ТП 2-5</u>	58,35	1,12	1,16	0,01	2,29
<u>ТП 2-6</u>	57,99	1,72	0,72	0,28	2,72
<u>ТП 2-7</u>	58,63	0,34	2,87	2,25	5,46

Зависимости изменения силы сжатия при деформации $s = 0,2 \cdot s_3$ от количества циклов в интервале нагрузок 100 – 160 кН представлены на рисунке 2.

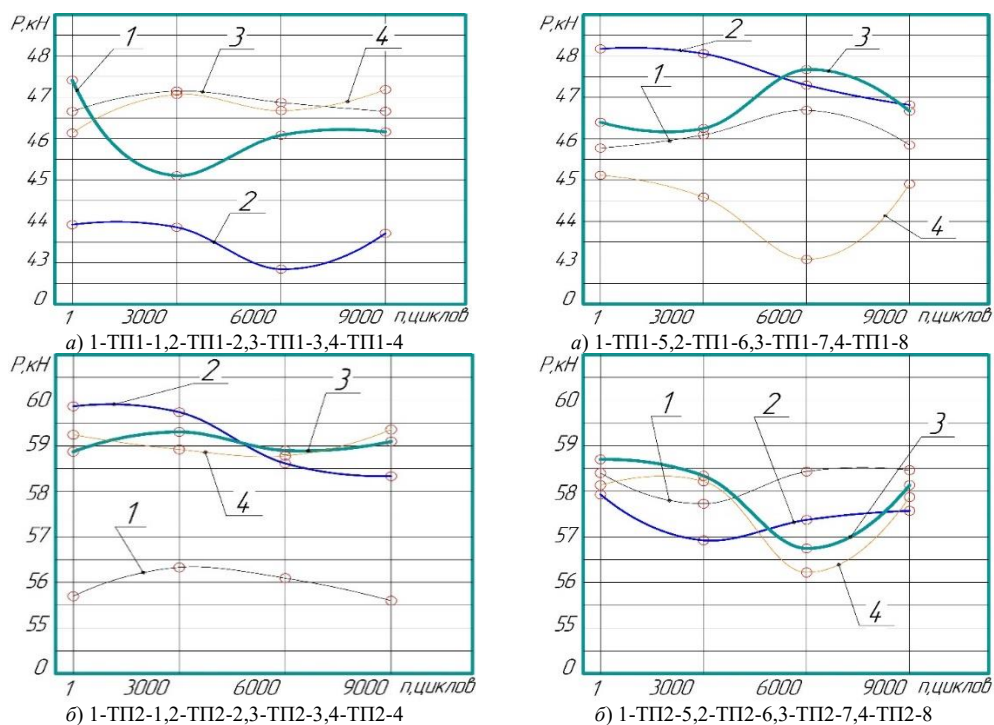


Рисунок 2 – Зависимости изменения силы поджатия при деформации от количества циклов в интервале нагрузок 100 – 160 кН (релаксационная кривая) ТП группы 1 и 2
а – ТП из рессорно-пружинной стали 60С2А; б – ТП из титанового сплава ВТ23

Полученные экспериментальные результаты позволяют сделать вывод о том, что положения методики качественной оценки релаксационной стойкости ТП, на основе уровня сигналов АЭ подтверждаются существующей методикой построения релаксационной кривой в зависимости от количества циклов в интервале требуемых нагрузок. Те пружины, для которых уровень сигналов АЭ в процессе выдержки при постоянной силе имел высокие значения (для ТП 1-1 = 17, ТП 2-5 = 153), показали относительно высокий уровень утраты релаксационной стойкости после циклических нагрузок (для ТП 1-1 = 7,07%, ТП 2-5 = 2,29%), что наиболее значимо по сравнению с другими пружинами тех же групп.

Таким образом, метод акустической эмиссии, благодаря своей высокой чувствительности и способности выявлять скрытые дефекты, может быть эффективно использован на различных этапах жизненного цикла упругих элементов. Данный метод позволит не только оценивать остаточный ресурс, но и проводить периодический мониторинг их состояния в составе изделия, что существенно повышает исправность и долговечность технических систем в условиях эксплуатации.

Библиографический список

1. Перспективы применения метода акустической эмиссии в процессах обработки металлов давлением / А.В. Титов, Н.А. Павлов, Е.Ю. Ремшев // Труды международной научно-технической конференции, посвященной 75-летию кафедры Е4 «Высокоэнергетические устройства автоматических систем» БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова «Прогрессивные методы и технологическое оснащение процессов обработки металлов давлением», СПб. БГТУ, 2009. – С.137-141.
2. Методика прогнозирования релаксационной стойкости тарельчатых пружин, изготовленных способами штамповки, на основе уровня сигналов акустической эмиссии/ Г.А. Данилин, А.В. Титов, Е.Ю. Ремшев// Труды III Общероссийской молодежной научно-технической конференции «Молодежь. Техника. Космос», СПб.БГТУ,2011.- С.126-128.
3. Модель прогнозирования релаксационной стойкости тарельчатых пружин по уровню сигналов акустической эмиссии / Г. А. Данилин, В. П. Белогур, А. В. Титов [и др.] // Металлообработка. – 2014. – № 1(79). – С. 37-41. – EDN SITSSN.
4. Прогнозирование релаксационной стойкости упругих элементов методом акустической эмиссии/ Ремшев Е.Ю. Колмагорова Е.С. Кукуня Ю.С. //Сборник трудов научно-технической конференции «Третьи Рудуловские чтения», СПб. БГТУ, 2012-С.227-235.

5. Исследование возможностей оценки качества нагруженных металлических конструкций акустическими методами неразрушающего контроля / К. Ю. Войченко, Е. Ю. Ремшев, М. Ю. Силаев, А. Н. Глушко // Металлообработка. – 2014. – № 3(81). – С. 10-15. – EDN SLJFBZ.

6. Модель прогнозирования релаксационной стойкости тарельчатых пружин по уровню сигналов акустической эмиссии/ Г.А. Данилин, Е.Ю. Ремшев, Д.В. Метляков, Л.Г. Черный, А.В. Титов //Материалы 17-й Международной научно-технической конференции «Решетневские чтения», г.Красноярск, Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т.-Ч.1.С316-318.

7. Исследование возможностей оценки качества нагруженных металлических конструкций акустическими методами неразрушающего контроля/К. Ю. Войченко, Е. Ю. Ремшев, М. Ю. Силаев, А. Н. Глушко// Металлообработка. СПб. – 2014. - № 3. - С.7-12.

УДК 623.55.027

ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ОЦЕНКЕ ТОЧНОСТИ СТРЕЛЬБЫ БОЕПРИПАСОМ С ГОТОВЫМИ ПОРАЖАЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ПО ВОЗДУШНЫМ ЦЕЛЯМ

Г.А. Поспелов

Московский авиационный институт

Как показывает опыт СВО, ключевую роль в современных боевых действиях играет борьба с малоразмерными воздушными целями. Наиболее эффективно использовать для этого картечь или шрапнельный снаряд.

Картечь используется для стрельбы на близкие расстояния по открытой цели. В качестве орудия зачастую используются различные ружья. Данного вида снаряд состоит из метательного заряда, дробы и пыжа, который предотвращает самопроизвольное высыпание дробы. Дробь, как правило, засыпается неупорядоченно, поэтому при выстреле вылетает не прямо, а под случайным углом, относительно оси ствола, в зависимости от орудия и дробы. Данная особенность является как недостатком, так и достоинством. Положительным моментом является то, что при стрельбе картечью не требуется точное наведение на цель, так как дробь имеет значительную область разлёта. Полезная масса картечи 70-80% от массы снаряда [1], она проста и дешева в производстве. Из недостатков следует отметить небольшую дальность стрельбы.

Картечный заряд используется и в шрапнели. Шрапнель – особый вид картечной гранаты, который позволяет доставить готовые поражающие элементы (далее ГПЭ) на большую дальность, чем при выстреле классической картечью. Шрапнельный снаряд состоит из метательного заряда – для придания снаряду начальной скорости; заряда – для разрушения корпуса; взрывателя – для подрыва заряда; и ГПЭ. После разрушения корпуса снаряда ГПЭ двигаются аналогично картечи.

Моделирование стрельбы необходимо как для оценки вероятности попадания по цели, так и для формирования основных принципов решения задачи определения оптимального времени срабатывания взрывателя.

Для математической модели примем шрапнельный снаряд за материальную точку. Основные уравнения [2], описывающие движение материальной точки в продольном канале в траекторной системе координат, имеют вид:

$$\begin{aligned} \dot{V}_k &= \frac{1}{m} (-X_a - mg \sin \theta), \\ \dot{\theta} &= \frac{1}{m V_k} (Y_a - mg \cos \theta), \end{aligned}$$

где V_k – скорость снаряда в траекторной системе координат, м/с;

m – масса снаряда, кг;

X_a – сила лобового сопротивления снаряда, Н;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

θ – угол наклона траектории, рад;

Y_a – аэродинамическая подъемная сила, Н.

Система уравнений, описывающих движение материальной точки в боковом канале траекторной системы координат, имеет вид:

$$\dot{\psi} = \frac{Z_a}{m V_k \cos \theta},$$

где ψ – угол пути, рад;

Z_a – аэродинамическая боковая сила, Н.

Аэродинамические силы рассчитываются по формулам:

$$\begin{aligned} X_a &= \frac{\rho V^2}{2} S c_{xa}(M), \\ Y_a &= \frac{\rho V^2}{2} S c_{ya}(M), \\ Z_a &= \frac{\rho V^2}{2} S c_{za}(M), \end{aligned}$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м³;

V – воздушная скорость снаряда, м/с;

S – площадь мишени снаряда, м²;

M – число Маха;

c_{xa} – коэффициент лобового сопротивления;

c_{ya} – коэффициент аэродинамической подъемной силы;

c_{za} – коэффициент аэродинамической боковой силы;

и

$$c_{xa}(M) = c_{xa0}(M) + c_{xai}(M, a),$$

где c_{xa0} – коэффициент лобового сопротивления при нулевой подъемной силе;

c_{xai} – коэффициент индуктивного сопротивления.

При использовании данной модели снаряда предполагается, что снаряд осуществляет нутационные движения, которые влияют на коэффициент лобового сопротивления c_{xa} . Таким образом, коэффициенты $c_{ya}(M)$, $c_{za}(M)$ равны нулю и учтены в $c_{xa}(M)$.

Для упрощения машинного расчета приведем модель к стартовой системе координат [3]. Переход от траекторной системы координат к стартовой осуществляется через два последовательных поворота: по углу наклона траектории и по курсу.

$$A_\theta = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & 0 \\ \sin\theta & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$A_\psi = \begin{bmatrix} \cos\psi & 0 & -\sin\psi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\psi & 0 & \cos\psi \end{bmatrix}.$$

Расположение стартовой и траекторной системы координат относительно друг друга представлены на рис.1.

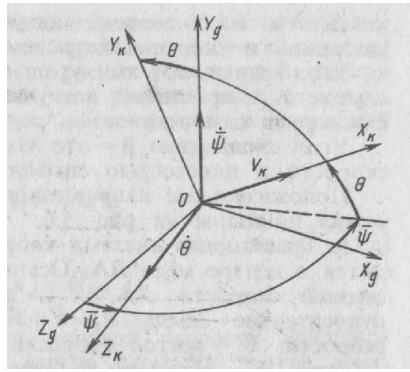


Рис. 1. Взаимное расположение траекторной и стартовой системы координат

Таким образом, перевод скорости из траекторной системы координат в стартовую принимает следующий вид:

$$V = A_\psi A_\theta V_k.$$

Матрица перехода в итоговом виде выглядит:

$$A_\psi A_\theta = \begin{bmatrix} \cos\psi & 0 & -\sin\psi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\psi & 0 & \cos\psi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & 0 \\ \sin\theta & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\psi \cos\theta & 0 & -\sin\psi \\ \sin\theta & 1 & 0 \\ \sin\psi \cos\theta & 0 & \cos\psi \end{bmatrix}.$$

Дифференциальные уравнения в стартовой системе координат примут вид:

$$\dot{V}_x = -\frac{X_a}{m} \cos\psi \cos\theta,$$

$$\dot{V}_y = -\frac{X_a}{m} \sin\theta - g,$$

$$\dot{V}_z = -\frac{X_a}{m} \sin\psi \cos\theta,$$

где V_i – проекция воздушной скорости на ось i стартовой системы координат.

Так как стартовая система координат прямоугольная, то общая воздушная скорость с учетом ветра вычисляется по теореме Пифагора:

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}.$$

Исходя из данной системы координат, выразим косинусы и синусы траекторных углов для ускорения вычисления машинного кода:

$$\cos\theta = \frac{\sqrt{V_x^2 + V_z^2}}{V},$$

$$\sin\theta = \frac{V_y}{V},$$

$$\cos\psi = \frac{V_z}{\sqrt{V_x^2 + V_z^2}},$$

$$\sin\psi = \frac{V_x}{\sqrt{V_x^2 + V_z^2}}.$$

Подставив полученные выражения тригонометрических функций в дифференциальные уравнения, получаем:

$$\dot{V}_x = -\frac{X_a}{m} \frac{V_x}{V},$$

$$\dot{V}_y = -\frac{X_a V_y}{m V} - g,$$

$$\dot{V}_z = -\frac{X_a V_z}{m V}.$$

Дифференциальные уравнения перемещения в стартовой системе координат принимают вид:

$$\dot{x} = V_x + W_x,$$

$$\dot{y} = V_y + W_y,$$

$$\dot{z} = V_z + W_z,$$

где W_i – проекция скорости ветра на ось i стартовой системы координат.

Данное моделирование позволяет получить конечные условия полёта при заданных начальных параметрах. Решение дифференциальных уравнений при заданных начальных данных будем называть прямой задачей. Для нахождения параметров наведения орудия и определения времени полёта шрапнельного снаряда необходимо решить обратную задачу.

Обратная задача решается итерационным методом путем последовательных решений прямых задач. В качестве исходных данных выступают условия стрельбы и параметры цели. В качестве первого приближения углы наведения принимаются за углы визирования цели. Расчет прямой задачи производится до тех пор, пока дальность полёта с некоторым запасом не превысит дальность от точки выстрела до цели. Стоит отметить, что при данном подходе пересечение траектории с иными объектами: землей, рельефом и иными – не предусматривается. После остановки расчёта прямой задачи производится сравнение конечных координат снаряда и цели. Поправка по углу прицеливания рассчитывается как арктангенс отношения разницы конечных координат снаряда и цели и дальности до снаряда:

$$\Delta\theta = \arctan\left(\frac{\Delta Y}{D}\right),$$

$$\Delta\psi = \arctan\left(\frac{\Delta Z}{D}\right),$$

где ΔY – разница по высоте между конечными координатами снаряда и цели, м;

ΔZ – разница по боковому отклонению между конечными координатами снаряда и цели, м;

D – дистанция, пройденная шрапнельным снарядом, м.

Для сходимости данного метода вводится множитель – коэффициент сходимости. Поиск начальных углов заканчивается тогда, когда рассогласование конечных координат будет меньше требуемой погрешности ε .

Траекторию при фактических начальных данных будем называть эталонной.

После построения эталонной траектории полёта вводятся поочередно возмущающие воздействия, таким образом производится оценка влияния данного параметра на параметры траектории полёта. Рассчитав разность между отклонением параметра и отклонением конечных координат, получим коэффициент для данного параметра и данной опорной траектории. Полученный коэффициент будем называть коэффициентом чувствительности. Так как данное моделирование производится для шрапнельного снаряда, то наиболее интересны для нас отклонения в картинной плоскости. В качестве примера рассмотрен шрапнельный снаряд, основные баллистические характеристики которого приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные баллистические характеристики шрапнельного снаряда

Характеристика	Значение
Калибр снаряда, мм	30
Масса снаряда, г	387
Коэффициент закона сопротивления воздуха 1943года	1,12
Диаметр ГПЭ, мм	3,6
Количество ГПЭ, шт	296

Пример таблицы чувствительности для данного снаряда и дальности стрельбы 1000 м представлен в виде таблиц 2-4.

Таблица 2. Продольные коэффициенты чувствительности для опорной траектории в картинной плоскости для дальности 1000м.

K_{xv0} , м/(м/с)	K_{xTc} , м/мс	K_{xc43} , м/%	K_{xTa} , м/град	K_{xPa} , м/мм рт. ст.	K_{xWx} , м/(м/с)	K_{xa} , м/т.д.
0,524	0,788	-0,548	0,075	-0,071	0,042	-0,002

Таблица 3. Боковые коэффициенты чувствительности для опорной траектории в картинной плоскости для дальности 1000м.

K_y $v0$, м/(м/с)	K_y Tc , м/ мс	K_y $c43$, м/ %	K_y Ta , м/г рад	K_y Pa , м/мм рт. ст.	K_y Wx , м/(м/с)	K_y a , м/т д.	K_z Wz , м/(м/с)	K_z ψ , м/т д.
0,0 03	0,0 00	- 0,002	0,0 00	0,000	- 0,023	0,4 98	0,0 58	- 0,498

Таблица 4. Боковые коэффициенты чувствительности для опорной траектории в картинной плоскости для дальности 1000м.

$KzWz,$ м/(м/с)	$Kz\psi,$ м/т.д.
0,058	-0,498

После нахождения всех коэффициентов чувствительности для каждого из параметров можно оценить влияние каждого из параметров на изменение траектории. Так как параметры изменяются мало, то принимается линейная зависимость изменения конечных координат от изменения рассматриваемого параметра. Для оценки изменения траектории производится перевод дисперсии параметра в дисперсию конечных координат путем перемножения на соответствующий коэффициент чувствительности. В дисперсию параметра могут входить различные факторы: ошибки измерения, изменения параметра с изменением высоты полёта и другие. Моделирование распаковки снаряда и полёта ГПЭ.

1. Моделирование распаковки снаряда и полёта ГПЭ.

При моделировании разлёта готовых поражающих элементов важную роль играет укладка поражающих элементов.

При неупорядоченной укладке расчёт угла разлёта ГПЭ производится на основании опытных стрельб. Считается, что угол разлёта дроби постоянен [4], в связи с этим экспериментальные пробоины, полученные на определенной дистанции, пересчитываются на расчетную методом пропорций по принципу подобия треугольников. Для моделирования разлёта ГПЭ применяется полярная система координат, где начало системы координат соответствует средней точке группирования, полярный угол имеет равномерное распределение, полярный радиус имеет логарифмическое нормальное распределение. Пример разлёта ГПЭ по итогам экспериментальных стрельб картечным снарядом по щиту представлен на рис.2.

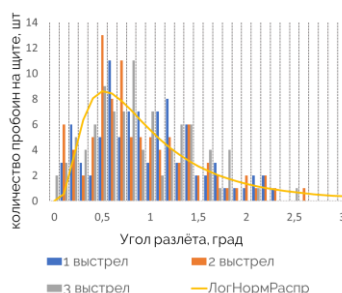


Рис. 2. Распределение ГПЭ при неупорядоченной укладке без вращения снаряда

При упорядоченной укладке для расчёта разлёта ГПЭ применяется комплексный метод: теоретический расчёт, опытные стрельбы. В качестве наиболее эргономичного способа укладки применяют укладку по шестиугольникам. В таком случае каждый поражающий элемент удалён от оси снаряда на известное расстояние. Для стабилизации полёта снаряда используется гироскопический эффект, в связи с этим, после распаковки снаряда центростремительная сила, удерживающая ГПЭ в снаряде, пропадает и вращательное движение переходит в поступательное. Скорость ГПЭ в картинной плоскости может быть оценена как произведение угловой скорости снаряда и расстояния до оси вращения снаряда. Таким образом, угол разлёта ГПЭ относительно траектории полёта снаряда находится как арктангенс отношения скорости в картинной плоскости и скорости снаряда в момент распаковки:

$$\phi = \arctan\left(\frac{\omega_{\text{сн}} r_{\text{ГПЭ}}}{V_{\text{сн}}}\right).$$

При укладке шестиугольником ГПЭ можно объединить в группы, имеющие одинаковое расстояние до оси вращения снаряда. В первом ярусе находятся 6 ГПЭ, полярный угол между которыми составляет 60° ; их можно объединить в одну группу. Во втором ярусе 12 поражающих элементов, которые можно распределить на две группы, но так как разница в полярных радиусах не велика и влияние взаимодействия ГПЭ больше, то ярус можно принять за одну группу. Данное допущение влияет на дисперсию, а также вводится в связи с трудностью определения того или иного элемента при экспериментальных стрельбах. Аналогичный подход применяется и для следующих ярусов. Таким образом, для каждого яруса рассчитывается угол разлёта при заданных условиях полёта снаряда. Данный угол будем считать математическим ожиданием. В качестве закона распределения хорошее сходжение с экспериментальными данными показывает сумма логарифмических нормальных распределений. Результат экспериментальных стрельб шрапнельного снаряда с результатом моделирования представлен на рис.3.

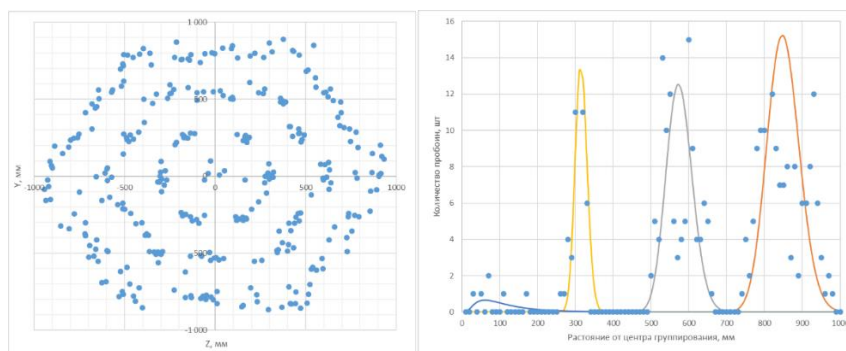


Рис. 3. Распределение дроби при укладке шестиугольником

Дисперсия распределения определяется только экспериментальным путём, так как на ее показатель влияет множество случайных факторов, особенно взаимодействие ГПЭ между собой и процесс распаковки снаряда.

Расчёт точки распаковки выбирается исходя из наибольшей вероятности попадания в цель. Оценка попадания ГПЭ производится следующим образом. Выбирается массив картинных плоскостей, удаленных от цели вдоль траектории полёта на разные расстояния. В каждой картинной плоскости рассчитывается вероятность попадания ГПЭ в цель при условии, что распаковка происходит в данной плоскости. Расчет значения в промежуточных картинных плоскостях производится с помощью интерполяции. Далее в продольном канале строится весовая функция нормального распределения с математическим ожиданием в точке подрыва и продольной дисперсией. Результат проинтегрированной весовой функции, перемноженной с вероятностями в соответствующих плоскостях, – это и есть вероятность попадания ГПЭ в цель. Производится оптимизация точки распаковки снаряда по критерию максимизации вероятности попадания ГПЭ в цель.

Расчёт вероятности попадания в цель производится из условия необходимой плотности распределения ГПЭ в картинной плоскости цели. Для этого рассчитывается площадь проекции цели в картинной плоскости. Вероятность попадания в цель рассчитывается как отношение площади проекции цели к одному квадратному метру, это означает, что при плотности распределения ГПЭ 1/м² цель будет поражена с данной вероятностью, назовем её p_1 . Значит для плотности ГПЭ попадет в цель с вероятностью [5]:

$$p_n = 1 - (1 - p_1)^n.$$

2. Расчёт вероятности попадания в картинной плоскости.

Введем полярную систему координат, где точка пересечения эталонной траектории полёта шрапнельного снаряда с картинной плоскостью является началом системы координат. Тогда при отклонении на полярный радиус угол полураствора конуса ГПЭ, которые достигнут цель, рассчитывается по формуле:

$$\frac{\phi}{2} = \arctan\left(\frac{r}{x}\right),$$

где r – полярный радиус в картинной плоскости;

x – дистанция от картинной плоскости до цели.

Из модели распределения ГПЭ известна весовая функция. Её отношение к длине окружности, по которой они распределены, есть плотность распределения ГПЭ. Отклонение по полярному радиусу в картинной плоскости представляется как нормальное распределение, где математическое ожидание равняется нулю, – лежит на эталонной траектории. Дисперсия бокового отклонения рассчитывается по формуле:

$$\sigma_B = \sqrt{\sum_{i=1}^n (K_{yi}\sigma_i)^2 + (K_{zi}\sigma_i)^2},$$

где K_{yi}, K_{zi} – коэффициенты чувствительности i -го параметра в картинной плоскости по осям OY, OZ соответственно;

σ_i – среднеквадратичное отклонение параметра.

Проинтегрировав произведение весовой функции нормального распределения, плотности распределения ГПЭ, вероятности попадания, получим вероятность попадания в цель в данной картинной плоскости.

$$p = \int f\left(\frac{r}{\sigma_B}\right) p(\rho(x, r)) dr.$$

Вероятность попадания по картинным плоскостям в зависимости от удаления от цели представлена на рис.4.

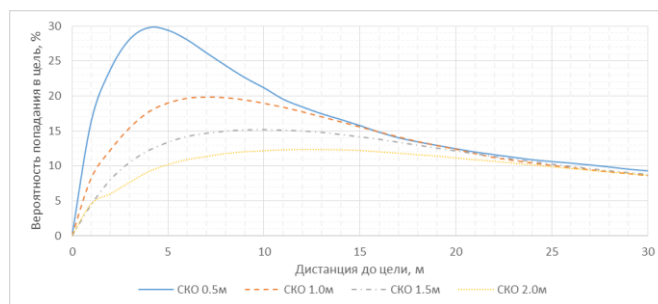


Рис. 4. Вероятность попадания в цель при распаковке шрапнельного снаряда в данном сечении в зависимости от расстояния до цели.

Исходя из полученных вероятностей в картинных плоскостях, очевидно, что максимальная вероятность достигается при попадании в плоскость с максимальной вероятностью попадания в цель, но СКО по дальности распаковки шрапнельного снаряда может принимать существенные значения из-за влияния множества факторов. Влияние выбора момента распаковки снаряда, характеристики снаряда которого представлены в таблице 1, на вероятность попадания в цель представлена на рис.5 для бокового СКО 0,5м и продольного СКО 5м.

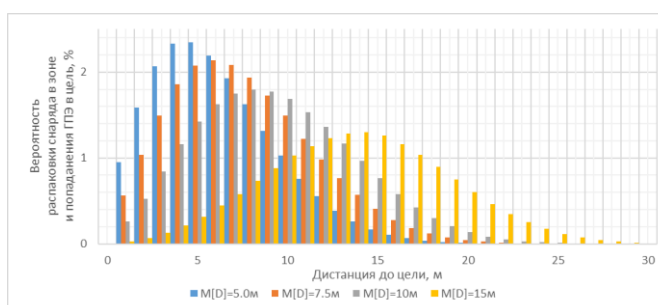


Рис. 5. Вероятность распаковки шрапнельного снаряда в сечении и попадания ГПЭ в цель в зависимости от расстояния до цели.

Вероятность попадания в цель на рис.5 равны:
 39,5% – для математического ожидания дистанции распаковки 5м;
 42,2% – для математического ожидания дистанции распаковки 7,5м;
 40,9% – для математического ожидания дистанции распаковки 10м;
 33,2% – для математического ожидания дистанции распаковки 15м.
 Данная зависимость представлена на рис.6

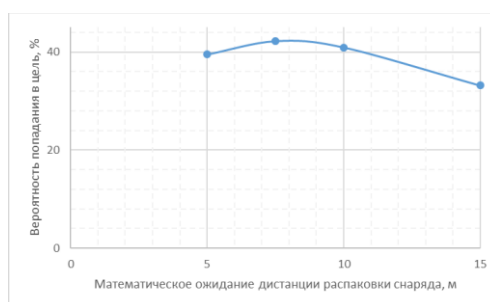


Рис. 6. Вероятность попадания в цель шрапнельным снарядом в зависимости от установочной дистанции распаковки

По результатам проведенного анализа можно сформировать следующие выводы:

- сечение с максимальной вероятностью попадания ГПЭ не является оптимальным в качестве математического ожидания распаковки шрапнельного снаряда;
- удаление от цели на 3 продольных СКО даёт гарантию распаковки снаряда до цели, но не является оптимальным;
- оптимальная дистанция распаковки находится между сечением с максимальной вероятностью попадания ГПЭ и 3 продольными СКО;
- дистанция 3 продольных СКО является оптимальной, если сечение с максимальной вероятностью попадания ГПЭ находится на удалении более 3 продольных СКО от цели;
- дисперсии по дальности и боковому отклонению играют ключевую роль в определении оптимальной дистанции для распаковки шрапнельного снаряда.

Научный руководитель – к.т.н., доцент кафедры динамики и управления летательных аппаратов, Московский авиационный институт М.С. Тяглик

Библиографический список

1. М.Г. Ефимов. Курс артиллерийских снарядов. / под ред. М.Ф. Васильева. – М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1939. – 319 с.;
2. А.В. Ефремов, В.Ф. Захарченко, В.Н. Овчаренко. Динамика полета / под ред. Г.С. Бюшгенса. – изд.2-е, испр. и доп. – М.: Машиностроение-Полет, 2017. – 775с;
3. Вентцель Д.А., Шапиро Я.М. Внешняя баллистика. М.: Оборонгиз, 1939г, ч.1, 210с.;
4. Средства поражения и боеприпасы. / под ред. В.В. Селиванова - М.: МГТУим. Н.Э. Баумана, 2008. – 983 с.;
5. Кибзун А.И., Горяинова Е.Р., Наумов А.В., Сиротин А.Н. Теория вероятностей и математическая статистика. Базовый курс с примерами и задачами – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013г., 232с.

УДК 629.7.01

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВКОВОГО И ТУННЕЛЬНОГО ВОЗДУХОЗАБОРНИКОВ И ИХ ВЛИЯНИЯ НА ПОЛЕТ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

К.С. Комаров, М.В. Романчев, К.С. Алексеева

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Введение

При проектировании летательного аппарата (ЛА) с воздушно-реактивными двигателями (ВРД) необходимо учитывать множество факторов, связанных с воздухозаборными устройствами (ВЗУ), таких как тип, количество, схема размещения и устройства маскировки. Основные требования к ВЗУ включают минимальное внешнее сопротивление, минимальные потери давления, равномерность поля скоростей и давления на входе в двигатель, а также малые радиоотражающие свойства.

В условиях современных вызовов, стоящих перед авиационной промышленностью, оптимизация аэродинамических характеристик и повышение скрытности летательных аппаратов становятся все более актуальными.

В данной статье рассматривается влияние типа воздухозаборника на аэродинамические характеристики и полет летательного аппарата. Анализируются два типа воздухозаборников: туннельный и совковый. Проводится сравнение их влияния на аэродинамические коэффициенты, силы и моменты, а также на траекторию полета летательного аппарата.

Особенности конструкции воздухозаборников

Воздухозаборник — это критически важный компонент летательного аппарата, который определяет эффективность работы двигателя и аэродинамические характеристики всего ЛА. В нашем исследовании мы сосредоточились на двух типах воздухозаборников: туннельном и совковом.

Туннельный воздухозаборник (ТВЗ) представляет собой канал, проходящий через корпус летательного аппарата, через который воздух поступает к двигателю. Основное преимущество ТВЗ заключается в значительном снижении эффективной поверхности рассеяния (ЭПР), что делает летательный аппарат менее заметным для радаров. Однако, ТВЗ имеет существенный недостаток — большие потери энергии потока на входе в двигатель из-за отсутствия слива пограничного слоя в входном устройстве.

Совковый воздухозаборник (СВЗ) располагается на внешней поверхности летательного аппарата и имеет форму совок, направленных против потока воздуха. Преимущества СВЗ включают небольшие потери скоростного напора в канале воздухозаборника и удобство размещения полезной нагрузки в носовой части корпуса. Однако, СВЗ увеличивает силу сопротивления аппарата за счет дополнительной смачиваемой поверхности и имеет значительную ЭПР при облучении аппарата снизу [1].

Виды и изометрия прототипов с СВЗ и ТВЗ представлены на рисунках 1-4.

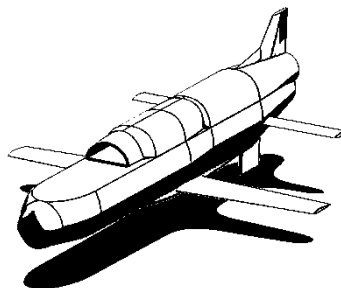


Рисунок 1 – Изометрия модели ракеты с совковым ВЗ

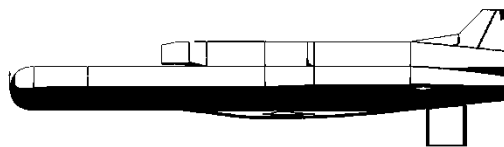


Рисунок 2 – Вид сбоку модели ракеты с совковым ВЗ

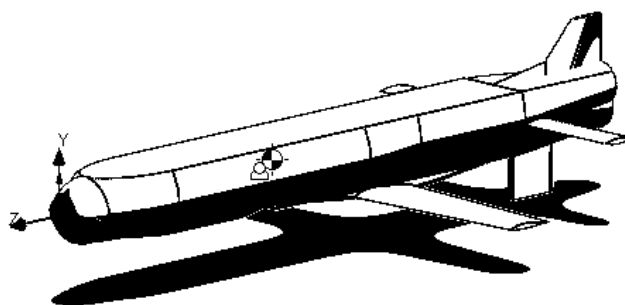


Рисунок 3 – Изометрия модели ракеты с туннельным ВЗ

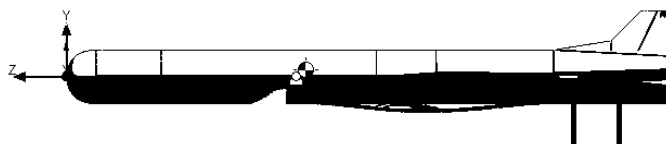


Рисунок 4– Вид сбоку модели ракеты с туннельным ВЗ

Аэродинамические характеристики

Было проведено численное моделирование с использованием пакета САПР SolidWorks для оценки аэродинамических характеристик ЛА с различными типами воздухозаборников.

Расчёты проводились для ЛА со следующими характеристиками (таблица 1) [2-6].

Таблица 2- Основные характеристики ЛА

Габариты	длина	полная	2540 мм	2.54 м
	диаметр корпуса		690 мм	0,69 м
	размах	Крыльев	1570 мм	1.57 м
		рулей	1040 мм	1.04 м
Максимальная скорость полета			-	M<0,8
Масса			195 кг	
Тяга двигателя, Н			310 Н	

Результаты показали, что ЛА с туннельным воздухозаборником имеет меньший коэффициент лобового сопротивления и больший коэффициент подъемной силы по сравнению с ЛА с совковым воздухозаборником.

Анализ сил и моментов, действующих на летательный аппарат, показал, что туннельный воздухозаборник обеспечивает меньшие значения силы лобового сопротивления (X) и большие значения подъемной силы (Y) по сравнению с совковым воздухозаборником. Это связано с меньшими потерями энергии потока.

Расчет безразмерных аэродинамических коэффициентов C_x , C_y , C_{mz} производился по формулам [7]:

$$C_x = C_{x\alpha} \cos \alpha + C_{y\alpha} \sin \alpha, \quad (1)$$

$$C_y = C_{x\alpha} \sin \alpha + C_{y\alpha} \cos \alpha, \quad (2)$$

$$m_z = \frac{2M_z}{\rho V^2 S l}, \quad (3)$$

где $l = 2,54$ м – характерная длина (выбрана длина ЛА), $S = 0,2461$ м – характерная площадь (площадь миделя).

$$C_{x\alpha} = \frac{2X_\alpha}{\rho V^2 S}, \quad (4)$$

$$C_{y\alpha} = \frac{2Y_\alpha}{\rho V^2 S}. \quad (5)$$

Результаты расчетов включают коэффициенты лобового сопротивления C_x , подъемной силы C_y и момента m_z для различных углов атаки и чисел Маха. Результаты расчетов показаны в таблице 2.

Таблица 2—Результаты расчета C_x , C_y и C_{mz} ($M = 0,4; 0,6; 0,8$)

Компоновка	Угол атаки	Величина	Число Маха		
			0,4	0,6	0,8
Туннельный ВЗ	0°	C_x	0,076	0,078	0,130
Совковый ВЗ			0,125	0,129	0,134
Туннельный ВЗ		C_y	0,203	0,217	0,166
Совковый ВЗ			0,126	0,134	0,138
Туннельный ВЗ		C_{mz}	-0,025	-0,032	-0,035
Совковый ВЗ			-0,018	-0,024	-0,025
Туннельный ВЗ	5°	C_x	0,135	0,138	0,161
Совковый ВЗ			0,162	0,168	0,175
Туннельный ВЗ		C_y	0,700	0,737	0,810
Совковый ВЗ			0,513	0,498	0,467
Туннельный ВЗ		C_{mz}	-0,107	-0,110	-0,120
Совковый ВЗ			-0,076	-0,073	-0,068
Туннельный ВЗ	10°	C_x	0,158	0,161	0,203
Совковый ВЗ			0,207	0,215	0,226
Туннельный ВЗ		C_y	1,24	1,48	1,38
Совковый ВЗ			0,681	0,681	0,678
Туннельный ВЗ		C_{mz}	-0,180	-0,224	-0,206
Совковый ВЗ			-0,1	-0,1	-0,1
Туннельный ВЗ	5°	C_x	0,129	0,140	0,154
Совковый ВЗ			0,162	0,169	0,177
Туннельный ВЗ		C_y	-0,348	-0,388	-0,425
Совковый ВЗ			-0,04	-0,08	-0,142
Туннельный ВЗ		C_{mz}	0,053	0,058	0,064
Совковый ВЗ			0,004	0,01	0,019
Туннельный ВЗ		C_x	0,150	0,168	0,192
Совковый ВЗ			0,209	0,214	0,220

Компоновка	Угол атаки	Величина	Число Маха		
			0,4	0,6	0,8
Туннельный ВЗ	10°	C_y	-0,867	-0,891	-0,960
Совковый ВЗ			-0,45	-0,469	-0,491
Туннельный ВЗ		C_{mz}	0,131	0,134	0,145
Совковый ВЗ			0,064	0,067	0,07

Графики результатов расчета C_x , C_y и C_{mz} для числа маха 0,4 приведены на рисунках 5-7.

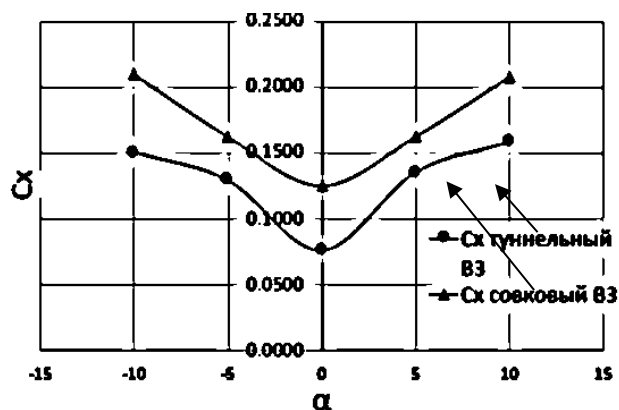


Рисунок 5 – $C_x(\alpha)$ $M = 0,4$

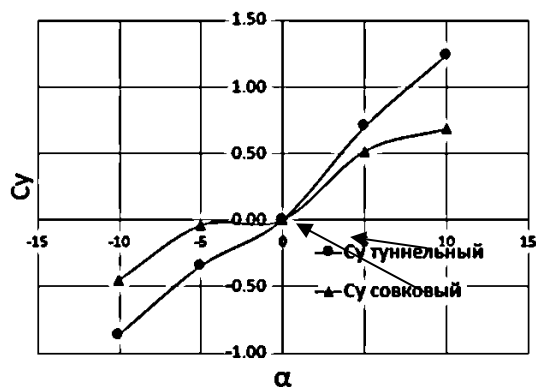


Рисунок 6 – $C_y(\alpha)$ $M = 0,4$

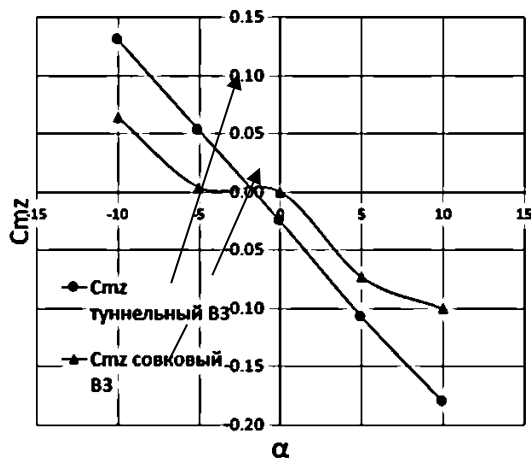


Рисунок 7 – $C_{mz}(\alpha)$ $M = 0,4$

Графики сравнения траекторий ЛА с СВЗ и ТВЗ показаны на рисунках 8-10.

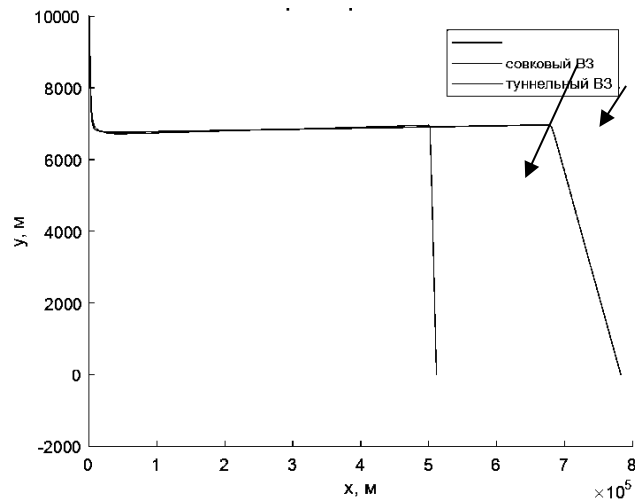


Рисунок 8 – Траектория полета

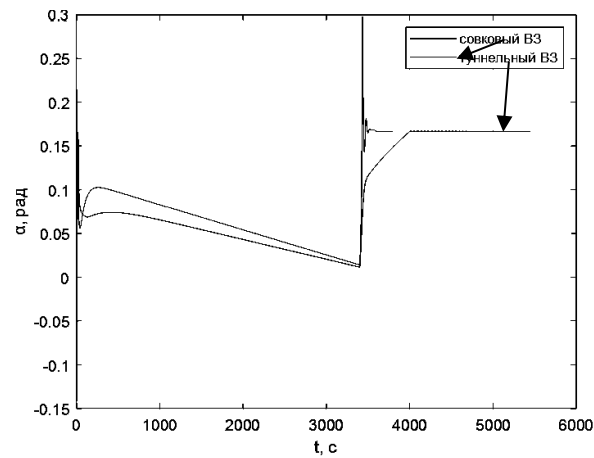


Рисунок 9 – Изменение отклонения угла атаки

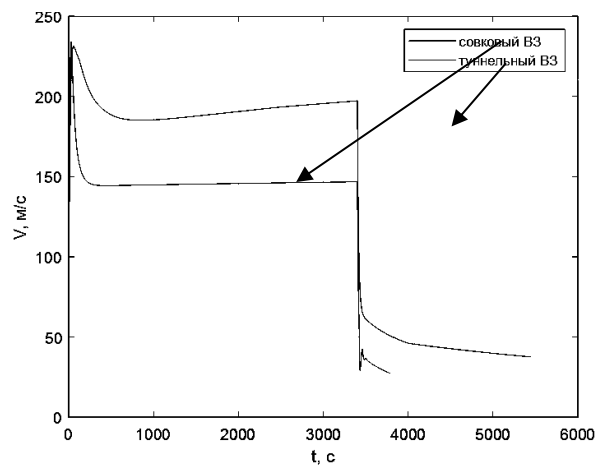


Рисунок 10 – Изменение отклонения скорости

Результаты моделирования показали, что летательный аппарат с туннельным воздухозаборником демонстрирует более стабильную траекторию полета по сравнению с совковым воздухозаборником. Скорость полета ЛА с туннельным ВЗ больше на протяжении всего времени полета. Это связано с меньшими аэродинамическими потерями и более эффективным управлением.

Заключение

В ходе анализа было установлено, что тип воздухозаборника оказывает значительное влияние на аэродинамические характеристики и траекторию полета летательного аппарата. Туннельный воздухозаборник обеспечивает меньший коэффициент лобового сопротивления и более стабильную траекторию полета по сравнению с совковым воздухозаборником. Однако, выбор типа воздухозаборника должен учитывать конкретные требования к летательному аппарату, такие как необходимость снижения ЭПР или оптимизация аэродинамических характеристик.

Библиографический список

1. Гусейнов А.Б., Низов Д.Е. Анализ снижения показателей заметности воздухозаборников летательных аппаратов в радиолокационном диапазоне длин волн. Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), МАИ, Волоколамское шоссе, 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993, Компания «Туполев», Москва. — Текст: непосредственный.
2. Wikipedia [сайт] – 2022 – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/AGM-136_Tacit_Rainbow (дата обращения 21.01.2025). Текст: электронный.
3. Livejournal [сайт] - URL: <https://raigap.livejournal.com/772902.html> (дата обращения 05.01.2025). -Текст: электронный.
4. Ausairpower [сайт] -URL: <https://www.ausairpower.net/TE-AGM-130-136.html> (дата обращения 24.01.2025). -Текст: электронный.
5. Airwar [сайт] - URL: <http://www.airwar.ru/weapon/avz/agm136.html> (дата обращения 03.02.2025). -Текст: электронный.
6. Wikipedia[сайт] - URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/AGM-136_Tacit_Rainbow (дата обращения 21.01.2025).-Текст: электронный.
7. Лебедев А. А., Чернобровкин Л. С. Динамика полета беспилотных летательных аппаратов. Учебное пособие для вузов. // Изд. 2-е, переработанное и доп. — М.: «Машиностроение», 1973, 616 с. — Текст: непосредственный.

УДК 621.396.962

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОМЕХ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРОТИВ НЕКОНТАКТНЫХ ДАТЧИКОВ ЦЕЛИ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НИМИ

Д.В. Козлов

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Неконтактные датчики цели являются важнейшими элементами современных взрывателей, обеспечивая точное определение момента срабатывания боеприпаса в зависимости от расстояния до цели. Боеприпасы с данным датчиком цели применяются в данное время в системах поражения воздушных, морских и наземных целей. Высокая чувствительность таких датчиков позволяет им функционировать в сложных боевых условиях.

Насколько бы неконтактные датчики цели широко и успешно не применялись, существуют достаточно успешные методы нарушения их работы. Самым эффективно используемым методом является радиоэлектронная борьба. Данная проблема является достаточно серьезной, особенно на данный момент времени. В современных условиях проведения военных операций радиоэлектронная борьба является одним из основных факторов, влияющих на эффективность боевых действий и частности на работу неконтактных датчиков цели, используемых так широко.

Данная статья посвящена обзору различных видов помех, используемых для нарушения работы неконтактах датчиков цели, а в частности автодинных датчиков, и методов борьбы с рассматриваемыми помехами.

Под неконтактным датчиком в общем случае понимается датчик, вырабатывающий сигнал в результате взаимодействия с объектом, но без непосредственного контакта с ним [1].

В основе работы НД лежит то или иное физическое явление или эффект, например, электромагнитная индукция, электростатическое поле, распространение и отражение волн различного происхождения и природы. В зависимости от того, какое физическое явление или эффект положены в основу работы НД, различают электростатические, магнитные, радиотехнические и другие НД, преобразующие информацию о параметрах перемещения объекта в электрический сигнал. НД имеют существенные различия как по принципу построения и действия чувствительных элементов, так и по структурным и функциональным схемам, виду и характеру обработки сигнала, своим потенциальным возможностям по дальности и надежности действия, точности, помехоустойчивости и эффективности.

Неконтактные датчики цели классифицируются по следующим признакам:

- место расположения источника физического поля взаимодействия НД с целью;
- вид физического поля взаимодействия
- дальность действия в возможность её изменения.

По месту расположения источника физического поля взаимодействия НД с объектом различают неконтактные датчики пассивного, полуактивного и активного типов.

Неконтактные датчики цели пассивного типа взаимодействуют с объектом через физическое поле, которое создается объектом (рисунок 1, а) или существует независимо от неконтактного датчика цели и объекта, но изменяет свои параметры как при сближении неконтактного датчика с объектом, так и при перемещении неконтактного датчика цели в пространстве (рисунок 1, б).

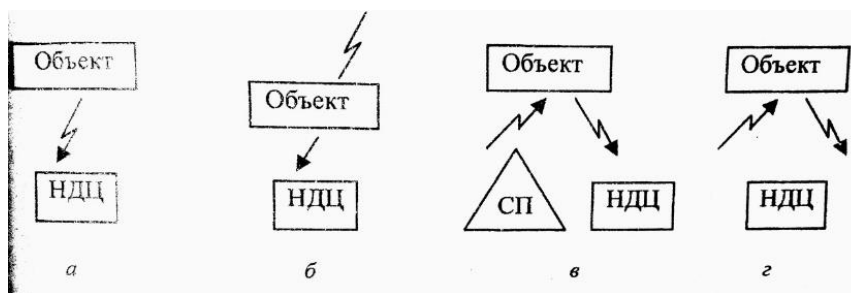


Рисунок 1 – Схемы взаимодействия неконтактного датчика цели с целью.

Неконтактные датчики цели полуактивного типа взаимодействуют с объектом через физическое поле, создаваемое внешним источником – станцией подсветки (СП) (рисунок 1, в). Датчики этого типа по своей структуре аналогичны пассивным неконтактным датчикам цели, но менее подвержены воздействию внешних помех, так как они используют контролируемый внешний источник сигнала. Вместе с тем работа полуактивных НДЦ существенно зависит от работы станции подсветки и взаимного положения в пространстве цели, СП и НДЦ.

Неконтактные датчики цели активного типа взаимодействуют с целью через физическое поле, создаваемое собственным генератором (рисунок 1, г). Неконтактные датчики этого типа полностью автономны, но имеют более сложную структуру, большее энергопотребление и, как правило, большие габариты.

Неконтактные датчики активного типа широко используются в современных боеприпасах, обеспечивая подрыв на оптимальном расстоянии от цели. Одним из распространенных типов НД является автодинный радиодатчик, который использует эффект Доплера, для определения приближения цели. Под радиотехническими неконтактными датчиками цели (РД) понимаются датчики, взаимодействующие с целью (объектом) через электромагнитное поле диапазона радиоволн [2,3].

Автодинные радиодатчики широко используются настоящее время, так как:

- они обладают большими потенциальными возможностями по дальности (от единиц метров до километра и более) и точности действия;
- для их практической реализации есть относительно доступная элементная база;
- они могут быть реализованы в сравнительно малых габаритах.



Рисунок 2 – Структурная схема автодинного радиодатчика.

Логика работы данного датчика цели довольно проста. Передатчик вырабатывает непрерывный электрический сигнал сверхвысокой частоты, который антенной преобразуется в электромагнитную волну. Волна излучается в пространство и, дойдя до цели, отражается от нее.

Отраженная волна в приемной антенне преобразуется в электрический сигнал, параметры которого (амплитуда, частота, фаза, длительность) будут отличаться от параметров излученного сигнала. Эти отличия содержат информацию о взаимном расположении радиодатчика и цели, а также об изменении этого положения.

Приемник усиливает сигнал и преобразует его в сигнал удобный для обработки и измерений, которые осуществляются в схеме обработки сигнала, в соответствии с принятой в данном датчике логи-

кой. В частности, в этой схеме за счет сравнения параметров сигналов, непрерывно выделяется информация о расстоянии между радиодатчиком и целью и относительной скорости их сближения. Эта информация непрерывно передается в схему принятия решения, которая сравнивает текущие значения расстояния и скорости сближения с пороговыми уровнями и вырабатывает сигнал на приведение в действие взрывателя [3].

Несмотря на свои достоинства, автодинные неконтактные датчики цели (АНДЦ) довольно уязвимы перед различными видами помех, как естественного, так и искусственного происхождения.

Влияние помех на АНДЦ является критически важной проблемой, поскольку их воздействие может привести к снижению точности измерений, ложным срабатываниям или полному отказу датчика. Среди факторов, нарушающих работу АНДЦ можно выделить природные, технические и преднамеренные.

Особую угрозу представляют преднамеренные помехи, создаваемые противником с целью дезорганизации работы неконтактных взрывателей. Современные средства радиоэлектронного противодействия способны изменять характеристики электромагнитных полей, создавать ложные цели, а также подавлять или маскировать отраженные сигналы, нарушая логику обработки информации в системе взрывателя.

Анализ и классификация помех, воздействующих на АНДЦ, позволяют не только выявлять наиболее опасные из них, но и разрабатывать эффективные способы защиты.

Влияние атмосферных и климатических условий на работу АНДЦ неизбежно. Особенно на работу датчика влияют осадки. Например, такие климатические условия как дождь, снег туман и град являются самыми неблагоприятными условиями для работы АНДЦ.

При работе в дождь или снег капли воды и снежные частицы поглощают и рассеивают радиоволны, уменьшая их дальность и снижая точность измерений. В туман условия для работы почти непригодны, потому что мельчайшие частицы воды в воздухе, составляющие сам туман, препятствуют для прохождения сигнала. Особенно сильное влияние туман оказывает на коротковолновые и высокочастотные диапазоны. А град несет не только угрозу для искажения сигнала, но и для самого датчика. Крупные ледяные частицы способны не только рассеивать сигнал, но и вызвать механические повреждения антенн.

Кроме атмосферных явлений помехи для работы могут создавать и климатические условия. Высокая температура может привести к перегреву элементов датчика, изменению их электрических параметров и ухудшению стабильности работы.

Низкие температуры могут вызывать изменения в чувствительности приемных антенн и увеличивать задержку обработки сигнала в схеме обработки сигнала и схеме принятия решений.

Для повышения надежности работы АНДЦ в неблагоприятных климатических условиях применяются различные методы компенсации и адаптации.

Для минимизации влияния осадков выбираются частоты, менее подверженные поглощению и рассеиванию. Например, в условиях дождя предпочтительны более длинные радиоволны в диапазоне 1-2 ГГц. Так они меньше поглощаются влагой. В условиях тумана и снега можно использовать многоспектральные датчики, сочетающие радиоволны и инфракрасные сенсоры. Инфракрасные сенсоры менее подвержены рассеиванию в тумане по сравнению с радиоволнами. Кроме того, тепловой контраст между целью и окружающей средой позволяет более точно определить её местоположение даже при плохой видимости.

Помимо технических методов повышения надежности работы в неблагоприятных условиях применяются алгоритмы адаптивной фильтрации сигналов. АНДЦ оснащаются цифровыми системами обработки сигналов, которые вычисляют характеристики помех и корректируют сигналы, снижая вероятность ложных срабатываний.

Для компенсации температурных изменений используются специальные температурно-независимые компоненты, снижающие влияние температуры на параметры датчика [4].

Использование комплексного подхода к защите АНДЦ от естественных помех позволяет существенно повысить надежность работы датчиков в сложных погодных условиях.

Если естественные помехи никак не направлены на сбой в работе автодинного неконтактного датчика цели, то искусственные помехи направлены специально против стабильной работы АНДЦ. Такие помехи называют организованные.

Организованные помехи – это преднамеренные воздействия на радиолокационные и инфракрасные датчики с целью затруднить их работу. Они делятся на **пассивные** и **активные** [5].

Пассивные помехи представляют собой отражающие или поглощающие материалы и объекты, которые изменяют параметры принимаемого сигнала, снижая точность работы датчиков. Они не излучают собственных сигналов, а лишь рассеивают или экранируют излучение датчика.

К основным видам пассивных помех можно отнести:

- дипольные отражатели;
- радиопоглощающие покрытия;
- отражающие экраны;
- аэрозольные завесы.

Дипольные отражатели представляют собой полоски из алюминиевой фольги или нарезанной металлизированной бумаги или отрезки металлизированного волокна. Они создают множественные ложные отражения, мешая датчику точно определить координаты цели. Данный отражатель используется для защиты авиации, бронетехники и морских судов.

Радиопоглощающие покрытия – это специальные покрытия на основе углеродных нанотрубок, графена или ферритовых материалов, которые поглощают радиоволны и уменьшают отражающий сигнал. Применяются в технологиях снижения радиолокационной заметности (стелс-технологии).

Отражающие экраны используются для защиты важных объектов. Они представляют собой металлические конструкции, создающие ложные цели или экранирующие реальный объект.

Аэрозольные завесы – это распыляемые частицы металлов или композитных материалов, создающие радиолокационные и инфракрасные помехи. Используется в оборонительных системах бронетехники и авиации.

Для эффективной работы АНДЦ применяются различные методы борьбы с пассивными помехами. К аппаратному методу относится использование многочастотного зондирования. При этом методе АНДЦ работает сразу на нескольких частотах, что позволяет анализировать отклик объекта. Пассивные помехи часто создают равномерные искажения на разных частотах, тогда как реальные цели имеют более сложные спектральные характеристики. Помимо многочастотного зондирования возможно использование поляризационной фильтрации или пространственной селекции [5,6].

Поляризационная фильтрация подразумевает под собой применение антенн с различной поляризацией (линейной, круговой, эллиптической)

Пространственная селекция может использовать узконаправленные антенны с узкой диаграммой направленности, чтобы снизить влияние рассеянных сигналов от пассивных помех.

К программным методам борьбы можно отнести фильтрацию по амплитуде и спектральному составу сигнала. АНДЦ анализирует уровень отраженного сигнала и его частотный спектр.

В таблице 1 приведены примеры пассивных помех и методы борьбы с ними.

Таблица 1 – Пассивные помехи и борьбы с ними.

Пассивные помехи	Методы борьбы с пассивными помехами
Дипольные отражатели	Использование многочастотного зондирования; Поляризационная фильтрация; Использование комбинированных сенсоров; Фильтрация по амплитуде и спектральному составу сигнала; Использование когерентной обработки сигнала.
Радиопоглощающие покрытия	
Отражающие экраны	
Аэрозольные завесы	

Активные помехи в отличие от пассивных создаются с помощью специальных передатчиков, которые излучают радиосигналы для нарушения работы датчиков. В отличие от пассивных, активные помехи требуют источника питания энергии и могут динамически изменять свои параметры [5].

К основным видам активных помех:

- шумовые помехи;
- имитационные помехи;
- помехи вида “Ответный сигнал”;
- модулированные помехи;
- ретрансляционные помехи.

Суть шумовых помех в том, что генерируется широкополосный или узкополосный шум, перекрывающий рабочий диапазон датчика. Кроме этого, повышается уровень фона, снижая отношение сигнал/шум. Излучаемый сигнал может быть непрерывным широкополосным (происходит глушение всего диапазона), или импульсным.

При генерации имитационных помех создаются сигналы, имитирующие отраженный сигнал от реальной цели, но с ложными параметрами. Данный сигнал вводит в заблуждение систему обработки данных. Данный вид помех очень активно применяется в системах радиоэлектронной борьбы.

Вид помех “Ответный сигнал” заключается в использовании специальных передатчиков, которые принимают сигнал от АНДЦ, изменяют его параметры и отправляют обратно с задержкой или измененной частотой. Используется для маскировки реального местоположения объекта.

Модуляционные помехи – это помехи, которые вносят модуляции в рабочий сигнал датчика, что искажает его параметры (амплитуду, фазу, частоту). Данный вид помехи может использовать метод “засветки”. Данный метод заключается в том, что происходит добавление интенсивного сигнала, чтобы заглушить слабые отраженные сигналы от цели

Ретрансляционные помехи захватывают сигнал датчика, усиливают его и передают обратно и измененными характеристиками, что приводит к преждевременному срабатыванию боеприпаса с АНДЦ. Используется для маскировки объектов или создания ложных целей [5,6].

Для эффективной защиты от активных помех применяются аппаратные и программные методы борьбы.

Как пример аппаратного метода защиты АНДЦ является использование узкополосного фильтра. Данный метод позволяет ослаблять помеховые сигналы за пределами рабочей полосы частот АНДЦ. Сужение полосы пропускания приемника делает его менее восприимчивым к широкополосным помехам.

Также к аппаратным методам можно отнести применение адаптивных фильтров использование направленных антенн. Применение адаптивных фильтров позволяет динамически изменять параметры фильтрации в зависимости от характера помехи. Для данного метода используются такие цифровые алгоритмы как вейвлет-анализ, Колмановская фильтрация, методы адаптивного подавления помех. Ис-

пользование же направленных антенн заключается в том, что фазированные антенные решетки позволяют динамически изменять диаграмму направленности, исключая воздействие помех, а применение антенн с малым боковым излучением снижает вероятность попадания помех в зону приема сигнала.

К программным методам защиты можно отнести анализ временной структуры сигнала, когерентную обработку сигнала. Анализ временной структуры сигнала позволяет выделить помехи на фоне полезного сигнала. Это возможно из-за того, что помехи часто имеют другую динамику, чем полезный сигнал. Это и позволяет выделять помехи по разности длительности импульсов. Как следствие, применение методов временной корреляции позволяет отличать реальные цели от ложных помех.

Когерентная обработка позволяет анализировать фазовые характеристики принимаемого сигнала и выявлять неестественные помехи. Применение фазовой фильтрации позволяет минимизировать влияние ложных сигналов на АНДЦ [5,6].

В таблице 2 приведены примеры активных помех и методов борьбы с ними.

Таблица 2 – Активные помехи и методы борьбы с ними.

Активные помехи	Методы борьбы с активными помехами
Шумовые помехи	Использование многочастотного зондирования; Поляризационная фильтрация; Использование комбинированных сенсоров; Фильтрация по амплитуде и спектральному составу сигнала; Использование когерентной обработки сигнала.
Имитационные помехи	
Помехи вида “Ответный сигнал”	
Модулированные помехи	
Ретрансляционные помехи	

Все методы, приведенные в таблице 1 и 2, могут применяться не только по отдельности, для борьбы с помехой, но и совместно с другими методами, что повышает надежность работы АНДЦ и как следствие надежность срабатывания взрывателя.

В таблице 3 приведено сравнение активных и пассивных помех

Таблица 3 – Сравнение активных и пассивных помех.

Тип помех	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
Пассивные	Рассеивание, поглощение, экранирование	Не требуют энергии, могут работать длительное время	Ограничены в гибкости, сложно быстро адаптировать
Активные	Генерация помехового сигнала	Динамически настраиваются, могут воздействовать на конкретные системы	Требуют источника питания, могут быть обнаружены

Современные системы радиоэлектронной борьбы комбинируют активные и пассивные методы помех, чтобы снизить вероятность обнаружения и поражения целей. Активные помехи эффективны для временного нарушения работы датчиков, в то время как пассивные позволяют длительно снижать их чувствительность.

Неконтактные датчики цели являются важными элементами современных взрывателей, обеспечивая высокую точность срабатывания боеприпасов за счет анализа отраженного сигнала. Однако их работа может быть нарушена различными помехами, которые делятся на естественные и организованные.

Для обеспечения высокой устойчивости НДЦ к помехам требуется комплексный подход, включающий аппаратные и программные методы защиты. Дальнейшее развитие технологии направлено на повышение помехозащищенности и надежности работы датчиков в сложных боевых условиях.

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.И. Митюшов

Библиографический список

- ГОСТ В20143-82 Взрыватели. Термины и определения.
- Коган И.М. Ближняя радиолокация. – М.: Сов. Радио, 1973 г. – 272 с.
- Неконтактные датчики автономных систем управления: учеб. пособие / А.В.Долов. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2006. – 356 с.: ил. Библиогр. : с.346-349.
- Л.М. Василюв Электромагнитные волны и их распространение в атмосфере, Санкт-Петербург, Политех, 2019 г.
- Радиоэлектронная борьба: принципы и средства / Под ред. В.Е. Турчина. – М.: Радиотехника, 2015 г.
- Основы радиоэлектронной борьбы / В.Н. Васильев, С.В. Костенко. – СПб.: Политехника, 2017 г.

УДК 62.822

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОПРИВОДА МЕХАНИЗМА ЗАРЯЖАНИЯ АРТИЛЛЕРИЙСКОЙ УСТАНОВКИ В СРЕДЕ MATLAB SIMULINK

А.В. Новосельцев, Я.З. Голубова, В.С. Цепелев

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Аннотация

В работе представлено моделирование гидравлической системы механизма заряжания артиллерийской установки с автоматизированной системой подачи в системе структурно-блочного моделирования Simulink среды Matlab. По результатам моделирования произведен расчет динамических параметров системы, получены графики перемещения, скорости и ускорения выходных звеньев системы. Рассмотрены особенности и принципы моделирования гидравлических систем, приведено краткое описание блоков библиотеки SimHydraulics.

Ключевые слова: гидросистема, структурно-блочное моделирование, механизм заряжания.

Введение. Необходимость моделирования обусловлена сложностью, а порой и невозможностью прямого изучения реального объекта. Имитационное моделирование является важным элементом в исследовании сложных технических систем. С помощью набора математических инструментальных средств оно позволяет исследовать взаимодействие множества факторов, что невозможно с помощью традиционного аналитического подхода. Одним из таких пакетов системы «Matlab» является система структурно-блочного моделирования «Simulink», позволяющая создать модель из стандартных функциональных графических блоков, набор которых в пакете очень велик и постоянно расширяется.

Для моделирования механических, гидравлических и электрических объектов разработана библиотека элементов Simscape с возможностью задавать их параметры с помощью диалоговых панелей.

В качестве объекта исследования используется гидравлический привод механизма заряжания автоматизированной АУ (артиллерийской установки).

Формирование блочной модели. Механизм заряжания представляет собой шарнирно закрепленный перегружатель выстрелов из магазина оперативного боезапаса на приемник качающейся части. Задача перегружателя – загрузить выстрел, подаваемый кареткой магазина, после чего переместить его в приемник, закрепленный на люльке, где его зафиксируют захваты. От приводов гидросистемы работают привод каретки магазина, предназначенный для выталкивания выстрела из ячейки магазина в лоток перегружателя, и привод поворота перегружателя в горизонтальной плоскости.

Так как система подачи АУ автоматизирована, то есть не требует непосредственного участия человека в процессе заряжания, то, принимая во внимание высокую скорость работы артиллерийского автомата, скорострельность установки будет определяться самым медленным механизмом в системе подачи выстрела. Таким механизмом и является перегружатель, совершающий довольно большое перемещение при повороте на 90° и являющийся самым тяжелым и габаритным перемещающимся звеном в системе подачи.

Привод механизма заряжания имеет 2 гидравлических цилиндра двухстороннего действия, закрепленных цилиндрами к неподвижной части (верхнему станку орудия), а штоками к металлоконструкции перегружателя и каретки магазина соответственно. Подключение напорной линии в поршневую или штоковую полость происходит за счет переключения распределителя.

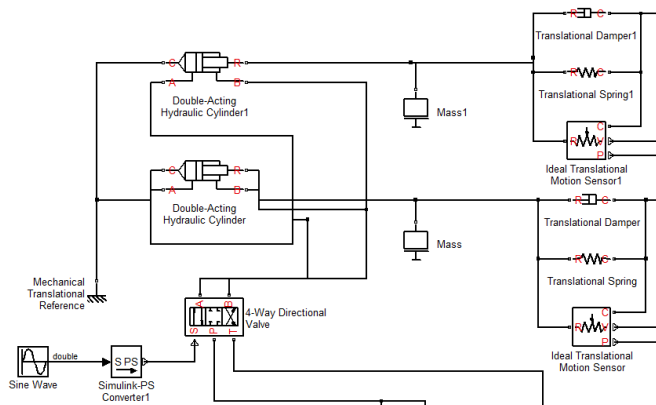


Рис. 1 – Структурно-блочное моделирование исполнительных механизмов и системы управления

Блок распределителя представляет собой регулирующий клапан с четырьмя отверстиями и тремя положениями путей прохождения потока. Порты подключаются к тому, что в типичной модели является гидравлическим насосом (порт P), резервуаром для хранения (порт T) и приводом двойного действия (порты A и B). Жидкость может поступать от насоса к приводу по каналу P-A или P-B, а от привода к резервуару по каналу A-T или B-T в зависимости от рабочей стороны привода. Частота переключения распределителя определяется блоком Sine Wave.

К штоку каждого из гидроцилиндров также крепятся блоки, учитывающие массу деталей, блок демфера, буфер и датчик. Блок датчика поступательного механического движения используется при преобразовании переменной, измеренной между двумя механическими поступательными узлами, в управляющий сигнал, пропорциональный положению или скорости. Датчик идеален, поскольку он не составляет инерцию, трение, задержки, потребление энергии, и так далее, что нам и необходимо для получения графиков без воздействия на них самого датчика.

Для вывода результатов измерений за датчиком через конвертеры помещаются блоки вывода графика Scope.

Данные с датчика будут идти в преобразователи. В блоках преобразователей мы можем задать необходимую нам единицу измерения величин, идущих затем на блоки вывода сигнала.

Расчет и результаты. Результатом моделирования являются графики зависимости перемещения, скорости и ускорения выходных звеньев механизма (штоков гидроцилиндров) от времени. Их параметры соответствуют параметрам движения элементов механизма заряжания АУ, так как они имеют жесткую связь. На рисунке 5 на осциллограф Scope выведены диаграммы перемещения штоков гидроцилиндров перегружателя и каретки на протяжении всего времени моделирования.

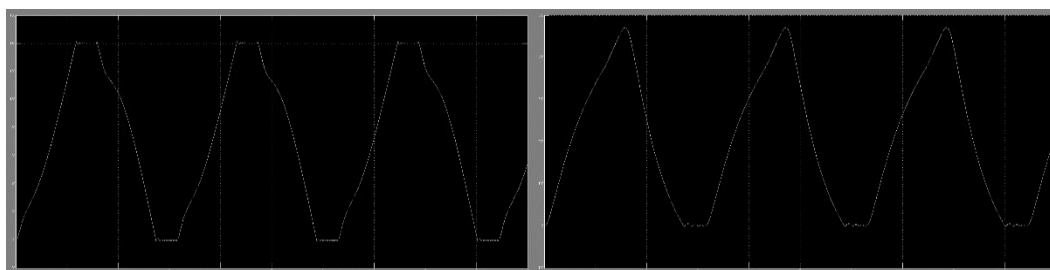


Рис. 5 – Графики зависимости перемещения от времени для перегружателя (слева) и каретки (справа)

По графикам видно, что после перемещения лотка перегружателя к каретке у него есть время выстоя, в течение которого каретка, совершив рабочий ход, перемещает выстрел в лоток досылателя из магазина. Затем каретка сразу начинает холостой ход в исходную позицию, где находится до следующего переключения распределителя, а перегружатель совершает рабочий ход к приемнику качающейся части.

На рисунке 6 и 7 приведены графики скоростей и ускорений перегружателя и каретки.

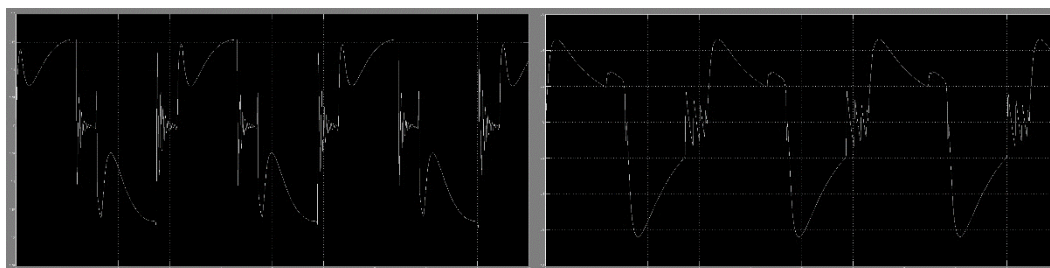


Рис. 6 – Графики зависимости скорости от времени для перегружателя (слева) и каретки (справа)

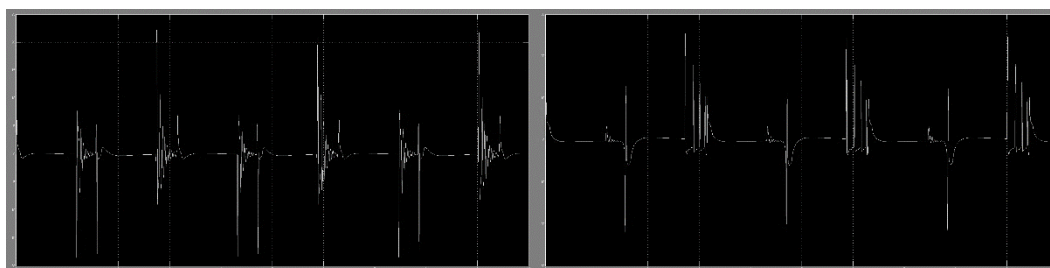


Рис. 7 – Графики зависимости ускорения от времени для перегружателя (слева) и каретки (справа)

На графике скорости возникают колебания при остановке перемещающихся звеньев ввиду отсутствия в имитационной модели жесткой фиксации механизмов в крайних положениях, например, сцепки перегружателя и приемника качающейся части при перегрузке выстрела. Максимальная скорость при работе от гидросистемы составила 0,64 м/с при холостом ходе каретки. Период работы системы заряжания составил 3 секунды, что соответствует возможности системы подачи артиллерийской установки обеспечивать темп стрельбы до 20 выстрелов в минуту.

Вывод. Использование имитационного структурно-блочного моделирования с построением и исследованием S-моделей в данной работе позволило решить ряд задач, связанных с динамическим анализом. В результате работы с библиотекой Simscape в среде Matlab Simulink была сформирована и рассчитана динамическая модель гидравлической системы привода механизма заряжания. Получены данные о динамических значениях скорости и ускорения выходных звеньев гидравлической системы по заданным параметрам её элементов и требуемым перемещениям. Полученные значения могут являться исходными данными для дальнейших расчетов конструкторской модели, в том числе и прочностных.

Библиографический список

1. Новосельцев, А. В. Расчет усилия привода маятникового перегружателя корабельной артиллерийской установки / А. В. Новосельцев, Н. Б. Селецкий, В. С. Цепелев // Третья студенческая научная конференция факультета "Оружие и системы вооружения" (Библиотека журнала "Военмех. Вестник БГТУ") : Материалы конференции, Санкт-Петербург, 23–24 апреля 2024 года. – Санкт-Петербург: Балтийский государственный технический университет "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова, 2024. – С. 67-72. – EDN IFZGOS.
2. Компьютерная математика. Пакет имитационного моделирования Simulink: Лаб. практикум / Л. Л. Голубева, А. Э. Малевич, Н. Л. Щеглова. – Минск: БГУ, 2010. – 151с.
3. Руппель А.А. Моделирование гидравлических систем в MATLAB : учебное пособие. – Омск: СибАДИ, 2009. – 172 с.

УДК 623.4.016

«О РАЗРАБОТКЕ БАЗ ДАННЫХ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КУРСОВОГО И ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ «СТРЕЛКОВО-ПУШЕЧНОЕ, АРТИЛЛЕРИЙСКОЕ И РАКЕТНОЕ ОРУЖИЕ»

Н.В. Бобинова

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

На данный момент развития технологий, одним из самых важных ресурсов всех организаций и предприятий являются знания и оптимальные решения по управлению ими. Конкурентоспособность предприятия напрямую зависит от организации управления знаниями. Широкое применение информационных технологий и цифровизация документов обеспечили перевод накопившихся знаний на электронные носители, массив которых представляет собой базу данных.

Формирование базы данных и управление ими – важное направление развития автоматизации современного машиностроительного предприятия. Наряду с этим, формирование базы данных – сложный и комплексный процесс, требующий значительных затрат. Процесс формирования базы знаний не может быть успешно завершен только при помощи программных средств, однако применение новых методик построения программного обеспечения позволит стандартизировать наборы данных и позволит использовать средства автоматизации для формирования баз знаний.

В ходе обучения, студенты инженерных специальностей выполняют различные курсовые и дипломные проекты, связанные с частичной автоматизацией проектирования. В частности, студенты специальности 17.05.02 «Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие» выполняют расчет и проектирование стволов артиллерийских орудий. Для этого они пользуются объектно-ориентированными системами автоматизированного проектирования. Однако, помимо комплекса различных проектных и проверочных расчетов (внутрибаллистическое проектирование, тепловые расчеты, расчеты напряженно-деформированного состояния и т.д.), проектирование содержит трудноформализуемые расчетно-логические операции такие как подбор систем-аналогов, учет экспертных оценок эффективности средств защиты ствола от износа, подбор оптимальных сочетаний таких средств. Такое положение дел диктует необходимость иметь в распоряжении студента (и преподавателя) как определенную номенклатуру данных по стволу, снаряду и оружию в целом, так и некоторый объем опытных данных, полученных на натурных или стендовых испытаниях. Особенно важно то, что, например, точность расчетного прогнозирования живучести артиллерийского ствола напрямую зависит от того, насколько целенаправленно выделена и переработана информация по существующим образцам, а также насколько верно подобрано орудие-аналог. Совокупность всех необходимых данных представляет собой информационное обеспечение комплексного метода, которое может быть более эффективно задействовано в студенческих проектных работах при создании некоторой информационной системы, включающей систему баз данных (БД) и эффективной системы управления БД (СУБД), программно-обеспечивающей удовлетворение запросов на данные, их поддержание и анализ.

Рассматривая создание проблемно ориентированной базы данных для проектного прогнозирования износа и живучести (технического ресурса) артстволов, следует иметь в виду что, информационный фонд представляется весьма разнообразно. В него, кроме сведений, непосредственно относящихся к объекту (описания, чертежи, технические условия и др.) также входят данные о комплектующих деталях, узлах, материалах, технологической оснастке и оборудовании, оценки экспертов эффективности имеющихся и текущем состоянии выполняемых изысканий новых средств и способов повышения живучести.

При определении сферы применения разрабатываемых баз данных учитывался не только круг и типы решаемых с ее помощью задач, но и возможное многообразие методических подходов к определению показателей износа и живучести артиллерийских стволов. Совершенно ясно, что те методы, с помощью которых студенты (пользователи базы) в будущем будут обрабатывать имеющиеся в БД данные, не могут быть полностью конкретизированы сейчас и поэтому БД должны быть построены таким образом, чтобы представлять наиболее существенные свойства и отношение данных. Таким образом, основное требование к БД в известной мере противоречиво: с одной стороны, ориентация на конкретный метод, а с другой стороны – на объективно существующие свойства данных и связи между ними.

Кроме того, весьма важным требованием является возможность использования БД студентом в неформализованном режиме, т.е. в режиме свободного доступа. Произвольное пользование данными (вне какой-либо обрабатывающей программы) определяется не только невозможностью на данный момент полной автоматизации процедуры прогнозирования, но и объективной необходимостью подключения творческого потенциала специалиста к процессу экспертизы. Режим свободного доступа должен быть

обеспечен соответствующим сервисом: быстротой поиска данных, наглядностью представления, легкостью формирования целевых запросов по любой группе и отдельному элементу данных. Последнее, по существу, уже является требованием к СУБД.

Специфика работ высказывает особое требование защиты данных от несанкционированного доступа (секретность) и ряд общих для любых БД требований (неизбыточность, быстрота доступа, гибкость представления и др.)

Состояние проблемы проектного прогнозирования износа и живучести артиллерийских стволов свидетельствует, что и в настоящее время и в обозримом будущем проведение расчетной экспертизы будет опираться на использовании результатов натурных и модельных испытаний. Имея ввиду данное положение и ориентируясь на создание стабильных отношений между различными группами данных, определяющим критерием для включения данных в БД было принято наличие (или принципиальная возможность существования) информации по испытаниям системы «ствол-заряд-снаряд» (или артсистемы) на износ и/или живучесть ствола. Такой подход, с одной стороны, позволяет при необходимости группировать данные (образовывать локальные БД) по широкому ряду запросов, например, по существующим и апробированным методам защиты артстволов от износа, по живучести стволов орудий определенного класса и т.д. А с другой стороны, при такой концепции данных обучающийся может нужным ему образом расширить БД за счет «производных БД», т.е. массивов данных, полученных при использовании различных расчетных методик (например, для расчета параметров потока пороховых газов, температур нагрева системы, параметров искусственного охлаждения и т.п.).

Анализ информационного обеспечения комплексного метода и других существующих и используемых для проектной экспертизы на износ и живучесть методик показал высокую степень «пересечения» информационных потребностей программных продуктов, используемых в этих методиках. Таким образом выявилась перспективность построения модели данных и структуры БД по «процессному» принципу (данные для баллистических расчетов, данные для тепловых расчетов и т.д.). Привлекательный для узкого специалиста, такой подход дает избыточность БД, недостаточную ее гибкость при изменении программ, а, главное, не в состоянии удовлетворить запросы системного аналитика-эксперта по живучести. На основании этого была принята «объектовая» модель данных. Такая модель группирования (кластеризации) данных позволяет эффективно удовлетворять информационные потребности различных направлений при наличии СУБД общего назначения.

Сущность объектового подхода состоит в том, что каждый элемент или файл данных однозначно с объектом любого из трех уровней:

- на первом уровне – с определенной артсистемой, которая идентифицируется подсистемой «ствол-заряд-снаряд» и режимом отстрела на живучесть;

- на втором уровне – с одним из элементов системы, т.е. стволом, зарядом или снарядом;

- на третьем уровне – с одной из тех составляющих, которые в совокупности определяют ствол (стенка, камера, нарез, покрытие и т.д.), снаряд (корпус, ведущие пояски, ведущее секторное кольцо и т.д.) и заряд (составляющие его компоненты: пороха различных марок, флегматизаторы, инертные добавки и т.д.)

Существует три подхода к логической организации БД: в виде древовидной структуры, в виде сетевой структуры и реляционный подход с представлением БД в виде двумерных файлов. При выборе вида логического описания данных необходимо в наибольшей степени удовлетворить трем условиям, наиболее важным при практическом использовании БД:

- логика описания данных должна быть понятна пользователю, не имеющему особых знаний и навыков в области БД (т.е. студенту);

- описание данных должно позволять легко подсоединять новые данные при изменении прикладных обрабатываемых программ;

- способ описания данных должен допускать элементарную обработку данных при запросе с терминала (выделение групп по признаку, исчисление средних, экстраполяция и т.п.)

Этим требованиям отвечает реляционная БД, построенная с помощью двумерных файлов (таблиц отношений). Система реляционные БД – это (с логической точки зрения) конечный набор двумерных файлов (таблиц) с операциями извлечения и объединения. В каждом файле (базе данных) имеется конечное число записей данных, т.е. строк в таблице, а сама таблица – набор записей. Домен – столбец таблицы, т.е. набор значений в базе данных, записанных в поле под одинаковым именем.

Для рассмотрения логической структуры системы БД целесообразно выделить ядро системы – минимальную файловую структуру, которая при сохранении принятого правила образования первичных ключей может расширяться либо за счет производных файлов, конкретизирующих конструкцию, условия испытаний и т.п., либо за счет производных файлов данных, полученных как результаты расчетов или опытов.

Ядро системы баз данных составляет следующие группы файлов (по одной группе на каждой БД).

Группа файлов «система-опыт»; информационное назначение – давать существенную в смысле износа и живучести ствола информацию по артиллерийским системам (типаж, индексация, состав, условия испытаний, данные по износу и живучести и т.п.); первичный ключ файла – индекс артиллерийской системы.

Группа файлов «Труба»; информационное назначение – обеспечивать данными о конструктивном исполнении, размерах, материалах и других необходимых параметрах стволов в нарезном и гладкостенном (отдельно) исполнениях. Первичный ключ файла совпадает с индексом артиллерийской системы, чем и обеспечивается структурная связь с файлом «система-опыт».

Группа файлов «Изделие»; информационное назначение – обеспечивать данными о типе, размерах конструктивных особенностях, массово-центровочных и инерционных характеристиках снарядов в по-
ясковом и оперенном (отдельно) исполнениях.

Группа файлов «Пакет»; информационное назначение – обеспечивать данными о конструкции, общей массе и количестве входящих в метательный заряд компонентов и их массе, марках, особенностях.

Логическая принадлежность элемента (группы) данных записи к какой-либо части объекта (например, к ведущему пояску или корпусу снаряда) обеспечивается идентификацией данных.

Таким образом, создание базы данных по различным методам повышения живучести артиллерийских стволов для студентов при работе с дипломными и курсовыми проектами должно основываться на реляционной модели. Данная БД существенно облегчит процесс обучения как для студентов, так и для преподавателей. Также студенты смогут выработать навык работы с различными БД еще на стадии обучения в высшем учебном заведении, что непосредственно скажется на их профессиональной деятельности.

Библиографический список

1. Булахов Никита Романович Основы реляционных баз данных // Вестник науки и образования. 2019. №22-2 (76).
2. Брешенков Александр Владимирович Методика проектирования реляционных баз данных // Инженерный журнал: наука и инновации. 2013. №11 (23).
3. Зайцев А.С. «Устройство и проектирование стволов артиллерийских орудий: учебник/ А.С. Зайцев – Старый Оскол: ТНТ, 2017. – 388 с.
4. Под редакцией чл.-кор. РАН Королева А.А. и чл.-кор. МАНПО Кучерова В.Г. «Физические основы устройства и функционирования стрелково-пушечного, артиллерийского и ракетного оружия», часть 1, Волг.ГТУ, 2002 г.

УДК 623.46:623.4.019(621.7)

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТРОЙСТВА ЗАГРАЖДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ОТ СНАРЯДОВ С РЕГУЛИРУЕМОЙ ДИНАМИКОЙ ДВИЖЕНИЯ ЗАЩИТНОГО ЭКРАНА

В.Е. Иванов, Е.А. Михайлов, А.А. Семеко, М.В. Филипова

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Устройства заграждения, предназначенные для защиты от снарядов, играют ключевую роль в обеспечении безопасности таких объектов, как броневые преграды танков и других бронемашин.

Они представляют собой системы, способные эффективно противостоять различным типам атак, сводя к минимуму риски разрушений и потерь. Применение технологий заграждения позволяет не только защитить физические объекты, но и сохранить жизни людей, находящихся в непосредственной близости к потенциальным угрозам.

С учетом разнообразия современных комплексов вооружения, защитные конструкции разрабатываются, принимая во внимание специфику боеприпасов и условий эксплуатации. Они могут включать в себя как активные, так и пассивные элементы, что делает возможным всесторонний подход к обеспечению безопасности.

Одним из наиболее перспективных направлений в данной области является разработка передвижных систем заграждения, используемых для обороны военной техники. Они обладают высокой мобильностью и могут быть быстро развернуты в различных оперативных ситуациях, что делает их незаменимыми в полевых условиях.

В данной работе будет представлено устройство с увеличенной вероятностью удачного перехвата снаряда при минимальных габаритных размерах техники в неактивном положении, а также проведен анализ известных механизмов защиты объектов, использующих различные виды отражения атаки.

Начнем с изобретения «Устройство защиты бронированных машин» [1], оно представляет собой систему, установленную на кронштейне в задней части башни танка, которая при запуске создает вращающийся защитный круг из стальных тросов, предохраняющий крышу башни и корму танка от атакующих сверху снарядов. Недостатком данной конструкции является то, что она обеспечивает защиту преимущественно сверху, но не охватывает приоритетные направления. Помимо этого, невозможность изменения размера преграды увеличивает время развертывания, а стальные тросы не подлежат частичному ремонту, следовательно, при повреждении части может потребоваться полная замена элемента или защитной структуры в целом.

Также известно устройство «Активная броня Староверова» [2], задача которого состоит в защите танков от всех поражений во всех направлениях. Принцип действия же заключается в использовании вращающихся вкладышей с взрывчаткой, которые при детонации раскручиваются и дестабилизируют или разрушают снаряды, кумулятивные струи и другие угрозы, обеспечивая сохранность техники. Ячейка должна выдерживать мощный взрыв и при этом не испытывать больших деформаций, а значит конструкция требовательна к использованию специализированных материалов, что может быть экономически невыгодно в крупносерийном и массовом производстве и иметь необходимость в сложной обработке. К тому же, для обеспечения эффективной работы вкладышей и их вращения с высокой скоростью требуется строгая точность изготовления деталей, таких как вкладыши, выпуклости, подшипники и крышки. Помимо вышеизложенного, взрывчатка в выпуклостях и под вкладышами может быть чувствительной к механическим воздействиям, что повышает риск случайных срабатываний при движении танка по пересеченной местности.

Рассмотрим ещё одно изобретение, относящееся к области защиты преград [3]. Его принцип действия основан на размещении минизарядов взрывчатого вещества в локальных облицованных взрывоткольных ячейках, которые при прохождении кумулятивной струи создают серию микровзрывов, многократно воздействующих на струю материалом облицовки и откольными элементами, что приводит к

её разрушению и снижению бронепробивной способности, при этом облицовка ячеек выполнена по форме тела вращения для организации гидродинамического течения материала, направленного на пересечение траектории струи. Но каждая взрывооткольная ячейка срабатывает только один раз при попадании КС, после чего теряет свою функциональность. То есть после их срабатывания потребуются замена, что может быть затруднительно в полевых условиях. В дополнение к этому, при взрыве одной ячейки осколки и фрагменты могут повредить соседние, что снижает общую эффективность защиты. Хотя в описании указано, что материал с низкой плотностью ($0,19-3,0 \text{ г/см}^3$) предотвращает передачу детонации между ячейками, при высокоэнергетических воздействиях (например, при попадании мощного кумулятивного боеприпаса) возможно случайное срабатывание соседних ячеек. Это может привести к неконтролируемому взрыву и разрушению всей конструкции.

В патенте немецкого автора «Method and device for the protection of objects such. B. armored vehicles, against attack agents» [4] представлено устройство, основная идея которого заключается в использовании быстро вращающихся отклоняющих элементов (ударных тел), которые устанавливаются на расстоянии от защищаемого объекта. Эти элементы могут быть выполнены в виде спиральных пружин, тросов, цепей или проволок. При вращении они создают активную зону защиты, которая либо вызывает преждевременный взрыв снаряда, либо провоцирует отклонение траектории полета, снижая его эффективность. Данная конструкция обладает оптимальной мобильностью в неактивном положении, однако может быть менее эффективной против быстролетающих снарядов, так как для их перехвата требуется очень высокая скорость вращения ударных тел.

В британском же изобретении, описание которого представлено в патенте [5], в качестве основной системы брони применяется вращающийся диск, установленный между структурной стенкой и внешней обшивкой, который приводится в движение двигателем, создавая боковое движение поверхности брони. Стоит отметить, что внедрение такой системы бронирования может потребовать значительных изменений в конструкции транспортного средства, а это может оказаться трудоемкой и дорогостоящей задачей, особенно для уже существующих моделей. Также в случае повреждения вращающихся дисков или двигателей ремонт в полевых условиях может быть затруднен из-за сложности конструкции и необходимости специального оборудования.

Перед заявленным же изобретением [6] поставлена задача повысить вероятность перехвата снарядов при уменьшении габаритных размеров в неактивном положении.

Устройство заграждения объектов от снарядов включает основание и опору, на верхнем конце которой установлен диск с механизмом вращения. К диску присоединена преграда, включающая в себя как минимум один гибкий удлиненный элемент, и систему управления оборотами. Гибкие удлиненные компоненты могут состоять из звеньев, соединенных друг с другом, или из звеньев с поражающими элементами. Опора представлена совокупностью нескольких стержневых конструкций, соединенных между собой и оборудованных фиксаторами угловых положений. К каждой паре звеньев опоры подключен отдельный привод, который связан с системой управления приводами через информационно-энергетические коммуникации, проложенные вдоль звеньев опоры. В точке соединения основания и нижнего звена опоры может располагаться поворотный горизонтальный привод и система управления им. Это позволяет повысить вероятность перехвата снаряда при незначительном увеличении габаритов техники.

Устройство состоит из следующих элементов:

- 1 - основание;
- 2 - поворотный горизонтальный привод;
- 3 - система управления поворотным горизонтальным приводом;
- 4 - звено опоры;
- 5 - фиксатор угловых положений;
- 6 - привод;
- 7 - система управления приводами;
- 8 - информационно-энергетические коммуникации;
- 9 - диск с приводом вращения;
- 10 - системы управления оборотами диска;
- 11 - управляемая приемная катушка;
- 12 - механизмом регулирования катушки;
- 13 - система управления приемными катушками;
- 14 - гибкий удлиненный элемент;
- 15 - звено гибкого удлиненного элемента;
- 16 - поражающий элемент.

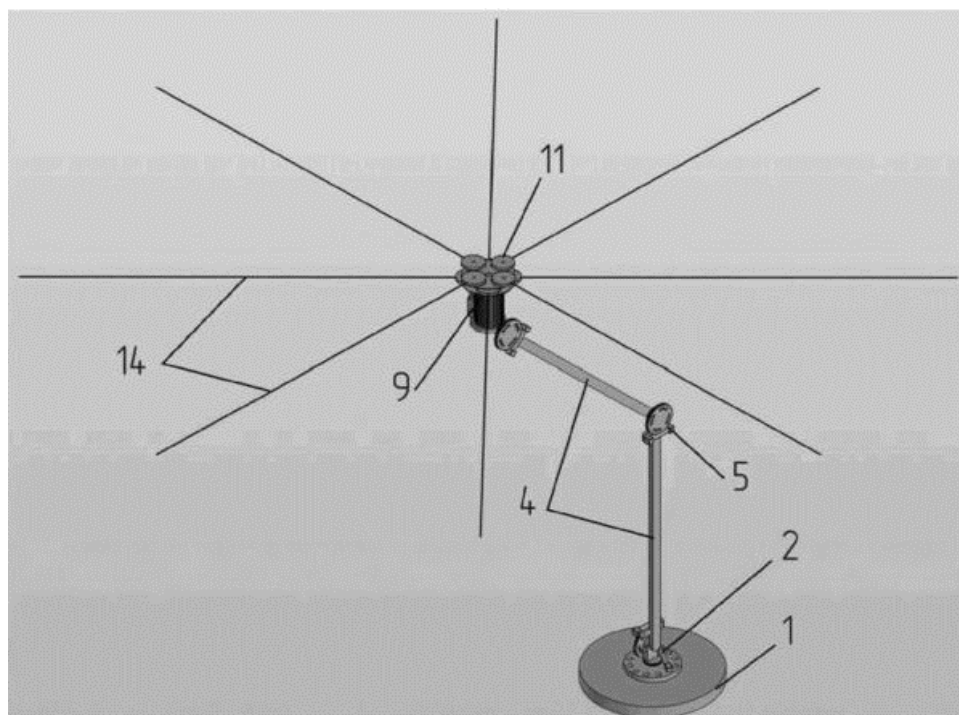


Рисунок 1. Общий вид устройства в рабочем положении

Во время работы системы есть возможность изменять положение преграды в приоритетном направлении защиты путем вращения конструкции на поворотном горизонтальном механизме и корректировки положения звеньев опоры с использованием приводов и угловых фиксаторов. Также регулируемым является и размер преграды. Его можно изменить, настраивая длину гибких удлиненных элементов, разматывая или наматывая их на управляемые приемные катушки с помощью механизмов регулирования катушек под контролем системы управления. В неактивном состоянии устройство является компактным и удобным для перевозки или хранения. Опора устройства состоит из нескольких настраиваемых звеньев, что делает конструкцию отличным выбором для быстрого развертывания в случае необходимости. В результате, можно заметить, что данное устройство не только защищает объект физически, но и позволяет адаптировать его к изменяющимся условиям, что позволяет существенно повысить эффективность в условиях реального боя.

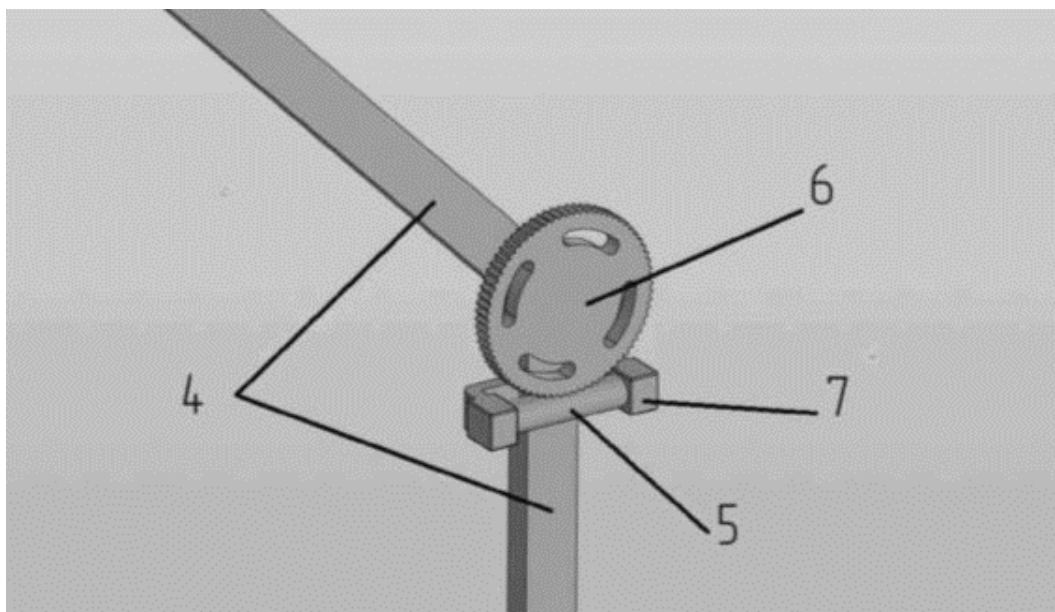


Рисунок 2. Крупный план сочленения звеньев опоры устройства.

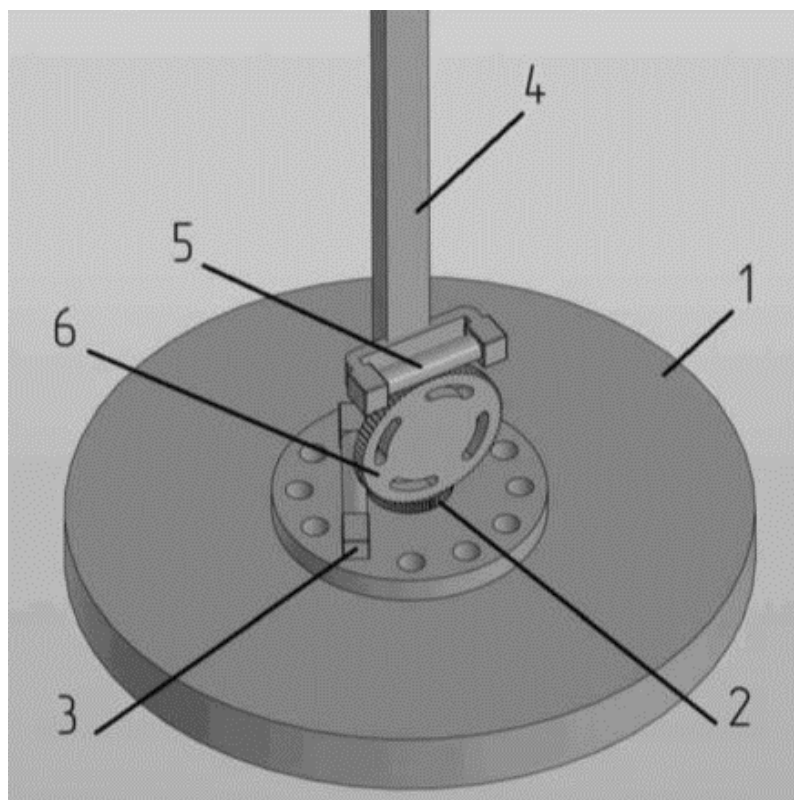


Рисунок 3. Крупный план основания устройства

Основной характеристикой данного устройства является гибкий удлиненный элемент, который установлен на управляемой приемной катушке, фиксируемой на вращающемся диске. Благодаря своему расположению гибкий удлиненный элемент может вращаться с большой скоростью, формируя защитный барьер. При столкновении с вращающимся гибким удлиненным элементом либо происходит уничтожение снаряда, либо детонация осуществляется на безопасном расстоянии, либо же осуществляется отклонение его траектории от первоначальной точки прицеливания. Данная система взаимодействия со снарядами способствует значительно более результативной защите объектов, минимизируя возможный ущерб.

Для улучшения ремонтопригодности и модульности устройства гибкий удлиненный элемент состоит из звеньев, которые соединены между собой. При повреждении нет необходимости заменять его весь; достаточно заменить только поврежденные части. Это существенно сокращает время и стоимость ремонта, обеспечивая быструю возможность восстановления устройства до работоспособности без полного его замещения. Для повышения действенности устройства гибкий удлиненный элемент может состоять как частично, так и полностью из звеньев с поражающими элементами. Эти компоненты разработаны для нанесения дополнительного урона, что увеличивает шансы на разрушение или нейтрализацию снарядов при их столкновении с защитным устройством.

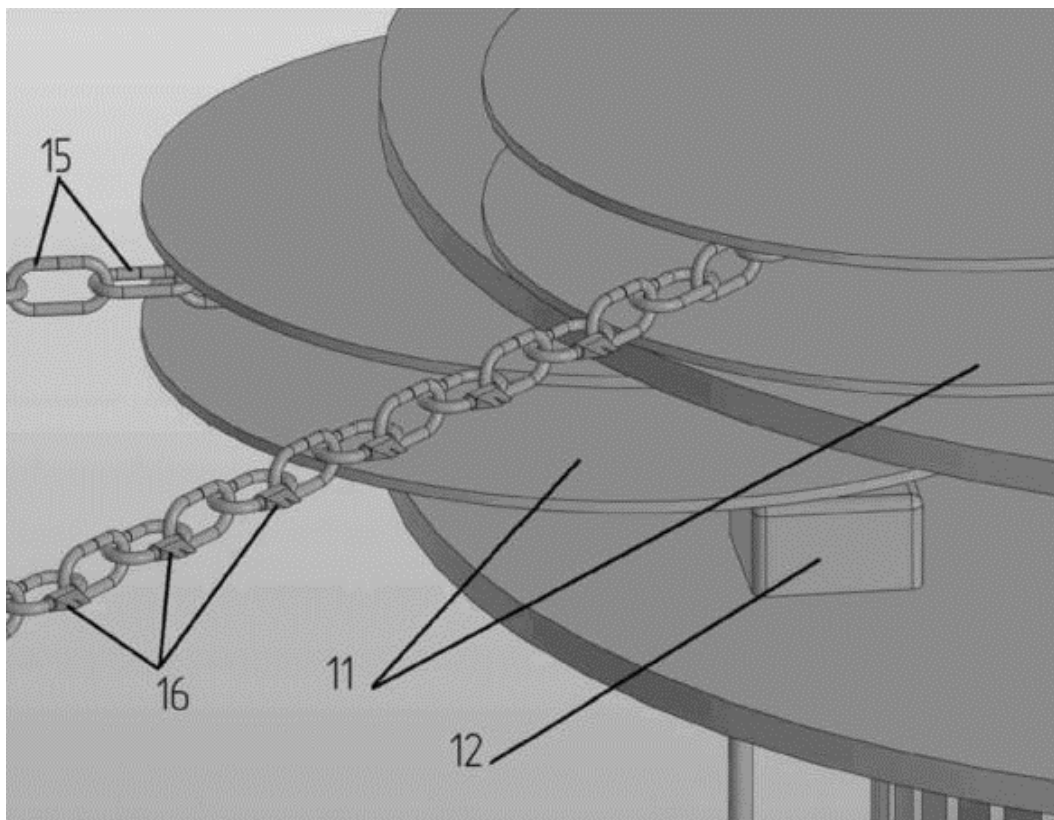


Рисунок 4. Крупный план гибкого удлиненного элемента преграды.

Для обоснования возможности работы предлагаемой системы выполнены расчёты.

Зная характерные размеры снарядов, можно посчитать, какое время потребуется для прохождения снарядом расстояния, равного его размеру, с заданной скоростью:

Таблица 3. Расчет времени прохождения снарядом расстояния, равного его размеру, по известным характеристикам

Снаряд	Размеры, м	Скорость движения боеприпаса, м/с					
		5	10	20	40	80	160
		Время прохождения снарядом расстояния, равного размеру этого снаряда, с					
РГД	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-5	8	1600	5800	2900	1450	0725	0363
Ф-1	0,055	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		1000	5500	2750	1375	0688	0344
ВОГ	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-25		8000	4000	2000	1000	0500	0250
ВОГ	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-25П		8000	4000	2000	1000	0500	0250
ПГ	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7ВМ		4000	7000	3500	1750	0875	0438

Для предлагаемой системы можно рассчитать время появления гибкого удлиненного элемента 14 в одной и той же области пространства в зависимости от скорости вращения диска с приводом вращения 9 и числа гибких удлиненных элементов 14, расположенных под одинаковым углом друг от друга.

Используется формула:

$$t_{\text{появления}} = 60 \text{ (с)} / \text{Частота вращения (об/мин)} / \text{Количество элементов}$$

Таблица 4. Расчет времени появления удлиненного гибкого элемента в одной и той же области пространства

Количество гибких удлиненных элементов, шт	Частота вращения, об/мин					
	600	800	1000	1200	1400	1600
	Время появления гибкого удлиненного элемента в одной и той же области пространства, с					
8	60/60	60/80	60/10	60/12	60/14	60/16
	0/8 = 0,125	0/8 = 0,00937	00/8 = 0,0075	00/8 = 0,00625	00/8 = 0,00535	00/8 = 0,00468

16	$\frac{60}{0/16} = \frac{60}{0,00625}$	$\frac{60}{0/16} = \frac{60}{0,00468}$	$\frac{60}{00/16} = \frac{60}{0,00375}$	$\frac{60}{00/16} = \frac{60}{0,00312}$	$\frac{60}{00/16} = \frac{60}{0,00267}$	$\frac{60}{00/16} = \frac{60}{0,00234}$
24	$\frac{60}{0/24} = \frac{60}{0,00416}$	$\frac{60}{0/24} = \frac{60}{0,00312}$	$\frac{60}{00/24} = \frac{60}{0,0025}$	$\frac{60}{00/24} = \frac{60}{0,00208}$	$\frac{60}{00/24} = \frac{60}{0,00178}$	$\frac{60}{00/24} = \frac{60}{0,00156}$
48	$\frac{60}{0/48} = \frac{60}{0,00208}$	$\frac{60}{0/48} = \frac{60}{0,00156}$	$\frac{60}{00/48} = \frac{60}{0,00125}$	$\frac{60}{00/48} = \frac{60}{0,00104}$	$\frac{60}{00/48} = \frac{60}{0,00089}$	$\frac{60}{00/48} = \frac{60}{0,00078}$

Основываясь на полученных данных, можно заключить о возможности системы выполнять заданные функции. К примеру, 48 гибких удлиненных элементов, которые вращаются с частотой 1000 об/мин, способны защитить от всех снарядов, движущихся со скоростью до 20 м/с, однако, чтобы сделать конструкцию более экономически выгодной, можно использовать 16 гибких элементов с той же частотой вращения, поскольку дальнейшее сокращение времени появления гибкого элемента в одной и той же области пространства нецелесообразно.

В системе предполагается использование 16 гибких удлиненных элементов, каждый длиной 1500 мм, на диске с приводом вращения радиусом 200 мм и общей массой около 5 кг. Вращение системы осуществляется бесколлекторным двигателем мощностью 3000 Вт с частотой 1000 об/мин. На основании результатов расчета времени, необходимого для раскрутки системы, была подтверждена возможность применения данного устройства.

Результатом данной разработки является увеличение вероятности удачного перехвата снаряда при минимальном изменении габаритов техники.

Библиографический список

1. Толстоухов В. П. Устройство защиты бронированных машин. — Патент РФ № 2809863 C1, 2023. — Оpubл. 19.12.2023. — Бюл. № 35.
2. Староверов Н. Е. Активная броня Староверова – 2 (варианты). — Патент РФ № 2504726 C1, 2014. — Оpubл. 20.01.2014. — Бюл. № 2.
3. Беляков В. Ф., Болдырев А. П. и др. Способ защиты от кумулятивных боеприпасов и устройство для осуществления способа. — Патент ЕА № 002511 B1, 2002. — Оpubл. 27.06.2002.
4. Johansson E. Method and device for the protection of objects such as armored vehicles against attack agents. — Patent DE № 1185090 B, 1965. — Publ. 07.01.1965.
5. Seyfang G. R. Armour. — Patent GB № 2186955 A, 1987. — Publ. 26.08.1987.
6. Михайлов Е. А., Иванов В. Е. Устройство заграждения объектов от снарядов. — Патент РФ № 2834071 C1, 2025. — Оpubл. 03.02.2025. — Бюл. № 4.

УДК 623.413

ПРОРАБОТКА ВОЗМОЖНЫХ ВАРИАНТОВ КОМПОНОВКИ ДУПЛЕКСА БУКСИРУЕМОГО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ОРУДИЯ КАЛИБРАМИ 152/155 ММ

В.В. Тельминов, Д.В. Безлепкин, А.В. Ступнев

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им Д.Ф. Устинова

Введение

Опыт использования буксируемых артиллерийских орудий (АО) в современных военных конфликтах показывает, что они являются одними из основных и наиболее применяемых способов доставки средств поражения (боеприпасов) к противнику. Это обусловлено несколькими причинами.

Во-первых, по эффективности огня буксируемые АО не уступают самоходным.

Во-вторых, в современных условиях ведения боевых действий, когда средства разведки и контроля стрельбы, беспилотные летательные аппараты, а также контрбатарейная борьба позволяют обнаруживать и открывать огонь по позиции АО за считанные минуты, актуальной становится маскировка орудия (визуальная, тепловая и пр.), которая позволяет уменьшить вероятность поражения расчета на позиции. Для этих целей буксируемые АО подходят наилучшим образом, так как имеют относительно низкую линию огня и небольшие габариты, что позволяет создавать окопы для их размещения, места безопасного хранения боеприпасов и укрытия расчета в случае обнаружения, а также применять маскировочные сети и специальные комплексы средств снижения заметности из синтетического теплоизоляционного и радиопоглощающего материала.

В-третьих, стоимость буксируемых АО меньше стоимости самоходных артиллерийских орудий (САО).

В-четвёртых, в удаленных от собственных границ государства конфликтах, буксируемые АО позволяют перебросить большее количество огневых средств при помощи транспортной авиации.

Таким образом, актуальным можно считать вопрос о создании буксируемой системы, которая сочетала бы в себе возможность дуплексирования 152/155-мм орудий. Выбор обусловлен тем, что калибр 152,4 мм (6 дюймов) хоть и остается на вооружении сравнительно небольшого числа стран, но все чаще замещается калибром 154,94 мм (6,1 дюйма), в связи с чем, применение захваченных в потенциальном конфликте снарядов и зарядов становится невозможным (рисунок 1).



а)

б)

Рисунок 1 – Результаты наступательных действий ВС РФ:

а – захваченная в Курской области 155-мм гаубица М777 с боекомплектом, б – захваченные метательные заряды

Краткие сведения о рассматриваемых системах

За основу дуплекса взята буксируемая пушка 2А36 «Гиацинт – Б». Эта система обладает одним из самых дальнбойных орудий отечественной сухопутной артиллерии. Кроме того, для 2А36 была разработана новая линейка 152-мм выстрелов раздельно-гильзового заряжания. В состав этой линейки вошли снаряды увеличенной массы с более тяжелым зарядом.

Ствол 2А36 состоит из трубы, скреплённой кожухом. В казеннике размещён горизонтальный клиновой затвор с механизмами полуавтоматики и закреплены штоки противооткатных устройств. ПОУ состоят из тормоза отката гидравлического типа с возможностью регулирования длины отката и накатника пневматического типа с гидроуплотнением. Люлька обойменного типа служит для направления движения ствола при откате и накате.

Вторым орудием дуплекса была выбрана 155-мм гаубица М777 со стволом М776 длиной в 39 калибров. Данная система создана по стандарту НАТО «STANAG 4425» и использует унифицированные 155-мм боеприпасы и заряды, что привело к её массовому внедрению во многие армии мира.

В результате предварительного анализа систем было предложено несколько возможных вариантов компоновки дуплекса: штатная компоновка 2А36; компоновка с установкой ствола М776 в люльку исходного варианта с использованием нового кожуха; а также компоновка с использованием отечественного аналога ствола М776. Данные варианты подразумевают замену ствольной-затворной группы (СЗГ) АО, что возможно осуществить на ремонтной базе вблизи линии боевого соприкосновения.

Для реализации вариантов компоновки дуплекса необходимо сравнить импульсы откатных частей (ОЧ), передаваемые на лафет при выстреле. Сравнение импульсов возможно только при известных скорости откатных частей (ОЧ) в конце периода последствия и массе ОЧ.

Оценка возможности наложения ствола М776 на лафет 2А36 «Гиацинт – Б»

Из закона сохранения количества движения (импульса) находится скорость ОЧ при свободном откате в момент конца периода последствия:

$$W_{\text{кдт}} = \frac{q + \alpha\beta\omega}{Q_0} * V_0, (1)$$

где α – конструктивная характеристика дульного тормоза;

q – масса снаряда, кг;

Q_0 – масса откатных частей, кг;

ω – масса порохового заряда, кг;

V_0 – начальная скорость снаряда, м/с;

β – коэффициент последствия истечения ПГ, определяемый по формуле:

$$\beta = \frac{1400}{V_0} + 0,15 (2)$$

Формула (1) определяет количество движения ствола при свободном откате к концу периода последствия при наличии дульного тормоза. Тогда импульс силы давления ПГ к концу периода последствия будет определяться, как:

$$J_k = W_{\text{кдт}} * Q_0 (3)$$

Зная конструктивную характеристику дульного тормоза системы 2А36 и предварительно определив коэффициент последствия истечения пороховых газов, рассчитывается импульс приведенной силы давления ПГ к концу периода последствия. Для варианта компоновки со стволом М776 вычисляется импульс без учета дульного тормоза, что позволяет рассмотреть случай, когда действие сил, передаваемых на лафет, максимально.

Результаты расчётов импульсов различных компоновок представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Импульсы ОЧ

Компоновка	q , кг	ω , кг	V_0 , м/с	α	β	Q_0 , кг	$W_{\text{кдт}}$, м/с	J_k , (кг * м)/с
2А36	4 6,00	1 8,40	945 ,00	0, 47	1, 63	357 3,00	15,90	56803,10

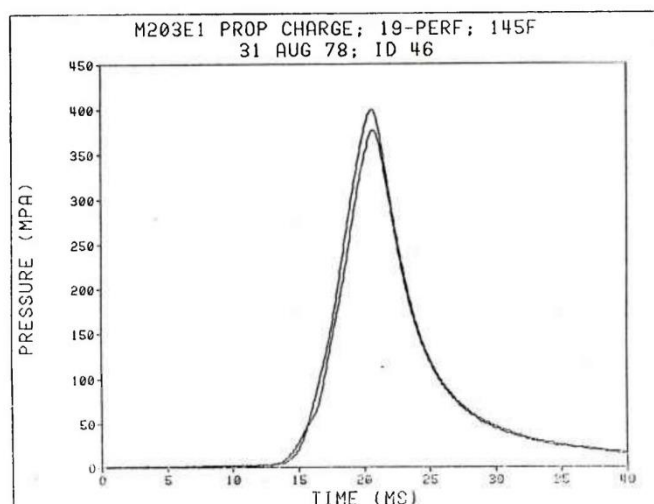


Рисунок 3 – Графики давления ПГ в канале ствола с использованием метательного заряда M203E1 с 19-канальным порохом M30A1

Рассчитав период последствия с помощью значений, полученных по результатам испытаний, определяется приведенная сила давления ПГ, действующая в канале ствола гаубицы M777.

Создание параметрической компоновки

Зная внутрибаллистические решения систем «ствол-снаряд-метательный заряд» по параметрам орудий M777 и 2A36, стоит рассмотреть вопрос разработки трёхмерной параметрической компоновки дуплекса методом нисходящего проектирования.

Нисходящее проектирование представляет собой естественный процесс разработки изделия на основе объемной параметрической компоновки с последующей и параллельной разработкой сборочных единиц с одновременным решением внутрибаллистических задач. При данном методе главный конструктор разрабатывает предварительную электронную структуру в PDM-системе, определяет критичные связи между подборками верхнего уровня и распределяет задачи между конструкторскими подразделениями. В результате формирования электронной структуры определяется план разработки, выдаются технические задания на проектирование структурных групп.

Создание компоновки качающейся части дуплекса начинается в приложении планирования PDM-системы. Для связи требований, заданных в техническом задании, с компонентами сборки разрабатываются специальные таблицы, которые содержат в себе основные параметры технического задания. Кроме того, данный функционал позволяет регулировать расположение опорных элементов (оси, плоскости, точки), являющихся исходными для определения взаимосвязей между подборками изделия. Исходя из этого были сформированы основные таблицы, каждая из которых содержит информацию по проектируемым элементам всего дуплекса (рисунок 4).

Основные геометрические параметры ствола 2A36			
Параметры	Величина	Единица измерения	Примечания
Длина_зарядной_камеры	966.000	мм	
Длина_направляющей_части_КС	6185.000	мм	
Длина_ствола_без_ДТ	7562.000	мм	
Длина_ствола_с_ДТ	8197.000	мм	
Калибр	152.400	мм	
Максимальная_длина_отката	1350.000	мм	
Число_нарезов	40.000	шт	
Шаг_нареза	25.000	мм	

Рисунок 4 – Основные геометрические параметры ствола 2A36

Созданные параметрические таблицы ассоциативно связаны с каркасной моделью. Необходимо отметить, что для различных подборок создаются свои отдельные каркасные модели, которые образуют иерархическую структуру. Кинематическая модель качающейся части строится на основе каркасной модели верхнего уровня.

Внедряя параметры таблиц в каркасные модели каждого уровня, получается «скелет» изделия, который наполняется сборочными единицами, деталями качающейся части. Указываются взаимные расположения основных объектов и определяются параметры движения.

Вариант компоновки со стволом M776 разрабатывается методом конфигурирования, заключающимся в создании «опций» для объектов с последующим разделением их на варианты. Конфигурируемая компоновка представлена на рисунке 5.

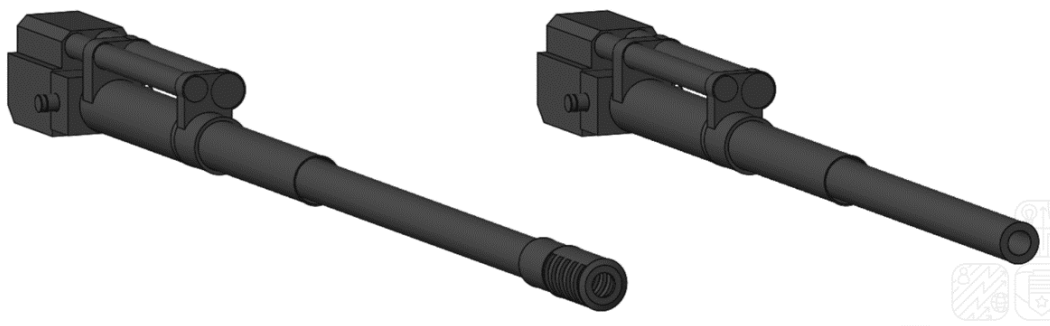


Рисунок 5 – Варианты компоновки дуплекса: 2А36 (слева) и КЧ 2А36 со стволом М776 (справа)

Для создания динамической модели, на основе которой проводится расчет свободного отката, вводится сила, полученная в результате внутрибаллистической проработки, приводящая в движение откатные части. Помимо этой силы, также учитывается сила тяжести качающейся части и трение между обойменными направляющими люльки и стволом орудия путем введения коэффициентов трения движения и покоя для контактирующих поверхностей (сталь-бронза).

Анализ результатов свободного отката

Результаты проведенных расчетов, как правило, определяют геометрическую форму основных компонентов изделия, ключевые конструкторские решения и требуемые материалы деталей. Исходными параметрами для определения оптимальных решений свободного отката служат: скорость ОЧ в конце свободного отката; положение ОЧ в конце свободного отката.

Скорость ОЧ в конце отката определяется по закону сохранения количества движения, который учитывает действие только внутренних сил:

$$w_k = w_d * \frac{\delta * p_d * b}{Q_0} * \left(1 - e^{-\frac{\tau}{b}}\right), (5)$$

где w_d – дульная скорость снаряда, м/с;

p_d – давление на дульном срезе, Па;

b – параметр Бравина, который определяется по формуле:

$$b = \frac{w_d * (\beta - 0,5) * \omega}{p_d}; (6)$$

τ – время периода последствия, с:

$$\tau = b * \ln\left(\frac{p_d}{0,2}\right); (7)$$

δ – импульсная характеристика дульного тормоза:

$$\delta = \frac{\alpha\beta - 0,5}{\beta - 0,5}; (8)$$

α – конструктивная характеристика дульного тормоза;

β – коэффициент действия пороховых газов.

Значения скоростей ОЧ, вычисленные по формуле (5), составляют: $w_{k1} = 17,75 \frac{м}{с}$ для исходного варианта компоновки; $w_{k2} = 16,72 \frac{м}{с}$ для варианта компоновки со стволом М776.

В свою очередь, полученная в результате динамического анализа максимальная скорость откатных частей ($w_{k1}^a = 17,82 \frac{м}{с}$) при свободном откате системы 2А36 представлена на рисунке 6, а. Положение ОЧ в конце свободного отката ограничивается каркасной моделью и техническим заданием – предельной длиной отката, которая составляет 1350 мм. Результат численного моделирования представлен на рисунке 6, б.

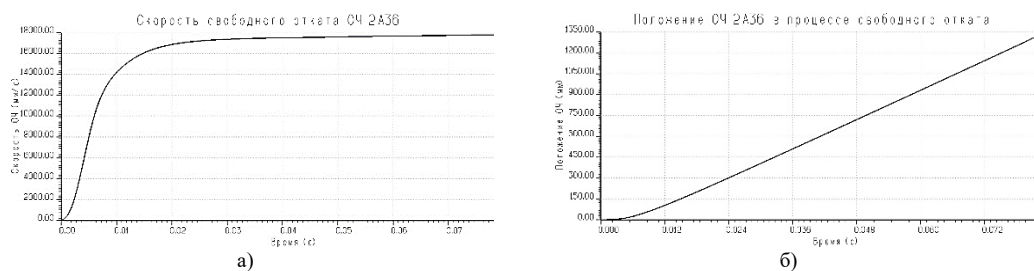


Рисунок 6 – Параметры свободного отката 2А36: а – скорость откатных частей; б – положение откатных частей

Аналогичным образом проводится анализ свободного отката с проработанным баллистическим решением системы «ствол-снаряд-метательный заряд» орудия М777. Результаты представлены на рисунке 7.

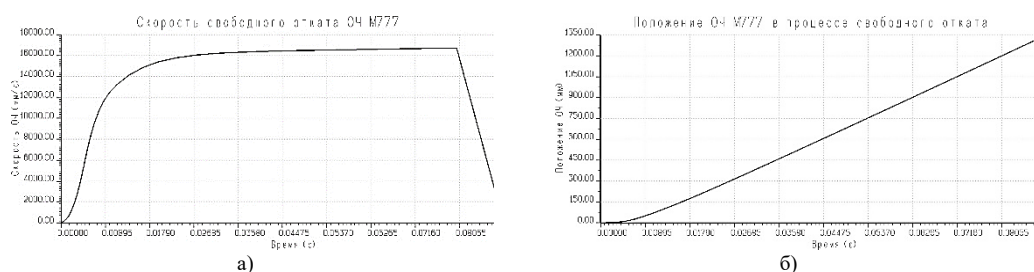


Рисунок 7 – Параметры свободного отката М777: а – скорость откатных частей; б – положение откатных частей

Отмечается, что положение ОЧ в конце свободного отката, как и в случае с 2А36, ограничивается техническим заданием и каркасной моделью и составляет 1350 мм. Скорость ОЧ в конце отката, полученная в результате динамического анализа, для М777 составляет $w_{к2}^a = 16,73 \frac{м}{с}$ и отличается от рассчитанной незначительно.

Проработка торможенного отката

Целью этого раздела является определение по имеющейся предельной величине отката силы сопротивления откату. Исходные данные для решения поставленной задачи – скорость и путь движения ОЧ, полученные при анализе свободного отката. Расчёт силы сопротивления откату при полевой схеме торможения выполняется по следующей системе уравнений:

$$R_i = \begin{cases} A - B * \cos(\omega_R t_i), & 0 < t \leq t_d \\ R_{max}, & t_d < t \leq t_k \\ R_{max} - \frac{g * Q_0 * \cos \varphi_{np}}{\eta * h_{\varphi_{np}}} (x_i - x_k), & t_k < t \leq t_\lambda \end{cases}, (9)$$

А и В – константы, определяемые по формулам:

де

$$A = \frac{R_0 + R_{max}}{2};$$

$$B = \frac{R_{max} - R_0}{2};$$

R_0 – начальное значение силы сопротивления откату;
 $= \Pi_0 + R_f - g Q_0 \sin \varphi -$

$R_{max} = \frac{Q_0 w_k^2}{2(\lambda + w_k t_k - \xi_k)}$ – наибольшее значение силы сопротивления откату по формуле Валье;

ξ_k – путь движения ОЧ при свободном откате в конце периода последействия

$\Pi_0 = n * g * Q_0 (\sin \varphi + f_n \cos \varphi + v)$ – начальное усилие накатника;

n – запас по начальному усилию накатника, $n = 1,1..1,2$;
 f_l – коэффициент трения, $f_l = 0,1..0,15$;
 ν – коэффициент Толочкова;
 $= \frac{2}{d} + 0,05$ – коэффициент Толочкова;
 d – калибр, см;
 $R_f = g * M_0(f_l \cos \varphi + \nu)$ – суммарное статическое сопротивление;
 ω_R – показатель интенсивности нарастания силы сопротивления откату;
 $= \frac{\pi}{t_d}$ – показатель интенсивности нарастания силы сопротивления откату;
 $\varphi_{пр}$ – предельный по условиям статической устойчивости лафета угол возвышения ствола: $\varphi_{пр} = 0$ – для буксируемых пушек; $\varphi_{пр} = 0,15..0,25$ – для гаубиц;
 $h_{\varphi_{пр}}$ – плечо силы сопротивления откату относительно хоботовой опоры на угле $\varphi_{пр}$;
 $= h_0 \cos \varphi_{пр} - L_{ц} \sin \varphi_{пр}$ – опоры на угле $\varphi_{пр}$;
 h_0 – высота линии огня, м;
 $L_{ц}$ – расстояние от оси цапф до хоботовой опоры;
 η – коэффициент запаса статической устойчивости лафета, $\eta = 1,2..1,5$.

Полученная зависимость силы сопротивления откату от времени представлена на рисунке 8.

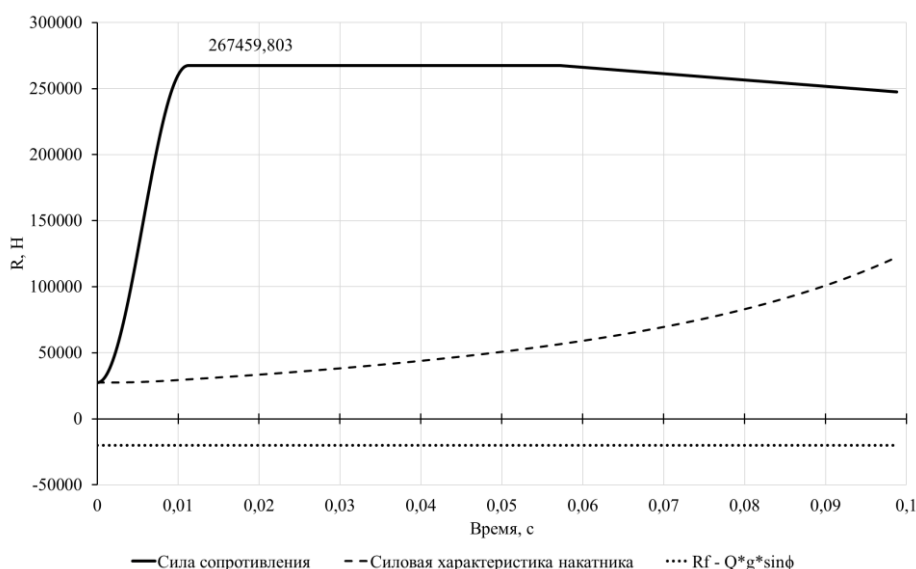


Рисунок 8 – График зависимости силы сопротивления откату от времени

На графике, представленном на рисунке 8, видно, что пиковое значение силы сопротивления откату составляет 267459,803 Н. Полученный результат необходимо сравнить с допустимым значением силы сопротивления, которое вычисляется в соответствии с габаритно-массовыми характеристиками орудия по формуле:

$$[R] = \frac{g M_{\delta} D_0 - g M_0 \cos \varphi_{пр} x_k}{2 h_{\varphi_{пр}}}, (10)$$

где M_{δ} – отношение дульной энергии к коэффициенту использования металла;

D_0 – координата центра масс орудия, определяющаяся из сведений о допустимых нагрузках на хоботовую опору лафета.

Таким образом, допустимая сила сопротивления отката в рамках рассматриваемой схемы торможения составляет 388306,847 Н, что соответствует условию статической устойчивости лафета при выстреле: $R_{max} \leq [R]$.

Промежуточные результаты проработки вариантов компоновки дуплекса

Предложенные авторами варианты компоновки буксируемого дуплекса калибрами 152/155 мм позволяют, в той или иной степени, рассмотреть вопрос об использовании унифицированных 155 мм снарядов, оставленных потенциальным противником в ходе боевых действий. Прорабатываемые варианты компоновки дуплекса в перспективе являются вызовом в вопросах перехода на новый калибр орудий.

Данная работа, по существу, открывает цикл исследований по проектированию дуплекса калибрами 152/155 мм. Уточнение результатов баллистических решений, проработка конструкции стволов дуплексируемой системы, оценка действия уравнивающего механизма, расчет устойчивости при выстреле также являются объектами последующих исследований в данной тематике работ.

Научный руководитель – д.т.н., доцент, зав. кафедрой А.С. Афанасьев

Библиографический список

1. Алёшин, Н.А., Коновалов, С.С. 152-мм пушка 2А36. Основы устройства и подготовки к боевому применению : учеб. Пособие / СПб : Изд-во Мих. арт. академии, 1992. – 48 с.
2. Серебряков, М.Е. Внутренняя баллистика ствольных систем и пороховых ракет / М.Е. Серебряков. – 3-е изд., доп. и перераб. – Москва: ОБОРОНГИЗ, 1962. – 703 с.
3. Ballistic evaluation of 19-perforati on propellant in the 155-MM propelling charge, M203E1 / Horst A.W., Kelso J.R., Rocchio J.J., Minor T.C. – Aberdeen : US Army armament research and development command ballistic research laboratory, 1979. – 72 p.
4. Чуев, Ю. В. Проектирование ствольных комплексов. – М.: Машиностроение, 1976. – 216 с.
5. Афанасьев, А.С. Системное проектирование конструкций и технологий изготовления изделий ответственного назначения: книга/ А.С. Афанасьев, К.М. Иванов, И.Г. Воронцова - Санкт-Петербург: БГТУ «Военмех», 2011, - 420с.
6. Девяткин, В.А. Последствие газов на ствол. Расчет и моделирование дульных тормозов : учеб. пособие / В.А. Девяткин, Е.О. Прокудин. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2021. – 88 с.

УДК 623.094

РАЗРАБОТКА РОБОТИЗИРОВАННОГО ГРАНАТОМЕТНОГО КОМПЛЕКСА

А.В. Новосельцев, Я.З. Голубова, В.С. Цепелев

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Аннотация

В работе представлен краткий обзор существующих отечественных наземных боевых роботов, представлен проект роботизированного гранатометного комплекса на гусеничной платформе, использующего в качестве основного вооружения автоматический гранатомет АГС-17 «Пламя». Описана конструкция комплекса, включающая элементы управления, механизмы наведения и модификации гранатомета для интеграции в дистанционный боевой модуль. Рассмотрены принципы функционирования системы наведения и стабилизации, а также перспективы применения подобных комплексов в боевых условиях.

Ключевые слова: боевые роботизированные системы, АГС-17 «Пламя»

Введение. Направление наземных боевых роботов в России существенно начало развиваться с начала прошлого десятилетия и по сегодняшний день набирает свою актуальность несмотря на некоторые трудности разработки и эффективности применения беспилотных наземных комплексов. Современные исследования в этой области направлены на создание автономных платформ, интеграцию интеллектуальных систем управления и адаптацию вооружения для дистанционного применения. Большое внимание уделяется гибкости применения технологий, которые позволяют модернизировать существующие образцы вооружения для их адаптации к новым требованиям.

Существующие наземные роботы используются в первую очередь для разминирования, а также ведения тактической разведки, в том числе внутри зданий. Вместе с тем ведутся работы по созданию боевых наземных роботов различных типов, включая дистанционно управляемые бронемашин.

В мировой практике принята весовая градация боевых роботов, которая делит их по боевой массе на три группы:

- легкие – с боевой массой до 3,32 тонн;
- средние – от 3,32 до 13 тонн;
- тяжелые – свыше 13 тонн.

По данным из открытых источников современный рынок отечественных боевых и инженерных робототехнических средств всех трех весовых групп представлен следующими основными боевыми роботами:

- МРК-27-БТ,
- Нерехта,
- Соратник,
- Уран-9,
- Вихрь,
- Шатун,
- Волк-2,
- Платформа-М.

Данные комплексы вооружены автоматическими пушками, крупнокалиберными пулеметами, противотанковыми управляемыми ракетами и огнеметами. Средние и тяжелые комплексы вооружаются несколькими типами вооружения, что существенно расширяет их спектр боевых задач. Легкие роботизированные комплексы имеют слабое бронирование и (МРК-27-БТ, Нерехта, Платформа-М), как правило, не предназначены для ведения огня с закрытых позиций, что значительно снижает их защищенность.

Дистанционно-управляемые автоматические гранатометы. Автоматические гранатометы предназначены для поражения живой силы и огневых средств противника как вне укрытий и в открытых окопах, так и за естественными укрытиями, например, в лощинах, оврагах и на обратных скатах высот. Отечественные станковые автоматические гранатометы (АГС-30, АГС-40 и АГС-17) имеют небольшую массу, просты в эксплуатации и широко распространены, благодаря чему являются перспективным вариантом для использования в качестве вооружения робототехнических комплексов.

30-мм автоматический гранатомет АГС-17 «Пламя» можно назвать «универсальным», так как известны варианты его использования с различным опорным базированием.

Примером является авиационный (вертолетный) вариант гранатомета АП-30 «Пламя-А», который отличается от пехотного варианта наличием электроспуска и крупного алюминиевого надульного устройства. Это дополнение обеспечивает более эффективное охлаждение ствола в условиях интенсивной стрельбы.



Рис. 1 – АП-30 «Пламя-А» (слева) и АГС-17, установленный на БМП (справа)

АГС-17 с подобным надульным устройством монтируется на башенках бронекатеров, но в этом случае используется традиционное механическое спусковое устройство. Также, АГС-17 применяется в дистанционно управляемых установках, используемых для обороны боевых позиций.

В последнее время появились новые отечественные образцы бронетехники, в которых АГС-17 устанавливается на башенных установках, что свидетельствует о растущем интересе к этому оружию в современных вооруженных силах. Одна из первых успешных белорусских разработок в данной области – современная роботизированная боевая система «АДУНОК», которая может устанавливаться на стационарных, подвижных сухопутных и морских объектах. В зависимости от выполняемой задачи на комплекс может устанавливаться несколько видов вооружений, один из которых – автоматический гранатомет АГ-17А.



Рис. 2 – Боевой модуль «АДУНОК»

В данной статье рассматривается вариант легкого боевого робота, который вооружен автоматическим гранатометом АП-30 «Пламя-А». Гранатомет целесообразно интегрировать в дистанционно-управляемый модуль для удобства его использования на универсальных гусеничных платформах.

Предлагаемая конструкция роботизированного комплекса. На платформе закрепляется основание с наружной частью шарового погона с зубчатым сектором, которое служит основанием для поворотной части платформы.

Поворотная платформа представляет собой сварную конструкцию с кронштейнами для механизмов и объединяет следующие элементы боевого модуля:

- АП-30 «Пламя-А» с магазином;
- приводы вертикального и горизонтального наведения;
- прицельное приспособление;
- защита от осколков и грязи;
- опорно-поворотное устройство.

Приводы наведения. Гранатомет должен обеспечивать стрельбу при углах возвышения от 0° до 65° относительно горизонта платформы и углах поворота $\pm 45^\circ$ относительно курса платформы.

Электроприводы вертикального и горизонтального наведения обеспечивают:

- остановку в любом промежуточном положении при достижении заданного баллистическим вычислителем угла поворота (возвышения);
- автоматическое отключение электродвигателя путевыми выключателями при достижении качающейся (вращающейся) частью крайних положений;
- работу электропривода в режиме независимого ручного и электрического управления.

Прицеливание роботизированного комплекса. Для наблюдения за местностью и поиска целей, а также для наведения, предлагается использовать традиционный для современных боевых модулей блок оптико-электронного оборудования, который использует в едином защищенном корпусе видеоканнеру, тепловизор и лазерный дальномер.

Прицеливание гранатомета может осуществляться в режиме прямой и не прямой наводки. В режиме прямой наводки оператор наводит прицельную марку на цель, по которой требуется открыть огонь, параллельно установленный с камерой лазерный дальномер определяет дальность до цели. Данные дальномера, углы поворота камеры относительно так называемой «нулевой линии» (линии, вдоль которой камера и канал ствола смотрят параллельно до начала наведения) и углы крена платформы, также учитываемые при наводке, обрабатываются баллистическим вычислителем, который формирует полные углы наведения.



Отличие режима не прямой наводки заключается в том, что оператор осуществляет наведение прицельной марки на объект, за которым предположительно находится цель (объект, на который наводится оператор, должен находится на условной линии, соединяющую цель и гранатометный комплекс), после чего дальность вводится в прицел вручную.

Условие устойчивости комплекса. Одним из важнейших критериев, определяющих конструктивные параметры гусеничной платформы боевого роботизированного комплекса, является устойчивость подвижной базы. В данном случае под устойчивостью понимается способность транспортной базы преодолевать криволинейные участки дорог, располагаться и двигаться на косогорах, пересеченной местности, а также вести стрельбу с допустимыми режимами огня и углами наводки, без опрокидывания.

Условие устойчивости заключается в том, что суммарный момент опрокидывающих сил, должен быть меньше стабилизирующего момента сил, стремящихся прижать ходовую часть установки к грунту, относительно некоторого полюса вращения.

$$\sum F_{xi} \cdot h_i < \sum F_{yi} \cdot l_i$$

Для гусеничной опорной базы полюс представляет центр упругости, вокруг которого происходят угловые колебания поддрессоренной ходовой части. Положение его по отношению к центру тяжести поддрессоренного корпуса зависит от приведенной вертикальной жёсткости подвесок (K_i) и горизонтальных расстояний от центра упругости до центров опорных катков машины (l_i).

Если корпус установки повернется на угол θ , то в каждой i -ой рессоре возникнет дополнительная деформация $l_i \theta$ и сила упругости $K_i l_i \theta$. Сумма этих сил создает восстанавливающий момент упругости подвесок:

$$M_y = 2\theta \sum_1^n K_i l_i^2$$

где n – число опорных катков.

Условия устойчивости установки для условий производства выстрела при заторможенных ведущих колесах и надежном сцеплении гусениц с грунтом можно свести к учету моментов следующих сил:

- сила возвратных пружин;
- сила тормоза отката;
- сила трения;
- сила сопротивления качения установки, приложенная к осям опорных катков.

Схема моментов роботизированного комплекса для расчета устойчивости при выстреле приведена на рисунке 4.

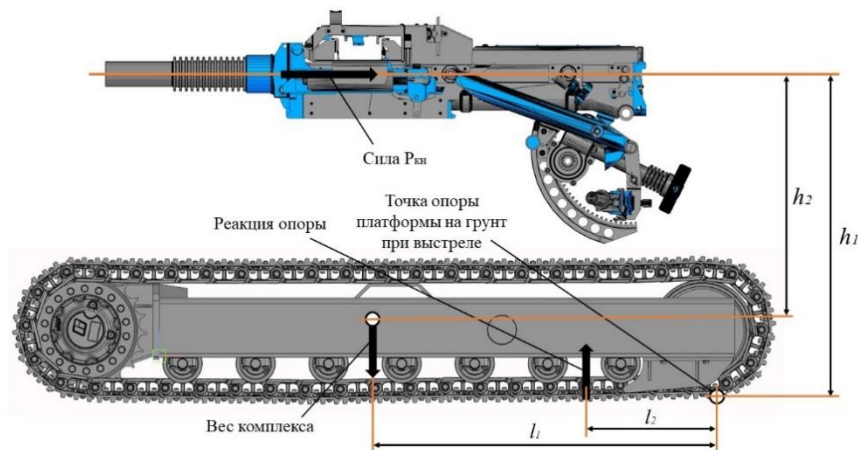


Рис. 4 – Расчетная схема условия устойчивости (станок с механизмами и корпус платформы не показаны)

При назначении силы реакции опоры в последней точке контакта шасси с грунтом, то $l_2 = 0$. Для того, чтобы соблюдался момент устойчивости, необходимо, чтобы выполнялось неравенство:

$$(F_{пр} + F_{тр} + F_{то}) \cdot h_1 < Q_6 \cdot l_1$$

где Q_6 – вес роботизированного комплекса; $F_{пр}$ – усилие двух возвратных пружин; $F_{тр}$ – сила трения в направляющих; $F_{то}$ – сила тормоза отката.

При появлении угла продольного крена комплекса α (при отклонении платформы назад) условие устойчивости принимает вид:

$$(F_{пр} + F_{тр} + F_{то}) h_1 + Q_6 h_2 \sin(\alpha) < Q_6 l_1 \cos(\alpha)$$

Указанные условия формируют требования к гусеничной платформе по массе, компоновке и габаритам. Варьируя параметры проектируемой платформы можно добиться значительного снижения массы по сравнению с аналогичными роботизированными комплексами, использующими артиллерийское вооружение калибра 30 мм. На рисунке 5 представлена предложенная компоновка платформы с размещением в носовой части наиболее массивных компонентов – источников питания, что позволит увеличить плечо центра масс относительно точки поворота при стрельбе.

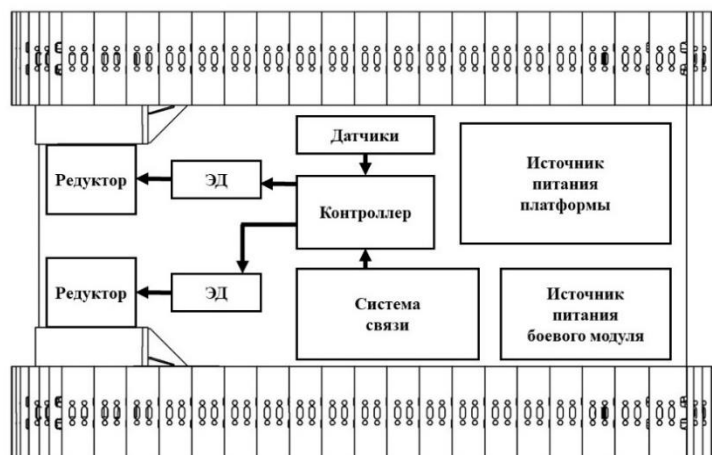


Рис. 5 – Компоновка платформы

Вывод. В процессе проектирования роботизированного комплекса удалось сформировать проект малогабаритного комплекса, способного выполнять функции гранатометчика в условиях, когда это сопряжено с потерями личного состава. Главными преимуществами применения указанного боевого робота в вооруженных конфликтах являются: снижение рисков для человека, легкость в транспортировке и экономичность.

Библиографический список

1. Руководство по 30-мм гранатомету на станке (АГС-17) – Москва, 1982,
2. <https://topwar.ru/103077-distancionno-upravlyaemyy-boevoy-modul-adunok-2v-belarus>
3. <https://38niii.ru/obzory/221-voennye-roboty-rossii.html#boevoy-robot-nerekhta>
4. Наземный робототехнический комплекс: пат. № RU2678553C1 Рос. Федерация / Коровин В.А. ; заявл. 01.08.2017 ; опубл. 29.01.2019., Бюл. №4, 24 с.
5. Самусенко М.Ф. Основы проектирования артиллерийского вооружения танков и самоходно-артиллерийских установок / М.Ф. Самусенко, М.И. Емелин — М.: Воен. арт.-инж. акад. им. Ф.Э. Дзержинского, 1958. — 683 с.

УДК 621.914.1

РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО СТЕНДА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ СТАНКА С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

И.М. Сочнев, О.А. Иванов, К.И. Кононов

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Аннотация: Разработка учебно-методического стенда для моделирования работы станка с числовым программным управлением направлена на подготовку кадров к работе и изучение появления различных физических характеристик при обработке заготовки, а также исследование качества получаемой поверхности.

Ключевые слова: Вибрации, жесткость, механические свойства, собственные колебания, учебный стенд.

В современном машиностроении технологии развиваются быстрыми темпами, и при изготовлении деталей используют высокотехнологичное оборудование, такое как: многокоординатные фрезерные и токарные станки с числовым программным управлением. Каждый последующий этап совершенствования металлорежущего оборудования направлен на оптимизацию процессов обработки металла, сокращение рабочего времени и снижение себестоимости продукции, а также на достижение точности заданных размеров, допусков форм и расположения и на получение высококачественной поверхности. Однако обучение работе на таких станках требует специальных знаний и навыков, которые не всегда доступны начинающим специалистам. Основной фокус учебных стендов направлен на повышение квалификации студентов и изучения параметров лезвийной обработки материалов. Главные требования к современному тренажеру с числовым программным управлением включают простоту в использовании, реалистичность при работе, визуализацию операций и экономию ресурсов.[1]

В БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова на кафедре Е2 ведутся разработки учебно-методического токарного станка с ЧПУ (рис.1), предназначенного для обучения студентов и проведения научно-исследовательских работ.

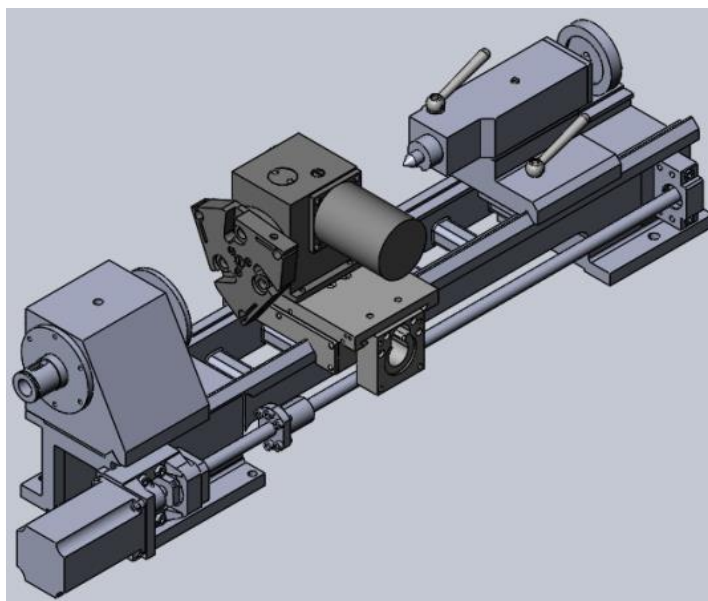


Рисунок 1. – Разработка токарного станка с ЧПУ

Учебно-методические стенды позволяют обучающимся получить практические навыки работы на станках без риска повреждения оборудования или нанесения вреда здоровью. Стенды имитируют основные функции станков с ЧПУ, такие как перемещение инструмента, обработка материала и контроль процесса резания. Исходя, из этого были рассмотрены следующие возможные варианты. (рис. 2)

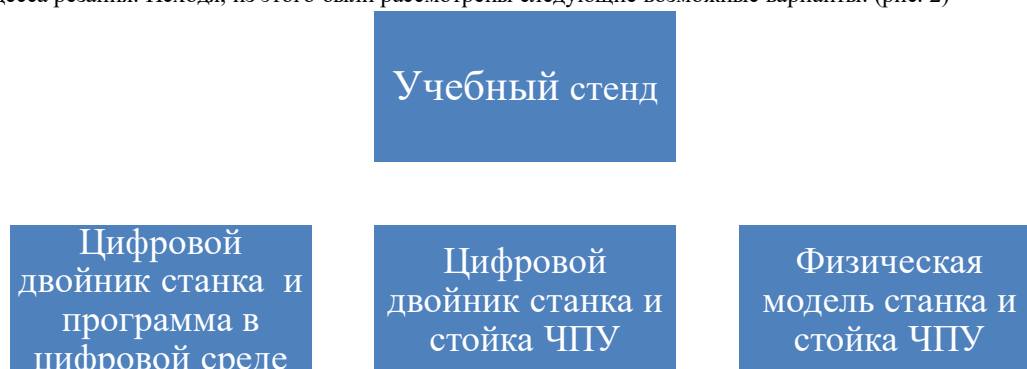


Рисунок 2. – Варианты учебного стенда

Первый вариант, цифровой двойник станка и управляющая программа, которые связаны между собой и при изменении параметров в программе станок в сборке производит заданное перемещение.

Второй вариант цифровой двойник в математической среде, а программа задается от стойки ЧПУ. В таком сочетании 3D модель совмещена с управляющей программой, которая пишется от стойки.

Третьей вариант это сочетание стойки и физической модель станка. По сути, токарный станок с ЧПУ, но несколько отличающийся габаритами, возможностями и стоимостью. В общем виде структуру комплекса «Станок с ЧПУ» можно представить состоящей из трех компонент, каждая из которых выполняет свою задачу: управляющая программа (УП), устройство ЧПУ и собственно станок.

Помимо обучения работы за станком с ЧПУ данный стенд позволит проводить и исследования. В процессе обработки возникают физико-механические процессы, которые необходимо изучать для понимания того, как каждый из процессов влияет на качество и точность получаемой поверхности. Для этого необходимо проводить имитационное моделирование механической обработки детали. Рассмотрим несколько процессов возникающих при обработке заготовок резанием относящихся непосредственной к технологической системе станок – приспособление – инструмент – заготовка.

Одним из основных факторов, влияющих на заданные параметры детали, являются вибрации. Вибрациями называются интенсивные периодические колебания, возникающие при обработке металлов резанием. При вибрациях происходят значительные перемещения по нормали к обрабатываемой поверхности. В результате формируется существенная погрешность геометрической формы и волнистость обработанной поверхности, и шероховатость резко увеличивается. Вибрации значительно снижают стойкость инструмента, а также вызывают усиленный износ станка.

Вибрации при обработке металлов резанием несут в себе элементы разновидностей колебаний. (рис.3)

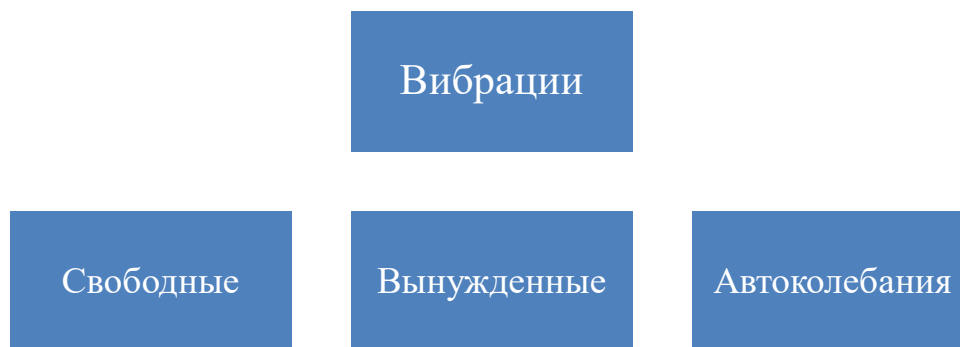


Рисунок 3. – Виды вибраций

Свободные (собственные) колебания – колебания деталей и узлов станка происходящие при отсутствии переменного воздействия и без поступления энергии извне. Эти колебания происходят за счет первоначально накопленной энергии за счет начальных перемещений и скоростей. Таким образом, свободные колебания могут происходить только в автономных системах. Свободные колебания в реальных диссипативных колебательных станках являются затухающими. В силу ограниченности и своего характера, они как правило, не оказывают существенного влияния на показатели динамического качества.

Вынужденные колебания, характерные для неавтономных динамических систем, вызываются переменным внешним воздействием. Вынужденные колебания относятся к основным видам колебаний, оказывающим, существенное влияние на показатели динамического качества технологической системы механической обработки. [2]

Следует отметить, что хотя до настоящего времени нет единого мнения по вопросу, возникновения и развития автоколебаний при резании, большинство научных школ и ученых склонны считать причинами возмущения автоколебаний элементов технологической системы не одно, а несколько физических явлений, которые могут действовать одновременно или отдельные из этих явлений могут доминировать. Это зависит от конкретных условий и состояния упругой системы станок – приспособление – инструмент – заготовка, прежде всего жесткости и демпфирующей способности элементов системы, прочности и пластичности обработки, режимов резания и т.д. [3]

Технологическая система механической обработки характеризуется многообразием динамических процессов, возникающих при ее функционировании, существенным образом влияющих на качество обрабатываемых изделий. Именно этим объясняется повышенное внимание, уделяемое исследованию динамических процессов в технологической системе и, прежде всего в основообразующей подсистем – металлорежущих станков.

Рассмотрим один из важнейших критериев технологической системы механической обработки, роль которого возрастает с повышением требований к точности, является жесткость. Обеспечение требуемых нормативных характеристик жесткости достигается используемыми приемами проектирования несущих систем станка, образуемых конструктивно-компоновочным объединением элементов, через которые замыкаются силы, возникающие в процессе резания между заготовкой и инструментом. Жесткость несущих систем характеризуется собственной жесткостью корпусных деталей, контактной жесткостью, определяемой деформациями в местах сопряжения деталей, деформациями деталей и узлов для поддержания и относительного перемещения заготовки и инструмента. [4]

Для повышения жесткости станков можно прибегнуть к различным методам.

Совершенствование конструкции станка включает оптимизацию расположения компонентов, использование качественных материалов и улучшение соединений между ними. Дополнительные специальные устройства, такие как направляющие скольжения, большие диаметры подшипников и специальные подшипники, также способствуют повышению жесткости системы.

Технологии проектирования, расчетов и материалы играют важную роль в обеспечении жесткости станка. Использование современных методов анализа и моделирования, таких как (метод конечных элементов), позволяет оптимизировать конструкцию станка и учесть возможные нагрузки и деформации. Высококачественные материалы, такие как полимербетон и высокопрочный чугун, также обеспечивают необходимую жесткость и стабильность системы.

Качество сборки станка также влияет на его жёсткость. Точное соблюдение технологических процессов, контроль качества комплектующих и соединений, а также использование профессионального оборудования и инструментов для сборки гарантируют надёжность и стабильность работы станка.

Для достижения жёсткости необходимо рассматривать динамическую систему, которая представлена на рисунке 4.

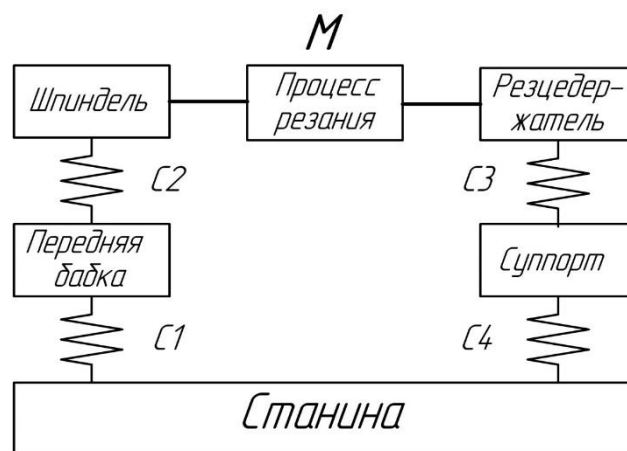


Рисунок 4. – Динамическая система

На упрощенной схеме динамической системы отображено обрабатываемое твердое тело с массой M . Упругие элементы с коэффициентом жесткости $C1$, $C4$ отображает жесткость стыков, связывающих переднюю бабку, суппорт со станиной; Элемент с коэффициентом жесткости $C2$ передней бабки со шпинделем и упругий элемент с коэффициентом жесткости $C3$ суппорт с резцедержателем.

Таким образом, разработка учебно-методического стенда с ЧПУ является актуальным и перспективным направлением в сфере образования и научных исследований. Такой стенд позволит студентам получить практические навыки работы со станками с ЧПУ и проводить научные исследования. Мы видим большие перспективы для дальнейших изучений как в улучшении принятых в отрасли подходов, так и в области принципиально новых технологических решений, реализация которых возможна как благодаря конкретно заданной области научно исследовательских разработок, так и появлению инновационных средств производства, перспективы использования и применение которых еще предстоит изучить.

Библиографический список

1. Имитационное моделирование процесса механической обработки деталей на оборудовании с ЧПУ в локальной среде и в единой информационной среде. А.М. Ермолаев, М.В. Тарасов, И.Н. Копейкин.
2. Вейц, В.В. Максаров Динамика технологических систем механической обработки резанием: Монография в 5-ти частях. Ч.2: Динамические модели технологических систем и приводов станков. – СПб.: СЗУТ – СпБИМаш, 2001г. – 164 с.
3. Вибрации при обработке лезвийным инструментом. Жарков И.Г. Издательство «Машиностроение» 1986г. 175стр.
4. Вейц, В.В. Максаров Динамика технологических систем механической обработки резанием: Монография в 5-ти частях. Ч.1: Схематизация процессов в технологических системах механической обработки. – СПб.: СЗУТ – СпБИМаш, 2001г. – 184 с.

УДК 007.52.

РАСЧЁТ БАРАБАННОЙ СИСТЕМЫ СБРОСА ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ С СИСТЕМОЙ БАЛАНСИРОВКИ

А.С. Санаров

Балтийский Государственный Технический университет “ВОЕНМЕХ” им. Д.Ф. Устинова

Введение: Современные беспилотные летательные аппараты (БПЛА) активно применяются для доставки и сброса полезных грузов в сложных условиях, однако смещение центра масс груза в процессе его выброса негативно влияет на устойчивость и управляемость системы. Для решения этой проблемы зачастую используется баланси́р, на текущий момент большое количество БПЛА используются для сброса различной целевой нагрузки, точность ее метания зачастую падает за счет низкой динамической и статической устойчивости мультироторных БПЛА. В статье рассматривается барабан с целевой нагрузкой и метод повышения устойчивости конструкции с барабанными установками.

Цели работы: Составление графика движения центра масс установки, выбор стратегии балансировки, создание эскизной 3д модели устройства.

Для начала рассмотрим исходную задачу: имеется барабан на 6 тел расположенных друг от друга под углом в 60 градусов, барабан движется с определенной скоростью ω' , когда одно из тел становится коллинеарным оси ординат происходит его отделение под силой гравитацией. Основной задачей является оптимизация движения барабана вместе с балансиром, что движется со скоростью ω_1' и тем самым уменьшает смещение центра масс конструкции, которая далее будет рассматриваться в качестве системы материальных точек.

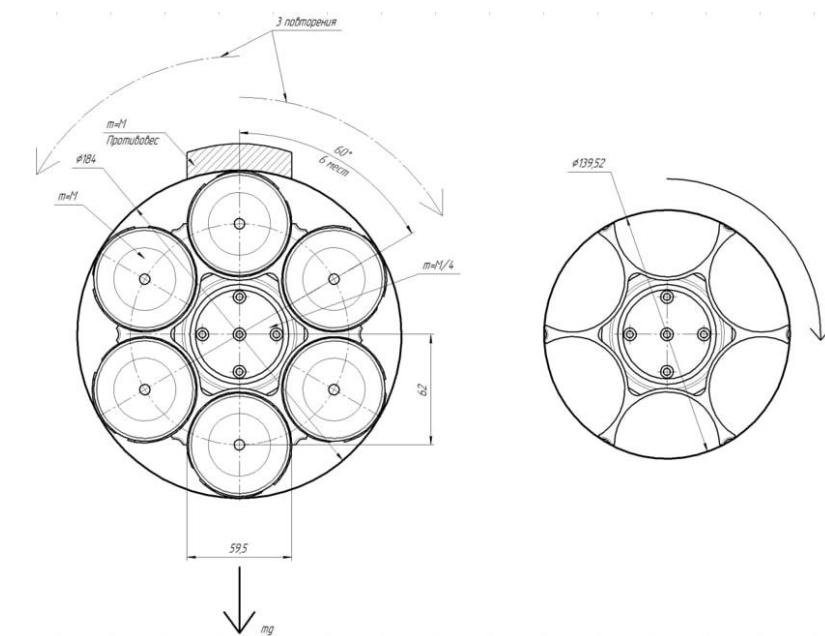


Рис. 1 - условная схема механизма.

Формула центра масс системы материальных точек в общем случае выглядит как (1.1), из условия, что барабан подвешен снизу БПЛА (далее – носитель), мы можем принять условие, что нас интересует только смещение центра масс относительно оси абсцисс по причине малого влияния координаты ординат на уравновешенность системы, а именно по причине расположения силовой установки наверху конструкции и системы управления носителем, меняющей свой курс и курсовую скорость в зависимости от крена и тангажа из-за вертикального направления вектора силы тяги.

Также координата центра масс каждого тела перемещается по окружности с угловой скоростью, из чего следует система уравнений, описывающая положение центра масс^[1] каждой материальной точки тела (1.2).

$$\bar{r} = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^n m_k r \quad (1.1)$$

$$\begin{cases} x_0 = L \cos(\omega + \alpha) \\ y_0 = L \sin(\omega + \alpha) \end{cases} \quad (1.2)$$

Как было замечено ранее, общее уравнение центра масс системы материальных точек в нашем условии, с учетом допущений, а также, что масса барабана будет принята за 0,25 от массы тела и масса балансира равна телу, как и расстояние до него будет следовать формула координаты x_0 (1.3) для системы с балансиром и системы без (1.4), в момент до сброса тел.

$$x_0 = \frac{Lm(\cos(\omega + \alpha_1) + \cos(\omega + \alpha_2) + \dots + \cos(\omega + \alpha_6)) + Lm \cos(\omega_1)}{7m + 0,25m} \quad (1.3)$$

$$x_0 = \frac{Lm(\cos(\omega + \alpha_1) + \cos(\omega + \alpha_2) + \dots + \cos(\omega + \alpha_6))}{6m + 0,25m} \quad (1.4)$$

Исходя из задачи, необходимо, чтобы балансир уравновешивал систему 6 тел, следовательно его необходимо выразить для получения уравнения, позволяющего при подстановке верного аргумента найти значение угла ω_1 (1.5), также стоит учесть, что нас будет устраивать решение, где левая часть равна 0, хотя это будет и не всегда возможно (рис. 2).

$$\omega_1 = \arccos\left(\frac{7,25x_0}{L} - \sum_{i=1}^6 \cos(\omega + \alpha_i)\right) \text{ при } x_0 = 0 \rightarrow \omega_1 = \arccos\left(-\sum_{i=1}^6 \cos(\omega + \alpha_i)\right) \quad (1.5)$$

Для завершения первого этапа решения задачи из вышеописанных выражений можно получить систему кусочно-разрывной функции (1.6), зависящей от времени t (таблица 1).

Тело	t, с	ω' , град/с	ω
1	0	0	0
2	1	<0	60

6	3	<0	-60
5	4	>0	-120
3	8	>0	120
4	9	0	180

Таблица 1 – время сброса каждого тела, время, скорость ω' , градус барабана ω

$$\left\{ \begin{array}{l}
 x_0(t) = \frac{Lm(\sum_{i=6}^6 \cos(\omega(t) + \alpha_i)) + Lm \cos(\omega_1(t))}{7m + 0,25m} \text{ при } t < 0 \\
 x_0(t) = \frac{Lm(\cos(\omega(t) + \alpha_2) + \cos(\omega(t) + \alpha_3) + \cos(\omega(t) + \alpha_4) + \cos(\omega(t) + \alpha_5) + \cos(\omega(t) + \alpha_6)) + Lm \cos(\omega_1(t))}{6m + 0,25m} \text{ при } t \in [0; 1) \\
 x_0(t) = \frac{Lm(\cos(\omega(t) + \alpha_3) + \cos(\omega(t) + \alpha_4) + \cos(\omega(t) + \alpha_5) + \cos(\omega(t) + \alpha_6)) + Lm \cos(\omega_1(t))}{5m + 0,25m} \text{ при } t \in [1; 3) \\
 x_0(t) = \frac{Lm(\cos(\omega(t) + \alpha_3) + \cos(\omega(t) + \alpha_4) + \cos(\omega(t) + \alpha_5)) + Lm \cos(\omega_1(t))}{4m + 0,25m} \text{ при } t \in [3; 4) \\
 x_0(t) = \frac{Lm(\cos(\omega(t) + \alpha_3) + \cos(\omega(t) + \alpha_4)) + Lm \cos(\omega_1(t))}{3m + 0,25m} \text{ при } t \in [4; 8) \\
 x_0(t) = \frac{Lm(\cos(\omega(t) + \alpha_4)) + Lm \cos(\omega_1(t))}{2m + 0,25m} \text{ при } t \in [8; 9] \\
 x_0(t) = \frac{Lm \cos(\omega_1(t))}{m + 0,25m} \text{ при } t > 9
 \end{array} \right. \quad (1.6)$$

После получения (1.6) можно построить движение график движения центра масс, с учетом и без балансира, для сравнения будет иметься график полученный программный методом непрерывно при помощи помощи Excel, оба подхода имеют свои преимущества и недостатки.

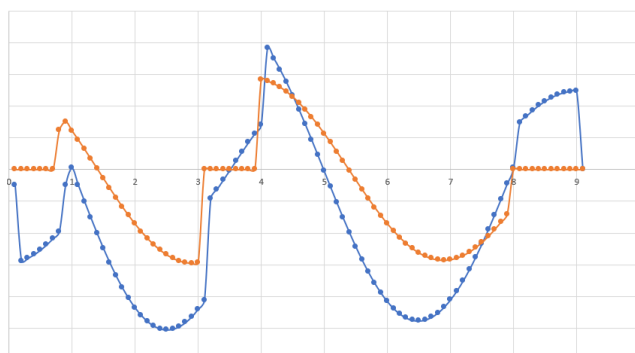


Рис. 2 – график движения центра масс по оси X, относительно времени, рассчитанный в excel ручным методом с учетом всех физических ограничений.

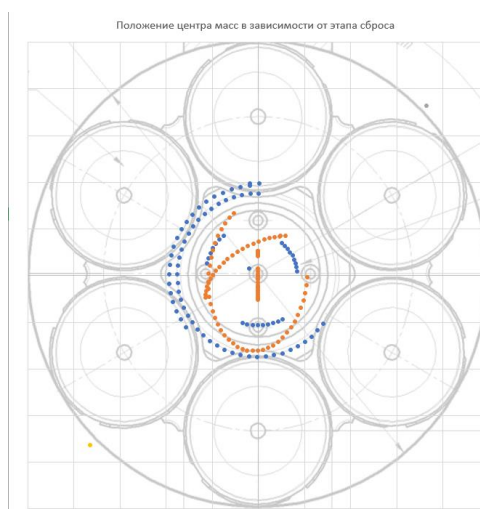


Рис. 3 – движение точки центра масс в различные промежутки времени с координатами x_0 и y_0 .

При рассмотрении рис. 2 видны пики с резким изменением положения центра масс системы, а отчетливо эффективность балансира. Основной особенностью является, то что Excel рассчитывался в ручном порядке с учетом вышеописанных выражений, а также нескольких выдвинутых предположений:

- Полное уравнивание системы возможно только в состоянии, когда количество сбрасываемых тел является нечетным, в таком случае балансир выступает в качестве дополнительного тела, уравнивающего систему.

Для доказательства данного предположения можно обратиться к системе (1.5), а также ранее выведенной системе (1.6), для проверки нам потребуется исключительно выражение внутри скобки, так как величина \arccos должна $\in [-1; 1]$, а также, что более важно, должна быть непрерывна.

$$\omega_1 = \arccos(-(\cos(\omega(7,8)+\alpha_3)+\cos(\omega(7,8)+\alpha_4)))=58^\circ \quad \#(2.1)$$

$$\omega_1 = \arccos(-(\cos(\omega(7,9)+\alpha_3)+\cos(\omega(7,9)+\alpha_4))) = \arccos(-(\cos(226^\circ)+\cos(289^\circ)))=68^\circ \quad \#(2.2)$$

$$\omega_1 = \arccos(-(\cos(\omega(t)+\alpha_3)+\cos(\omega(t)+\alpha_4))) = \arccos(-(\cos(232^\circ)+\cos(295^\circ)))=79^\circ \quad \#(2.3)$$

$$\omega'_2 = 79^\circ - 68^\circ > \omega'_1; \quad \omega'_3 = 58^\circ - 68^\circ > \omega'_1; \quad \omega'_1 = 60^\circ * 0,1c = 6^\circ \quad \#(2.4)$$

Вместе с тем конечный период перед сбросом основного тела требует от балансира занятия следующей позиции из следующего предположения, а также, по причине фиксированной скорости ω_1 и только по окружности становится невозможным преодоление указанного расстояния и балансир начнет отставать (2.1-2.4), из-за чего понадобится сильно усложнение механизма, как следствие увеличение массы и отсутствие необходимости в балансире.

- Для уравнивания системы в момент сброса требуется (в случае нечетного количества тел) ему требуется занятие в момент сброса позиции выбывающего тела, то есть движение балансира, по большей части должно быть обратно скорости ω' , это следует из рисунка 4.

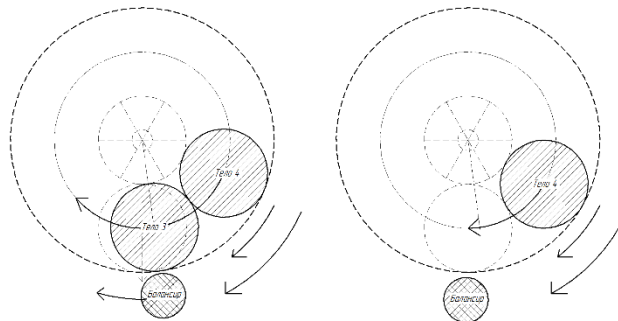


Рис. 3 – схема уравнивания

Согласно рисунок 3, видно, что балансир уже совершает движение в сторону тела 3, а затем занимает его положение и движется остается на месте до тех пор, пока тело 4 не займет также положение 0 по оси абсцисс.

Следуя из вышеуказанных предположений была выбрана схема работы балансира, когда в случае четное количество тел он должен находиться максимально близко к оси ординат, а когда нечетное количество тел занимать положение отсутствующего, так как барабан движется по маршруту обеспечивающими наиболее стационарное положение, то есть тела сбрасываются попарно, сначала по левую сторону, затем по правую, что обеспечивает наиболее удобное для эксплуатационных характеристик положение, то есть в состоянии покоя система уравновешена зеркальным расположением тел, когда их недостаточно – балансир заменяет собой это зеркальное тело, таким образом финальное положение в двух этих случаях выглядит согласно рисунку 4.

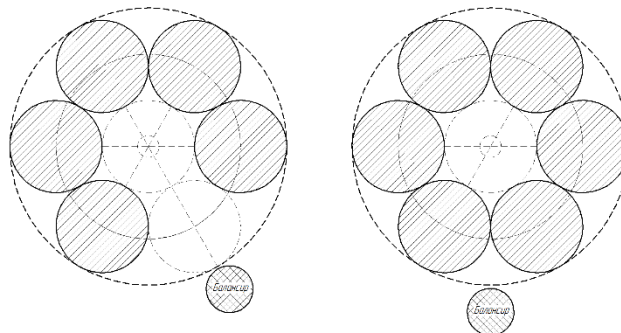


Рисунок 4 – случай идеального положения балансира в случае четного и нечетного количества тел.

В результате расчета была создана подходящее под эксплуатационные задачи устройства стратегия балансировки, следовательно можно приступить к ее реализации в программах САПР и выбора двух электромоторов, так как у нас имеются данные по центру масс мы можем рассчитать необходимые моменты

для устройства и осуществить подбор двигателя.

Согласно условиям, барабан требуется малой массы, из-за чего основная часть облегчения конструкции произошла за счет массы, в качестве двигателей используются серво моторы соединенные с валами, большая часть деталей подразумевает изготовления из пластика литьем, либо методом FDM печати, в качестве грузика используется кирпич свинца С0.

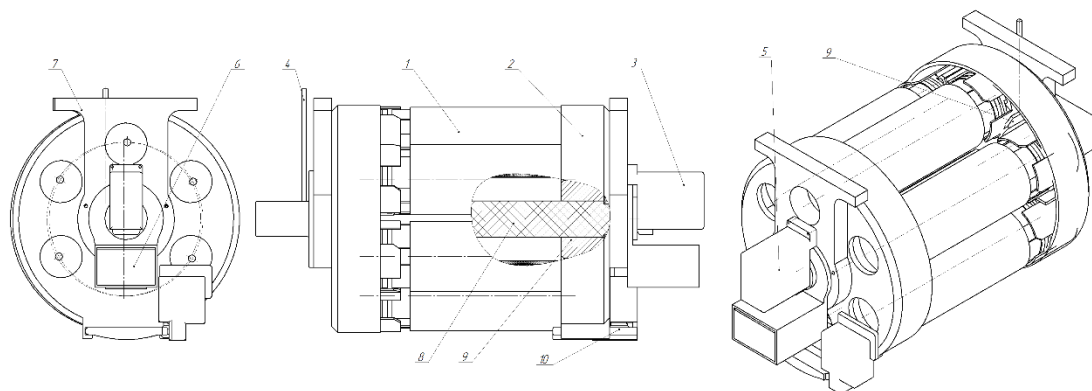


Рис.5 Полученная 3д модель в эскизной проработке. 1)Целевая нагрузка; 2)Корпус-обод; 3) Электромотор балансира; 4) провод управления; 5) Система балансира(в сборе с грузиком); 6)Свинцовый грузик; 7)Кронштейн крепления на носитель; 8) Вал поворотного механизма; 9) Сепаратор целевой нагрузки; 10) Сборочная единица механизма сброса

Принцип работы заключается в проворачивании вала(8) вместе с сепаратором(9), который приводит в свою очередь в движение целевую нагрузку(1), удерживаемую с двух сторон и сепаратором(9) и корпусом-ободом(3), в момент необходимости сброса электромотор механизма сброса(10) вращает шестерню и двигает рейку-пластину, позволяющую упасть целевой нагрузки сразу в вертикальное положение, по причине освобождения закрепления только в ее носовой части. В это же время грузик (6) перемещается за счет электромотора(6) в составе механизма балансира(5).

В результате была получена эскизная 3д модель устройства, с выбранной стратегией движения балансира и уменьшено изменение положения центра масс, в части случаев координата находится полностью в нуле, а в пиковые нагрузки удаление точки центра масс устройства снижено а 20-30%

Библиографический список

1. Петров Г. П. Балансировка и динамика вращающихся систем / Г. П. Петров. — М.: Машиностроение, 1982. — 600 с.

УДК 681.532

РАСЧЁТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПОРНО-ПОВОРОТНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ТЯЖЁЛОЙ ТЕХНИКИ

А.С. Санаров

Балтийский Государственный Технический университет "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова

Цель исследования: получение технического предложения опорно-поворотного механизма для сложной технической системы с целевой нагрузкой в виде импульсной тепловой машины. Применяемые методы: система автоматизированного проектирования, аналитические метод расчета. Применяемая литература: патентная документация на опорно-поворотные механизмы существующих видов техники, монографии и методики расчета систем

Ожидаемый результат: получение макетной 3д модели и расчетов механизма в первом приближении.

Аннотация: в статье содержится описание процессов и выводы, полученные в результате разработки башенного погона техники с использованием САПР, а также предлагаемая концепция опорно-поворотного устройства с цилиндрическими телами качения под наклоном (ОПУ).

Целевая нагрузка техники приводится в движение путем силовой машины подключенной к редуктору, далее связка силовой машины и редуктора будет называется приводным механизмом ОПУ. Первым этапом проектирования является определение целевой нагрузки на ОПУ, от которого будет исходить размер и применяемые материалы ОПУ, а также, что не менее важно – размер будет зависеть и от мощности приводного механизма и применяемого зацепления, таким образом основные параметры, которые нас интересуют в качестве данных условий это:

- Масса целевой нагрузки устройства
- Эксплуатационная скорость вращения
- Тип зацепления приводного механизма
- Прочие режимы и условия работы

Для данной задачи будут рассматриваться следующие условия: предельная масса более 600 кг, скорость вращения менее 30 оборотов в минуту, работа в основном и реверсивном направлении, высокая угловая точность, плавность хода, условие нормальной работы вплоть до 30 градусов.

Для определения основных действующих сил можно построить упрощенную схему устройства

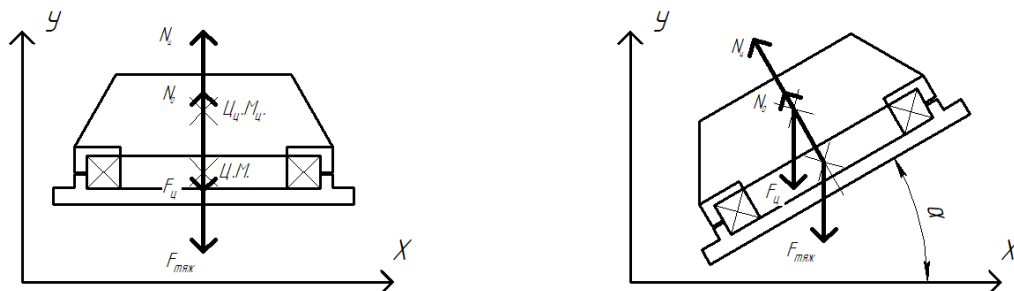


Рисунок 1. упрощенная схема устройства с векторами основных действующих сил в фронтальной проекции.

Для уменьшения необходимого момента на выходном валу приводного механизма будут использованы тела качения, под данную задачу подходят как формы в виде шара, так и ролика. Роликовые тела качения обладают следующими преимуществами: большая жесткость и прочность конструкции, по причине увеличенной площади контакта^[1]. Данные преимущества превалируют перед их недостатками в виде меньших максимальных радиальных нагрузок в случае размещения без наклона относительно опорной базы подшипника, хотя в различных видах техники и те и другие тела качения^{[2][3]}.

Рассмотрим конструкцию шариковой опоры башни танка т-72 как пример, а также ее привод. В данном случае основной упор будет идти на точность позиционирования и прием осевого нагружения, по причине необходимости условия обеспечения работоспособности конструкции под обозначенным ранее углом крена возникает необходимость учитывать возможность больших радиальных сил, действующих на ОПУ. С учетом изложенных выше входных значений была сделана 3д модель ОПУ.

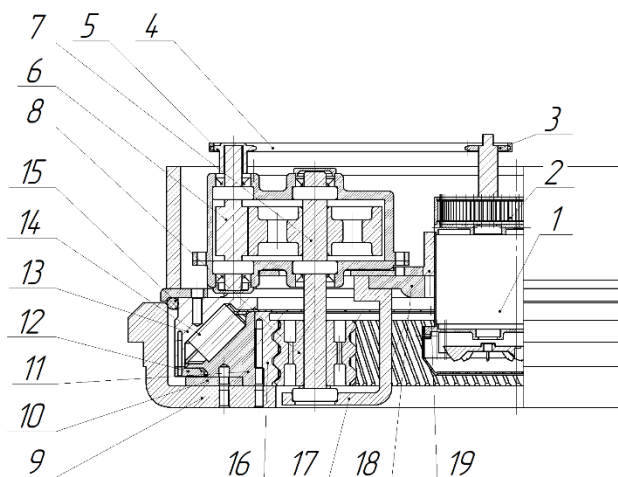


Рис.2 Схема ОПУ с приводом. 1) Электродвигатель(ЭД); 2) Встроенный планетарный редуктор из комплекта поставки; 3) Звездочка; 4) Цепь; 5) Шкив; 6) Ведущий вал-шестерня; 7) Зубчатое колесо и вал тихоходный; 8) Выходная зубчатая шестерня; 9) Несущая конструкция(плита); 10) Прижимное кольцо ОПУ; 11) Внутренняя обойма ОПУ; 12) Ограничительное кольцо ОПУ; 13) Внешняя обойма ОПУ; 14) Тело качения(Цилиндр); 15) Уплотнительное кольцо; 16) Внутренняя коронная шестерня.

Основной принцип работы устройства: с вала из состава ЭД(1) передается момент на планетарный редуктор (2) с передаточным отношением 6, через звездочку(3) и цепь(4) усилие передается на шкив(5) и вал-шестерню(6), который прокручивает вместе с Зубчатым колесом(7) вал тихоходный(7), который выходит на зубчатую шестерню-сателлит(8), что проворачивает внешнюю обойму(13) с закрепленными на них элементами. По сути своей привод является много-ступенчатым редуктором разделенным на более простые сборочные единицы, суммарное отношение составляет 168 (по формуле 1.1), а именно U .

$$(1.1) \quad u = u_1 * u_2 * u_3 = 6 * 4 * 7 = 168$$

Прочие расчеты редуктора опущены, по причине того, что использовались типовые формулы^[6], приведены будут лишь расчеты контактных напряжений для проверки допустимости использования выбранного модуля(1.1.1, 1.1.2).

$$\sigma_H = Z_E \cdot Z_H \cdot \sqrt{\frac{F_t \cdot (u+1)}{b \cdot d_1 \cdot u}} = 349 \text{ МПа} < 434 \text{ МПа} (1.1.1)$$

$$\sigma_F = \frac{F_t \cdot Y_F \cdot Y_\beta}{b \cdot m} = 39,6 \text{ МПа} < 169 \text{ МПа} (1.1.1)$$

Такие малые контактные и изгибные напряжения могут быть по причине малого крутящего момента на входном валу, так как общий крутящий момент требуемый для поворота платформы не является достаточно большим для проблем с прочностью, несмотря на это – редуктор в текущем виде можно сделать более компактным за счет более точного подбора модуля зубчатых колес и его строения, для облегчения и удешевления конструкции.

Сама ОПУ состоит из прижимного кольца ОПУ(10), что выступает в качестве осевого фиксатора для ограничительного кольца ОПУ (12), удерживающего внешнюю обойму(13) от осевого движения удерживая ее в радиусе выбранного зазора, в случае контакта ограничительного кольца и внешней обоймы, например, в результате высокого угла крена – платформа заклинит.

Максимальная допустимая нагрузка для ОПУ зависит от силы смятия тел качения и режима работы устройства. Для наших параметров полученное тепловое выделение, а также нагрузка на смятие составляет(1.2, 1.3), расчеты велись при учете смещенного центра масс на 150мм относительно центральной оси.

$$(1.2) p_L = \mu \cdot F_t \cdot v = \mu \cdot F_t \cdot \omega \cdot R_H = 150 \text{ Вт}$$

150 Вт является допустимыми тепловыми потерями для подшипников, в том числе и для ОПУ и при выделении тепла до 200-300Вт зачастую достаточно только пассивного охлаждения.

Расчет контактного напряжения по формуле Герца^[5]. Условие выполняется и сила смятия меньше (850 МПа) предельно допустимой равной 2000 МПа^[6].

В результате выдержек из аналитических расчетов можно установить, что основные параметры ОПУ находятся в пределах допустимого, статическая грузоподъемность является избыточной (850 МПа < 2000 МПа значительно), что позволяет впоследствии уменьшить тела качения.

Как было сказано ранее – основной особенностью ОПУ является использование тел качения в виде цилиндров под наклоном в 45 градусов, основным преимуществом данной конструкции, как было замечено ранее является возможность переноса равнозначных осевым радиальных нагрузок, хотя и с возможностью заклинивания механизма.

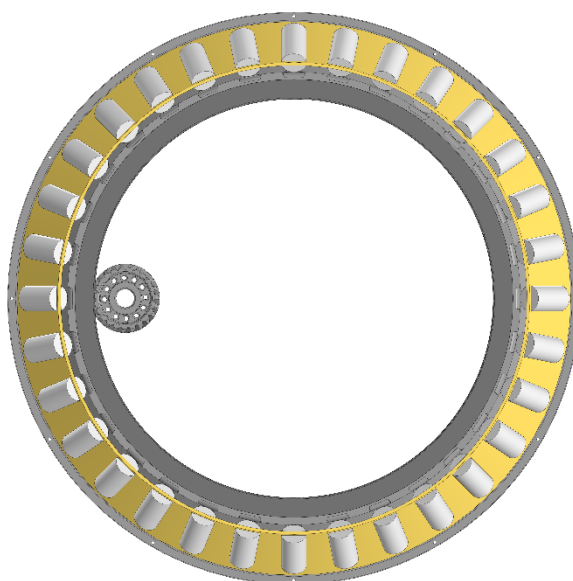


Рис. 3. Вид ОПУ сверху, показана коронная шестерня(16), внутренняя обойма(11) и сепаратор, а также тела качения(15)

Суммарно в ОПУ используется 35 тел качения разделенных стальным сепаратором. Обеспечивающих равномерное распределение нагрузки, а также высокую статическую и динамическую грузоподъемность. Основным недостатком данной конструкции является излишняя масса связанная с слишком высоким запасом прочности, что в свою очередь повышает стоимость. Таким образом – большую часть элементов можно заменить на менее дорогостоящие материалы, многие излишне массивные компоненты сделать тоньше, улучшив часть эксплуатационных свойств.

Вместе с тем, у данной концепции ОПУ есть достаточно сильное преимущество, в особенности при применении на различных образцах техники, а именно из-за закрепления коронной шестерни(16) на внутренней обойме(11) конструкция является самонесущей и не требует подбащенной ниши для

размещения приводов, лучше всего подходит для различного рода робототехнических платформ, гусеничных тягачей.

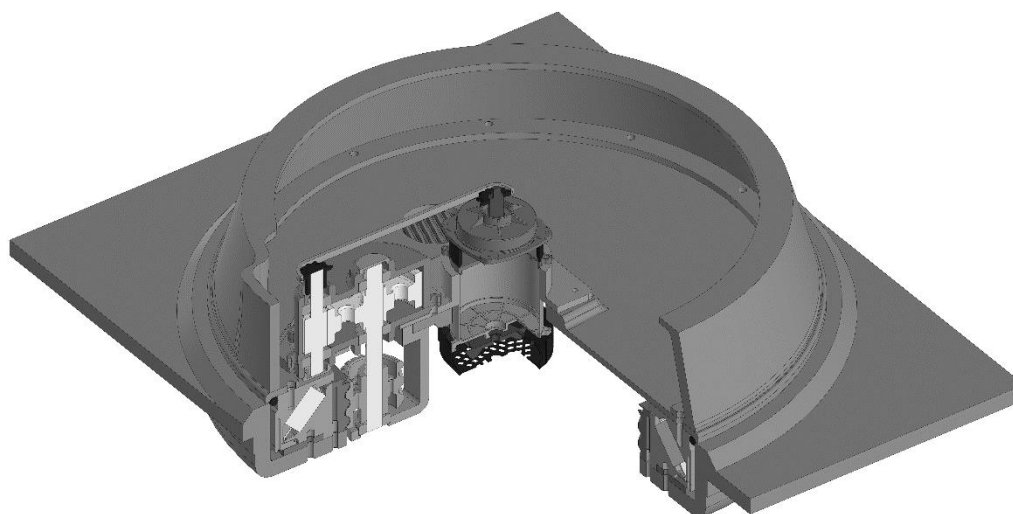


Рисунок 4. Изометрический разрез ОПУ в Компас 3д.

В результате расчета и 3д-моделирования была получена ОПУ, позволяющая в дальнейшем ее использовать для проектирования целевой нагрузки с импульсной тепловой машиной, использованные решения, в том числе, отсутствие необходимости в подбашенной нише позволит минимизировать занимаемое место ОПУ. Несмотря на это, существующая конструкция имеет множество недостатков, которые можно устранить при дальнейшей ее проработке, в особенности слишком большой запас прочности, высокий габарит, заменить привод на одну сборочную единицу вместо нескольких, предусмотреть возможность добавления ребер пассивного охлаждения, добавить возможность смазки коронной шестерни либо увеличение периода ее работы без обслуживания. Также весомым недостатком конструкции является ее низкая защита от пыли и влаги, что уменьшает срок автономной службы.

Библиографический список

- 1 - Проектирование подшипниковых опор. Часть 1 [Электронный ресурс] // Методы проектирования. – URL: <https://методыпроектирования.рф/shop/product/konstruirovani-podshipnikovuyih-opor/> (дата обращения: 10.10.2023).
- 2- Шариковые и роликовые подшипники [Электронный ресурс] // Motion Products. – URL: <https://www.motion-products.ru/upload/iblock/15f/15f0b162b9ccce97b1c88fd8d8f0f65a.pdf> (дата обращения: 10.10.2023).
- 3 - Опорно-поворотные устройства: конструкция, расчет и применение / А.И. Иванов, Б.С. Петров. – М.: Машиностроение, 2018. – 320 с. – ISBN 978-5-12345-678-9.
- 4 - Иванов, М. Н. Детали машин : учебник для студентов высших технических учебных заведений / М. Н. Иванов. — 12-е изд., перераб. и доп. — Москва : Высшая школа, 2018. — 120–125 с.
- 5 - ISO 76:2006. Rolling bearings — Static load ratings [Подшипники качения — Статические грузоподъемности]. — Third edition, 2006-12-15. — Geneva: International Organization for Standardization (ISO), 2006. — 14 с.
- 6 - ГОСТ 18854-82 Подшипники качения. Методы расчета статической грузоподъемности [Текст]. — Введ. 1983-01-01. — М.: Издательство стандартов, 1982. — 439 с.

УДК 623.451.4

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ БЕСПИЛОТНЫМ АВИАЦИОННЫМ СИСТЕМАМ

Н.О. Маев, А.И. Колотилова

Ковровская государственная академия им. В.А. Дегтярева

Аннотация

Работа посвящена решению проблемы эффективной защиты личного состава, техники и бронетехники от беспилотных авиационных систем, в частности от FPV-дронов (далее БАС). Анализируются существующие методы противодействия, и приводится разработка нового средства защиты, на основе существующих систем вооружения, что позволяет существенно удешевить и ускорить внедрение предложенной системы.

Введение

В условиях современного боя большое значение приобрели как разведывательные, так и атакующие БАС. Эффективное противодействие БАС врага – ключ к получению тактического преимущества на поле боя.

Цель работы — предложение нового способа противодействия БАС.

Сравнение существующих способов противодействия БАС

На данный момент широкое распространение получили следующие способы противодействия БАС: силами и средствами подразделения радиоэлектронной борьбы; силами и средствами личного состава; использование инженерных заграждений.

Средства радиоэлектронной борьбы могут как мешать передаче сигналов управления от оператора к БАС, так и затруднять передачу по видеоканалу от БАС к оператору. Однако, использование радиоэлектронной борьбы действует не только по канал связи врага, но и по своим, так же опытный оператор может быстро менять каналы управления и передачи сигнала.

Противодействие силами и средствами личного состава заключается в использовании солдатами пехоты самозарядных гладкоствольных ружей Сайга-12 и охотничьих ружей серии МР, но необходимо тщательное обучение личного состава стрельбе по подвижной цели. Так же лишний вес крайне нежелателен в экипировке бойцов.

Использование противокумулятивных экранов считается одним из наиболее эффективных способов защиты БТВТ и инженерных объектов от атак вражеских БАС. Однако, такое оснащение требует.

Описание гранаты

Проанализировав недостатки вышеизложенных способов противодействия БАС предлагаем решение данной проблемы. На основе выстрела для подствольного гранатомёта ГП-25 изготовить снаряд, начинённый не взрывчатым веществом, а сетью. Конструкция снаряда подразумевает унифицированный корпус и метательный заряд с выстрелом ВОГ-25, взрывчатое вещество заменяется компактно уложенной сетью, а взрыватель ведущим элементом, на дне корпуса располагается выбрасывающее устройство.

Предлагаемый метод перехвата беспилотных авиационных систем (БПЛА) основан на использовании подствольного гранатомёта, оснащённого специальной гранатой с сетью. Принцип действия заключается в физическом захвате дрона разворачивающейся сетью, которая запускается на траекторию полёта цели, обеспечивая её обездвиживание и принудительную посадку. Ниже приведены ключевые аспекты метода.

Граната выстреливается из подствольного гранатомёта, на безопасном расстоянии от оператора срабатывает механизм раскрытия и сеть покидает корпус гранаты. Сеть раскрывается за 0.5-1 секунду и формирует ловчую зону. При контакте с винтами БАС винт наматывает на себя сеть и останавливает. БАС теряет управление и падает на землю. Концепт-арт работы гранаты представлен на рисунке 1.

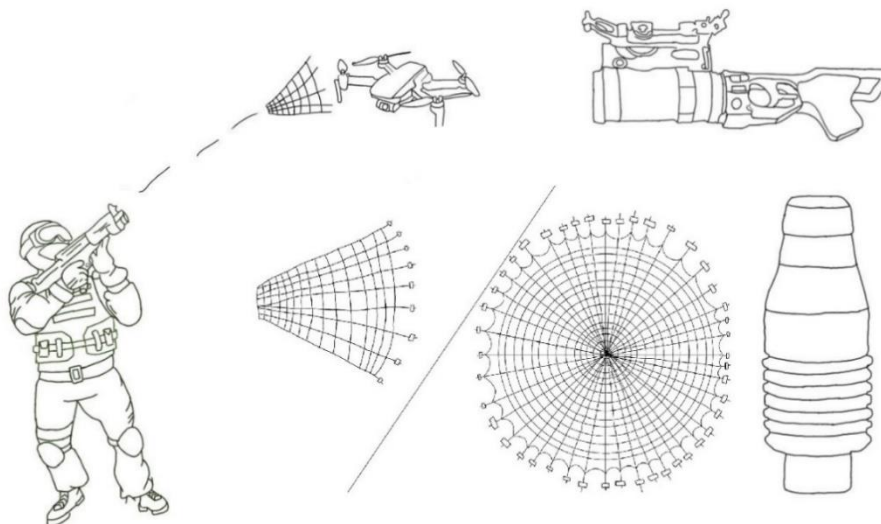


Рис. 1 – Концепт-арт работы гранаты

Расчёт внешней баллистики гранаты

Для определения целесообразности использования предложенного способа противодействия БАС врага был произведён расчёт внешней баллистики полёта гранаты в первом приближении.

Для расчёта траектории были использованы следующие допущения:

1. Ось снаряда в полёте совпадает с касательной к траектории.
2. Сила сопротивления действует по касательной в сторону противоположную вектору скорости.
3. Движение происходит на плоской не вращающейся земле.
4. Атмосфера неподвижна по отношению к земле.
5. Состояние атмосферы соответствует нормальным артиллерийским условиям.

Расчёт производился по следующим исходным данным:

$d = 30 \text{ мм} = 30 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ – калибр снаряда;

$m = 170 \text{ гр} = 0.17 \text{ кг}$ – масса гранаты;
 $m_k = 100 \text{ гр} = 0.1 \text{ кг}$ – масса корпуса;
 $V_d = 80 \text{ м/с}$ – дульная скорость гранаты;
 $\theta = 70^\circ$ – угол метания.

Для расчёта траектории полёта снаряда была написана программа на языке Python.

Так как баллистический коэффициент, зависящий от формы снаряда, неизвестен воспользуемся численными методами для расчёта траектории гранаты при различных значениях баллистического коэффициентов снаряда. Необходимо учесть, что после того, как снаряд покидает корпус снаряда изменяется как масса снаряда, так и баллистический коэффициент. Расчёт будет производиться от коэффициента равного 0.3 до коэффициента равного 0.5 для первого этапа полёта и от 0.4 до 0.7 для второго этапа полёта. По итогам баллистического расчёта получили следующие значения для различных коэффициентов формы снаряда. Графики зависимости высоты полёта от дальности полёта представлены на рисунке 2.

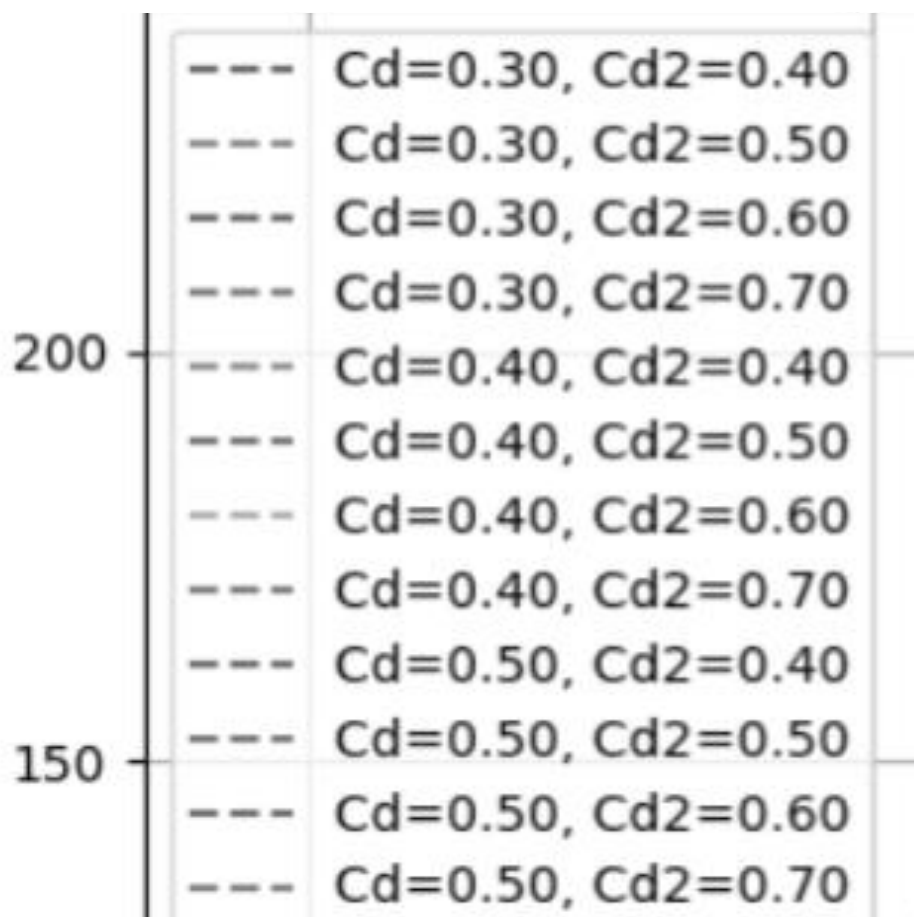


Рис. 2 – Зависимость дальности полёта от высоты для различных коэффициентов формы

Из полученных графиков видно, что лучший случай характеризуется дальностью полёта в 270 метров и высотой полёта в 240 метров. Худший случай характеризуется дальностью полёта в 240 метров и максимальной высотой полёта в 210 метров.

Эскизное проектирование гранаты

В данном разделе будет представлена конструкция гранаты. Эскиз представлен на рисунке 3.

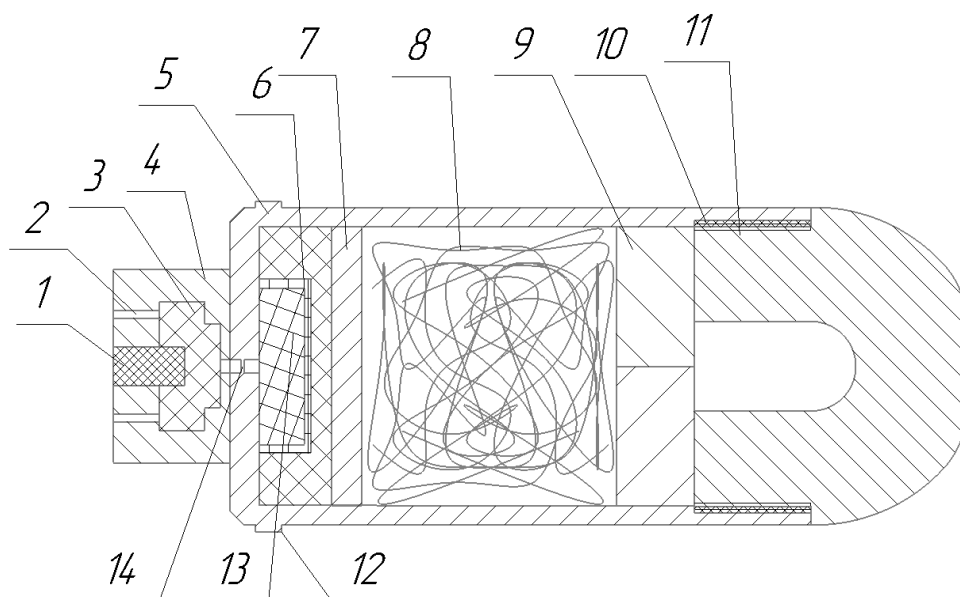


Рис. 3 – Эскиз гранаты

Выстрел состоит из метательного устройства и гранаты. Метательное устройство состоит из капсуля-воспламенителя (1), огнепередаточных отверстий (2), метательного заряда (3), корпуса метательного устройства (4). Граната состоит из корпуса (5), картонной гильзы (6), пыжа (7), сложенной сети (8), утяжелителей (9), гетинаксовой шайбы (10), головного обтекателя (11), ведущего пояска (12), порохового замедлителя (13), узла форсирования (14).

Выстрел работает по следующему принципу. После накола ударником гранатомёта капсуля-воспламенителя инициируется метательный заряд, продукты горения устремляются в камеру сгорания через огнепередаточные отверстия. За счёт сил вызванных давлением продуктов сгорания на снаряд он начинает движение по каналу ствола гранатомёта. При достижении давления форсирования узел форсирования (14) разрушается и инициируется заряд порохового замедлителя. После прогорания порохового замедлителя от него инициируется пороховой заряд (7). Продукты горения порохового заряда (7) создают необходимое усилие для среза гетинаксовой шайбы (10). После под действием пороховых газов утяжелители покидают корпус гранаты (5). Сеть раскрывается, при контакте с БАС она опутывает винт и останавливает его.

Преимущества предлагаемой системы

Минимизация разрушительных последствий: Использование сети вместо взрывчатого вещества позволяет избежать фрагментационного поражения и минимизировать сопутствующего урона.

Повышенная безопасность: Возможное безопасное перехвата цели без риска возникновения пожароопасных или взрывных ситуаций.

Гибкость применения: Система может быть адаптирована для борьбы с различными типами БПЛА, в том числе малых и средних размеров, за счёт возможности изменения характеристик сети и настроек гранатомёта.

Вывод

Предложенная концепция применения гранаты для подствольного гранатомёта, в которой взрывчатое вещество заменено на сеть, демонстрирует значительный потенциал в сфере неразрушающего противодействия БАС. Такой подход позволяет снизить риск возникновения сопутствующего урона при перехвате вражеского БАС, обеспечивая безопасное захватывающее воздействие на целевой дрон. Исследование показало, можно добиться высокой точности и надежности работы системы. Несмотря на существующие технические вызовы, такие как определение оптимального момента срабатывания и балансирование кинетической энергии снаряда, дальнейшие лабораторные и полевые испытания могут привести к разработке эффективного и оперативного средства защиты в условиях современных угроз.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Л.И. Шеманаева

Библиографический список

1. Коновалов А. А., Николаев Ю. В. Внешняя баллистика // М: ЦНИИ информации, 1979. С. 228
2. Полов М. Первый водородный // Облако. 2017. №2 (03). С. 27 – 28.
3. Куликов А. М., Иванов И. А. Современные системы противодействия БПЛА // Военно-технический журнал. – 2019. – № 4. – С. 45–52
4. Петров С. Н., Новиков Д. А. Методы противодействия угрозам беспилотных летательных систем. – М.: Изд-во Института вооружённых сил, 2018.

5. Копиев Г. Американские военные запатентовали противодроновый боеприпас с сетью [Электронный ресурс] // N+1; URL: <https://nplus1.ru/news/2019/02/08/grenade?ysclid=m8g0d6jmy5782018029> (дата обращения: 19.03.2025)
6. Патент RU 2 789 825 C1. Боеприпас подствольного гранатомета для поражения беспилотных летательных аппаратов. Автор: Гуськов А. В.; опубл.; 02.10.2023.

УДК 628.517.4

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОСЛАБЛЕНИЯ ВИБРАЦИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В СПЕЦИАЛЬНОМ САМОХОДНОМ СОСТАВЕ

В.А. Крутова, Д.С. Завьялов, А.С. Воронов

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Цель работы

Изучение вибраций, возникающих в специальном самоходном составе.

Введение

Вопрос формирования спектров вибрации и акустического шума при движении железнодорожного состава рассматривается во многих научных исследованиях [1-5]. Теоретические и экспериментальные работы, посвященные анализу виброакустических характеристик рабочих мест локомотивных бригад [6-8], свидетельствуют о том, что превышение допустимых значений октавных уровней звукового давления во многом связано со структурной составляющей шума. Значительное внимание проблеме снижения шума строительной и путевой техники уделено в научных трудах д.т.н., проф. Н.И. Иванова, работы которого детально рассматривают данную тематику [9-10]. Основной упор в подобных исследованиях сделан на снижение воздействия шума на персонал и окружающую среду, однако вибрация также оказывает негативное влияние на эксплуатационные характеристики оборудования, снижая точность, КПД и долговечность. Анализ статистических аварийности самоходных подвижных средств показал, что наибольший процент неисправностей вызван выходом из строя осевых редукторов гидропередачи, а именно подшипников качения осевого редуктора. Существующими причинами поломок роликонических подшипников качения могут являться перекос геометрической оси карданного вала, передающего движение к конической вал-шестерне осевого редуктора, перекос наружного кольца заднего подшипника узла шестерни, а также передающиеся вибрации в системе «колесо-рельс» при движении специального самоходного подвижного состава, особенно при движении с различными крупногабаритными грузами.



Рисунок 1 – Заедание конических зубчатых колес осевого редуктора при поломке подшипникового узла

Обработка результатов экспериментальных исследований.

Были проведены эксперименты для уточнения расчета виброскоростей, где изучались коэффициенты ослабления вибраций. k_{oc} специальный самоходный подвижной состав передает сильные колебания от колесных пар к корпусу осевого редуктора. Исследования показали зависимость коэффициента от частоты и скорости.²⁾

Таблица 1 – результаты эксперимента

№	v , км /ч	f , Гц	k_{oc1}	k_{oc2}	k_{oc3}	\bar{k}_{oc}	$\frac{(k_{oc1} - \bar{k}_{oc})^2}{n}$	$\frac{(k_{oc2} - \bar{k}_{oc})^2}{n}$	$\frac{(k_{oc3} - \bar{k}_{oc})^2}{n}$	$\sum_{j=1}^n (k_{ocj} - \bar{k}_{oc})^2$
---	-------------------	----------	-----------	-----------	-----------	----------------	--	--	--	---

1	1	2	8	0 .118	0 .124	0 113	0 118	0	3.181 $\cdot 10^{-5}$	3.18 $\cdot 10^{-5}$	$362 \cdot 10^{-5}$
2	2	4	8	0 .192	0 .202	0 182	0 192	9. 818 $\cdot 10^{-8}$	1.005 $\cdot 10^{-4}$	9.43 $\cdot 10^{-5}$	$95 \cdot 10^{-4}$
3	1	2	100	0 .169	0 .178	0 161	0 169	0	7.157 $\cdot 10^{-5}$	7.15 $\cdot 10^{-5}$	$431 \cdot 10^{-4}$
4	2	4	100	0 .151	0 .159	0 144	0 151	0	5.655 $\cdot 10^{-5}$	5.65 $\cdot 10^{-5}$	$131 \cdot 10^{-4}$

Для анализа данных эксперимента требуется вычислить математическое ожидание и стандартное отклонение с помощью специальных формул.

$$\bar{k}_{oc i} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n k_{oc i, j} \quad (1)$$

$$\sigma_{k, i}^2 = \sum_{j=1}^n (k_{oc i, j} - \bar{k}_{oc i})^2 \quad (2)$$

Для оценки однородности результатов был использован критерий Корхена:

$$G_p = \frac{\max \left(\sum_{j=1}^n (k_{oc i, j} - \bar{k}_{oc i})^2 \right)}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n (k_{oc i, j} - \bar{k}_{oc i})^2} \leq G_m, \quad (3)$$

где i – номер серий опытов (от 1 до N), j – множество параллельных экспериментов проводилось в рамках серии исследований. n), G_p и G_m – использование статистического анализа данных. N – сравниваемых и n параллельных опытах.

$$G_p = \frac{1.95 \cdot 10^{-4}}{5.148 \cdot 10^{-4}} = 0.379 < 0.76$$

Таким образом, считаем результаты статистически однородными.

Определение дисперсии воспроизводимости выполнено в натуральных переменных:

$$S_k^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n (k_{oc i, j} - \bar{k}_{oc i})^2}{N(n-1)} = 6.436 \cdot 10^{-5} \quad (4)$$

На рисунке 2 показаны результаты измерения коэффициентов ослабления вибрации.

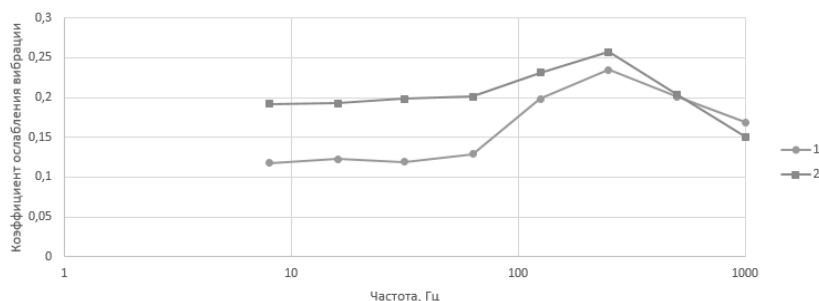


Рисунок 2 – коэффициент ослабления вибраций при скоростях: 1 – 21 км/ч, 2 – 42 км/ч

Установление регрессионных зависимостей.

Результаты экспериментов показали, что коэффициент ослабления вибраций зависит от скорости движения подвижного состава: с увеличением скорости, максимальное значение смещается к низким частотам. Для упрощения анализа было принято допущение о приведении всех данных к частоте 500 Гц.

Изучение изменения коэффициента ослабления вибраций при различных скоростях показывает, что наибольшее значение достигается при скорости 30 км/ч. Этот момент особенно выражен в среднем частотном диапазоне. Таким образом, зависимость можно описать как функцию двух переменных, учитывая условие ортогональности, что позволяет делать независимые оценки коэффициентов регрессии и их дисперсий.

Для описания функции с экстремальными значениями в обеих координатах требуется использовать квадратичную аппроксимацию или степенную зависимость. Важно учесть, что частота f представлена геометрическим рядом, где каждое следующее значение увеличивается вдвое. Для уменьшения влияния этого параметра его необходимо прологарифмировать.

Для аппроксимации зависимости степенными функциями использовался метод перевала с проведением двух полнофакторных экспериментов. Оптимальные параметры выхода определялись на границах интервалов варьирования факторов, соответствующих экстремуму функции.

- для первой области — $f = 8\text{--}250$ Гц, $V = 21\text{--}30$ км/ч;
- для второй области — $f = 250\text{--}1000$ Гц, $V = 30\text{--}42$ км/ч.

Для определения выхода для крайних точек интервалов необходимо узнать значения коэффициентов ослабления вибрации, которые комбинируются согласно таблице 3.

Таблица 2 – комбинация выходов при ПФЭ 2²

x_1	x_2
min	min
max	min
min	max
max	max

В данном случае представлена определенная комбинация.

Таблица 3 – комбинация выходов для обеих областей

v , км/ч	f , Гц	k_{oc}	v , км/ч	f , Гц	k_{oc}
21	8	0.118	30	250	0.331
30	8	0.165	42	250	0.257
21	250	0.235	30	1000	0.215
30	250	0.292	42	1000	0.161

Для получения степенной зависимости необходимо взять логарифм от всех параметров модели. Учитывая порядок коэффициента ослабления вибрации, мы увеличим его искусственно на два порядка. Таким образом, исходные данные изменятся.

Таблица 4 – исходные данные для расчета коэффициентов регрессии

$\ln(v)$	$\ln(f)$	$\ln(100 \cdot k_{oc})$	$\ln(v)$	$\ln(f)$	$\ln(100 \cdot k_{oc})$
3.045	2.079	2.472	3.401	5.521	3.375
3.401	2.079	2.806	3.738	5.521	3.185
3.045	5.521	3.157	3.401	6.908	3.006
3.401	5.521	3.375	3.378	6.908	2.717

При этом уравнение регрессии в кодовых переменных будет иметь вид:

$$y(x_1, x_2) = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2, (5)$$

где $y = \ln(100k_{oc})$, $x_1 = \ln(v)$, $x_2 = \ln(f)$.

Для нахождения коэффициентов уравнения регрессии нужно организовать данные, как показано в таблице 5.

Таблица 5 – компоновка выходов для расчета коэффициентов регрессии

y	$-y$	$-y$	y
y	y	$-y$	$-y$
y	$-y$	y	$-y$
y	y	y	y
Σ_0	Σ_1	Σ_2	Σ_{12}

Тогда

$$b_0 = \frac{\Sigma_0}{4}, b_1 = \frac{\Sigma_1}{4}, b_2 = \frac{\Sigma_2}{4}, b_{12} = \frac{\Sigma_{12}}{4} (6)$$

Таким образом, на основе выше полученных данных, уравнения регрессии в кодовых переменных имеют вид:

$$\begin{cases} y = 2.953 + 0.138x_1 + 0.314x_2 - 0.0029x_1x_2 \\ y = 3.071 - 0.12x_1 - 0.209x_2 - 0.0025x_1x_2 \end{cases} (7)$$

Для определения значимости коэффициентов уравнения регрессии необходимо сравнить их абсолютное значение с доверительным интервалом.

$$\Delta b = t_a \cdot \sqrt{S_b^2} < |b_i| (8)$$

Здесь t_a – коэффициент Стьюдента для определенного числа степеней свободы равен $v = N(n-1)$ (в данном случае для $v=8$ $t_a=2.3$), S_b^2 – дисперсия коэффициентов уравнений регрессии:

$$S_b^2 = \frac{S_k^2}{N \cdot n} = 5.363 \cdot 10^{-6}$$

Тогда

$$\Delta b = 2.3 \cdot \sqrt{5.363 \cdot 10^{-6}} = 5.326 \cdot 10^{-3}$$

Коэффициенты уравнений регрессии проанализированы в таблице 6.

Таблица 6 – значимость коэффициентов уравнения регрессии

	Δb		$ b_i $	Вывод	Δb		$ b_i $	Вывод
0	$5.326 \cdot 10^{-3}$	<	2.953	Значим	$5.326 \cdot 10^{-3}$	<	3.071	Значим
1		<	0.138	Значим		<	0.12	Значим
2		<	0.314	Значим		<	0.209	Значим
12		>	$2.9 \cdot 10^{-3}$	Незначим		>	$2.5 \cdot 10^{-3}$	Незначим

Значимость коэффициентов была определена путем сравнения их значений с доверительным интервалом по критерию Стьюдента. Было установлено, что коэффициенты при произведении x_1 и x_2 не имеют статистической значимости и могут быть исключены из модели.

Тогда

$$\begin{cases} y = 2.953 + 0.138x_1 + 0.314x_2 \\ y = 3.071 - 0.12x_1 - 0.209x_2 \end{cases} \quad (9)$$

Для перевода кодовых переменных в натуральные необходимо произвести замену переменных.

$$x_1 = \frac{2(\ln v - \ln v_{\max})}{\ln v_{\max} - \ln v_{\min}} + 1, \quad x_2 = \frac{2(\ln f - \ln f_{\max})}{\ln f_{\max} - \ln f_{\min}} + 1$$

Проведя вычисления, мы получаем результат.

$$\ln(100k_{oc}) = 0.775 \ln v + 0.182 \ln f - 0.236 - \text{для первого участка}$$

$$\ln(100k_{oc}) = -0.713 \ln v - 0.302 \ln f + 7.492 - \text{для второго участка}$$

Производим потенцирование:

$$k_{oc} = 7.895 \cdot 10^{-5} v^{0.775} f^{0.182} - \text{для первого участка}$$

$$k_{oc} = 17.94 v^{-0.713} f^{-0.302} - \text{для второго участка}$$

Погрешности расчетных и экспериментальных значений

v , км/ч	f , Гц	k_{oc}	$k_{oc.p}$	Δ , %	v , км/ч	f , Гц	k_{oc}	$k_{oc.p}$	Δ , %
21	8	0.118	0.122	2.94	30	250	0.292	0.3	3.49
30	8	0.165	0.161	-2.86	42	250	0.242	0.236	-2.43
21	250	0.235	0.228	-2.86	30	1000	0.202	0.197	-2.43
30	250	0.292	0.301	2.94	42	1000	0.151	0.155	2.94

На рисунках 3-4 показаны результаты в графическом виде.

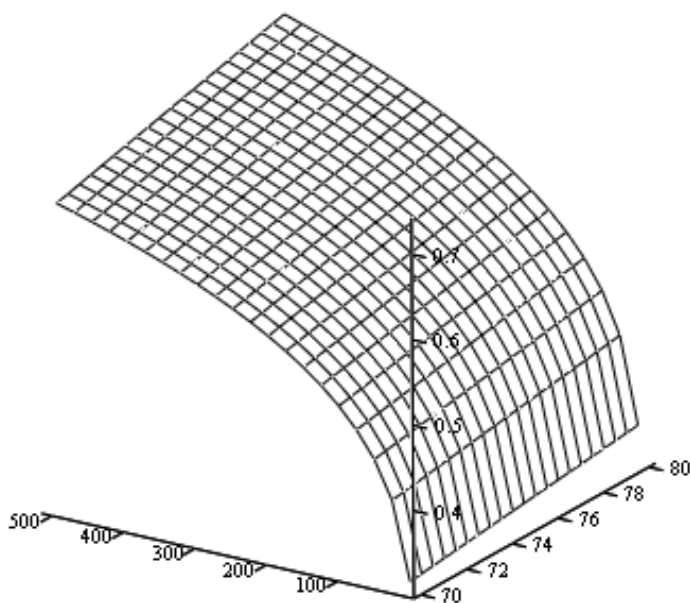


Рисунок 3 – графическая интерпретация коэффициента ослабления вибраций для первой подобласти

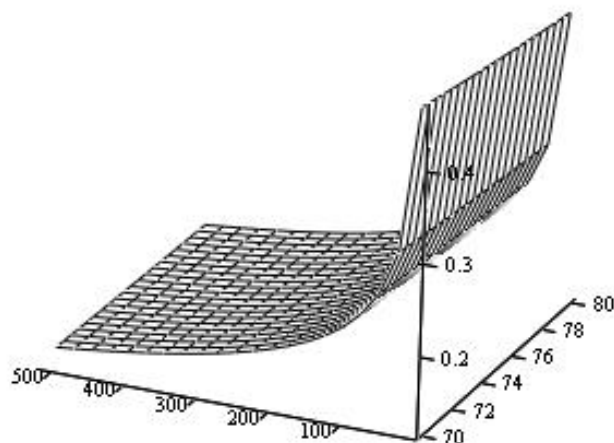


Рисунок 4 – графическая интерпретация коэффициента ослабления вибраций для второй подобласти

Заключение. Разработанная зависимость коэффициента ослабления вибрации позволяет упростить расчеты октавных уровней вибрации при моделировании динамики привода специализированного самоходного подвижного состава. Данный метод повышает точность оценки упруго-диссипативных характеристик системы.

Библиографический список

1. Фролова, Д. С. Теоретическая оценка акустических характеристик в вагоне-электростанции восстановительного поезда / Д. С. Фролова, В. А. Крутова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 4. – С. 111–115. – ISSN 1818-5509.
2. Яицков, И. А. Методология обеспечения виброакустической безопасности локомотивных бригад при проектировании и эксплуатации тепловозов и мотовозов: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.26.01 / Яицков Иван Анатольевич. – Ростов-на-Дону, 2019. – 279 с.
3. Способы снижения шума и вибраций при проектировании, производстве и эксплуатации железнодорожного подвижного состава / И. В. Колесников, С. Ф. Подуст, С. С. Подуст, А. Н. Чукарин. – Москва : Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН), 2015. – 216 с. – EDN WOBVJH.
4. Кабаяси, М. Исследование вибраций и шума из-за неровностей на поверхности катания модели колеса / М. Кабаяси, Т. Наито // Железные дороги мира. – 1984. – № 7. – ISSN 0321-1495.
5. Проблема снижения шума от железнодорожного транспорта. – Текст : электронный. – URL: <http://www.reffond.ru> (дата обращения: 20.11.2024).
6. Подуст, С. Ф. Увеличение звукоизоляции элементов остекления электровозов / С. Ф. Подуст // Известия института управления и инноваций авиационной промышленности. – 2011. – № 104. – С. 104-109. ISSN 1814-2109.
7. Подуст, С. Ф. Обеспечение виброакустической безопасности локомотивных бригад при расчете и проектировании грузовых электровозов: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.26.01, 05.02.02 / Подуст Сергей Федорович. – Ростов-на-Дону, 2013. – 126 с.
8. Яицков, И. А. Идентификация производственных факторов, влияющих на условия труда работников локомотивных бригад тепловозов и мотовозов / И. А. Яицков, Т. А. Финоченко, А. Н. Чукарин // Инженерный вестник Дона. Электронный научный журнал. – 2017. – № 4. – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4438 9 (дата обращения: 20.11.2024).
9. Иванов, Н. И. Анализ эффективности звукоизолирующих кабин самоходных машин / Н. И. Иванов, Б. А. Кришневский // Борьба с шумом и вибрациями в строительстве. – Ленинград : Ленингр. Дом н.-т. пропаганды, 1982. – С. 45–51.
10. Иванов, Н. И. К расчету ожидаемой шумности на строительных машинах / Н. И. Иванов, Г. М. Курцев // Труды ЛИИЖТ. – 1977. – Вып. 408. – С. 38–57.

СЕКЦИЯ 4 СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.056

ТИПЫ ВОЗМОЖНЫХ АТАК И МЕРЫ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТЕСТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ПРОНИКНОВЕНИЕ

Янковский Г.В., Ковтун А.А., Землянская Е.Р.

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» имени Д.Ф. Устинова

На сегодняшний день без IT-инфраструктуры не обойтись: предприятия и учреждения промышленности, торговли, образования, здравоохранения имеют свои информационные системы, которые обрабатывают персональные данные, служебную или секретную информацию. В обработке большого объема данных чаще внедряют использование служб с искусственным интеллектом. К сожалению, компьютерные системы не совершенны. В зависимости от качества исходного кода используемых цифровых продуктов вычислительные машины могут иметь уязвимости, которые приводят к утечкам информации или отказе в обслуживании.

Как правило, негативные последствия происходят из-за удаленного исполнения кода в том или ином виде. Злоумышленники, воспользовавшись «Remote Code Execution» уязвимостями, могут запустить вредоносное ПО. [1] Получив полный контроль на уровне ядра операционной системы над скомпрометированным устройством, киберпреступники способны похитить персональные данные, изменить, удалить или зашифровать используемые базы данных, распространить вредоносное ПО как во внутренних (локальных), так и в Интернет-сетях, а также модифицировать низкоуровневые прошивки встроенного программного обеспечения подконтрольного устройства (например, BIOS или UEFI, напрямую в память EEPROM или FLASH устройств), включая чипсеты, PCI-устройства (например, видеокарты), SATA-устройства (жесткие диски, твердотельные накопители).

После нахождения уязвимости, злоумышленники могут использовать для удаленного управления устройством инструменты, позволяющие выполнять команды через программу – командную оболочку («remote shell»). [2] В случае, если уязвимое устройство недоступно напрямую из-за настроек межсетевого экрана, вредоносными программами создаются так называемые «reverse shells» («обратные оболочки»). Подобные оболочки инициируют самостоятельно сессию взаимодействия для исполнения команд, подключаясь к серверам киберпреступников.

Наиболее распространенным типом атак, который приводит к удаленному исполнению кода, является инъекционный тип. [3] Подразделяется на атаки внедрения кода в SQL (SQL-инъекции), XML (XML- или XPath-инъекции), командные оболочки и интерпретаторы (Bash- и любые Shell-инъекции, PHP-инъекции), серверы почтовых служб (IMAP-/SMTP-инъекции), CRLF- (символы возврата каретки), сервер «Lightweight Directory Access Protocol» (LDAP-инъекции) и другие языки и службы. Киберпреступники подставляют в тело запроса на сервер специальную строку или набор символов, приводящий к неверной обработке и вредоносному поведению со стороны сервера.

Server-Side Request Forgery (SSRF) – ещё один схожий с инъекционными тип атак на проникновение, при которой злоумышленник может отправлять фальшивые запросы с сервера на ресурсы сетей, в которых находится уязвимая машина. Например, это могут быть манипуляции при рендеринге мультимедиа файлов и документов (конвертацией из HTML в PDF на сервере можно получить содержимое внутренних файлов, если не исключить использование таких HTML-элементов, как iframe, script и тому подобных).

Insecure Direct Object Reference (IDOR) атаки используются для получения информации о ресурсах, к которым не должно быть доступа. [4] Злоумышленники могут подобрать параметры для веб-запроса и получить информацию о других объектах в системе. Например, о пользователях и записях с помощью перебора некоторых целых чисел, которые выступают в качестве идентификаторов.

Для защиты от инъекционных атак и SSRF разработчиками информационных систем применяются различные меры, среди которых наиболее важной является проверка корректности всех входных данных от клиентской стороны. В случае, если в форме ввода данных ожидается только конечное значение из определенного списка, то на сервере должна проводиться проверка из этих значений – остальные варианты не должны быть обработаны в системе. Во избежания интерпретации данных программами как исполняемого кода необходимо обрабатывать входящий трафик с помощью экранирования символов (например, заменять кавычки, символы угловых скобок на специальные комбинации, используемые только для визуального отображения). Для безопасной передачи запроса к СУБД необходимо использовать подход, который разделяет код запроса и используемые данные (так называемые «подготовленные» или «параметризованные» запросы). В некоторых случаях используется поиск совпадения текста по шаблону или маске (так называемые «регулярные выражения») для проверки дат, адресов электронной почты и другой информации. В случае с IDOR, требуется корректная проверка аутентификационных данных (если у пользователя нет доступа, то запрос должен быть отклонён). Конфиденциальная информация не должна быть в открытом доступе в случаях, когда можно перебрать ключ за разумное время.

При наличии программно-аппаратного гипервизора с минимальными шансами наличия уязвимостей (как известных, так и «нулевого дня») можно использовать виртуализацию для изоляции веб-служб. Дополнительно можно ввести потенциально уязвимый сервер в контур DMZ-сети, отделяющей общедоступные службы от внутренней компьютерной инфраструктуры. Использование компрометированного узла для заражения других компьютеров в подобной сети будет сложнее для злоумышленников.

XSS (или «межсайтовый скриптинг») – это атака, при которой злоумышленник может внедрить вредоносный код в клиентскую часть веб-сайта. [5] При успешной XSS-атаке у киберпреступника есть возможность подменять всё содержимое загруженных страниц сайта и локального хранилища, а также выполнять HTTP-запросы с использованием чужих учетных данных, что позволяет совершать действия от имени пользователя-жертвы и получать доступ к конфиденциальной информации. Внедряемый код может быть безвредным для серверной части и нацеленным на веб-браузер. На рис. 1 продемонстрирована схема с примером подмены поведения веб-сайта банка.

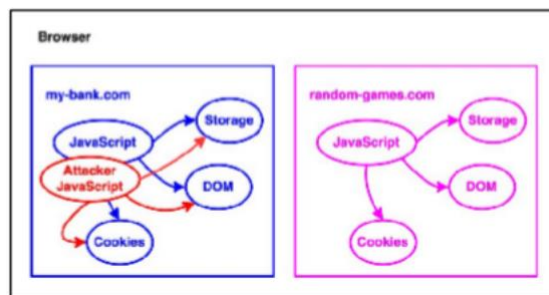


Рис. 1. Схема атаки

Существует ещё один тип атаки, который называется «Cross Site Request Forgery» (CSRF) или «межсайтовая подделка запроса». Данная атака применяется для выполнения действий на сторонних ресурсах от имени другого человека (например, онлайн-банки, электронную почту и другие сервисы). Атакующий пользователь посещает сайт злоумышленника, на котором выполняется вредоносный код в клиентской части веб-страницы, создающий запросы на сторонние незащищенные ресурсы. [6]

Для защиты от XSS и CSRF требуется не только устранить уязвимости на серверной части (действия аналогичны защите от инъекционных атак, для предотвращения CSRF требуется корректная обработка «Cross-Origin Resource Sharing» заголовков, а также формирование CSRF-токенов в формах ввода данных), но и принять меры по безопасному использованию веб-браузера. Современные движки интернет-обозревателей имеют возможность смены профиля текущего пользователя, позволяя разделять рабочие пространства (например, отдельные для работы и дома). В веб-браузере Mozilla Firefox реализована система контейнеров, которая позволяет параллельно открывать вкладки в независимых друг от друга окружениях (разделены cookies и внутреннее хранилище данных веб-сайта на клиентской стороне). Таким образом, можно загружать потенциально небезопасные веб-страницы в отдельном контейнере, из которого не будут доступны конфиденциальные данные.

Denial-of-service (DOS) или Distributed denial-of-service (DDOS) атаки нацелены на отказ в обслуживании для всех пользователей информационной системы. Как правило, злоумышленники посылают большое количество запросов на выполнение длительной процедуры серверной программы (например, обработка медиафайлов, большого количества текста и других данных). В случае с распределенной атакой, киберпреступники используют целые компьютерные сети, посылающие большое количество запросов на сервер с разных компьютеров.

В качестве защитных мер разработчики информационных систем устанавливают время ожидания перед повторным выполнением затратного запроса. Подключенные системы для определения роботизированного трафика (например, системы CAPTCHA) позволяют снизить количество вредоносных запросов. Брандмауэр веб-приложений (Web Application Firewall, WAF) также может помочь противостоять подобным атакам. Можно добавить фильтры для отбрасывания пакетов и снизить ICMP-, SYN- и UDP-флуд.

Информационные системы с внедренным искусственным интеллектом также подвержены манипуляциям со стороны злоумышленников. [7] Большие языковые модели подвержены промпт-инъекциям. Киберпреступник может использовать в запросе вредоносные инструкции, которые заставят модель игнорировать первоначальные цели при обучении и выполнить несанкционированные действия. В частности, модель может выдать оскорбительный или социально нежелательный контент, раскрыть данные о внутренней среде исполнения и конфиденциальную информацию (например, о пользователях языковой модели, их запросах), выполнить произвольный код (если БЯМ имеет доступ к внешним системам, например, к сети, прикладным программам или ядру операционной системы).

Скомпрометированный вывод больших языковых моделей может быть использован в цепочке с другими уязвимостями. Например, злоумышленник может использовать ответы языковой модели в связке с инъекциями и атаковать модули информационной системы, в которую внедрен искусственный интеллект. Языковые модели можно использовать при DOS или DDOS-атаках, т.к. на вычисление ответа требуется значительное количество времени и ресурсов.

Обучаемые на пользовательских данных языковые модели могут получать на вход «отравленные» данные, которые в дальнейшем не позволяют корректно производить классификацию объектов, в том числе синтез текста и медиаматериалов.

Для защиты языковых моделей требуется внедрить механизмы, ограничивающие ввод вредоносных данных, а также поместить веб-службы в изолированные системы (виртуальные машины или контейнеры) с минимальным или нулевым взаимодействием с внешними службами, базами данных, компьютерными сетями.

В общем случае наличия сторонних зависимостей от библиотек, программ, служб (в том числе веб-служб), необходимо следить за актуальными версиями цифровой инфраструктуры и предпринимать меры при наличии известных уязвимостей и отсутствии корректирующих обновлений. В некоторых пакетных менеджерах, таких как NPM, реализованы инструменты проверки на наличие уязвимых пакетов с предложением обновления до последней актуальной версии с корректировками. Среди открытого программного обеспечения существует инструмент osv-scanner, который получает информацию с базы данных OSV о наличии уязвимостей по списку заданных библиотек, фреймворков, программ (например, поиск уязвимостей в списке зависимостей для Java/Maven или PHP/Composer проектов, в файлах `pom.xml` и `composer.json` соответственно). [8] На рис. 2 продемонстрирован список уязвимостей для проекта Laravel и Vue.js без обновлений в течение 12 месяцев – предоставляются ссылки с

OSV URL	CVESS	ECOSYSTEM	PACKAGE	VERSION	SOURCE
https://osv.dev/GHSA-9r9m-ffp6-9x4v	8.7	Packagist	laravel/framework	v10.42.8	composer.lock
https://osv.dev/GHSA-c2pc-g5qt-ftft	7.5	Packagist	league/commonmark	2.4.1	composer.lock
https://osv.dev/GHSA-mrqz-rp5e-jpjp	6.3	Packagist	nesbot/carbon	2.72.2	composer.lock
https://osv.dev/GHSA-9r9m-ffp6-9x4v	3.1	Packagist	symfony/http-foundation	v6.4.2	composer.lock
https://osv.dev/GHSA-9r9m-ffp6-9x4v	8.6	Packagist	symfony/process	v4.4.2	composer.lock
https://osv.dev/GHSA-9r9m-ffp6-9x4v	5.3	npm	@intlify/core-base	9.9.1	package-lock.json
https://osv.dev/GHSA-9r9m-ffp6-9x4v	6.9	npm	@intlify/shared	9.9.1	package-lock.json
https://osv.dev/GHSA-bhec-vh64-exej	6.9	npm	axios	1.6.1	package-lock.json
https://osv.dev/GHSA-bhec-vh64-exej	7.5	npm	braces (dev)	3.0.2	package-lock.json
https://osv.dev/GHSA-67mh-4uv6-2f39	5.3	npm	esbuild	0.19.12	package-lock.json
https://osv.dev/GHSA-67mh-4uv6-2f39	6.5	npm	fast-decode-uri-component	1.0.5	package-lock.json
https://osv.dev/GHSA-nwuc-c2x4-8c35	4.3	npm	namo	3.3.7	package-lock.json
https://osv.dev/GHSA-nwuc-c2x4-8c35	8.3	npm	rollup	4.9.6	package-lock.json
https://osv.dev/GHSA-8jhw-289h-jbzq	5.9	npm	vite	5.0.12	package-lock.json
https://osv.dev/GHSA-8jhw-289h-jbzq	6.4	npm	vite	5.0.12	package-lock.json
https://osv.dev/GHSA-9cxw-2B03-dwfx	6.9	npm	vite	5.0.12	package-lock.json
https://osv.dev/GHSA-9cxw-2B03-dwfx	6.3	npm	vite	5.0.12	package-lock.json
https://osv.dev/GHSA-9r9m-ffp6-9x4v	5.3	npm	vue-l10n	9.9.1	package-lock.json
https://osv.dev/GHSA-9r9m-ffp6-9x4v	6.9	npm	vue-l10n	9.9.1	package-lock.json

86

ется на интеграцию и объединение подобных моделей ИИ в единую мультимодальную систему с возможностью эффективно выполнять широкий класс разнообразных задач с различными форматами входных и выходных данных. Для этого, по сути, проектируется комплекс взаимодействующих систем ИИ, которые обмениваются данными для полноценной обработки сигнала. Данные системы могут быть глубоко интегрированы (Deep Fusion), когда предварительно обработанные мультимодальные данные передаются в скрытые слои основной модели, и частично интегрированные (Early Fusion), когда такие данные подаются на вход. В статье [1] приведён обзор и сравнение текущих тенденций в развитии данного направления систем ИИ.

Данная тенденция приводит к необходимости развития у обучающихся глубокого понимания структуры данных различного формата, а также методов их предварительной обработки. Необходимо развивать понимание процессов взаимодействия разнотипных систем ИИ и представлять формат передаваемой информации.

Ещё одним перспективным и активно развивающимся направлением ИИ является периферийное машинное обучение (Edge Machine Learning, EdgeML). Оно направлено на изучение методов оптимизации скорости и ресурсозатрат на запуск предобученных моделей ИИ в том числе на устройствах с ограниченными ресурсами. В число исследуемых методов входят:

- сжатие модели за счёт снижения числа параметров;
- «дистилляция» модели;
- уменьшение модели за счёт квантования – уменьшения точности параметров;
- использование оптимизированного для вывода фреймворка в целях сокращения времени вычислений.

Применение методов EdgeML позволяет эффективно использовать большие модели ИИ даже на мобильных устройствах и одноплатных компьютерах вроде Raspberry Pi 5, что неоднократно подтверждалось как проводимыми на кафедре О7 БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова экспериментами, так и внешними публикациями, например [2] и [3].

При подготовке инженерных кадров с учётом EdgeML следует уделить особое внимание экспериментальным проверкам точности оптимизированных моделей ИИ и их корректному поведению. Необходимо также уделить внимание изучению теории преобразования весовых коэффициентов, набора инструкций мобильных процессоров и более низкоуровневым языкам программирования при написании систем ИИ – C и C++ позволят достичь большей производительности, нежели классический Python.

Обучение современных моделей ИИ представляет собой сложную и ресурсоёмкую задачу. Поэтому актуальной задачей методов машинного обучения является оптимизация процесса обучения или дообучения модели. Методы оптимизации процесса обучения не будут рассмотрены в рамках данной статьи. В то же время при дообучении модели крайне популярен метод LoRA (Low-Rank Adaptation) [4]. Данный метод предусматривает обучение небольшой вспомогательной модели ИИ, веса которой используются совместно с весами основной модели в процессе вывода. Это значительно экономит ресурсы и позволяет легко переключать дообученные модели.

При подготовке инженерных кадров следует развивать навык принятия решений об обучении или дообучении модели ИИ для решения конкретной задачи. Следует учитывать возможности современных моделей ИИ для выполнения задач, схожих с решаемой, корректно оценить получаемые результаты и принять решение об обучении или, что предпочтительнее, дообучении уже существующей модели.

Технологии систем ИИ

Прежде чем перейти к обзору тенденций развития конкретного типа систем ИИ, следует кратко упомянуть появившуюся за последние десять лет архитектуру, внедрение элементов которой в различные модели ИИ является передовой сферой исследований на текущий момент. Речь про механизм внимания, появившийся в статье [5]. Данный механизм позволил корректно учитывать контекст входного сигнала и, в отличие от классических рекуррентных сетей, позволил эффективно распараллелить обработку набора входных сигналов. Это привело к появлению ставшей уже классической архитектуры трансформер, активно внедряемой в различные системы ИИ. Данная архитектура благодаря простой масштабируемости позволила значительно увеличить скорость обучения больших моделей, что привело к качественному скачку в результатах их работы. На данный момент, различные вариации слоёв внимания используются во многих архитектурах искусственных нейронных сетей (ИНС), и потому важной тенденцией является различные методы оптимизации вычисления значения на выходе слоя внимания.

Одним из подобных методов является Flash Attention, описанный в статье [6]. Идея состоит в уменьшении числа обращений к видеопамати за счёт деления входных данных на блоки, помещающиеся в кэш память специализированного процессора. Это несколько увеличивает число вычислений, но значительно уменьшает общие временные затраты, так как операция обращения к памяти выполняется на порядок дольше связанных с ней вычислений.

Учитывая данную тенденцию, при подготовке кадров необходимо уделить особое внимание оптимизации вычислений на уровне вычислительного устройства. Необходимо развивать навыки, связанные с программированием на специализированном языке программирования вычислительного устройства, например CUDA в случае самых популярных на текущий момент вычислительных устройств фирмы Nvidia. Также важно применение технологий профилирования для оценки подлежащих оптимизации этапов вычислений.

Тенденции развития больших языковых моделей

Самым известным на сегодня классом современных систем ИИ являются большие языковые модели. Это системы, использующие предобученную модель, ориентированную на обработку запросов на естественном языке. Результатом, как правило является последовательность токенов, элементы которой

могут в свою очередь быть использованы для последующей обработки системой ИИ (например, преобразованы в текст, запросы API или направлены в качестве входных данных в иную модель ИИ).

Появление LLM привело к развитию отдельного направления в обучении инженерных кадров – промпт-инжинирингу или манипуляции запросами [7]. Данное направление исследует структуру и семантику запросов к LLM с целью повышения эффективности работы подобных систем. Верно составленный запрос может значительно повысить качество получаемого результата. При этом стоит отметить, что в данном контексте «верно» может означать использование определённого шаблона, добавление ключевых слов или, например, использование дополнительного контекста, посредством системы RAG [8].

В то же время сами LLM в настоящий момент развиваются в двух направлениях: использовании метода Mixture of Experts, ставшего популярным после выхода модели Mistral 8x7B [9], и техники размышлений [10]. Оба этих направления стоит рассмотреть немного подробнее.

Mixture of Experts построено на основе известных с 1991-го года ансамблевых моделей [11]. Идея проста – вместо одной гигантской модели обучается набор небольших, каждая из которых является «экспертом» в своей области. Специальный слой итоговой модели ИИ оценивает контекст запроса и передаёт его тем моделям, которые наиболее полезны в требуемой области. Результаты вычислений данных моделей оцениваются и комбинируются для получения итогового ответа основной модели ИИ. Схематически данный метод показан на рисунке 1.

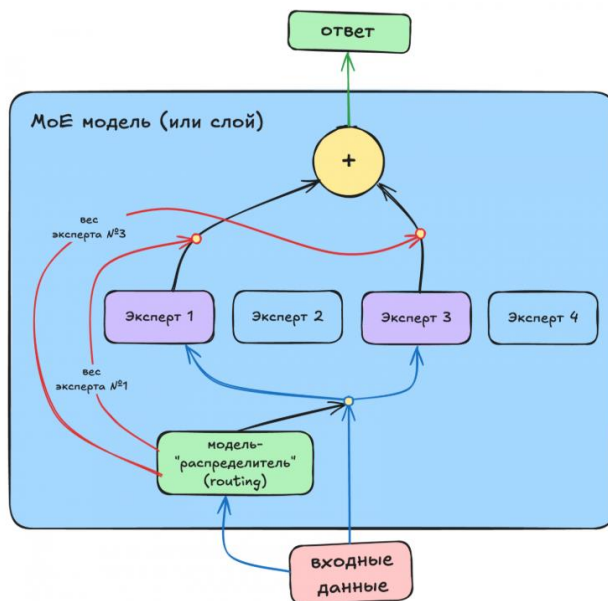


Рис. 1. Иллюстрация работы метода Mixture of Experts [12]

Техника размышлений меняет поведение LLM, позволяя ей «обдумывать» проблему, прежде чем выдавать результат. Классические LLM, по сути, в качестве результата возвращают наиболее вероятный набор токенов, продолжающий входящий запрос. В противовес этому, размышляющие LLM сначала преобразуют входной запрос – пересказывают его, разбивают на подзадачи, составляют план решения каждой из подзадач и следуют этому плану. Таким образом эмулируется реальный процесс размышления над поставленной задачей. Такие модели обучены особым образом, поощряющим длинные цепочки рассуждений установленной структуры. Модифицированный при помощи размышлений запрос подаётся на вход той же или меньшей модели уже в режиме прямого вывода и LLM генерирует последовательность токенов лучше соответствующую изначальному запросу.

Подобные методы показывают, что качественное улучшение LLM возможно при изменении процесса вывода, на изучение особенностей которого также необходимо сделать упор при подготовке обучающихся.

Тенденции развития генеративных искусственных нейронных сетей

Генеративные искусственные нейронные сети активно используются в последние несколько лет для решения многих задач, связанных с созданием и обработкой изображений [13], [14]. Следует, однако, отметить, что данный класс моделей ИИ может быть также применён и для иных задач – начиная с предсказания таяния арктических льдов [15] и заканчивая предсказанием источника утечки газа [16].

Однако в рамках настоящей статьи будут рассмотрены более классические ГИНС, в первую очередь использующие диффузионную модель для обучения. Впервые такая модель была описана в [17] и с тех пор является передовым методом обучения ГИНС. Главным недостатком таких моделей является высокая стоимость обучения и сравнимые с LLM требования к ресурсам для запуска.

К текущим тенденциям развития ГИНС можно отнести модификацию архитектуры путём добавления слоёв внимания и памяти, которые модифицируют пользовательские запросы с целью улучшить качество получаемого результата. Активно продвигается процесс интеграции различных методов машинного обучения при построении модели ГИНС – преобразование данных в скрытое пространство и восстановления из него выполняет модель, обученная методом вариационного автокодировщика, для ускорения вывода предлагается использование генеративно-сопоставительных сетей [18]. Также идёт тенденция замены ранее стандартной архитектуры U-Net на новую, основанную на трансформерах [19].

Также на данный момент наблюдается тенденция к использованию ГИНС для создания всё большего числа видов контента. Активно исследуется применение памяти и внимания для создания видео [20]. Применение диффузионной модели позволило обучить модель для создания аудио к входным видеоданным [21]. Активно идёт применение ГИНС для создания трёхмерных моделей и сцен [22]. Применение интеллектуальных агентов в комбинации с моделью Stable Diffusion позволило даже создать интерактивное мультимедийное приложение полностью генерируемое ИНС в процессе работы [23].

Можно заметить тенденцию к расширению возможностей применения ГИНС, что также должно быть учтено при подготовке инженерных кадров – необходимо поощрять проведение экспериментальных исследований, направленных на применение ГИНС для решения нетривиальных задач, а также на комбинирование различных подходов. Следует, однако, учесть, что ввиду высокой стоимости обучения ГИНС, следует сделать упор на прототипирование и модификацию существующих моделей ГИНС при подготовке специалистов.

Тенденции развития моделей для обработки изображений и аудио

Выпуск модели YOLO12 [24] показал, что модели ИИ на основе трансформеров могут эффективно заменить классические свёрточные ИНС в задачах детектирования и сегментации изображений. Хотя данная модель показала лишь небольшой прирост в точности при сохранении производительности, применение архитектуры трансформер открывает перспективу для дальнейшего улучшения и развития модели.

Использование моделей, подобных YOLO показывает себя крайне эффективно для решения практических задач, а потому следует учитывать возможность применения методов машинного обучения даже для тех инженерных задач, которые обычно требовали использования классических математических методов решения.

Так модели ИИ для обработки звука постепенно уходят от предобработки сигнала с использованием быстрого или оконного преобразования Фурье в сторону применения расширенных причинно-следственных слоёв свёртки (DCC), показанных на рисунке 2.

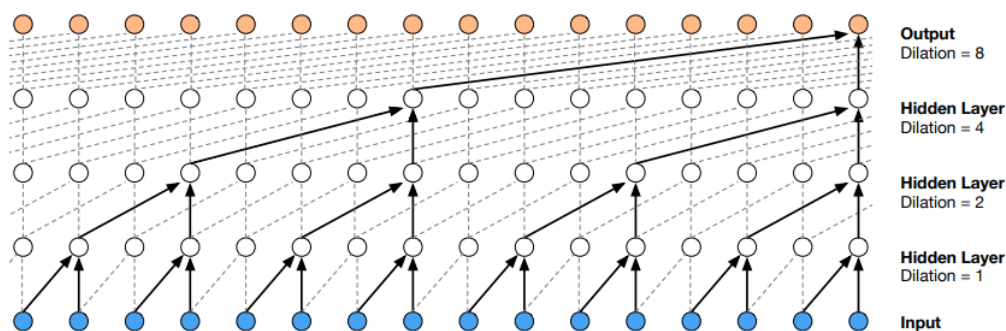


Рис. 2. Пример работы DCC [25]

Данные слои позволяют подавать на вход ИНС несжатый аудиосигнал и выполняют его преобразование непосредственно силами самой ИНС без использования сложных математических формул. Это одновременно ускоряет процесс и позволяет гибко его модифицировать для более тонкой настройки ИНС.

Заключение

Сфера ИИ бурно развивается в последнее десятилетие, технологии и датасеты становятся доступнее, а новые архитектуры открывают возможности к применению систем ИИ для решения новых классов задач. Всё это приводит к необходимости изменения в процессе подготовки инженерных кадров: упор должен быть на исследование применимости неклассических технологий, построение комплексных систем, направленных на взаимодействие различных моделей, быстрое прототипирование и экспериментальные проверки гипотез. Метод, который неизменно применялся на протяжении десятилетий может оказаться менее эффективен по сравнению с использованием современной системы ИИ, поэтому необходимо поощрять тягу к экспериментам. В то же время системы ИИ требуют высоких ресурсов затрат для обучения и использования, а потому перспективным выглядит подготовка в области изучения современных методов оптимизации сложных вычислений.

Комплексное изучение современных технологий ИИ приведёт к качественному скачку в подготовке инженерных кадров и, как следствие, в улучшении производственных процессов и повышении качества жизни.

Научный руководитель – заведующий кафедры О7, д.т.н., проф. Е.Г., Семенова

Библиографический список

1. Wadekar S. N. et al. The evolution of multimodal model architectures //arXiv preprint arXiv:2405.17927. – 2024.
2. Daniel & Michael. Run DeepSeek R1 Dynamic 1.58-bit [Электронный ресурс] // Unsloth Blog. 2025. URL: <https://unsloth.ai/blog/deepseekr1-dynamic> (дата обращения: 08.02.2025).]
3. Tang R. et al. Distilling task-specific knowledge from bert into simple neural networks //arXiv preprint arXiv:1903.12136. – 2019.
4. Hu E. J. et al. Lora: Low-rank adaptation of large language models //ICLR. – 2022. – Т. 1. – №. 2. – С. 3.
5. Vaswani A. Attention is all you need //Advances in Neural Information Processing Systems. – 2017.
6. Dao T. et al. Flashattention: Fast and memory-efficient exact attention with io-awareness //Advances in neural information processing systems. – 2022. – Т. 35. – С. 16344-16359.
7. Liu P. et al. Pre-train, prompt, and predict: A systematic survey of prompting methods in natural language processing //ACM computing surveys. – 2023. – Т. 55. – №. 9. – С. 1-35.
8. Lewis P. et al. Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive nlp tasks //Advances in neural information processing systems. – 2020. – Т. 33. – С. 9459-9474.
9. Jiang A. Q. et al. Mixtral of experts //arXiv preprint arXiv:2401.04088. – 2024.

10. Sun J. et al. A survey of reasoning with foundation models //arXiv preprint arXiv:2312.11562. – 2023.
11. Jacobs, Robert & Jordan, Michael & Nowlan, Steven & Hinton, Geoffrey. (1991). Adaptive Mixtures of Local Experts. Neural Computation. 3. 79-87. 10.1162/neco.1991.3.1.79.
12. ИИ простыми словами, часть 1. Архитектура Mixture of Experts (MoE) [Электронный ресурс] // Хабр. — URL: <https://habr.com/ru/articles/879494/> (дата обращения: 20.03.2025).
13. Верхова, А. А. Использование диффузионных моделей для создания и обработки изображений / А. А. Верхова, К. В. Вальштейн // Информационные технологии в высокотехнологичных производствах (ВТП) : Сборник тезисов докладов студенческой научной конференции, Санкт-Петербург, 14 марта 2024 года. – Санкт-Петербург: Балтийский государственный технический университет "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова, 2024. – С. 23-27.
14. Верхова, А. А. Сравнение использования диффузионных моделей и генеративно-состязательных сетей для решения задач обработки изображений / А. А. Верхова, К. В. Вальштейн // Молодежь. Техника. Космос : Труды XVI общероссийской молодёжной научно-технической конференции, приуроченной к 90-летию Юрия Алексеевича Гагарина, летчика-космонавта СССР, Героя Советского Союза, первого человека, отправившегося в космическое пространство. В 4-х томах, Санкт-Петербург, 25–29 марта 2024 года. – Санкт-Петербург: Балтийский государственный технический университет "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова, 2024. – С. 196-202.
15. Finn T. S. et al. Towards diffusion models for large-scale sea-ice modelling //arXiv preprint arXiv:2406.18417. – 2024.
16. Yi, Rongxue & Li, Jie & Guo, Xiang & Wang, Bo. (2023). A Gas Leakage Source Positioning and Estimation Algorithm Based on Deep Neural Network (DNN). 5414-5418. 10.1109/CAC59555.2023.10451389.
17. Ho J., Jain A., Abbeel P. Denoising diffusion probabilistic models //Advances in neural information processing systems. – 2020. – Т. 33. – С. 6840-6851.
18. Trinh L. T., Hamagami T. Latent Denoising Diffusion GAN: Faster sampling, Higher image quality //IEEE Access. – 2024.
19. Peebles W., Xie S. Scalable diffusion models with transformers //Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision. – 2023. – С. 4195-4205.
20. Ma X. et al. Latte: Latent diffusion transformer for video generation //arXiv preprint arXiv:2401.03048. – 2024.
21. Wang H. et al. V2a-mapper: A lightweight solution for vision-to-audio generation by connecting foundation models //Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. – 2024. – Т. 38. – №. 14. – С. 15492-15501.
22. Wang Z., Li D., Jiang R. Diffusion Models in 3D Vision: A Survey //arXiv preprint arXiv:2410.04738. – 2024.
23. Valevski D. et al. Diffusion models are real-time game engines //The Thirteenth International Conference on Learning Representations. – 2024.
24. Tian Y., Ye Q., Doermann D. Yolov12: Attention-centric real-time object detectors //arXiv preprint arXiv:2502.12524. – 2025.
25. Oord A. WaveNet: A Generative Model for Raw Audio //arXiv preprint arXiv:1609.03499. – 2016.

УДК 004.89

ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТЕГРАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН И СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Д.В. Зиминая¹

¹. Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Блокчейн и системы искусственного интеллекта являются на сегодня актуальными темами для исследований. Блокчейн представляет собой технологию распределенного реестра для точного и надежного хранения данных. Искусственный интеллект (ИИ) имитирует процессы мышления человека и позволяет решать задачи с плохо формализованными и неформализованными условиями – как с использованием машинного обучения (и, в частности, искусственных нейронных сетей), так и без него.

На первый взгляд эти технологии решают совершенно разные задачи. Из общего можно отметить разве что работу с большим количеством данных. Блокчейн хранит в себе параметры множества транзакций, различную криптографическую информацию. Искусственный интеллект использует большие объемы данных для анализа и дальнейших манипуляций, таких как прогнозирование, генерация данных, классификация, кластеризация и т.д. Из этого можно сделать первый вывод: что искусственный интеллект и блокчейн могут взаимодействовать в области обработки данных/

Рассмотрим возможности для подобной интеграции. Традиционно, говоря о блокчейне, упоминают такие сферы как цепочки поставок, образование и медицина, финансовые операции. В этих областях важна точность и безопасность хранения данных. Под безопасностью обычно имеется в виду защита от подмены и искажения [1].

В то же время блокчейн всего лишь собирает данные. Он не может их трактовать. Безусловно, в рамках блокчейна подмена невозможна, однако невозможно определить достоверность данных за пределами блокчейна.

В случае регистрации событий, генерируемых людьми, невозможно узнать, была ли транзакция произведена действительно участником сети или злоумышленником.

В случае регистрации событий, генерируемых устройствами, невозможно узнать, корректно ли работает то или иное устройство. Возможно, оно неисправно или произошел единичный сбой.

Искусственный интеллект, в случае машинного обучения, использует готовые наборы (датасеты). Для начала обучения входные данные должны соответствовать нескольким параметрам:

1. Достаточный для обучения объём.
2. Полнота. Бывает, что для части объектов в датасете отсутствуют все признаки. В этом случае следует либо удалить такие объекты из датасета, либо заменить пустые значения усреднённым значением признака остальных объектов. Замена может привести к некорректному обучению, так что первый вариант предпочтительнее, если, конечно, отсутствующее значение нельзя легко восстановить
3. Корректность значений, формата значений и структуры. В этом случае значения роста, массы, к примеру, могут быть отрицательными, а числовое значение иметь символьный тип.

4. Достоверность.

Как видно из приведенного списка, первый и последний пункты невозможно обеспечить силами одного только искусственного интеллекта, тогда как все остальные можно попробовать восполнить с помощью манипуляций со значениями [2].

Одной из важных задач, решаемых искусственным интеллектом, является поиск и обнаружение аномалий. Это учетные записи пользователей самых различных систем; подозрительное поведение; возможные дефекты или сбои в работе оборудования. То есть речь идет как о технических ошибках, так и о злонамеренном поведении.

Одна из прикладных задач, решаемых ИИ, – поиск аномалий. Под аномалиями подразумеваются значения, выделяющиеся по своим значениям среди других значений массива данных. Примеры аномалий:

1. Подозрительная активность в соцсетях или финансовых операциях.
2. Брак на производстве.
3. Нарушение правил дорожного движения.
4. Аномальные показания датчиков (экстремальная ситуация или сбой) [3].

Таким образом взаимодействие двух технологий наиболее вероятным кажется именно в вопросах точности (со стороны блокчейна) и достоверности (со стороны ИИ) данных. Рассмотрим сферы человеческой деятельности, в которых это возможно.

1. Управление цепочками поставок. Традиционная для блокчейна сфера позволяет выстраивать прозрачные и прослеживаемые цепочки поставок. В то же время искусственный интеллект может анализировать и составлять прогнозы по наилучшим маршрутам.

2. Децентрализованная проверка личности. Блокчейн обеспечивает безопасность хранения личной информации, защищая данные от несанкционированного доступа. В то же время искусственный интеллект занимается распознаванием лиц и других объектов.

3. Проверка учетных данных в медицине. Блокчейн обеспечивает безопасное хранение сведений о пациентах, унифицирует данные и тем самым позволяет осуществлять безопасный обмен между различными организациями. Искусственный интеллект можно использовать для диагностики, а также составления рекомендаций по лечению.

4. Финансовые транзакции. Блокчейн делает финансовые операции прозрачными и безопасными, в то время как искусственный интеллект занимается поиском аномалий.

5. Проверка учетных данных об образовании. Блокчейн может проверять подлинность документов. Искусственный интеллект анализирует цифровой след обучающихся с целью составления оптимальной обучающей траектории.

6. Торговля энергией и управление сетями. Блокчейн обеспечивает прозрачность и безопасность транзакций. Искусственный интеллект оптимизирует сеть, занимается вопросами логистики.

7. Токенизация активов. Это процесс превращения активов или прав в цифровые токены. В то время как блокчейн занимается непосредственно токенизацией, искусственный интеллект может прогнозировать стоимость и потенциальную доходность активов.

Рассмотрим возможные этапы создания интегрированного приложения.

Во-первых, безусловно, нужно определить цели и функциональные требования. Как было сказано выше, совместно блокчейн и искусственный интеллект могут решать ограниченный круг задач. Далее следует проектирование архитектуры приложения. Это и выбор платформы, и разработка пользовательского интерфейса, и организация данных, а также множество других аспектов. Отдельной задачей внутри этого этапа является разработка функционального модуля взаимодействия блокчейна и искусственного интеллекта. Следующей задачей будет являться подготовка датасета для обработки ИИ. И здесь уже можно использовать блокчейн для этой подготовки. Следующий этап – создание модели искусственного интеллекта (с или без использования искусственной нейронной сети) и обучение ее на подготовленных данных. Далее предполагается непосредственно интеграция двух технологий. И, как и для любого программного обеспечения, в дальнейшем требуются отладка, тестирование, развертывание и поддержка.

Во всем этом наиболее важным видится компонент, связанный с данными. Ведь именно с данными связаны основные решаемые блокчейном и ИИ задачи. Данные также являются самым уязвимым местом этого симбиоза.

Рассмотрим и другие слабые стороны интеграции.

1. Публичность блокчейна грозит раскрытием личной информации.
2. Механизм смарт-контрактов обладает некоторой уязвимостью, из-за чего на блокчейн совершаются атаки [4].
3. Целостность данных может быть нарушена при передаче данных от блокчейна к ИИ.
4. Масштабируемость данных. В зависимости от объема обрабатываемых данных может сильно различаться производительность.
5. Юридические вопросы.

Сократить влияние этих рисков можно с помощью более совершенных средств криптографии, улучшенных протоколов безопасности и консенсуса. В некоторых случаях – где речь идет именно о промышленном применении блокчейна в рамках одной организации – можно сделать выбор в сторону частного или закрытого блокчейна. Он не нуждается в майнинге и консенсусе, хоть и теряет свои преимущества децентрализации (таблица 1) [5].

Таблица 1 – Пути преодоления возможных негативных последствий интеграции искусственного интеллекта и блокчейна

Проблема	Возможные пути решения
----------	------------------------

Масштабируемость данных	<ol style="list-style-type: none"> 1. Для решения задач ИИ может вычислять данные автономно. 2. Создание форков (развилки) в сети блокчейна. 3. Разработка альтернативных алгоритмов консенсуса
Проблемы конфиденциальности	<ol style="list-style-type: none"> 1. Использование дифференциальной конфиденциальности. 2. Использование федеративного обучения, при котором обучение происходит локально на узлах сети, а в общую сеть передаются только его результаты. 3. Внедрение стандартов и протоколов, разграничивающих доступ к данным.
Уязвимость смарт-контрактов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Качественное тестирование, анализ кода, в том числе с помощью средств автоматизации. 2. Сторонняя проверка и тестирование. 3. Развитие практики разработки смарт-контрактов.
Нарушение целостности данных	<ol style="list-style-type: none"> 1. Кросс-валидация данных; разделение обучающих и тестовых выборок. 2. Алгоритмы поиска аномалий в полученных из блокчейна данных.
Юридические вопросы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Помощь сторонних экспертов. 2. Мониторинг правового пространства, анализ новых нормативных актов.
Мониторинг и оценка приложения	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка производительности. 2. Оценка влияния приложения на общество в целом и пользователей в частности.

Таким образом, интеграция блокчейна и искусственного интеллекта имеет большие перспективы. В то же время реализация такого взаимодействия видится масштабным и длительным процессом и содержит ряд потенциальных негативных последствий. В связи с этим дальнейшей темой исследования может стать разработка приложения, основанного на обеих технологиях и решающего узко специализированную задачу.

Научный руководитель – д.т.н. проф. Семенова Е.Г.

Библиографический список

1. Gadekallu T. R. et al. Blockchain for the metaverse: A review //arXiv preprint arXiv:2203.09738. – 2022.
2. Макаров А. В., Намиот Д. Е. Обзор методов очистки данных для машинного обучения //International Journal of Open Information Technologies. – 2023. – Т. 11. – №. 10. – С. 70-78.
3. Линдигрин А. Н. Анализ специфики и проблематики процессов поиска аномалий в сетевых данных //Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – №. 5. – С. 304-309.
4. Дулгер Д. Ю., Шишкин Д. А., Котилевец И. Д. ОБЗОР КЛЮЧЕВЫХ ПРОБЛЕМ СМАРТ-КОНТРАКТОВ //КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ. – 2022. – С. 75-77.
5. Кашеварова Н. А., Куликова М. Е. Интеграция блокчейна и искусственного интеллекта как механизма модернизации различных отраслей экономики //Вестник университета. – 2024. – №. 5. – С. 54-67.

УДК 621.3

АКУСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ БПЛА КОПТЕРНОГО ТИПА

В.В. Шеденко, В.С. Иванов

МИРЭА - Российский технологический университет

Аннотация: в статье рассмотрены разновидности систем обнаружения беспилотных летательных аппаратов, их преимущества и недостатки. Подробно рассмотрены преимущества использования акустических систем обнаружения. Представлена структура разрабатываемой системы. Представлены предложения для дальнейшего улучшения.

Ключевые слова: акустическое обнаружение, БПЛА коптерного типа, классификация сигнатур, пассивная система обнаружения, спектральный анализ.

Введение

В современном мире наблюдается рост использования беспилотных систем для обеспечения автоматизации рутинных процессов, беспилотные летательные аппараты (БПЛА) коптерного типа [1] являются частным случаем таких систем. Сферы их применения: мониторинг окружающей среды, выполнение задач военного назначения, ведение фото- и видеосъёмки. На рисунке 1 изображён БПЛА, используемый для ведения фото- и видеосъёмки.



Рис. 1. БПЛА, используемый для ведения фото- и видеосъёмки

С ростом количества используемых БПЛА фиксируется рост несанкционированных полётов. Обнаружить БПЛА позволяют системы обнаружения, которые подразделяются на радиолокационные [2], радиочастотные, визуальные, тепловизионные [3], акустические, лазерные [4]. Каждый тип системы имеет преимущества и недостатки, представленные в таблице 1.

Таблица 1 Преимущества и недостатки систем обнаружения БПЛА

Тип системы	Преимущества	Недостатки
Радиолокационная	Высокая дальность обнаружения; Работа практически в любых погодных условиях; Большой сектор обнаружения.	Низкая эффективность для обнаружения малогабаритных и малозаметных БПЛА; Высокая стоимость; Возможны ложные срабатывания.
Радиочастотная	Обнаружение сигналов управления и передачи данных БПЛА; Пассивный режим работы (не излучает сигнал).	Зависимость от активности БПЛА (если дрон "молчит" — не обнаруживается); Ограниченный радиус действия.
Оптическая	Высокая детализация изображения; Не высокая стоимость; Простота интеграции с ПО для анализа.	Зависимость от освещения и погоды; Ограниченная дальность; Требуется прямая видимость.
Тепловизионная	Высокая эффективность в тёмное время суток и условиях плохой видимости; Обнаружение по тепловому излучению.	Низкая точность при высоких температурах окружающей среды; Высокая стоимость оборудования.
Акустическая	Пассивное обнаружение (не требует излучения); Эффективны в условиях отсутствия видимости; Низкая стоимость системы	Средняя дальность обнаружения; Чувствительность к фоновым шумам;
Лазерная	Высокая точность измерения расстояния и скорости; Устойчивость к радиопомехам.	Ограниченная дальность в дождь, туман; Требуется точного наведения; Высокая стоимость.

Принцип работы акустических систем обнаружения БПЛА коптерного типа основан на анализе звуковых сигналов, генерируемых их двигателями и пропеллерами. Эти системы используют пассивный метод детектирования, что делает их более энергоэффективными и скрытными по сравнению с радиолокационными системами.

Основными источниками шума у коптеров являются: электродвигатели, пропеллеры, аэродинамические эффекты на краях лопастей.

Особенностями звукового профиля спектра являются уникальные пики в спектрограмме, связанные с числом лопастей и конфигурацией беспилотника. Спектральной особенностью также

является модуляция различных частот при изменении скорости вращения моторов, например, при маневрировании. На рисунке 2 представлена спектрограмма, полученная при взлёте БПЛА коптерного типа.

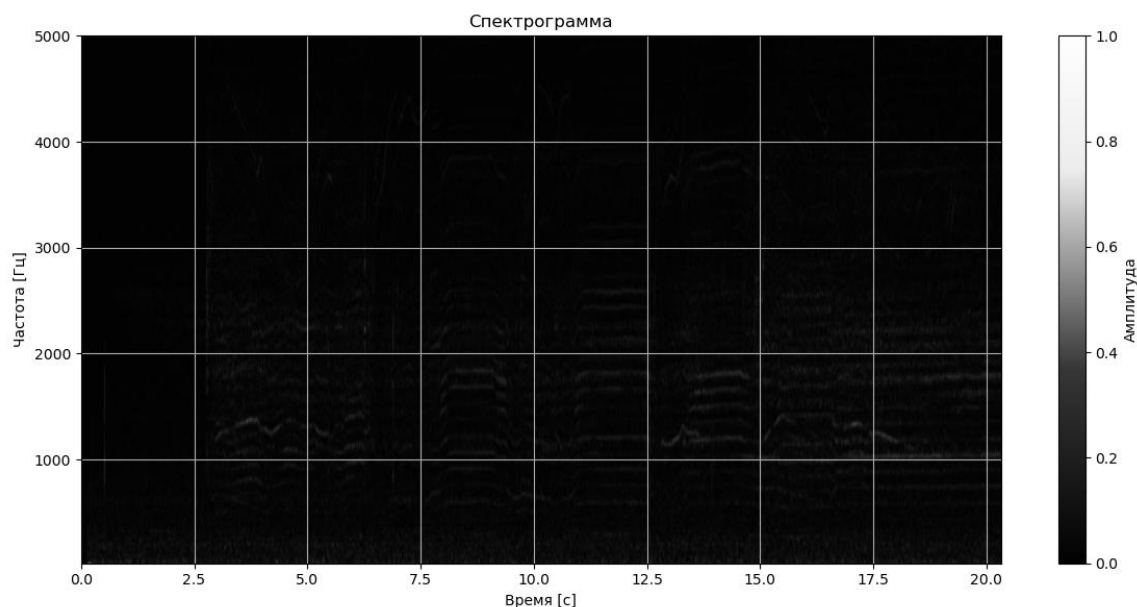


Рис. 2. Спектрограмма БПЛА коптерного типа при взлёте

Структура разрабатываемой системы

Система представляет из себя программно-аппаратный комплекс. Предлагаемая структура программно-аппаратного комплекса, представлена на рисунке 3.

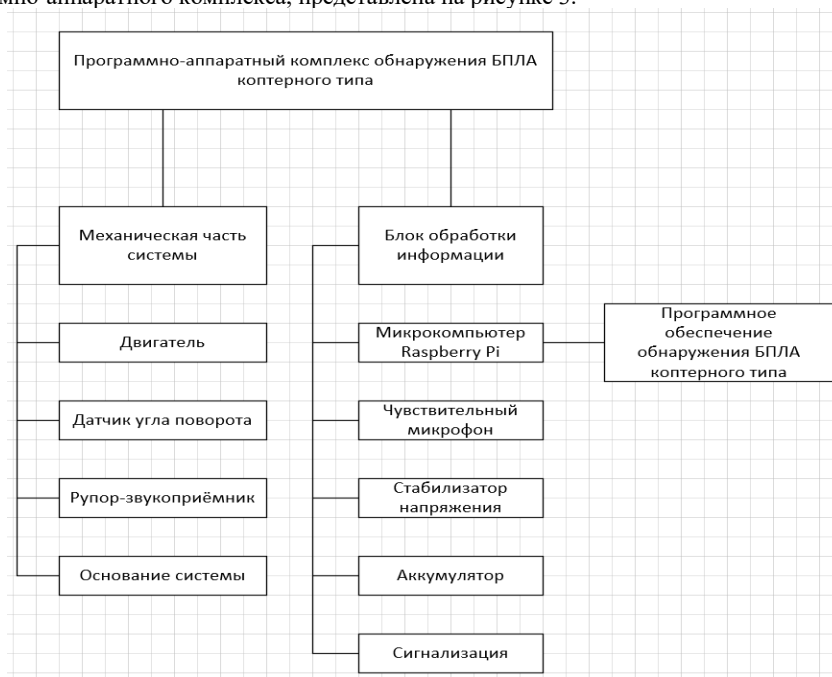


Рис. 3. Структура разрабатываемого устройства

В механическую часть программно-аппаратного комплекса входят:

- двигатель, предназначенный для вращения направленного чувствительного микрофона с рупор-звукоприёмником;
- датчик угла поворота;
- основание системы, обеспечивающее устойчивость системы;
- рупор-звукоприёмник, обеспечивающий усиление звука.

В блок обработки информации программно-аппаратного комплекса входят:

- микрокомпьютер Raspberry Pi, осуществляющий цифровой анализ сигнала. На микрокомпьютере устанавливается программное обеспечение для непрерывного мониторинга воздушного пространства, обеспечивающее своевременное предупреждение о приближающемся беспилотном летательном аппарате;

- чувствительный микрофон, обеспечивающий приём звукового сигнала;
- аккумулятор, используемый для питания системы;
- стабилизатор напряжения, обеспечивающий заданное напряжение на выход;
- сигнализация, представляющая из себя яркую лампу и динамик. В случае обнаружения БПЛА, срабатывает звуковое и световое оповещение.

Алгоритм обработки сигналов

Алгоритм обработки сигнала представлен на рисунке 4. Стоит отметить, что алгоритм применяется единожды для новой записи, после чего база данных дополняется последовательностью хешей для определённого БПЛА коптерного типа.



Рис. 4. Алгоритм обработки эталонного звука

Необходимо более подробно рассмотреть все шаги разработанного алгоритма.

1. Запись эталонного звука в формате WAV в беззвонной камере. Звук должен быть записан при разных профилях работы БПЛА: при 100% мощности работы всех двигателей, при горизонтальном полёте на максимальной скорости, при зависании в одной точке, при поворотах. Чем длительнее запись, тем больше последовательности хешей, но больше вычислительные затраты;

2. Обработка аудио-сигнала с помощью быстрого преобразования Фурье (БПФ);

3. Разделение записи на окна, установка перекрытия окон. Размер окна имеет важное значение. Чем он больше, тем точнее находятся амплитудные пики, но медленнее реакции системы на изменение частоты;

4. Нахождение амплитудных пиков и соответствующих им частот. Задаётся порог амплитуды для расчёта главных амплитудных пиков. Построение карты созвездий – частотно-временного графика, на оси абсцисс которого указано время, на оси ординат – частота пика. Пример карты созвездий аудиозаписи взлёта БПЛА коптерного типа представлен на рисунке 5;

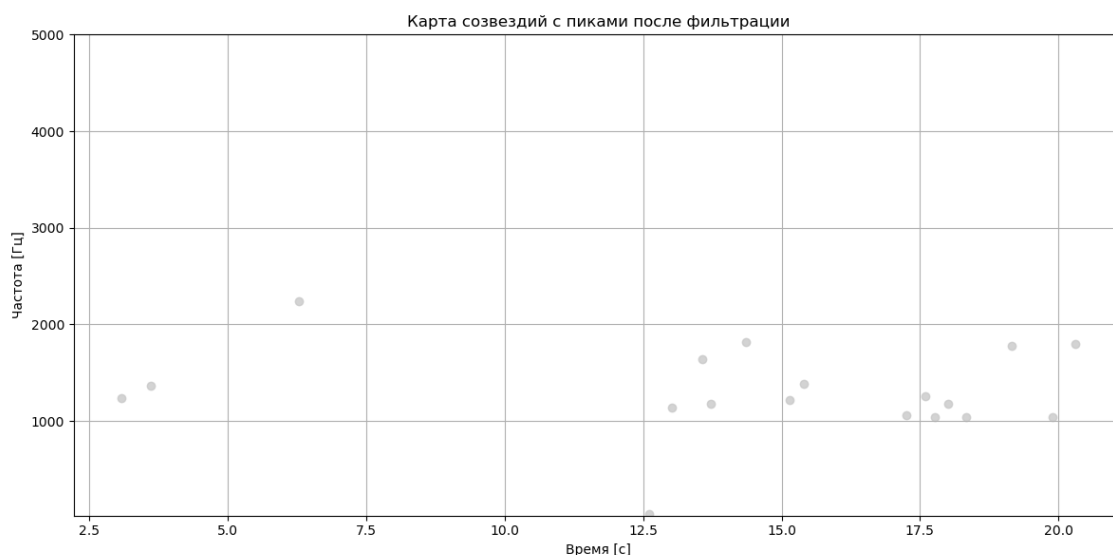


Рис. 5. Карта созвездий БПЛА коптерного типа при взлёте

5. Разработка хеш-функции, с помощью которой составляется последовательность хешей. Этот пункт является очень важным, хеш-функции должны быть разработаны под условия эксплуатации. Чем эффективнее будет алгоритм нахождения хешей, тем точнее и быстрее будет обнаруживаться БПЛА, и затраты электроэнергии будут меньше.

6. Анализ потокового сигнала. Сравнение последовательности хешей потокового звука и эталонных записей из базы данных.

Для обнаружения БПЛА и определения модели коптера из базы данных, другой программой производится поиск совпадений последовательности хешей с последовательностями из базы данных. Чем длиннее совпавшие последовательности хешей, тем больше вероятность правильного обнаружения. Пороговое значение минимальной длины последовательности совпавших хешей рассчитывается для отдельных условий эксплуатации и назначения.

Предложения по улучшениям

1. Использование алгоритмов машинного обучения совместно с алгоритмом обнаружения по последовательности хешей;

2. Разработка адаптивных алгоритмов. Реализация самообучающейся системы, которая динамически обновляет эталонные шаблоны в зависимости от изменения характеристик новых БПЛА;

3. Разработка алгоритма оптимизации размещения устройств в зависимости от рельефа местности для обнаружения обеспечения заданной точности обнаружения и покрытия выбранной территории;

4. Использование гибридных методов триангуляции для увеличения точности определения координат БПЛА;

5. Совместная обработка сигналов с нескольких систем обнаружения для компенсации ограничений по дальности;

6. Объединение акустических систем с радиолокационными, оптическими, тепловизионными, или радиочастотными;

7. Интеграция дронов-перехватчиков в систему. Например, система перехвата БПЛА «Молот». Автоматическая передача координат от акустической системы к дронам-перехватчикам.

8. Разработка надёжных методов передачи координат между несколькими устройствами. Обеспечение связи между устройствами системы возможно с помощью проводного метода, а также беспроводного. Также возможно объединение устройств в единую mesh-сеть.

Заключение

Рост популярности и доступности БПЛА коптерного типа привел к увеличению числа случаев их несанкционированного использования, что создает угрозы для безопасности критической инфраструктуры, промышленных объектов и военных объектов. Традиционные методы обнаружения, такие как радиолокационные или оптические системы, не всегда эффективны в условиях городской застройки, лесопосадок, ограниченной видимости или при работе с малогабаритными дронами. Поэтому было решено разработать систему, обеспечивающую акустическое обнаружение малогабаритных БПЛА.

Научный руководитель — к. т. н., доцент, В.С. Иванов

Библиографический список

1. Антти, С. Беспилотники: автомобили, дроны, мультикоптеры / С. Антти. — Москва : ДМК Пресс, 2018. — 120 с. — ISBN 978-5-97060-662-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/107894> (дата обращения: 24.02.2025).
2. Лозовский, И. Ф. Теория и техника радиолокации : учебное пособие / И. Ф. Лозовский. — Новосибирск : НГТУ, 2022. — 216 с. — ISBN 978-5-7782-4774-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/404444> (дата обращения: 24.02.2025).
3. Обнаружение беспилотных летательных аппаратов с помощью тепловизионной техники / М. С. Андриященко, А. М. Голик, С. А. Сахнов, С. Н. Терешин // Робототехника и техническая кибернетика. — 2024. — Т. 12, № 3. — С. 194-201.
4. Лазерные системы обнаружения БПЛА / И. Н. Алешин, М. С. Андриященко, С. А. Сахнов, С. Н. Терешин // Актуальные проблемы защиты и безопасности : Труды XXVII Всероссийской научно-практической конференции, Михайловская военная артиллерийская академия, АО "НПО Спецматериалов", 01–04 апреля 2024 года. — Санкт-Петербург: Российская академия ракетных и артиллерийских наук, 2024. — С. 453–459.

УДК 004.896

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ КОГНИТИВНОЙ СИСТЕМЫ В СОЧЕТАНИИ С НЕЙРОСЕТАМИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМИ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ

Д.М. Ядыкина, П.А. Панилов

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Последние годы заметна популярность автомобилей с встроенным автопилотом, с развитием нейронных сетей количество и разнообразие моделей только увеличивается, однако все так же актуальным остается вопрос минимизации ошибок модели в реальном времени и качество взаимодействия автономных систем с человеком на дороге. В индустрии внедряются решения с использованием когнитивных подходов для моделирования принятия решений, чтократно повышает как уровень сложности агента, так и его способность в адаптации к сложным ситуациям [1,2].

Целью данной работы является предложение модели, основанной на когнитивной архитектуре SOAR и использующей нейронные сети в качестве дополнительного инструмента. В связи с этим выбор конкретной нейронной сети не является ключевым аспектом данного исследования. В работе будут рассмотрены задачи, стоящие перед нейронными сетями в рамках предложенного подхода, а также приведены реализации двух типов нейронных сетей: сверточной (CNN) и глубокой нейронной сети Double Deep Q-Network (DDQN). Проведен краткий анализ наиболее подходящих типов нейронных сетей в контексте требований модели [3,4].

Внедрение методов когнитивного моделирования позволяет достичь гибкости при принятии решений. Таким образом при выборе когнитивной архитектуры базисным методом имеем агента с высоким процентом адаптивности к динамической среде. В качестве архитектуры выбрана SOAR (State, Operator And Result).

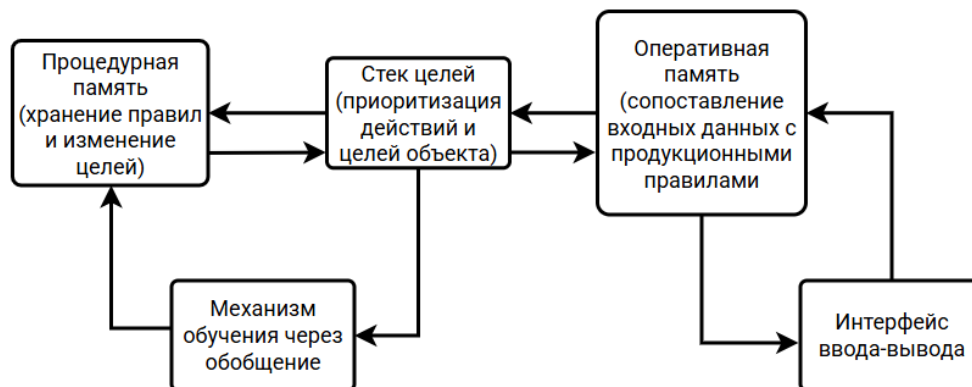
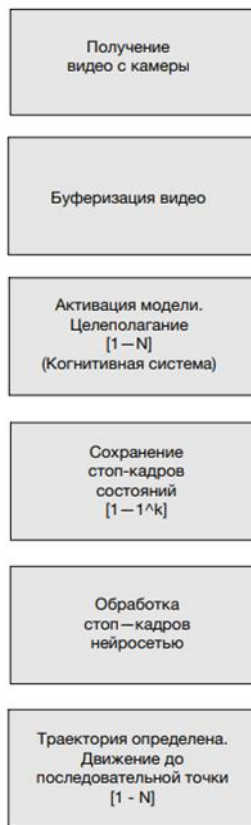
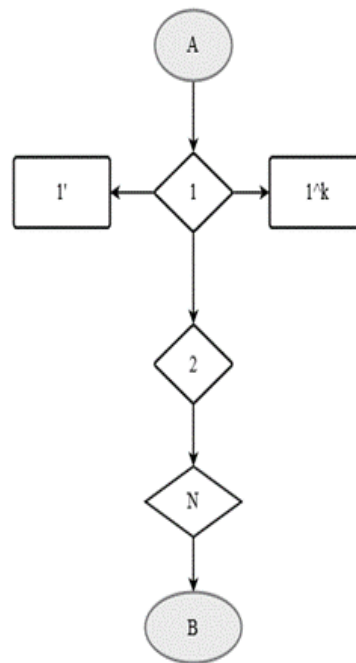


Рис. 1 Архитектура модели SOAR

Архитектура представлена на Рис. 1. SOAR включает в себя механизм инкрементального обучения и вывода, посредством чего возможна оптимизация построения траектории движения объекта. Благодаря аналитическому ресурсу когнитивного моделирования при планировании маршрута возможно из точки А рассчитать метрики отклонения от траектории [5,6]. Абстрактные, говорящие об уровне качества работы модели, такие как угол отклонения вектора $[1 - 1']$ от основной траектории А – В. Физические, как время в дороге, энергозатраты и прочие.



а)



б)

Рис. 2 Логика работы модели - а) последовательность действий, б) передача состояний

Логика работы модели приведена на Рис. 2. Пункт а) иллюстрирует последовательность действий от получения состояния среды до реализации движения объектом до следующей точки [1 - N] траектории; пункт б) демонстрирует траекторию A-B с подпунктами [1 - N]. Главные пункты являются вводными данными, пункты [1 - N] определяются системой SOAR, траектория [1 - 1^k] на рис. 2 б) определяется архитектурой и передается в нейронную сеть, как тензоры состояний по каждой из возможных точек [1 - 1^k] на траектории A-B. Состояние, передаваемое в сеть, определяется из стоп-кадра посредством буферизации и последующей конволюции.

Таким образом интеллектуальная система имеет на входном потоке видео, а нейронные сети обрабатывают статичное состояние. Подобное разделение подаваемых форматов позволяет получить от работы обоих методов целеполагания максимальную пользу без потерь во времени обработки и реализации внушительных вычислительных мощностей, которых требует подход когнитивного моделирования SOAR, при этом не лишаясь возможности повысить гибкость адаптивной системы в целом, посредством делегирования принятия решений по требующим быстроты и не столь высоко абстрактным задачам целеполагания [1 - 1^k] нейронной сети.

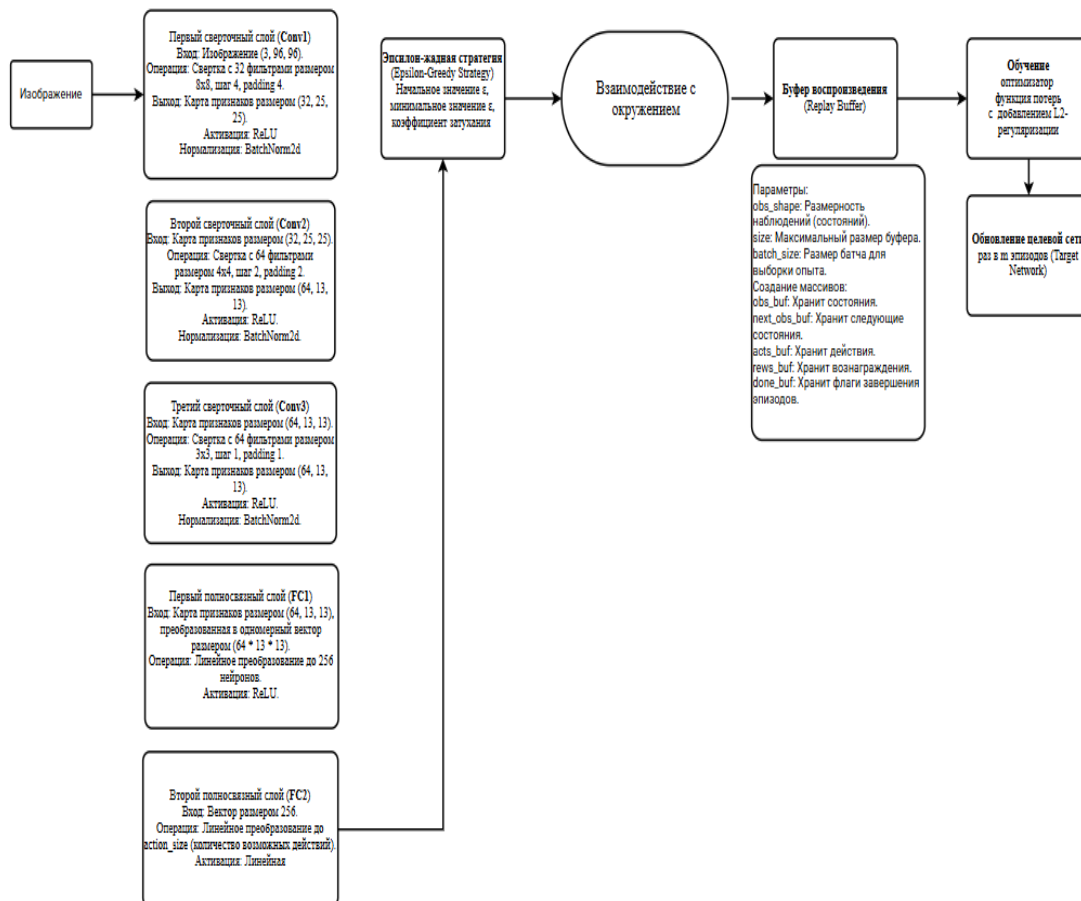


Рис. 3 Архитектура алгоритма DDQN

Нейронные сети предполагается использовать для решения двух задач:

1. выбора траектории: точка на данный момент – точка, из множества предложенных когнитивной архитектурой

([N – N_k] на рис. 2) - Double Deep Q-Network (DDQN);

2. извлечения признаков из изображения (стоп-кадра) - Convolutional Neural Network (CNN).

Архитектура алгоритма DDQN представлена на Рис. 3. Признаки извлекаются посредством трех сверточных слоев с использованием активации ReLU (Rectified Linear Unit) и нормализации BatchNorm2d. Функция активации ReLU применена для стабилизации обучения, так как она ограничивает выходные значения снизу, что помогает решить проблему взрывающихся градиентов. Кроме того, внедрение нелинейности в модель повышает уровень адаптивности агента в среде с комплексными пространственными зависимостями. Метод BatchNorm2d используется для нормализации выхода каждого слоя, что помогает поддерживать среднее значение и дисперсию выходов на постоянном уровне. Это

способствует повышению стабильности градиентного спуска, улучшая сходимость модели. Снижает чувствительность модели к инициализации весов, что способствует предсказуемости обучения.

В качестве метода оценки Q-значений действий используются два полносвязных слоя. Для выбора действий предлагается использовать эпсилон-жадную стратегию с подбором гиперпараметров; с вероятностью эпсилон выбирается случайное действие, являя собой подход исследования, с вероятностью эпсилон минус один выбирается действие с максимальным Q-значением (использование).

Реализация двойной DQN сети позволяет разделить методы вычисления целевых Q-значений и текущих состояний, обновление целевых Q-значений происходит с использованием другой сети для выбора действия, что уменьшает переоценку ценности действий. Основная модель используется для получения текущих значений, целевая модель используется для получения максимальных значений из следующего состояния.

Комбинация двух подходов: когнитивных моделей и нейронных сетей позволяет решать модели задачи более высокого уровня абстракции. В контексте DDQN и SOAR сочетается долгосрочное планирование с быстрой реакцией агента. Сеть фокусируется на обучении через оценку Q-значений, когнитивный процесс с другой стороны предоставляет возможность интегрировать высокоуровневые цели и абстракции. В связи с этим предложена методология реализации автопилота, в рамках которого когнитивная архитектура отвечает за целеполагание от начальной точки до пункта назначения. Сети используются в качестве обработки статичного состояния из предложенных траекторий.

Научный руководитель – д.п.н, доцент Т.Ю. Цибизова

Библиографический список

1. Тюрин, А. С. Разработка программного SOAR модуля в ITSM-системе / А. С. Тюрин // Хроники цифровых трансформаций : Материалы трех конференций: 2-х межфакультетских круглых столов и Материалы межфакультетского научного семинара, Москва, 17–28 февраля 2022 года. Том Выпуск 1. – Волгоград: ИП ЧЕРНЯЕВА ЮЛИЯ ИГОРЕВНА (Издательский дом "Сириус"), 2022. – С. 77-80.
2. Пролетарский А. В., Скворцова М. А., Терехов В. И. Гибридная интеллектуальная система оценки рисков на основе неструктурированной информации. Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2017. № 1. С. 66-74.
3. Брумштейн Ю. М., Молимонов Д. А., Кривенко А. И., Гроцкая А. Ю. Системный анализ целей, направлений и технических решений для исследования процессов зрительного восприятия и памяти человека. Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии - ФРЭМЭ'2020: XIV Междунар. науч. конф. (Владимир-Суздаль, 1-3 июля 2020 г.) Владимир: ВлГУ, 2020. С. 336-341.
4. Панилов, П. А. Когнитивные рефрейминги в предвидении и предотвращении мультиплексных угроз критической инфраструктуре / П. А. Панилов // Виртуальная коммуникация и социальные сети. – 2024. – Т. 3, № 4(12). – С. 316-325.
5. Абузяров А. А., Макаров А. А. Применение и сравнение эволюционных алгоритмов в рамках задачи обучения с подкреплением для неустойчивых систем // Инженерный вестник Дона. 2023. № 6 (102).
6. Самойлов, В. Е. О методике сравнительного анализа решений класса SOAR / В. Е. Самойлов, Ю. В. Егоров // Вестник современных цифровых технологий. – 2023. – № 17. – С. 42-49.

УДК 004.056

ТИПЫ ВОЗМОЖНЫХ АТАК И МЕРЫ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТЕСТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ПРОНИКНОВЕНИЕ

Г.В. Янковский, А.А. Ковтун, Е.Р. Землянская

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» имени Д.Ф. Устинова

На сегодняшний день без IT-инфраструктуры не обойтись: предприятия и учреждения промышленности, торговли, образования, здравоохранения имеют свои информационные системы, которые обрабатывают персональные данные, служебную или секретную информацию. В обработке большого объема данных чаще внедряют использование служб с искусственным интеллектом. К сожалению, компьютерные системы не совершенны. В зависимости от качества исходного кода используемых цифровых продуктов вычислительные машины могут иметь уязвимости, которые приводят к утечкам информации или отказе в обслуживании.

Как правило, негативные последствия происходят из-за удаленного исполнения кода в том или ином виде. Злоумышленники, воспользовавшись «Remote Code Execution» уязвимостями, могут запустить вредоносное ПО. [1] Получив полный контроль на уровне ядра операционной системы над скомпрометированным устройством, киберпреступники способны похитить персональные данные, изменить, удалить или зашифровать используемые базы данных, распространить вредоносное ПО как во внутренних (локальных), так и в Интернет-сетях, а также модифицировать низкоуровневые прошивки встроенного программного обеспечения подконтрольного устройства (например, BIOS или UEFI, напрямую в память EEPROM или FLASH устройств), включая чипсеты, PCI-устройства (например, видеокарты), SATA-устройства (жесткие диски, твердотельные накопители).

После нахождения уязвимости, злоумышленники могут использовать для удаленного управления устройством инструменты, позволяющие выполнять команды через программу – командную оболочку («remote shell»). [2] В случае, если уязвимое устройство недоступно напрямую из-за настроек межсетевого

экрана, вредоносными программами создаются так называемые «reverse shells» («обратные оболочки»). Подобные оболочки инициируют самостоятельно сессию взаимодействия для исполнения команд, подключаясь к серверам киберпреступников.

Наиболее распространенным типом атак, который приводит к удаленному исполнению кода, является инъекционный тип. [3] Подразделяется на атаки внедрения кода в SQL (SQL-инъекции), XML (XML- или XPath- инъекции), командные оболочки и интерпретаторы (Bash- и любые Shell- инъекции, PHP-инъекции), серверы почтовых служб (IMAP-/SMTP- инъекции), CRLF- (символы возврата каретки), сервер «Lightweight Directory Access Protocol» (LDAP-инъекции) и другие языки и службы. Киберпреступники подставляют в тело запроса на сервер специальную строку или набор символов, приводящий к неверной обработке и вредоносному поведению со стороны сервера.

Server-Side Request Forgery (SSRF) – ещё один схожий с инъекционными тип атак на проникновение, при которой злоумышленник может отправлять фальшивые запросы с сервера на ресурсы сетей, в которых находится уязвимая машина. Например, это могут быть манипуляции при рендеринге мультимедиа файлов и документов (конвертацией из HTML в PDF на сервере можно получить содержимое внутренних файлов, если не исключить использование таких HTML-элементов, как `iframe`, `script` и тому подобных).

Insecure Direct Object Reference (IDOR) атаки используются для получения информации о ресурсах, к которым не должно быть доступа. [4] Злоумышленники могут подобрать параметры для веб-запроса и получить информацию о других объектах в системе. Например, о пользователях и записях с помощью перебора некоторых целых чисел, которые выступают в качестве идентификаторов.

Для защиты от инъекционных атак и SSRF разработчиками информационных систем применяются различные меры, среди которых наиболее важной является проверка корректности всех входных данных от клиентской стороны. В случае, если в форме ввода данных ожидается только конечное значение из определенного списка, то на сервере должна проводиться проверка из этих значений – остальные варианты не должны быть обработаны в системе. Во избежания интерпретации данных программами как исполняемого кода необходимо обрабатывать входящий трафик с помощью экранирования символов (например, заменять кавычки, символы угловых скобок на специальные комбинации, используемые только для визуального отображения). Для безопасной передачи запроса к СУБД необходимо использовать подход, который разделяет код запроса и используемые данные (так называемые «подготовленные» или «параметризированные» запросы). В некоторых случаях используется поиск совпадения текста по шаблону или маске (так называемые «регулярные выражения») для проверки дат, адресов электронной почты и другой информации. В случае с IDOR, требуется корректная проверка аутентификационных данных (если у пользователя нет доступа, то запрос должен быть отклонён). Конфиденциальная информация не должна быть в открытом доступе в случаях, когда можно перебрать ключ за разумное время.

При наличии программно-аппаратного гипервизора с минимальными шансами наличия уязвимостей (как известных, так и «нулевого дня») можно использовать виртуализацию для изоляции веб-служб. Дополнительно можно ввести потенциально уязвимый сервер в контур DMZ-сети, отделяющей общедоступные службы от внутренней компьютерной инфраструктуры. Использование скомпрометированного узла для заражения других компьютеров в подобной сети будет сложнее для злоумышленников.

XSS (или «межсайтовый скриптинг») – это атака, при которой злоумышленник может внедрить вредоносный код в клиентскую часть веб-сайта. [5] При успешной XSS-атаке у киберпреступника есть возможность подменять всё содержимое загруженных страниц сайта и локального хранилища, а также выполнять HTTP-запросы с использованием чужих учетных данных, что позволяет совершать действия от имени пользователя-жертвы и получать доступ к конфиденциальной информации. Внедряемый код может быть безвредным для серверной части и нацеленным на веб-браузер. На рис. 1 продемонстрирована схема с примером подмены поведения веб-сайта банка.

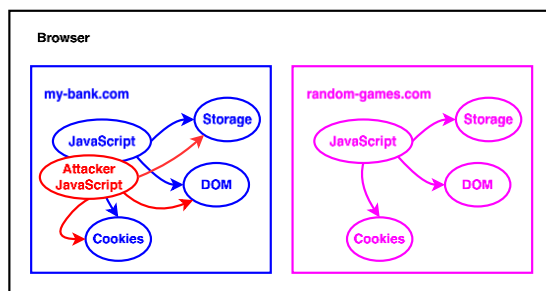


Рис. 1. Схема атаки

Существует ещё один тип атаки, который называется «Cross Site Request Forgery» (CSRF) или «межсайтовая подделка запроса». Данная атака применяется для выполнения действий на сторонних ресурсах от имени другого человека (например, онлайн-банки, электронную почту и другие сервисы). Атакующий пользователь посещает сайт злоумышленника, на котором выполняется вредоносный код в клиентской части веб-страницы, создающий запросы на сторонние незащищенные ресурсы. [6]

Для защиты от XSS и CSRF требуется не только устранить уязвимости на серверной части (действия аналогичны защите от инъекционных атак, для предотвращения CSRF требуется корректная обработка «Cross-Origin Resource Sharing» заголовков, а также формирование CSRF-токенов в формах ввода данных), но и принять меры по безопасному использованию веб-браузера. Современные движки интернет обозревателей имеют возможность смены профиля текущего пользователя, позволяя разделять рабочие простран-

ства (например, отдельные для работы и дома). В веб-браузере Mozilla Firefox реализована система контейнеров, которая позволяет параллельно открывать вкладки в независимых друг от друга окружениях (разделены cookies и внутреннее хранилище данных веб-сайта на клиентской стороне). Таким образом, можно загружать потенциально небезопасные веб-страницы в отдельном контейнере, из которого не будут доступны конфиденциальные данные.

Denial-of-service (DOS) или Distributed denial-of-service (DDOS) атаки нацелены на отказ в обслуживании для всех пользователей информационной системы. Как правило, злоумышленники посылают большое количество запросов на выполнение длительной процедуры серверной программы (например, обработка медиафайлов, большого количества текста и других данных). В случае с распределенной атакой, киберпреступники используют целые компьютерные сети, посылающие большое количество запросов на сервер с разных компьютеров.

В качестве защитных мер разработчики информационных систем устанавливают время ожидания перед повторным выполнением затратного запроса. Подключенные системы для определения роботизированного трафика (например, системы CAPTCHA) позволяют снизить количество вредоносных запросов. Брандмауэр веб-приложений (Web Application Firewall, WAF) также может помочь противостоять подобным атакам. Можно добавить фильтры для отбрасывания пакетов и снизить ICMP-, SYN- и UDP-флуд.

Информационные системы с внедренным искусственным интеллектом также подвержены манипуляциям со стороны злоумышленников. [7] Большие языковые модели подвержены промпт-инъекциям. Киберпреступник может использовать в запросе вредоносные инструкции, которые заставят модель игнорировать первоначальные цели при обучении и выполнить несанкционированные действия. В частности, модель может выдать оскорбительный или социально нежелательный контент, раскрыть данные о внутренней среде исполнения и конфиденциальную информацию (например, о пользователях языковой модели, их запросах), выполнить произвольный код (если БЯМ имеет доступ к внешним системам, например, к сети, прикладным программам или ядру операционной системы).

Скомпрометированный вывод больших языковых моделей может быть использован в цепочке с другими уязвимостями. Например, злоумышленник может использовать ответы языковой модели в связке с инъекциями и атаковать модули информационной системы, в которую внедрен искусственный интеллект. Языковые модели можно использовать при DOS или DDOS-атаках, т.к. на вычисление ответа требуется значительное количество времени и ресурсов.

Обучаемые на пользовательских данных языковые модели могут получать на вход «отравленные» данные, которые в дальнейшем не позволяют корректно производить классификацию объектов, в том числе синтез текста и медиаматериалов.

Для защиты языковых моделей требуется внедрить механизмы, ограничивающие ввод вредоносных данных, а также поместить веб-службы в изолированные системы (виртуальные машины или контейнеры) с минимальным или нулевым взаимодействием с внешними службами, базами данных, компьютерными сетями.

В общем случае наличия сторонних зависимостей от библиотек, программ, служб (в том числе веб-служб), необходимо следить за актуальными версиями цифровой инфраструктуры и предпринимать меры при наличии известных уязвимостей и отсутствии корректирующих обновлений. В некоторых пакетных менеджерах, таких как NPM, реализованы инструменты проверки на наличие уязвимых пакетов с предложением обновления до последней актуальной версии с корректировками. Среди открытого программного обеспечения существует инструмент osv-scanner, который получает информацию с базы данных OSV о наличии уязвимостей по списку заданных библиотек, фреймворков, программ (например, поиск уязвимостей в списке зависимостей для Java/Maven или PHP/Composer проектов, в файлах pom.xml и composer.json соответственно). [8] На рис. 2 продемонстрирован список уязвимостей для проекта Laravel и Vue.js без обновлений в течение 12 месяцев – предоставляются ссылки с детализацией проблемы, оценкой серьезности по стандарту CVSS версии 3.1, категорией, наименованием компонента и его версии.

OSV URL	CVSS	ECOSYSTEM	PACKAGE	VERSION	SOURCE
https://osv.dev/GHSA-gv9v-rqg6-548h	8.7	Packagist	laravel/framework	v10.42.0	composer.lock
https://osv.dev/GHSA-c2pc-g5qf-rfrf	7.5	Packagist	league/commonmark	2.4.1	composer.lock
https://osv.dev/GHSA-j1t3-p0hm-6w6g	6.3	Packagist	nesbot/carbon	2.72.2	composer.lock
https://osv.dev/GHSA-mr4x-rp3w-jpjp	3.1	Packagist	symfony/http-foundation	v6.4.2	composer.lock
https://osv.dev/GHSA-9r9m-ffp6-9x4v	8.6	Packagist	symfony/process	v6.4.2	composer.lock
https://osv.dev/GHSA-9r9m-ffp6-9x4v	5.3	npm	@intlify/core-base	9.9.1	package-lock.json
https://osv.dev/GHSA-9r9m-ffp6-9x4v	6.9	npm	@intlify/shared	9.9.1	package-lock.json
https://osv.dev/GHSA-8hc4-vh64-cxmj	6.9	npm	axios	1.6.7	package-lock.json
https://osv.dev/GHSA-8hc4-vh64-cxmj	7.5	npm	braces (dev)	3.0.2	package-lock.json
https://osv.dev/GHSA-67mh-4wv8-2f99	5.3	npm	esbuild	0.19.12	package-lock.json
https://osv.dev/GHSA-cs1h-p0w6-6w6g	6.5	npm	follow-redirects	1.15.5	package-lock.json
https://osv.dev/GHSA-mwcw-c2x4-8c55	4.3	npm	nanoid	3.3.7	package-lock.json
https://osv.dev/GHSA-gc24-mw62-g86a	8.3	npm	rollup	4.9.6	package-lock.json
https://osv.dev/GHSA-8jhw-289h-jh2g	5.9	npm	vite	5.0.12	package-lock.json
https://osv.dev/GHSA-8jhw-289h-jh2g	6.4	npm	vite	5.0.12	package-lock.json
https://osv.dev/GHSA-9cwx-2883-4wfx	6.9	npm	vite	5.0.12	package-lock.json
https://osv.dev/GHSA-9cwx-2883-4wfx	6.5	npm	vite	5.0.12	package-lock.json
https://osv.dev/GHSA-9r9m-ffp6-9x4v	5.3	npm	vue-i18n	9.9.1	package-lock.json
https://osv.dev/GHSA-9r9m-ffp6-9x4v	6.9	npm	vue-i18n	9.9.1	package-lock.json

Рис. 2. Список уязвимостей, предоставленный инструментом osv-scanner

Современные информационные системы должны быть защищены от подобного рода кибератак для сохранности данных во избежание репутационных и финансовых проблем.

Библиографический список

1. Полное руководство по основам уязвимостей [Электронный ресурс] // Security Lab; URL: <https://www.securitylab.ru/analytics/533098.php> (дата обращения: 16.02.2025).
2. Энциклопедия Касперского, Remote shell [Электронный ресурс] // Kaspersky Encyclopedia; URL: <https://encyclopedia.kaspersky.ru/glossary/remote-shell/> (дата обращения: 16.02.2025).
3. БДУ - Типовые уязвимости веб-приложений [Электронный ресурс] // Федеральная служба по техническому и экспортному контролю; URL: <https://bdu.fstec.ru/webvulns> (дата обращения: 16.02.2025).
4. Cross Site Scripting (XSS) [Электронный ресурс] // OWASP Foundation; URL: <https://owasp.org/www-community/attacks/xss/> (дата обращения: 16.02.2025).
5. Уязвимости IDOR: что из себя представляют и как защититься от них свою платформу [Электронный ресурс] // Security Lab; URL: <https://www.securitylab.ru/analytics/542394.php> (дата обращения: 16.02.2025).
6. CSRF-уязвимости все еще актуальны [Электронный ресурс] // Хабр; URL: <https://habr.com/ru/companies/oleg-bunin/articles/412855/> (дата обращения: 16.02.2025).
7. Обзор уязвимостей для LLM. Часть 2. Защита [Электронный ресурс] // Хабр; URL: <https://habr.com/ru/companies/oleg-bunin/articles/870102/> (дата обращения: 16.02.2025).
8. OSV - Open Source Vulnerabilities [Электронный ресурс] // OSV; URL: <https://osv.dev/> (дата обращения: 16.02.2025).

УДК 004.057.4

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ETHERNET В КОМПЛЕКСНЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

Л.А. Цекало, С.А. Гейко

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Традиционным недостатком использования Ethernet в системах управления долгое время считался вероятностный характер доступа устройств к сети, не позволявший гарантировать передачу информации в заданные интервалы времени.

Изменения, внесенные в стандарт Ethernet в последние годы, радикально изменили эту ситуацию – обеспечена возможность обеспечить доставку данных с фиксированной задержкой: это свойство называется детерминизмом. Речь идёт о дополнениях, не только обеспечивающих возможность повышения быстродействия, но и позволяющих применять Ethernet в системах реального времени.

Целью данной публикации является исследование перспектив применения технологии Ethernet в комплексных системах управления (КСУ), анализ существующих промышленных протоколов передачи данных и оценка их преимуществ по сравнению с традиционными решениями. Рассматриваются возможности реализации детерминированной передачи данных и обеспечения гарантированного времени реакции, что делает Ethernet конкурентоспособным по сравнению с другими промышленными сетями.

1 Обоснование перехода на технологию Ethernet в системах управления

Современные сети Ethernet – это три основных компонента: помехоустойчивые производительные каналы передачи данных (оптоволокно, экранированная витая пара), высокоскоростные коммутационные устройства (переключатели и маршрутизаторы) и протоколы реального времени.

Главным недостатком сети Ethernet считается, что при её загрузке, превышающей 40%, задержка передачи данных, согласно рисунку 1 возрастает экспоненциально.

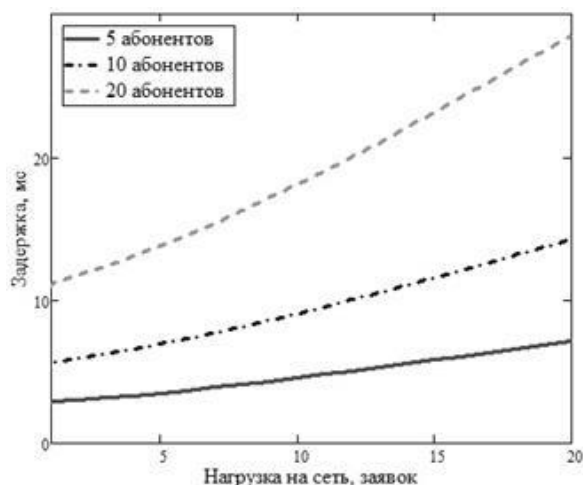


Рисунок 1 – График задержки передачи данных

Надежность сетей Ethernet обеспечивается введением избыточных компонентов в коммуникационные устройства, использованием резервных линий связи в соответствии со стандартом IEEE 802.1d, применением современных методов управления сетями.

Для обеспечения гарантированного времени реакции используют протоколы реального времени.

Благодаря повышенной пропускной способности, высокопроизводительным устройствам коммутации и маршрутизации, решению проблемы детерминизма, эта открытая технология является сильным конкурентом другим промышленным сетям и шинам. Как показывают независимые исследования [1], архитектура Industrial Ethernet не уступает другим промышленным сетям по большинству характеристик, в том числе и по гарантированному времени доставки сообщений.

Основные преимущества среды передачи данных Ethernet по сравнению с магистралью ГОСТ Р 52070-2003 («манчестер») – высокая скорость передачи данных (1 Мбит/с при длине шины не более 40 м), возможность использования высокопроизводительных коммутаторов (контроллеров сети), существенное сокращение требуемого оборудования и большое допустимое число абонентов [2]. Для передачи данных в КСУ используется специализированный протокол разделения ресурсов сети реального времени, обеспечивающий надежную и детерминированную передачу данных по каналам Ethernet.

Используемый специализированный протокол полностью управляет трафиком данных по сети для обеспечения работы в реальном масштабе времени. Для этого используется специальная технология разделения ресурсов сети, при которой каждому абоненту сети выделяется временной интервал и строгие права для передачи данных. В каждый такой временной интервал только один абонент имеет полный доступ к сети, что позволяет избавиться от коллизий и обеспечить детерминированность в работе. В дополнение к этому обеспечивается возможность асинхронной приоритетной передачи данных (внеплановые посылки).

2 Описание принципов передачи информации по сети Ethernet

Рассмотрим несколько промышленных протоколов для реализации в системах управления.

2.1 Протокол Ethernet Powerlink

Ethernet Powerlink – это промышленный протокол реального времени, который расширяет стандартный протокол Ethernet для обеспечения детерминированной передачи данных в системах управления. Для этого он использует временные циклы и механизм управления трафиком для обеспечения передачи данных с гарантированными временными задержками.

Протокол использует стандартные Ethernet-кабели и оборудование, все узлы в сети подключаются к коммутаторам. Цикл передачи данных делится на две фазы: фазу циклической передачи, где данные передаются строго по расписанию, что гарантирует минимальные задержки и на фазу асинхронной передачи. В ней оставшееся время цикла используется для передачи обычного сетевого трафика с меньшим приоритетом. Главный узел сети синхронизирует работу сети и управляет передачей данных между подчиненными узлами. Схема обмена информацией протокола приведена на рисунке 2.

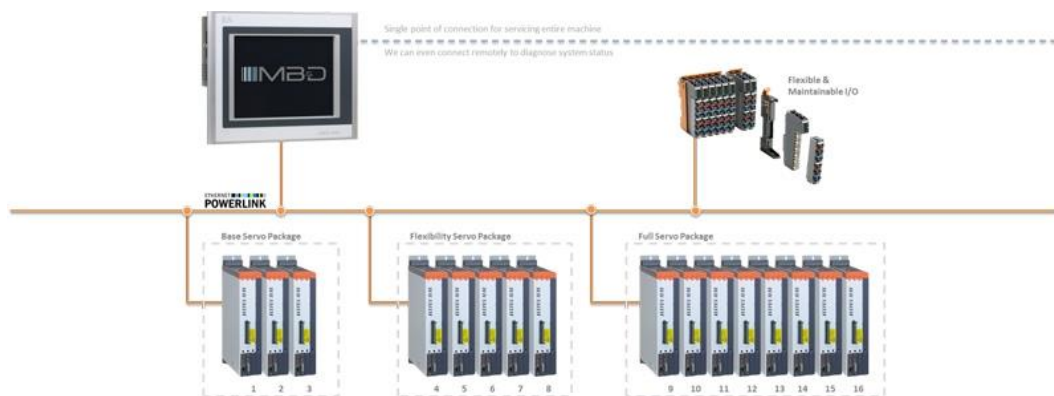


Рисунок 2 – Схема обмена информацией протокола Ethernet Powerlink

Основными преимуществами применения данного протокола являются:

- Использование стандартного Ethernet оборудования, что снижает затраты;
- Обеспечивает допустимо точные временные задержки, необходимые для управления оборудованием в режиме реального времени (милли- или микросекунды);
- Данный протокол является открытым и доступным для свободного использования.

2.2 Протокол EtherCAT

EtherCAT (Ethernet for Control Automation Technology) – промышленный протокол на основе Ethernet, оптимизированный для систем автоматизации, где требуется высокая скорость передачи данных, низкая задержка и точная синхронизация устройств. Схема обмена информацией протокола приведена на рисунке 3.

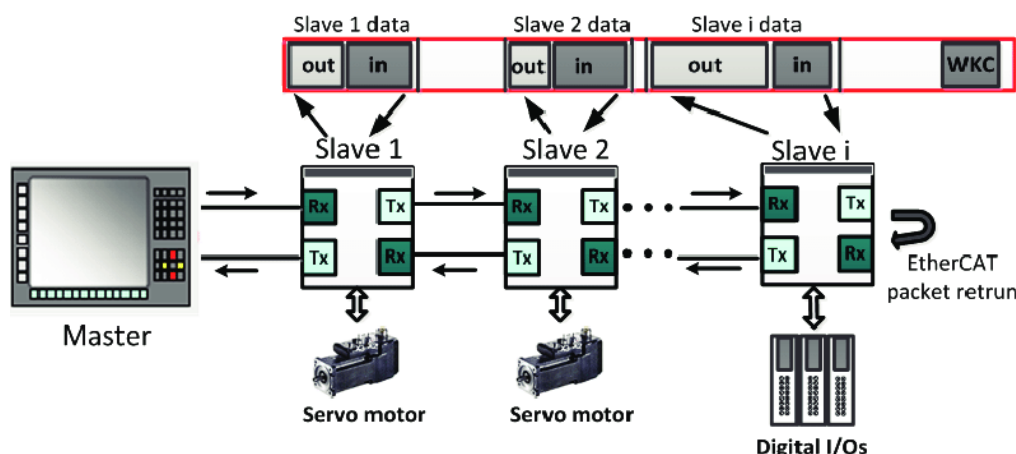


Рисунок 3 – Схема обмена информацией протокола EtherCAT

Данный протокол использует мастер-узел (Master) и ведомые устройства (Slaves). Передача данных организуется следующим образом: мастер отправляет один кадр, который проходит через все устройства в сети по порядку, затем каждое устройство обрабатывает только свою часть данных, изменяя кадр прямо во время его прохождения. Когда кадр возвращается к мастеру, он уже содержит данные от всех устройств в сети. Этот процесс повторяется в строго заданные временные интервалы, что обеспечивает детерминированность.

EtherCAT использует протокол синхронизации времени (Distributed Clocks), который обеспечивает точность синхронизации устройств до 1 микросекунды. Также поддерживает различные топологии (линейную, звезду, кольцо или их комбинации), что упрощает подключение устройств в сложных промышленных установках.

EtherCAT работает на физическом уровне стандартного Ethernet и использует витую пару, оптоволокно или стандартное Ethernet оборудование, однако для работы с EtherCAT требуется специальная реализация канального уровня с применением нестандартных Ethernet-коммутаторов.

2.3 Протокол Ethernet 100Base-TX

Протокол Ethernet 100Base-TX – стандарт Ethernet, который передает данные по витой паре. В основном применяется для обмена данными между контроллерами, сенсорами и приводами.

Обмен по сети осуществляется двумя типами посылок: планируемыми и внеплановыми. Планируемые посылки передаются в течение выделенного кванта времени. Объемы данных и моменты выдачи планируемых посылок распределяются в соответствии с выделенной полосой пропускания для каждого абонента. Внеплановые посылки могут передаваться в любой момент времени.

Протокол обладает следующими преимуществами: высокая скорость передачи информации (до 100 Мбит/с), доступность и простота развертывания, поддержка дуплексного режима, совместимость с более старым оборудованием.

Для сети с максимальным количеством абонентов 254 протокол гарантировано обеспечивает передачу одного планового сообщения длиной до 1500 байт для каждого абонента сети, при этом минимальная пропускная способность с учетом длительности цикла 50 мс составляет 20 сообщений в секунду, что соответствует 30 Кбайт в секунду. Максимальная пропускная способность, доступная для одного абонента в течение цикла передачи данных, составляет 250000 байт за 50 мс, что соответствует 5Мбайт в секунду.

Протокол имеет встроенные средства резервирования, обеспечивающие автоматический выбор сети для передачи данных. Широковещательные посылки данных выполняются по всем сетям одновременно. Адресные посылки выполняются от абонента к абоненту по исправному сетевому каналу с равномерным распределением сетевых ресурсов между каналами. При наличии перекрестных отказов, когда один абонент или группа абонентов недоступны в одной сети, и некоторая часть абонентов (отличная от первой) недоступна по другой сети, используется специальный порядок обмена. В этом случае планировщик обмена в канале осуществляет ретрансляцию сообщений из этих групп абонентов в соответствующие сети.

Основываясь на преимуществах вышеперечисленных протоколов нетрудно сделать выбор в пользу Ethernet 100Base-TX, так как он обладает высокой скоростью передачи данных, точностью синхронизации

между узлами (до 1 мкс), не требует коммутаторов, так как данные передаются по цепочке между устройствами.

Рассмотрим прикладной уровень протокола и функции резервирования подробнее:

2.3.1 Описание прикладного уровня протокола

Для передачи данных (команды управления, текущие значения параметров, состояние арматуры и механизмов, результаты диагностики и т.п.) в системе используется два основных способа передачи информации: широковещательная рассылка и адресная передача.

Широковещательным способом передаются данные о состоянии объекта управления (ОУ) – текущие значения параметров и команды управления. Это позволяет максимально быстро и с минимальной загрузкой каналов передачи выполнить доставку информации по нескольким адресам (практически всем подключенным к каналу одновременно).

Надежность доставки обеспечивается комплексом мероприятий на прикладном и транспортном уровне протокола (отправка по трем маршрутам (каналам передачи), контрольные суммы по пакетам (защита целостности), нумерация пакетов, повторная передача и т.п.). Основным режим передачи обычный – планируемые посылки (см. описание транспортного уровня протокола).

Адресная передача используется для доставки данных одному адресату. Такой способ передачи предпочтителен для однократных (по событию) передач информации и небольшому числу абонентов. При использовании «интеллектуальных» коммутационных устройств сети (переключатели (switch) и маршрутизаторы (router)) адресный способ передачи позволяет оптимально использовать канал передачи данных (справедливо только при малом числе адресатов, при большом предпочтительнее широковещательный способ передачи).

Режимы передачи – аварийный (внеплановые посылки – см. описание транспортного уровня) и обычный – плановые посылки. В аварийном режиме передается особо важная информация (например сигналы АЗ). Аварийные сигналы (АС) передаются внеплановыми широковещательными послылками (без шлюзов). Остальные сигналы передаются в плановом режиме.

2.3.2 Описание функций резервирования

Функции резервирования сетевых каналов, встроенные в протокол, обеспечивают использование двойного и тройного резервирования сетей. Для обеспечения функций резервирования сети используется одновременная (в пределах возможного для программной реализации) передача синхронизирующих посылок по всем резервируемым сетям. Выдача обязательных ответных пакетов и передача любых широковещательных посылок происходит также по всем резервируемым сетям. Адресные посылки передаются по заданной в синхронизирующей посылке сети, что обеспечивает уменьшение задержек передачи адресных сообщений в резервированных сетях. Специальный порядок обмена используется при наличии перекрестных отказов, когда один абонент или группа абонентов недоступны в одной сети, и некоторая часть абонентов (отличная от первой) недоступна по другой сети. В этом случае планировщик обмена в канале осуществляет ретрансляцию сообщений из этих групп абонентов в соответствующие сети. Для фильтрации копий пакетов, которые могут возникать при таком порядке обмена, используются уникальные идентификаторы пакетов. Идентификаторы формируются на передающем абоненте и содержатся в заголовке каждого передаваемого пакета.

В данной работе рассмотрены основные принципы передачи информации по сети Ethernet в системах управления, а также детально проанализированы различные промышленные протоколы, такие как Ethernet Powerlink, EtherCAT и Ethernet 100Base-TX. Исследование показало, что современные модификации Ethernet обеспечивают детерминированную передачу данных, высокую скорость и надежность соединения. Благодаря использованию специализированных протоколов и технологий резервирования, Ethernet становится перспективной платформой для реализации коммуникаций в системах управления. Это подтверждает его конкурентоспособность среди промышленных сетевых решений и расширяет возможности применения в реальном времени.

Научный руководитель – д.т.н., доцент М.С. Смирнова

Библиографический список

1. Зуравски Р. "Industrial Communication Technology Handbook". CRC Press. 2020.
2. ГОСТ Р 52070-2003 Интерфейс магистральный последовательный. Системы электронных модулей. Общие требования. ГОССТАНДАРТ РОССИИ. Москва.

УДК 621.337.1

УПРАВЛЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

В.С. Соболев, Д.О. Ковалевский

Введение

Системы преобразования энергии в настоящее время широко используются на кораблях, самолётах, спутниках и в телекоммуникационных сетях благодаря постоянному развитию силовой электроники и инноваций в системах управления. С целью уменьшения размеров, веса, стоимости, повышения гибкости, эффективности и качества электроэнергии [1]. Силовые электронные преобразователи служат в качестве основных устройств преобразования энергии в современной микросети постоянного тока, которая объединяет возобновляемые источники энергии и обеспечивает связь с традиционными энергосистемами [2], [3].

Когда CPL подключается к преобразователю со стороны источника, он демонстрирует характеристики отрицательного приращения импеданса (НИИ). Это нежелательное явление приводит к неустойчивому демпфированию системы и позволяет рассеивать энергию без каких-либо потерь на выходных клеммах преобразователя со стороны источника. Многие исследователи предложили различные стратегии контроля для снижения неустойчивости CPL. Эти стратегии в первую очередь концентрируются на двух фундаментальных концепциях: пассивном демпфировании, которое включает использование физических пассивных компонентов, смягчающих колебания в системе, и активном демпфировании, при котором управляющие воздействия используются для того, чтобы сделать поведение схемы пассивным. Эти подходы к управлению в широком смысле подразделяются на линейные и нелинейные; эти методы управления были предложены для решения проблем неустойчивости, связанных с CPLs.

Недавние исследования показывают, что управление на основе пассивности (PBC) становится популярным благодаря своей надёжности при стабилизации CPL в микросетях постоянного тока. Управление на основе пассивности [3], основано на принципе сохранения энергии и подразумевает, что поступающая энергия равна общей накопленной энергии плюс рассеиваемая энергия. Стратегия управления на основе пассивности обеспечивает глобально устойчивую точку равновесия. В случае непассивности схемы преобразователя PBC вводит виртуальное демпфирующее сопротивление для смягчения колебаний системы и обеспечения пассивной системы с обратной связью, то есть стабилизации CPL в микросети постоянного тока.

Материалы и методы

На рис. 1 показана двухвходная интегрированная система преобразователей постоянного тока в постоянный с питанием от CPL и CVL.

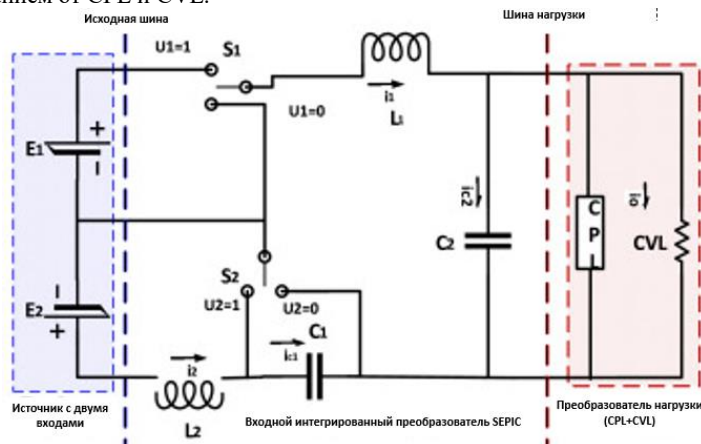


Рис. 1. Многоканальный интегрированный преобразователь постоянного тока с питанием от CPL и CVL

Он состоит из двух входных источников (E_1 и E_2), двух катушек индуктивности (L_1 и L_2), двух конденсаторов (C_1 и C_2) и двух силовых переключателей, которые регулируются автономно и могут принимать любое из двух состояний (выключено или включено), вместе выполняя функцию механизма управления системой преобразователя.

Эти переключатели обозначаются как S_1 и S_2 , а положения переключателей обозначаются как u_1 и u_2 . Они могут принимать дискретные значения $\{0, 1\}$ и регулироваться коэффициентами заполнения (μ_1 и μ_2). Эти силовые переключатели (S_1 , S_2) можно контролировать тремя различными способами в зависимости от периода переключения коэффициента заполнения. Это: (i) $\mu_1 = \mu_2$ (ii) $\mu_1 < \mu_2$ (iii) $\mu_1 > \mu_2$. Интегрированная схема рассматривается при условии $\mu_1 > \mu_2$. Для анализа этих сигналов управления коэффициентом заполнения разработана соответствующая модель, позволяющая изучить рабочее поведение интегрированного преобразователя с помощью многопараметрического подхода.

Моделирование CPL: Преобразователь на стороне нагрузки, оснащённый контроллером, который гарантирует постоянную подачу энергии на нагрузку, несмотря на изменение напряжения или силы тока, классифицируется как нагрузка с постоянной мощностью (CPL), как показано на рис. 2. Где V_{ref} — ожидаемое напряжение на нагрузке, V_o — фактическое напряжение на нагрузке, i_o — сила тока на нагрузке, а P_{cpl} — постоянная мощность системы преобразователя. CPL-устройства создают определённые проблемы с точки зрения стабильности системы из-за нежелательной характеристики НИИ.

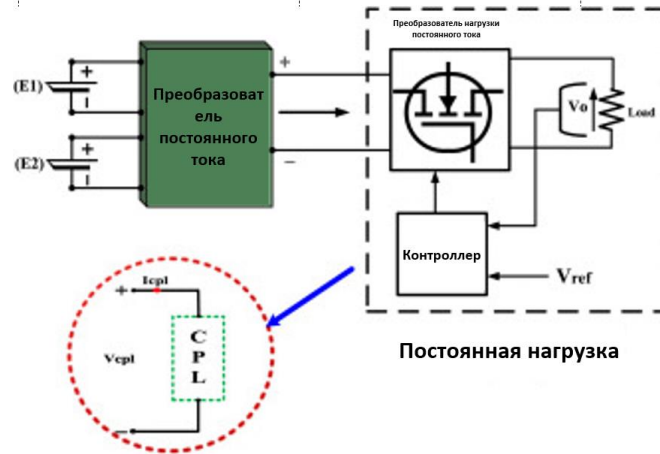


Рис. 2. Преобразователь в точке нагрузки действует как CPL.

Чтобы определить динамические характеристики системы преобразователя, подключённой к нагрузке с постоянной мощностью, необходимо объединить модель нагрузки с интегрированной моделью преобразователя. В этом случае модель нагрузки демонстрирует нелинейное поведение, в то время как модель преобразователя демонстрирует линейное поведение. Невозможно объединить линейную модель преобразователя с нелинейной моделью нагрузки [4]. Таким образом, нелинейную модель можно аппроксимировать с помощью линеаризации с использованием разложения в ряд Тейлора. Нелинейное линейное разложение нагрузки показано в следующем уравнении. (1).

$$i_{nom} = \frac{P_{nom}}{V_{nom}} \quad (1)$$

$$-\frac{1}{r} = \frac{P_{nom}}{V_{nom}^2} \quad (2)$$

Где P_{nom} , V_{nom} , i_{nom} и r — номинальная мощность, напряжение, сила тока и сопротивление нагрузки соответственно. Из уравнения (5) можно заметить, что левая часть (отрицательный коэффициент реактивной мощности) может влиять на поведение системы, то есть при увеличении входного напряжения нагрузки сила тока нагрузки уменьшится, что приведёт к явлению отрицательного добавочного сопротивления (НИ), как показано на рис. 4. Он обеспечивает изменение силы тока и напряжения, то есть, когда выходное напряжение (V_o) меньше опорного напряжения (V_{ref}), он работает в линейном режиме, а когда выходное напряжение (V_o) больше опорного напряжения (V_{ref}), он работает в нелинейном режиме. Эта нелинейность оказывает значительное влияние на нагрузки с постоянной мощностью (CPL).

Взаимосвязь между стабильностью и пассивностью в микросхемах постоянного тока: На более раннем этапе Юла и др. [5]. описали взаимосвязь между пассивностью и стабильностью. Было продемонстрировано, что в любой пассивной сети конфигурация с обратной связью и резистивным элементом является стабильно работающей.

С точки зрения неустойчивости, наихудший случай неустойчивости, вызванный CPL, достигается за счёт пренебрежимо малых демпфирующих элементов, которые включают в себя паразитные сопротивления и сопротивления линий, не учитываемые. Для возмущений в системе, вызванных изменениями в линиях и нагрузках, а также неопределённостью, вызванной изменениями в параметрах данной системы. определим ожидаемые неопределённости и возмущения в системе:

$$d_1 = -i_{L1} + I_{L1}, d_2 = -i_{L2} + I_{L2}, d_3 = -v_{c1} + V_{c1}, d_4 = -v_{c2} + V_{c2} \quad (3)$$

$$\begin{cases} \dot{I}_{L1} = \frac{v_{c1o}}{L_{c1o}} \mu_2 - \frac{v_{c2o}}{L_{c2o}} \mu_1 + \frac{E_{1o}}{L_{1o}} \mu_1 + d_1 \\ \dot{I}_{L2} = \frac{v_{c1o}}{L_{c2o}} + \frac{v_{c1o}}{L_{c2o}} \mu_2 + \frac{E_{2o}}{L_{2o}} \mu_2 + d_2 \\ \dot{V}_{c1} = -\frac{i_{L1}}{C_{1o}} \mu_2 - \frac{i_{L2}}{C_{1o}} \mu_1 + \frac{i_{L2}}{C_{1o}} \mu_2 + d_3 \\ \dot{V}_{c2} = \frac{i_{L1}}{C_{2o}} - \frac{v_{c2o}}{RC_{2o}} - \frac{P_0}{v_{c2o} C_{2o}} \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} d_1 = \left(\frac{v_{c2o}}{L_{1o}} - \frac{v_{c2}}{L_1} \right) + \left(\frac{v_{c2o}}{L_{1o}} - \frac{v_{c1}}{L_1} \right) \mu_2 + \left(\frac{E_{1o}}{L_{1o}} - \frac{E_1}{L_1} \right) \mu_1 \\ d_2 = \left(\frac{v_{c1o}}{L_{2o}} - \frac{v_{c1}}{L_2} \right) + \left(\frac{v_{c1}}{L_2} - \frac{v_{c1o}}{L_{2o}} \right) \mu_2 + \left(\frac{E_{2o}}{L_{2o}} - \frac{E_{2o}}{L_{2o}} \right) \\ d_3 = \left(\frac{I_{L1}}{C_{1o}} - \frac{i_{L1}}{C_1} \right) \mu_2 + \left(\frac{I_{L2}}{C_{1o}} - \frac{i_{L2}}{C_1} \right) + \left(\frac{I_{L2}}{C_1} - \frac{i_{L2}}{C_{1o}} \right) \mu_2 \\ d_4 = \left(\frac{I_{L1}}{C_2} - \frac{i_{L1}}{C_{2o}} \right) + \left(\frac{v_{c2o}}{R_o C_{2o}} - \frac{v_{c2}}{R C_2} \right) + \left(\frac{P_o}{v_{c2o} C_{2o}} - \frac{P}{v_{c2} C_2} \right) \end{cases} \quad (5)$$

Где d_1, d_2 обозначают возмущения системы, вызванные изменением входного напряжения, а также изменением параметров индуктивности L_1, L_2 . Где d_3, d_4 обозначают возмущения в системе, вызванные изменением нагрузки и конденсаторов C_1, C_2 , где $(L_{1o}, L_{2o}), (C_{1o}, C_{2o}), R_o$ и P_o — номинальные значения $(L_1, L_2), (C_1, C_2), R$ и P соответственно. Уравнение (3) компактная матричная форма модифицируется с использованием номинальных значений и возмущений, указанных в уравнении (6).

$$H_o \dot{Z} + G(\mu)Z + R_o Z = E_o \mu + d \quad (6)$$

начальные условия задаются в виде $z_{10} \geq 0$ и желаемыми траекториями являются

$$Z_d = [z_{d1} z_{d2} z_{d3} z_{d4}]^T = [I_{L1} I_{L2} v_{c1} v_{c2}]^T \quad (7)$$

Это означает, что ошибка между фактическим вектором состояния Z и желаемым вектором состояния Z_d стремится к нулю по мере увеличения времени.

Для достижения пассивации и стабилизации системы в следующем разделе моделируется и разрабатывается подход, основанный на пассивности.

Разработка метода активного демпфирования: При использовании активного демпфирования стабилизация может быть достигнута путём добавления виртуальных демпфирующих сопротивлений к элементам накопления энергии. Здесь последовательные виртуальные сопротивления подключаются последовательно с элементами индуктивности (R_{1d}, R_{2d}) и параллельные виртуальные сопротивления, соединённые между элементами конденсатора (R_{3d}, R_{4d}) как показано на рис. 3. С учётом этих виртуальных демпфирующих сопротивлений пассивность этой интегрированной схемы преобразователя анализируется в два этапа.

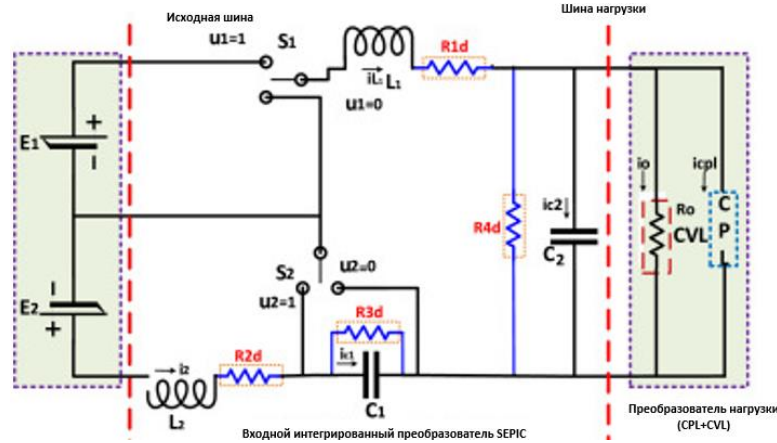


Рис. 3. Активный демпфирующий подход к двухвходному интегрированному преобразователю постоянного тока, питающему CVL+ CPL.

Стадия формирования энергии: На этом этапе изменяется энергетический баланс системы, обозначаемый с помощью уравнения. (2), здесь Z переменная заменяется на $\tilde{Z} + Z_d$, где (\tilde{Z}, Z_d) представляет собой отклонение переменной состояния и заданное значение соответственно, что даёт

$$H \dot{\tilde{Z}} + [G + R(z)] \tilde{Z} = \mu \Gamma - (H \dot{Z}_d + [G + R(z)] Z_d) \quad (8)$$

Стадия впрыска с демпфированием: Этап демпфирования очень важен для подавления колебаний предельного цикла, вызванных постоянной нагрузкой в системе. Это достигается за счёт введения матрицы демпфирующего сопротивления (R_d, \tilde{Z}) к обеим частям уравнения (8), что даёт уравнение (9).

$$H \dot{\tilde{Z}} + [G + R_i(z)] \tilde{Z} = \mu \Gamma - (H \dot{Z}_d + [G + R(z)] Z_d - R_d \tilde{Z}) \quad (9)$$

Производительность системы в условиях постоянной неопределённости энергопотребления: Рис. 5(a) иллюстрирует неопределённость при постоянной нагрузке по мощности в разные моменты времени, а рис. 6(b) и (c) иллюстрируют выходное напряжение (V_o), суммарный ток нагрузки (I_{comp}) и ток нагрузки CPL (ICPL) встроенного преобразователя, оснащенного контроллером с обратной связью. Нагрузка с постоянным напряжением (CVL) настроена на $R = 10$ Ом. На 0,03 с.с. нагрузка с постоянной мощностью резко возрастает с 500 Вт до 650 Вт, а на 0,06 с.с. — с 650 Вт до 800 Вт, а на 0,09 с.с. — до исходного значения 500 Вт. Во время этих ступенчатых изменений очевидно, что выходное напряжение (V_o) остаётся постоянным по сравнению с эталонным значением, в то время как токи нагрузки колеблются в соответствии с их мощностью. Однако из-за значительных колебаний более высокие и более низкие значения

коэффициентов демпфирования R_{3d} и R_{4d} . также наблюдаются более высокие показатели восстановления по сравнению с более высокими значениями коэффициентов демпфирования, как показано на рисунках 5(b) и (c).

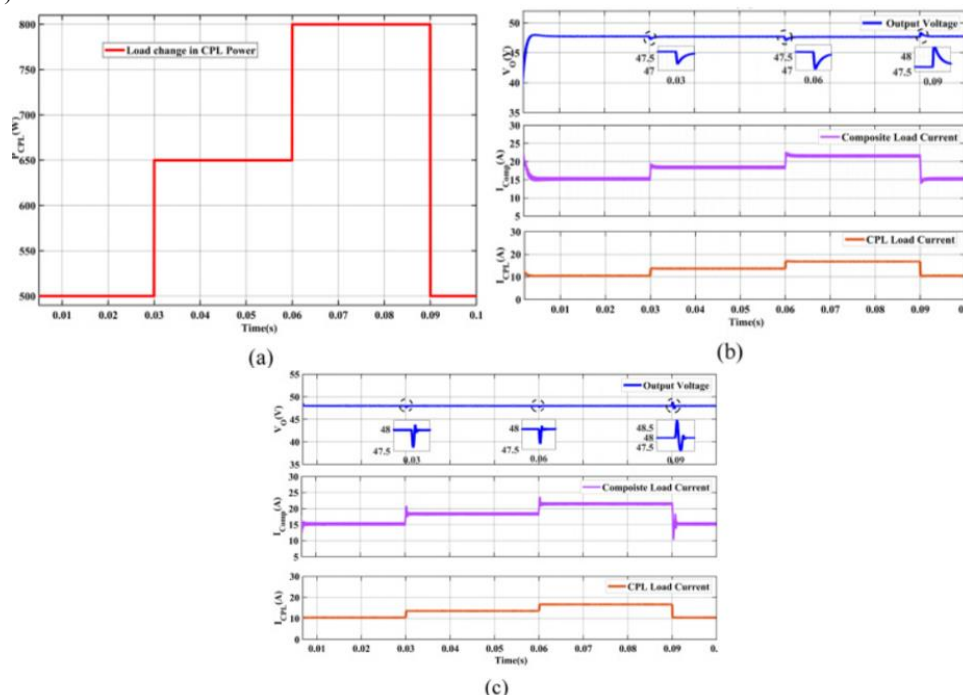


Рис. 5. (a) показывает неопределённость в CPL, а (b), (c) показывают динамическое поведение выходного напряжения, суммарного тока нагрузки и тока CPL при более высоких и более низких значениях коэффициентов демпфирования.

Закключение

Был рассмотрен контроллер на основе пассивности (PBC) для двухвходного интегрированного преобразователя постоянного тока в постоянный, который эффективно устраняет предельные циклы, вызванные нагрузками постоянной мощности (CPL) в микросети постоянного тока. В ходе моделирования было обнаружено, что при различных условиях неопределённости PBC сохраняет отклонения выходного напряжения в пределах $\pm 0,5$ В, в то время как другие подходы к нелинейному управлению допускают отклонения в пределах $\pm 1,5$ В.

Библиографический список

1. А.Н. Козлов. Микропроцессорные системы управления в энергетике и передача информации по каналам связи // Благовещенск. АМГУ. 2014. С. 11 – 25
2. Zariff M. Gomes, Hassan Moussa. Nonlinear state-space model and control algorithm for a dynamic wireless power transfer system electric vehicle charger application // Control Engineering Practice, Volume. 2025. С. 158.
3. Amarendra Reddy B, Ch Nayak Bhukya. Constant power load in DC microgrid system: A passivity based control of two input integrated DC-DC converter // e-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy. 2025. С. 11.
4. Pablo Proaño, Marcelo Pozo. Non-linear PID control of AC current and DC voltage for a photovoltaic system operating on a microgrid // Results in Control and Optimization. 2025. С. 18.
5. Олег Вальца. Программная реализация импульсной модуляции сигналов регулирования // Журнал «Современная электроника №3». ООО «СТА-ПРЕСС», 2025. С. 21 – 23.

УДК 004.514

ОБЗОР ТЕНДЕНЦИЙ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕРФЕЙСОВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ

С.А. Ерошенко, А.А. Гладевич

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

В настоящее время знания являются ключевым ресурсом для предприятий, поэтому управление знаниями критически важно для их существования, развития и конкурентоспособности. В условиях цифровизации системы управления знаниями получили широкое распространение в различных сферах бизнеса, в услугах, торговле и производстве. Они охватывают широкий спектр технологий: создание и организация корпоративных баз знаний, совместная работа над документами и проектами, а также управление процессами внутри организации.

Система управления знаниями представляет собой комплекс программных решений и организационных методов, направленных на сбор, хранение, обработку и распространение знаний внутри предприятия. Она включает в себя базы данных, пространства для совместной работы, инструменты анализа и механизмы автоматизации бизнес-процессов.

Работа с системой управления знаниями обычно начинается с создания единой платформы, куда собираются все важные данные и документы. Это могут быть инструкции, регламенты, проекты, отчеты и другие материалы. Затем сотрудники получают доступ к этой платформе и, при наличии соответствующего уровня доступа, могут искать необходимую информацию, добавлять новые данные или редактировать существующие. Важным элементом является возможность комментирования и обсуждения материалов, что способствует обмену мнениями и улучшению качества знаний.

Очевидно, для того чтобы система управления знаниями была действительно эффективной, необходим удобный и понятный интерфейс, позволяющий сотрудникам организации быстро находить нужную информацию и успешно решать свои задачи.

Для разработки качественного пользовательского интерфейса необходимо проанализировать информационные процессы, характерные для деятельности пользователей в рамках их предметной области. Для этого были изучены следующие функции, выполняемые с помощью систем управления знаниями [1]:

- сбор и хранение информации – системы управления знаниями хранят информацию из разных источников, включая индивидуальные знания и опыт сотрудников, документацию (руководства, инструкции, регламенты, научные статьи, отчеты), электронные ресурсы (базы данных, веб-сайты, форумы), а также рабочие процессы для различных должностных лиц, протоколы и методики;
- структурирование информации – системы управления знаниями помогают упорядочить накопленную информацию, сделав ее доступной и удобной для поиска посредством каталогизации и индексации данных, а также применения метаданных и тегов;
- распространение и обмен информацией – системы управления знаниями обеспечивают доступность информации для всех сотрудников организации, что включает публикацию, распространение и рассылку новостей и объявлений, организацию тренингов и семинаров, а также использование форумов, чатов и других социальных сетей для обмена идеями и обсуждения проблем;
- обновление и актуализация информации – благодаря регулярной проверке, обновлению, добавлению новой и удалению устаревшей информации, а также возможности рецензирования сотрудники получают доступ к качественным и систематизированным данным для выполнения своих задач;
- повышение квалификации сотрудников – системы управления знаниями служат источником знаний и способствуют развитию сотрудников с помощью проведения тренингов, курсов и тестов, предоставления учебных материалов и ресурсов;
- обучение и адаптация новых сотрудников – системы управления знаниями позволяют сократить период обучения и адаптации нового сотрудника благодаря наличию доступа к готовым руководствам и инструкциям, а также возможности самостоятельно изучать необходимые материалы;
- экономия времени – системы управления знаниями содержат готовые ответы на стандартные вопросы, возникающие у сотрудников, что способствует быстрому решению шаблонных задач и позволяет избежать дублирования работы;
- совместная работа – системы управления знаниями способствуют оптимизации совместной работы над проектами, предоставляя участникам команды возможность обмениваться информацией, координировать действия и повышать продуктивность.

Следует выделить текущие тенденции разработки современных пользовательских интерфейсов сайтов, которые, очевидно, будут также актуальны для пользовательских интерфейсов сайтов для работы с системами управления знаниями [2, 3]:

- интуитивность, интуитивно понятный дизайн – это дизайн, который помогает пользователям эффективно и безошибочно достигать своих целей без предварительной подготовки;
- темная и светлая тема оформления – многие сайты на данный момент имеют возможность выбора комфортной для пользователя цветовой схемы, согласно опросам, более половины пользователей при возможности используют темную тему;
- персонализация – адаптация услуги или продукта для конкретного пользователя или группы пользователей;
- кастомизация – возможность пользователя самостоятельно настраивать характеристики продукта под свои индивидуальные потребности;
- адаптивный или отзывчивый дизайн – дизайн, при котором пользовательский интерфейс сайта отображается корректно на большинстве устройств, используемых пользователями.

Для анализа тенденций в построении пользовательских интерфейсов необходимо рассмотреть существующие системы управления знаниями, однако сложность анализа современных решений обусловлена тем, что для подробного изучения их возможностей в открытом доступе представлены преимущественно ознакомительные видео и официальные презентации систем управления знаниями. Это ограничивает доступ к информации о внутренней архитектуре и специфике реализации отдельных функций. В связи с этим далее будут рассмотрены ключевые характеристики и функциональные возможности нескольких систем управления знаниями, основываясь на тех материалах, которые были найдены в открытых источниках.

Minervasoftware предлагает два взаимосвязанных сервиса для управления знаниями внутри организации: Minerva Knowledge и Minerva Learn. Minerva Knowledge – система для хранения и поиска корпоративной информации, которая поддерживает различные типы файлов, включая тексты, изображения и видео. Minerva Learn позволяет создавать обучающие материалы, например, курсы, тесты и задания, на основе накопленных данных.

На рис. 1 представлен раздел «История», содержащий персонализированную ленту сотрудника, которая формируется на основе его уровня доступа [4]. Записи можно отсортировать по категориям

«Контент», «Обучение» и «Комментарии», также есть возможность фильтрации по дате, расположению контента и авторству.

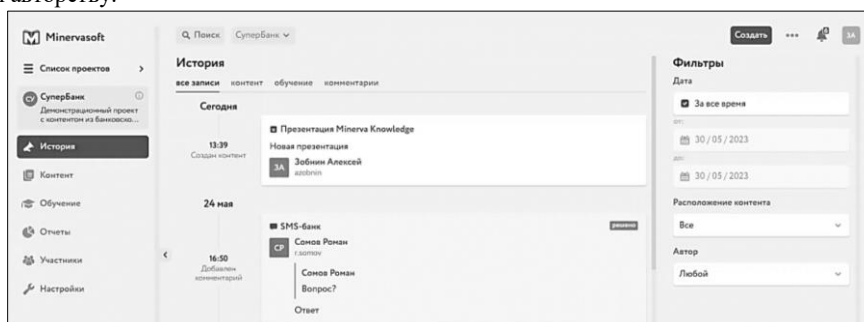


Рис. 1. Раздел «История»

На рис. 2 представлен раздел «Контент», содержащий корпоративную информацию, которая доступна сотруднику.

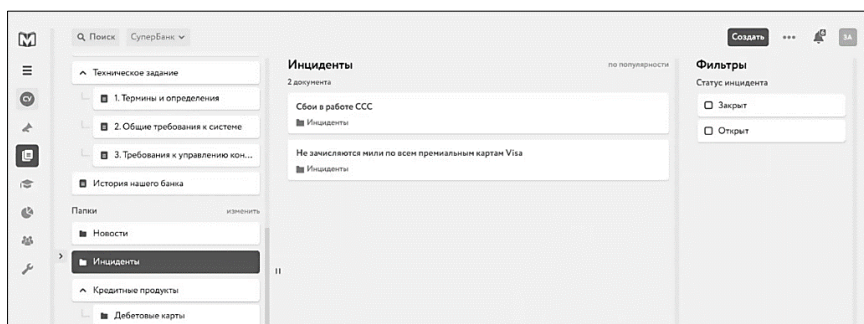


Рис. 2. Раздел «Контент»

В левой части экрана располагается древовидная боковая панель с wiki структурой и папками. При нажатии на папку пользователь видит добавленный в нее контент в виде статей. Справа находится панель с фильтрами, которые можно применять к отображаемому контенту. Такая организация данных существенно упрощает поиск необходимой информации.

На рис. 3 представлено окно для создания контента или материалов для обучения.

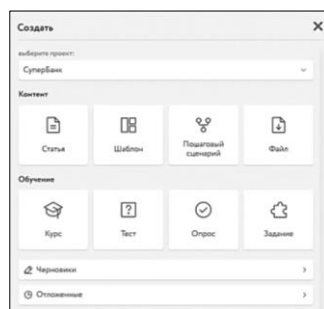


Рис. 3. Создание контента

Рассмотрим типы контента, доступные в системе. Статья – информационный ресурс, содержащий текст, таблицы, изображения, видео и другие элементы. Шаблон – универсальный инструмент для создания и организации информационных материалов. Пошаговый сценарий – инструмент для создания интерактивной блок-схемы, в которой сотрудник последовательно выполняет заданные шаги. Файл – документ любого формата, например, отчет, презентация, таблица и так далее.

На рис. 4 представлен раздел «Обучение». В системе реализован функционал разработки курсов и тестов, основанных на изученном материале. Также доступна генерация отчетов, позволяющих анализировать учебную активность сотрудников.

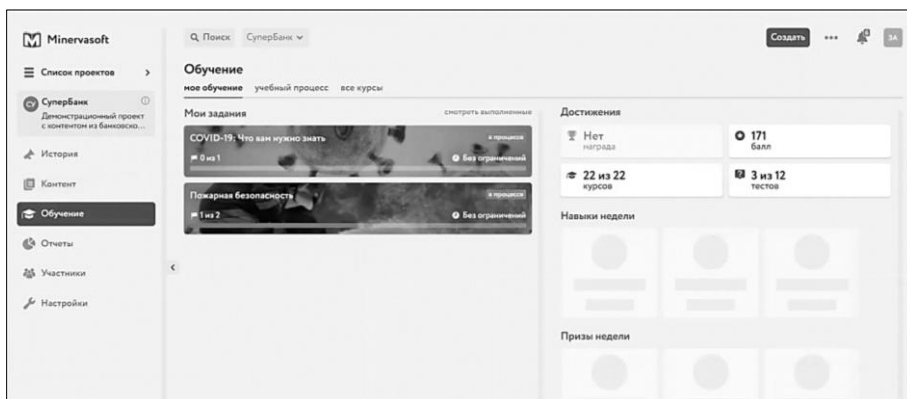


Рис. 4. Раздел «Обучение»

Система L2U InKnowledge объединяет в себе корпоративную базу знаний для создания и хранения документов, модуль для управления проектами, а также возможность интеграции с различными системами и каналами коммуникации.

Одной из главных особенностей системы управления знаниями L2U InKnowledge является гибкость и вариативность пользовательского интерфейса. Эта особенность позволяет адаптировать рабочее пространство под конкретные задачи каждого сотрудника.

Для того чтобы создать индивидуальное рабочее место сотрудника, необходимо создать приватную страницу и выбрать тип создаваемого раздела. На рис. 5 представлены варианты разметки страницы для удобного размещения контента.

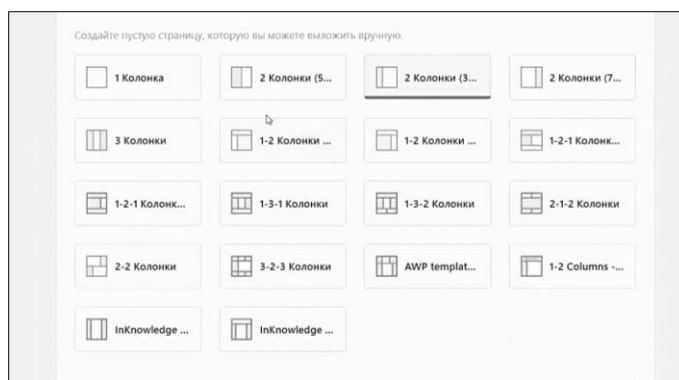


Рис. 5. Варианты разметки

Для настройки пользовательского интерфейса страницы необходимо нажать на иконку добавления на верхней панели, после чего откроется список возможных портлетов, представленный на рис. 6.

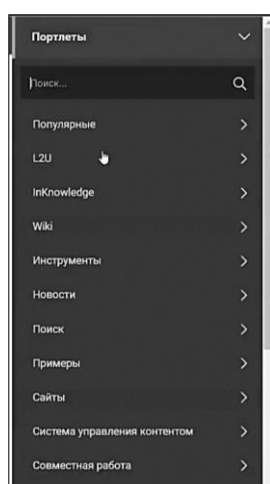


Рис. 6. Портлеты

Портлеты можно свободно перемещать и размещать на странице в соответствии с ранее выбранной разметкой, что представлено на рис. 7. В данный раздел были добавлены следующие элементы: поисковая строка, список контента, настроенный под конкретную специализацию пользователя, фильтр по тегам, фильтр по категориям, блок новостей и бегущая строка с актуальными обновлениями [5].

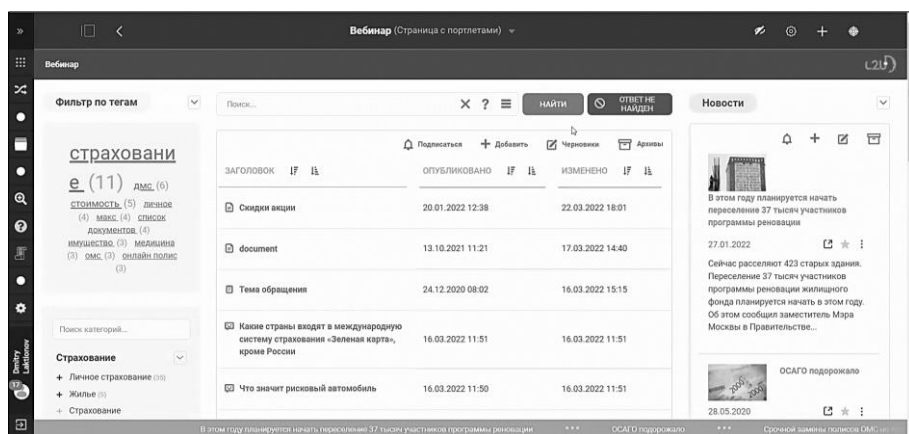


Рис. 7. Оформленный раздел

На рис. 8 представлена статья, где реализованы следующие функции: подписка на уведомления об изменениях, отметка статьи как прочитанной, а также возможность поделиться материалом и экспортировать его в формате DOC или PDF при наличии соответствующих прав доступа.

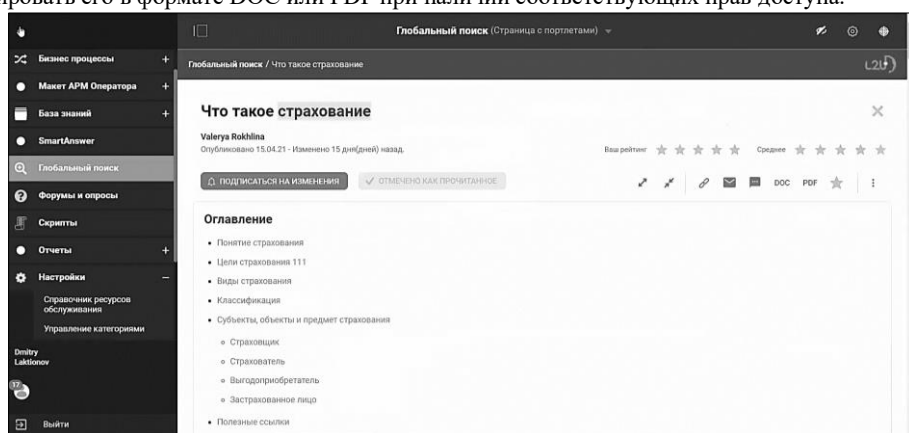


Рис. 8. Статья

Раздел «Отчеты» содержит разнообразные варианты отчетности. Например, можно сформировать отчет по просмотрам и подтверждениям прочтения контента, что представлено на рис. 9. Есть возможность настраивать отображение отчета и просматривать его в виде диаграмм, графиков и других типов визуализации, что позволяет удобно анализировать знания.

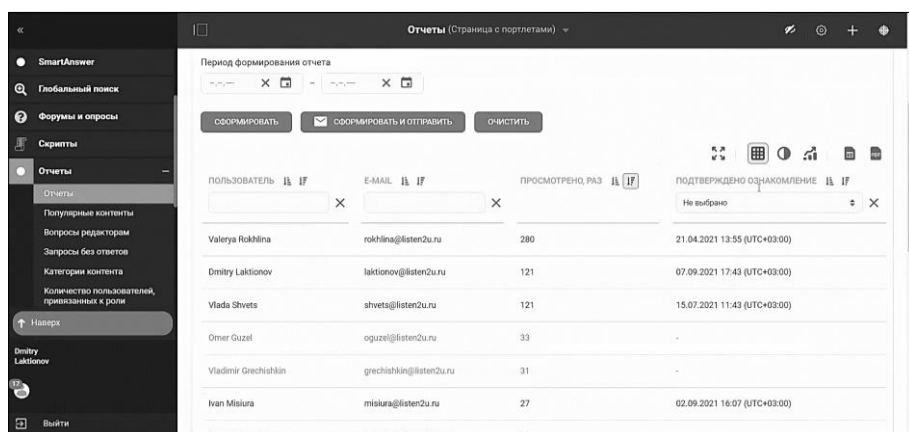


Рис. 9. Отчет просмотров и подтверждения прочтения

TEAMLY – это система для управления знаниями, которая включает пространства для совместной работы, облачный диск для хранения файлов, модули для управления проектами и проведения тестов, а также библиотеку курсов и аналитические инструменты.

На рис. 10 представлена главная страница системы. В верхней части экрана расположена панель навигации, с ее помощью пользователь может быстро переключаться между разделами. В левой части экрана располагается меню виджетов, с помощью которого пользователь может быстро получить доступ к нужной информации и быть в курсе того, что происходит с его проектом. Основная функция данной страницы – уведомить пользователя о новых статьях в доступных ему пространствах (виртуальных рабочих

зонах, созданных для организации и координации работы команды). Для этого центральное место на главной странице занимает лента новостей, материалы которой можно настроить с помощью фильтрации и сортировки.

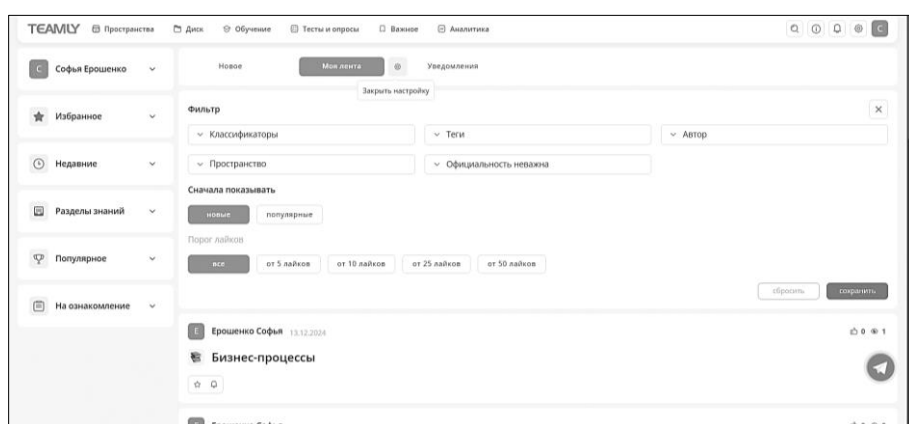


Рис. 10. Главная страница

На рис. 11 представлено окно управления аккаунтом, в разделе «Основные настройки» пользователь может добавить фото аккаунта, изменить название и адрес аккаунта, а в разделе «Брендирование» можно изменить логотип и цветовую схему оформления.

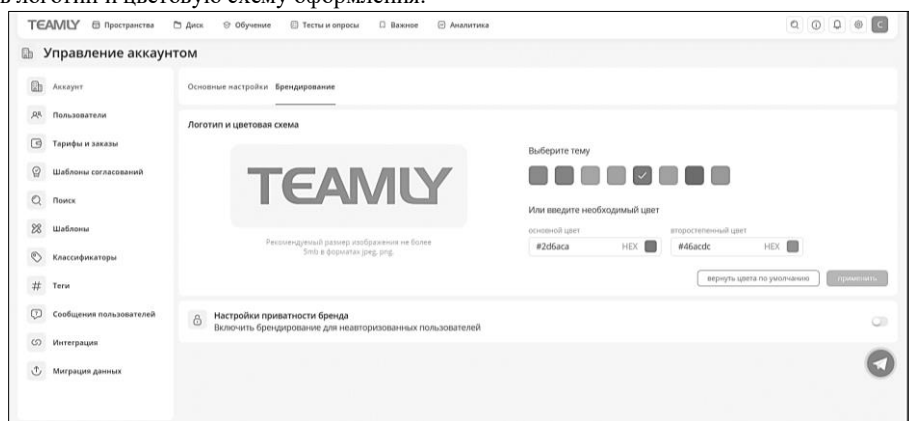


Рис. 11. Брендирование

Данная система предлагает такой инструмент как библиотека шаблонов, представляющий собой место, в котором пользователь может найти все доступные шаблоны, что представлено на рис. 12. Шаблон – это заранее созданная страница, которая может быть статьей, пространством, умной таблицей, интерактивной доской или формой [6].

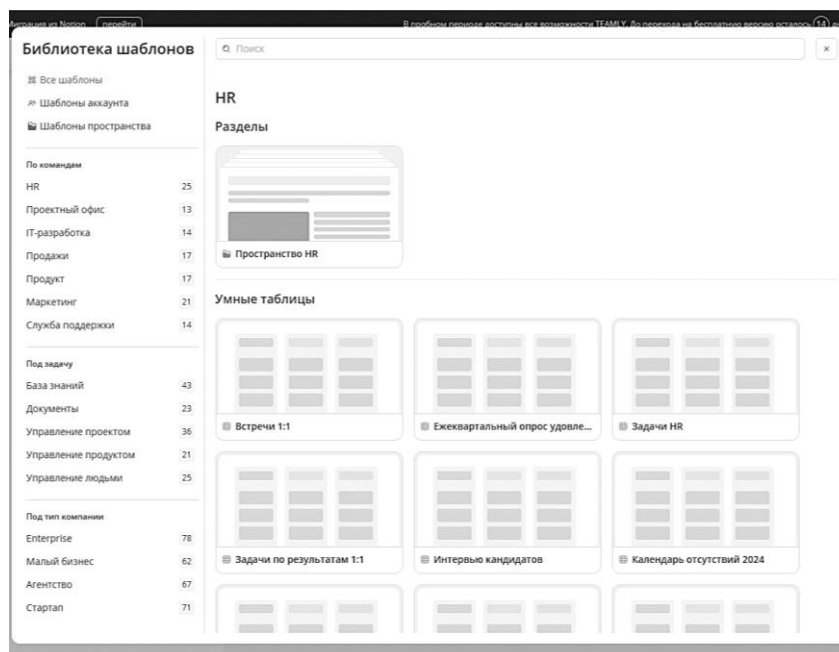


Рис. 12. Библиотека шаблонов

На основании ключевых функций систем управления знаниями, тенденций в разработке пользовательских интерфейсов и обзора аналогов, были выделены критерии оценки качества пользовательского интерфейса систем управления знаниями. Для большей наглядности сравнение аналогов в соответствии с критериями представлено в таблице 1.

Таблица 1 Сравнение аналогов в соответствии с критериями

Критерий	Аналог		
	Minervasoftware	L2U InKnowledge	TEAMLY
Удобная организация контента	+	+	+
Поддержка различных форматов данных при создании контента	+	+	+
Наличие шаблонов для создания контента	+	+	+
Наличие глоссария	+	+	+
Возможность удобного поиска по всему корпоративному контенту	+	+	+
Возможность совместной работы	+	+	+
Возможность обучения и тестирования сотрудников	+	—	+
Наличие системы уведомлений	+	+	+
Наличие обратной связи	+	+	+
Наличие кастомизации	—	+	+
Наличие персонализации	+	+	+
Наличие адаптивного или отзывчивого дизайна	+	+	+
Наличие темной темы оформления	—	—	—

Каждая из представленных систем имеет свои особенности и характеристики, которые могут послужить для различных аспектов разработки пользовательского интерфейса системы управления знаниями.

Minervasoftware выделяется своим приятным минималистичным интерфейсом, который обеспечивает интуитивную навигацию и наглядное представление информации. Это особенно важно при обучении новых сотрудников, так как помогает им быстро освоиться с системой без перегрузки лишней информацией. Кроме того, система предоставляет обширный функционал для адаптации учебных материалов под индивидуальные потребности каждого сотрудника, что способствует повышению эффективности обучения.

L2U InKnowledge ориентирована на создание персонализированных рабочих мест для сотрудников, предоставляя инструменты для настройки индивидуальных панелей инструментов и доступа к необходимой информации. Система также позволяет гибко управлять базой знаний, адаптируя ее структуру и содержание под конкретные задачи и цели организации.

TEAMLY объединяет в себе богатый функционал и приятный интерфейс, предлагая пользователям возможность дополнительной кастомизации. Поддержка разделения рабочих зон между различными пространствами и отделами делает систему подходящей для управления знаниями в крупных компаниях со сложной структурой.

Таким образом, при разработке пользовательского интерфейса системы управления знаниями необходимо учитывать не только общие принципы удобства и функциональности, но и особенности организации, где она будет применяться. Важно понимать, как пользователи взаимодействуют с информацией, какие данные являются ключевыми для их деятельности. Именно такой комплексный подход обеспечит высокую эффективность системы управления знаниями в рамках конкретной организации.

Научный руководитель – старший преподаватель С.С. Жарова.

Библиографический список

1. 11 Knowledge Management Trends in 2024. – URL: <https://theecmconsultant.com/knowledge-management-trends> (дата обращения 15.01.2025).
2. 8 Characteristics of successful user interfaces. – URL: <https://usabilitypost.com/2009/04/15/8-characteristics-of-successful-user-interfaces> (дата обращения 13.01.2025).
3. UX-тренды, на которые стоит обратить внимание. – URL: <https://1ps.ru/blog/ctr/2023/ux-trendyi-v-2023-godu-kak-sdelat-sajt-eshhe-udobnee-i-privlekatelnee-dlya-polzovatelej> (дата обращения 13.01.2025).
4. Отечественные системы управления знаниями на замену Confluence, SharePoint и Notion. Что выбрать? – YouTube. – URL: https://www.youtube.com/watch?v=00q8EZdTyiU&ab_channel=Полилог-Tex (дата обращения 16.01.2025).
5. Обзор платформы по управлению знаниями L2U InKnowledge – YouTube. – URL: https://www.youtube.com/watch?v=M89AcGfL66o&ab_channel=L2UInKnowledge (дата обращения 16.01.2025).
6. TEAMLY Академия. – URL: <https://academy.teamly.ru/space/5019017bad03-4c00-bdc0-0952fc1cac88/article/6b2414ba-e08e-4250-bbc4-04331cf9f9bd> (дата обращения 19.01.2025).

УДК 004.8

ОБЗОР МЕТОДОВ ЛОКАЛЬНОГО РАЗВЕРТЫВАНИЯ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ

Ю.Ю. Енин

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

Введение

Развитие технологий искусственного интеллекта и машинного обучения привело к широкому развитию так называемых больших языковых моделей (LLM), которые обучены на большом объёме текстов и содержат миллиарды параметров. Такие модели зачастую предоставляются в виде облачного сервиса, что может приводить к ряду неудобств при их использовании.

Однако, они могут быть развернуты локально, что имеет ряд своих преимуществ:

- полный контроль над моделью;
- конфиденциальность;
- оффлайн доступ;
- экономическая эффективность;
- снижение задержек;
- возможность добавления дополнительного контекста к запросу (Retrieval Augmented Generation – RAG);
- возможность дообучения модели в соответствии с требованиями.

Благодаря полному контролю над локально развернутыми LLM, появляется возможность настройки модели под конкретные задачи, модификации архитектуры или параметров обучения. Также это упрощает интеграцию LLM в существующие системы.

При обработке информации на удаленном сервере существует риск утечки или несанкционированного доступа, в то время как локальное развертывание исключает передачу данных третьим сторонам, что особенно важно для задач, связанных с обработкой персональной или конфиденциальной информации. Это преимущество становится критически важным для медицинских, юридических и финансовых приложений.

Ещё одним из преимуществ локальных моделей является их способность функционировать без подключения к интернету. Это особенно актуально для устройств, работающих в условиях ограниченного доступа к сети или в зонах с нестабильным интернет-соединением. Так как оффлайн доступ обеспечивает непрерывность работы приложений даже при сбоях в сети, такие модели становятся незаменимыми для автономных систем.

Для задач, где не требуется использование полноразмерных моделей, локальное развертывание может оказаться более экономичным решением. Затраты на облачные сервисы могут быть значительными, особенно при масштабировании или длительном использовании. Локальные модели, напротив, требуют

единовременных затрат на оборудование и настройку, тогда как затраты на их эксплуатацию намного ниже. Использование компактных версий моделей позволяет уменьшить затраты без потери функциональности для определенных задач.

Отдельно стоит выделить достоинством технологию Retrieval Augmented Generation (RAG), которая позволяет обеспечить LLM доступ к актуальным данным [1]. Данная технология позволяет динамически дополнять пользовательский запрос к модели актуальной информацией, относящейся к требуемой предметной области, например содержимым веб-страниц, локальными нормативными актами и форматом документов, необходимыми сведениями из локальной базы знаний.

Дообучение и настройка гиперпараметров модели предоставляет возможность адаптировать её под специфические нужды, что особенно ценно в условиях быстро меняющихся бизнес-процессов или отраслевых стандартов. Локальное развертывание позволяет не только модифицировать предварительно обученные модели, но и создавать решения, использующие каскадное взаимодействие моделей, что сложно реализовать при использовании внешних облачных сервисов с фиксированными параметрами.

Основные недостатки локального развёртывания LLM

Развитие технологий позволяет сегодня рассматривать развертывание локальных языковых моделей с использованием доступных ресурсов, вплоть до одноплатных компьютеров и мобильных устройств.

Аппаратные требования напрямую зависят от размеров модели и её архитектуры. Для компактных языковых моделей, содержащих менее семи миллиардов параметров, возможно развертывание на устройствах с ограниченными ресурсами, например, одноплатных компьютерах Raspberry Pi [2]. Однако для полноценного функционирования даже таких моделей требуется оптимизация, например использование формата GGUF или четырёхбитного квантования, позволяющего уменьшить требования к оперативной памяти.

Для моделей среднего уровня (от семи до 13 миллиардов параметров) необходимы более мощные системы. Минимальные требования включают:

- CPU с поддержкой набора инструкций AVX2 для ускоренной обработки (Intel i5/i7, AMD Ryzen 5/7 и выше);
- 16–32 ГБ оперативной памяти для обеспечения стабильной работы;
- дискретный графический процессор (GPU) с 8–12 ГБ видеопамяти (например, NVIDIA RTX 3060).

Для больших языковых моделей (от 30 миллиардов параметров) требования значительно возрастают. Их эффективное развертывание требует распределённой работы на нескольких профессиональных TPU с объёмом видеопамяти от 24 ГБ (например, NVIDIA RTX 4090, A100, H100) и более 64 ГБ оперативной памяти.

Методы локального развёртывания больших языковых моделей

Существует несколько методов развёртывания локальных языковых моделей, которые можно классифицировать на два основных вида: использование специализированных инструментов, некоторые из которых будут рассмотрены далее и прямая работа с моделью, загруженной из репозитория, например из популярного сервиса Hugging Face.

Сервис Ollama [3] представляет собой удобный инструмент для развёртывания и управления языковыми моделями на локальных машинах. По сути, это отдельное приложение, которое по запросу пользователя загружает требуемую модель из репозитория или указанного пользователем источника и выполняет её локальное развёртывание. В дальнейшем работа с развёрнутой моделью возможна как путём прямого написания запросов через командную строку, так и при помощи REST API или специализированных программных библиотек, таких как python-ollama. Основным недостатком Ollama – ограниченный набор моделей, поддерживаемых в стандартной конфигурации. Кроме того, гибкость в настройке модели может быть ниже, чем при ручном развёртывании. Также данный сервис несколько увеличивает ресурсы, потребляемые моделью и не всегда способен оптимально настроить её поведение.

LM Studio [4] представляет собой удобный инструмент для работы с большими языковыми моделями на локальных машинах, предоставляя пользователю графический интерфейс и упрощая процессы развёртывания. Это приложение позволяет загружать модели из популярных репозиториях и запускать их локально без необходимости глубокого понимания технических деталей. В дальнейшем работа с развёрнутой моделью возможна как через встроенные инструменты LM Studio, так и через интеграцию с внешними приложениями посредством API. Основным недостатком LM Studio заключается в том, что он больше ориентирован на начинающих пользователей, что может ограничивать возможности для тонкой настройки и оптимизации производительности.

Kubernetes [5] представляет собой мощную платформу для управления контейнеризированными приложениями, включая большие языковые модели. По сути, это система, которая автоматизирует развертывание, масштабирование и управление приложениями в распределённых средах, таких как облачные сервисы или локальные кластеры. В дальнейшем работа с развёрнутыми моделями возможна через Helm-чарты (чарт описывает все необходимые ресурсы для запуска модели), операторы Kubernetes (расширения API, которые позволяют автоматизировать управление приложениями) или специализированные инструменты мониторинга, такие как Prometheus и Grafana. Основным недостатком Kubernetes – высокий порог входа для новичков, а также сложность настройки и поддержки в небольших проектах, где его функциональность может быть избыточной.

Haystack [6] представляет собой гибкий фреймворк для создания приложений на основе больших языковых моделей, особенно ориентированный на задачи поиска информации и обработки естественного

языка. По сути, это набор инструментов, которые позволяют интегрировать предварительно обученные модели, такие как BERT или Llama, в конвейеры для решения конкретных задач, таких как вопросно-ответные системы или семантический поиск. В дальнейшем работа с этими моделями возможна через Python API, который предоставляет Haystack, или через готовые компоненты для быстрого прототипирования. Основным недостатком Haystack – относительно высокие требования к ресурсам для некоторых задач, а также необходимость наличия базовых знаний в программировании и машинном обучении для эффективного использования.

Альтернативой рассмотренных сервисов выступает непосредственное скачивание предобученных моделей из репозитория, например с Hugging Face [7], и их запуск через специализированные библиотеки, такие как transformers от Hugging Face или llama.cpp. Последняя библиотека хотя также доступна в виде консольного приложения, однако в первую очередь используется как часть более крупной системы. Это позволяет добиться большей гибкости в настройке модели, а также провести её дообучение, однако требует значительных знаний и навыков в области работы с нейронными сетями и инфраструктурой, а также настройки окружения и управления ресурсами. Следует также заметить, что дообучение локальных LLM потребует значительно большего числа ресурсов, нежели простой запуск и не всегда применимо к моделям, подвергшимся квантованию.

Популярные модели

На сегодняшний день существует множество языковых моделей, доступных для локального развертывания. Среди них можно выделить:

- LLaMA 3;
- Mistral;
- Phi-2;
- GPT-NeoX;
- DeepSeek R1;
- RuGPT.

LLaMA 3 [8] – это одна из самых популярных языковых моделей, доступная в различных размерах, например, таких как 8B, 70B и 405B (в версии 3.1) параметров, где B означает миллиардов. Модель позиционируется как мощный инструмент для исследовательских и коммерческих задач, предлагая гибкость в использовании благодаря открытому исходному коду. Она позволяет пользователям генерировать текст, переводить на разные языки и решать задачи, связанные с обработкой естественного языка. Основным преимуществом LLaMA 3 является её доступность для широкого круга разработчиков и организаций, что делает её особенно привлекательной для малых и средних предприятий. Однако её крупные версии могут требовать значительных вычислительных ресурсов, что ограничивает использование на слабых устройствах.

Mistral [9] – это компактная, но мощная языковая модель, которая отличается высокой эффективностью даже при работе с ограниченными ресурсами. Несмотря на свой небольшой размер, модель демонстрирует впечатляющие результаты в задачах генерации текста и рассуждений. Её архитектура оптимизирована для быстрого выполнения запросов, что делает её идеальным выбором для приложений, где важны скорость и производительность. Версия Mistral 7B особенно подходит для использования в условиях, где вычислительные мощности ограничены, например, на периферийных устройствах или в облачных средах с ограниченными ресурсами.

Phi-2 [10] – это оптимизированная языковая модель, созданная специально для работы в условиях ограниченных вычислительных ресурсов. Модель содержит 2.7 миллиарда параметров и предлагает высокую производительность при минимальных требованиях к оборудованию, что делает её привлекательной для использования в мобильных приложениях или на устройствах с низкой мощностью. Phi-2 фокусируется на эффективности и точности, сохраняя при этом способность решать широкий спектр задач, таких как генерация текста, ответы на вопросы и выполнение логических рассуждений. Благодаря своей компактности, Phi-2 становится удобным выбором для разработчиков, которые стремятся внедрить ИИ-решения без необходимости использования мощных серверов.

GPT-NeoX 20B [11] – это открытая языковая модель, которая отличается высокой производительностью и гибкостью в использовании. Модель предоставляет исследователям и разработчикам возможность работать с технологиями, аналогичными тем, что используются в закрытых коммерческих решениях, таких как GPT от OpenAI. GPT-NeoX поддерживает широкий спектр задач, включая генерацию текста, перевод и анализ данных, что делает её универсальным инструментом для различных приложений. Одним из ключевых преимуществ модели является её открытый характер, который позволяет пользователям адаптировать её под свои нужды и проводить эксперименты с минимальными ограничениями. Тем не менее, работа с GPT-NeoX может потребовать определённых технических знаний и, ввиду большого числа параметров, требует значительных ресурсов для развёртывания и настройки.

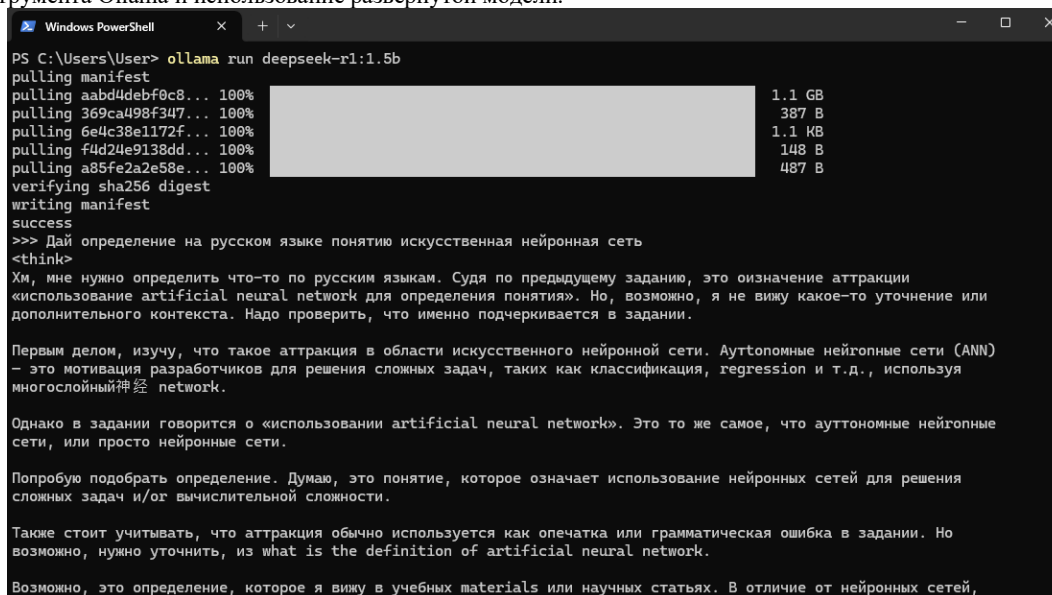
DeepSeek R1 [12] – это языковая модель, которая имеет модификации, оптимизированные для работы в условиях ограниченных вычислительных ресурсов. Она способна выполнять задачи генерации текста, перевода и анализа данных, демонстрируя при этом достаточно высокую эффективность. Архитектура модели была переработана с акцентом на снижение требований к оборудованию, что позволяет использовать её модификации даже на устройствах с умеренной производительностью. Так DeepSeek R1

1.5B может быть запущена на устройстве, не обладающем выделенной видеопамятью. Однако стоит отметить, что, несмотря на свою доступность, модель всё же требует тщательной настройки для достижения стабильных результатов в сложных задачах.

RuGPT [13] – это семейство языковых моделей, созданных специально для работы с русским языком и основанных на архитектуре GPT. Эти модели были обучены на больших объёмах текстовых данных на русском языке, что делает их подходящими для задач, таких как генерация текста, перевод и анализ данных с учётом лингвистических особенностей русского языка. Например, RuGPT-3, одна из версий этого семейства, имеет около 13 миллиардов параметров и поддерживает контекст длиной до 2048 токенов, что позволяет ей обрабатывать достаточно длинные тексты. Тем не менее, развёртывание RuGPT может потребовать значительных вычислительных ресурсов: для работы с моделью необходимы мощные GPU или облачные решения, а её использование на слабых устройствах ограничено из-за высокой нагрузки на память и процессор.

Все перечисленные модели доступны на Hugging Face, а также на платформах, таких как GitHub и ModelScope.

На рисунке 1 показан пример локального развёртывания модели DeepSeek R1-1.5B с использованием инструмента Ollama и использование развёрнутой модели.



```
PS C:\Users\User> ollama run deepseek-r1:1.5b
pulling manifest
pulling aabd4debfc8... 100% 1.1 GB
pulling 369ca498f347... 100% 387 B
pulling 6e4c38e1172f... 100% 1.1 KB
pulling f4d24e9138dd... 100% 148 B
pulling a85fe2a2e58e... 100% 487 B
verifying sha256 digest
writing manifest
success
>>> Дай определение на русском языке понятию искусственная нейронная сеть
<think>
Хм, мне нужно определить что-то по русским языкам. Судя по предыдущему заданию, это оизначение аттракции
«использование artificial neural network для определения понятия». Но, возможно, я не вижу какое-то уточнение или
дополнительного контекста. Надо проверить, что именно подчеркивается в задании.

Первым делом, изучу, что такое аттракция в области искусственного нейронной сети. Ауттономные нейронные сети (ANN)
– это мотивация разработчиков для решения сложных задач, таких как классификация, regression и т.д., используя
многослойный 神经网络.

Однако в задании говорится о «использовании artificial neural network». Это то же самое, что ауттономные нейронные
сети, или просто нейронные сети.

Попробую подобрать определение. Думаю, это понятие, которое означает использование нейронных сетей для решения
сложных задач и/ог вычислительной сложности.

Также стоит учитывать, что аттракция обычно используется как опечатка или грамматическая ошибка в задании. Но
возможно, нужно уточнить, из what is the definition of artificial neural network.

Возможно, это определение, которое я вижу в учебных materials или научных статьях. В отличие от нейронных сетей,
```

Рис. 1. Локальное развёртывание и работа с LLM DeepSeek R1-1.5B

Локальное развёртывание языковых моделей предоставляет пользователям значительные преимущества в плане конфиденциальности, экономии и гибкости. Однако процесс требует значительных вычислительных ресурсов и определённого уровня технической подготовки. Выбор конкретного метода развёртывания зависит от доступных ресурсов и требований к функциональности модели.

Научный руководитель – старший преподаватель К.В. Вальштейн.

Библиографический список

1. What Is Retrieval Augmented Generation? [Электронный ресурс]. URL: <https://www.deepset.ai/blog/lms-retrieval-augmentation> (дата обращения: 25.01.2025).
2. 7 проектов для вашего нового Raspberry Pi 5 с 16 ГБ. [Электронный ресурс]. URL: <https://zen.ru/a/Z6UYRViO3VWLt-51?ysclid=m77jfbqrs643042061> (дата обращения: 27.01.2025).
3. Ollama. [Электронный ресурс]. URL: <https://ollama.com/> (дата обращения: 03.02.2025).
4. LM Studio – Discover, download, and run local LLMs. [Электронный ресурс]. URL: <https://lmstudio.ai/> (дата обращения: 03.02.2025).
5. Kubernetes. [Электронный ресурс]. URL: <https://kubernetes.io/> (дата обращения: 03.02.2025).
6. Haystack. [Электронный ресурс]. URL: <https://haystack.deepset.ai/> (дата обращения: 03.02.2025).
7. Hugging Face – The AI community building the future. [Электронный ресурс]. URL: <https://huggingface.co/> (дата обращения: 03.02.2025).
8. Llama3. [Электронный ресурс]. URL: https://huggingface.co/docs/transformers/model_doc/llama3 (дата обращения: 06.02.2025).
9. Mistral Workflow Service. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.openstack.org/mistral/2024.2/index.html> (дата обращения: 06.02.2025).
10. microsoft/phi-2. [Электронный ресурс]. URL: <https://huggingface.co/microsoft/phi-2> (дата обращения: 06.02.2025).
11. EleutherAI/gpt-neox-20b. [Электронный ресурс]. URL: <https://huggingface.co/EleutherAI/gpt-neox-20b> (дата обращения: 06.02.2025).
12. Your First API Call | DeepSeek API Docs. [Электронный ресурс]. URL: <https://api-docs.deepseek.com/> (дата обращения: 06.02.2025).

УДК 621.398

РАБОТА И НАСТРОЙКА ТЕЛЕМЕТРИИ НА КОФЕЙНОМ НАСТОЛЬНОМ АППАРАТЕ RUNERO ESPRESSO

О.А. Елисеева¹, Н.В. Каплин²

¹. Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

². ООО «КРАФТ»

Введение

В Runero Espresso выведены несколько ключевых решений по техническому заданию, а именно быстрое приготовление качественного напитка с настройкой помола, точной настройкой количества воды и сыпучих продуктов, а также степеней предсмачивания таблеток кофе. Автомат оснащен современными функциями приготовления горячих напитков с помощью группы бойлера и кофейной группы.

Телеметрия в свою очередь позволяет отслеживать в режиме онлайн работу кофейного аппарата и оценивать его состояние, исходя из показателей некоторых датчиков и ошибок. В состав телеметрии входит настройка планограммы, количества кофе, помола кофе*, возможность блокировать отдельные напитки или выставлять напитки по времени, менять цену, корректировать работу автомата. Также при помощи телеметрии можно решать некоторые проблемы, возникшие при покупке, не заставляя покупателя напитка ждать приезда техника. Если автомат выдал ошибку при приготовлении напитка, не сдал сдачу, не налил воды и т.д., то можно при помощи программного управления решить эту проблему, сняв ошибки или сдав деньги, сдачу клиенту.

1. Принцип работы телеметрии

Принцип работы телеметрии на кофейном автомате заключается в удаленном мониторинге и анализе данных, поступающих с кофееавтомата. Связь с кофееавтоматом поддерживается при помощи модема с антенной и личного кабинета.

Модем необходим для передачи данных о своем состоянии, принимает сигналы, подаваемые через личный кабинет.

Личный кабинет необходим для получения информации, поступающей от модема о состоянии кофееавтомата. В личном кабинете можно составить отчет по обслуживанию и финансам автомата, количества продаж каждого напитка и общему состоянию автомата.

1.2 Как работает телеметрия на аппарате Runero

Аппарат Runero оснащен датчиками и модемом, в свою очередь датчики передают данные о состоянии автомата в плату управления, а плата управления передает данные на модем и отправляет в личный кабинет телеметрии. Все это содержит информацию о количестве приготовленных напитков, состоянии запасов ингредиентов и статусе технического обслуживания.

2. Настройка телеметрии

Изначально необходимо установить модем с антенной в аппарат, который может идти в заказе по стандарту или же докупить отдельно «Box set UOnline», установить антенну и модем, вставить активированную сим-карту. Ничего дополнительно устанавливать не нужно, если аппарат производства Unicum сделан на заводе ООО «КРАФТ».

Если автомат другой фирмы, то дополнительно к модему и антенне необходимо установить контроллер модема и контроллер платежных систем, т.к. без этих контроллеров телеметрия просто не будет передавать данные о состоянии самого автомата и состоянии его монетоприемника и купюроприемника.

Важно! При подключении UOnline телеметрии необходимо убедиться, что автомат поддерживает MDB протокол.

MDB (Multi-Drop Bus) — это протокол, который используется в индустрии торговых автоматов. Он определяет формат обмена данными между контроллером торгового автомата (VMC) и периферийными устройствами.

Протокол MDB обеспечивает правильную и эффективную обработку платежей и соответствующий ответ в торговом автомате, например, выдачу выбранного снека.

Особенности протокола MDB:

определяет 9-битный последовательный канал;

устанавливает ограничения по времени (периферийное устройство должно отвечать на опрос VMC в течение 5 мс);

определяет электрические и механические характеристики разъемов для соединения Master и Slave устройств, а также материалы, из которых разъемы должны изготавливаться.

Преимущества протокола MDB: простота подключения, настройки и получения данных аудита статистики с дисплея автомата.

Недостатки протокола MDB: совместимость оборудования (MDB — открытый протокол, который постоянно дорабатывается) и невозможность использования универсальных средств снятия статистики [1].

2.1 Требования к SIM-карте

При активации сим-карты для модема телеметрии необходимо учесть несколько факторов:

1. GPRS-интернет с округлением не более 1КБ – необходимо для точного учета объема входящего и исходящего трафика кофееавтомата.
2. Входящие SMS-сообщения – необходимо для получения экстренных сообщений на свой телефон при работе автомата.
3. Входящие голосовые вызовы – также необходимо для получения экстренных дозвонков на заранее заданные номера телефонов.

Помимо включенных услуг, на сим-карте должны быть и обязательно отключенные услуги:

1. PIN-код – позволяет автоматизировать процесс, пин-код может мешать бесперебойной работе некоторых услуг телеметрии.
2. Автоответчик – минимизирует сбои и оптимизирует работу устройства.
3. АнтиАОН – позволит отслеживать какой именно автомат с каким номером показывает текущие данные.

Для успешного подключения SIM-карты потребуются следующие параметры:

1. Телефонный номер в международном формате.
2. Точка доступа для интернета GPRS (например, для SIM-карт Билайн: internet.beeline.ru или home.beeline.ru, для МТС: internet.mts.ru, для Мерафон: internet, для Теле-2: internet.tele2.ru). Не стоит подключать с точкой доступа для GPS-WAP, так как при подключении через точку доступа WAP, стоимость трафика может быть выше.
3. Логин и пароль для точки доступа (например, для SIM-карт Билайн: beeline/beeline, для МТС: mts/mts, для Мерафон: gdata/gdata, для Теле-2: tele2/tele2).

2.2 Подключение аппарата

После установки ПО, необходимо подключить кофейный аппарат к сети. Это можно сделать через Wi-Fi или с использованием Ethernet-кабеля. Важно следовать инструкциям производителя для правильной настройки подключения.

В качестве итогов можно выделить следующие:

Для корректной работы онлайн-мониторинга в кофемашине должен быть установлен комплект UOnline box set в который входит модем – плата Unicum 0.41; контроллер модема – плата Unicum 0.42 (Если кофемашина не производства завода ООО «КРАФТ»); контроллер MDB – плата Unicum 0.43 (Если кофемашина не производства завода ООО «КРАФТ»).

Должны соблюдаться дополнительные требования к автомату, такие как:

1. Кофемашина прошла испытания и внесена в реестр на сервере телеметрии;
2. Кофемашина должна использовать платежные системы по протоколу MDB;
3. Кофемашина должна поддерживать MDB-cashless 1.

2.3 Установка и проверка работы модема

Все подключения проводятся на выключенном из питания аппарате. При попытке подключения «на горячую» модем может выйти из строя при подключении 6-pin разъема. На рис. 1 изображена схема подключения модема с антенной к плате 019-R2 Unicum. Цифрами обозначены: 1 – антенна модема; 2 – сим-карта с GPRS; 3 – модем; 4 – кабель MDB; 5 – плата управления.

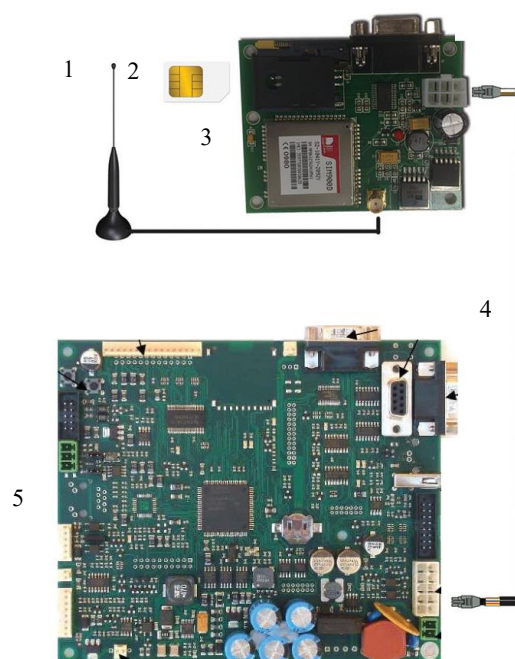


Рис. 1. Подключение модема к плате управления.

Последовательность установки не регламентируется, но для корректной работы необходимо вставить в разъем модема сим-карту, которая соответствует всем перечисленным требованиям из раздела 2.1. После подключения по схеме нужно включить кофемашину и дождаться ее полной инициализации, на модеме при запуске начнет мигать диод раз в секунду, при получении связи с сотовой вышкой – раз в три секунды. Зайти в настройки кофемашины и разрешить MDB-cashless 1 в меню «модем». Изменить максимальный кредит больше, чем кредит на плате Unicum 043, значение должно быть 600 или выше. По завершению настройки протестировать платежные системы кофемашины и убедиться, что она принимает деньги, отображает принятые деньги, производит продажу и выдает сдачу.

Регистрация модема на онлайн-сервере телеметрии Unicum производится администратором системы по заявке на почту vending@unicum.ru. Для успешного подключения кофемашина должна быть включена, баланс SIM-карты должен быть положительный и она должна быть подключена к GPRS и интернету, подробнее см. пункт 2.1 [2].

3. Преимущества использования телеметрии

3.1 Удобство онлайн-мониторинга Unicum

Первым и однозначным удобством является возможность контроля работы кофейного аппарата в режиме реального времени, что упрощает оперативное управление и быстрое реагирование на проблемы. Все это происходит через WEB-интерфейс с любого устройства, не нужно устанавливать на свои ноутбуки, компьютеры, телефоны дополнительное программное обеспечение, все происходит через сайт в любом браузере с помощью учетной записи личного кабинета. Дистанционный аудит данных инкассации точно совпадает с реальной выручкой автомата, что исключает мошенничество и ошибки обслуживающего персонала, пример приведен на рис. 2. Для вычисления аудит-данных в процессе инкассации сервер использует два независимых алгоритма, что обеспечивает возможность восстановления информации в случае возникновения сбоев.

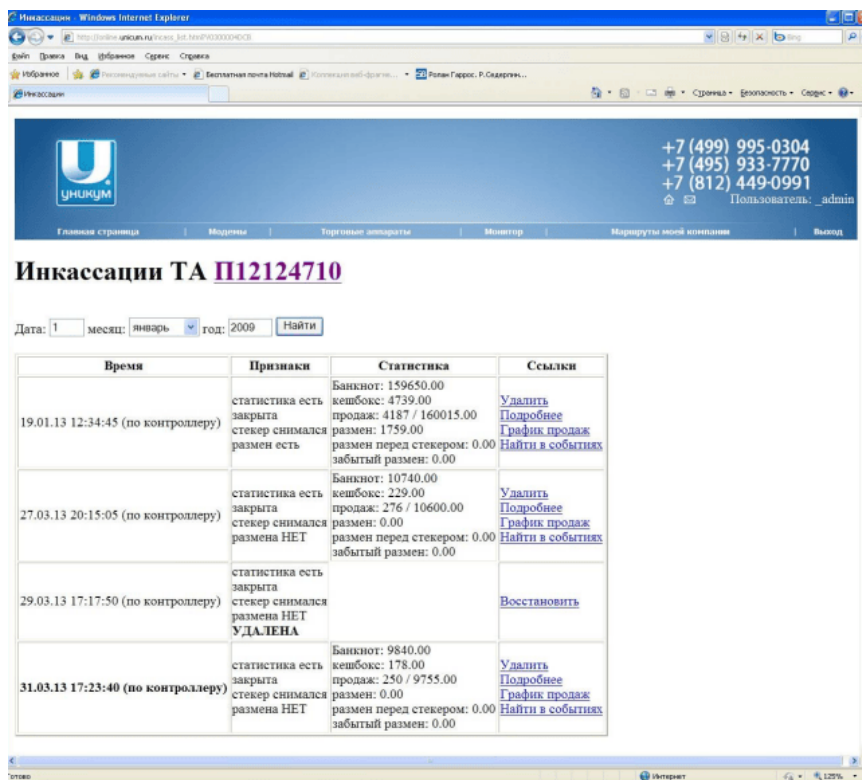


Рис. 2. Инкассация торгового аппарата.

Дистанционный доступ даёт возможность контролировать аппарат из любого места, что особенно удобно для операторов, которые управляют несколькими устройствами. С помощью дистанционного доступа можно отслеживать лог событий для каждого автомата, удаленное изменение настроек для одного или нескольких автоматов, возможность добавлять или снимать кредит на кофемашине дистанционно, просматривать и удалять ошибки.

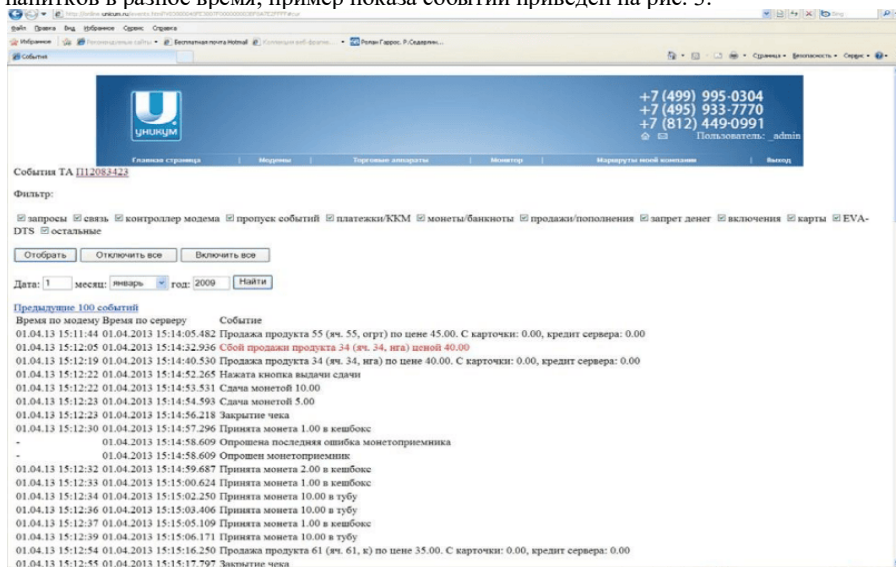
Аварийное оповещение происходит при помощи сообщения по e-mail и SMS, кофеваромат может отправлять данные о неисправностях или аварийных случаях, необходимости обслуживания, что помогает избежать длительных простоев.

3.2 Экономия времени и ресурсов

Благодаря телеметрии, можно планировать техническое обслуживание и пополнение запасов более эффективно, что снижает время простоя аппарата и увеличивает его производительность. При помощи телеметрии можно получать отчет полного аудита автомата, в том числе связанных с инкассациями, обмениваться данными с внешними базами данных таких как 1С и битрикс, низкий трафик GPRS [3].

3.3 Аналитика и оптимизация

Собранные данные могут быть использованы для анализа и оптимизации работы кофейного аппарата, что позволяет улучшать качество обслуживания и удовлетворенность клиентов. Как было описано в пункте выше, это возможно при обмене с внешними базами данных и чтения аудита, в который входит количество проданных напитков в разное время, пример показа событий приведен на рис. 3.



Заключение

В заключении можно отметить, что данная система контроля собственного парка торговых автоматов, а в рассматриваемом случае кофейного автомата Runego Espresso, позволяет не только получать информацию о кофейном автомате и анализировать в режиме реального времени, но и осуществлять управление каждой единицей кофейных автоматов с помощью GPRS-связи. Сервис телеметрии UOnline дает возможность круглосуточно контролировать все параметры и проводить дистанционный аудит кофейного автомата.

Данный сервис помогает оптимизировать обслуживание каждой отдельной машины, увеличить количество продаж при помощи оптимизации бизнес-процессов, внедрять программы лояльности и бонусных программ для клиентов. Повышение эффективности происходит с помощью оптимизации маршрутов, сокращения количества поездок, при которой может испортиться продукт или прекратить перевозку ненужного товара на место назначения.

Ведется учет платежей по системам платежей и позволяет составлять отчеты по пользованию, времени транзакций, типу карт, типу оплаты и нескольким другим параметрам. При отсутствии денег в платежной системе, автомат выдаст аварийное оповещение.

Необходимо сказать, что для комфортной работы онлайн-телеметрия является совершенно необходимой функцией при наличии торговых аппаратов на разном удалении от местонахождения техника или владельца.

Библиографический список

1. Козырев Г.И., Назаров А.В., Шитов И.В., Обрученков В.П., Древин А.В., Краскин В.Б. Современная телеметрия в теории и на практике // Учебный курс. СПб: Наука и Техника, 2007. С. 673.
2. Кумбз Клайд Ф. Мир электроники печатные платы // Справочник в 2-х книгах. Москва: Техносфера, 2020-2022. С. 2032.
3. А. П. Науменко, И. С. Кудрявцева Теория и методы мониторинга и диагностики технических систем // Материалы лекций, 2-е издание, исправленное. Вологда: Инфра-инженерия, 2024. С. 204.

УДК 004.9

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЧИСЛА ЭКСПЕРТОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКСПЕРТНОЙ ГРУППЫ

О.А. Елисеева, Д.Р. Лаврентьев

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Введение

В современном мире, где объем информации растет с каждым днем, а задачи становятся все более сложными, экспертные методы играют ключевую роль в решении разнообразных проблем. Применение данных методов позволяет принимать обоснованные решения, разрабатывать новые технологии и оптимизировать процессы. Данная статья направлена на описание экспертных методов, рассмотрение задач, которые они помогают решать и возможностях их применения и влияния на различные сферы жизни.

Экспертные методы представляют собой систематизированные подходы, основанные на знаниях и опыте специалистов в определенной области. Они могут включать в себя как качественные, так и количественные методы анализа, такие как экспертные оценки, метод Дельфи, SWOT-анализ, моделирование и симуляция, а также методы машинного обучения.

Экспертные методы в управлении качеством представляют собой набор подходов, основанных на знаниях и опыте специалистов, которые помогают анализировать, оценивать и улучшать качество продукции и услуг. Эти методы могут быть использованы для решения различных задач, связанных с обеспечением и контролем качества.

Классификация и ранжирование

Эксперты могут использоваться для классификации продуктов или процессов по различным критериям качества или для ранжирования потенциальных решений по степени их эффективности. Метод применяется для оценки различных вариантов улучшения процессов или выбора поставщиков на основе критериев качества.

Метод оценки по шкале (например, 5-балльная шкала)

Эксперты оценивают качество продукции или услуги по заранее установленной шкале. Это может включать как количественные, так и качественные показатели. Используется для получения количественной оценки качества на основе мнений экспертов, что позволяет проводить сравнения и анализ.

Фокус-группы

Группы экспертов или потребителей собираются для обсуждения определенной темы, связанной с качеством продукции или услуг. Обсуждение может быть направлено на выявление проблем, ожиданий и предложений. Применяется для сбора отзывов о качестве продуктов и услуг, а также для понимания потребительских предпочтений.

Экспертные методы в управлении качеством включают в себя несколько ключевых задач. Первой задачей является сбор и анализ данных, когда эксперты собирают информацию о качестве продукции через опросы, анкетирования и обсуждения, что позволяет получить объективные данные для анализа.

На основе полученных данных эксперты формулируют рекомендации по улучшению процессов, стандартов и практик управления качеством. Эти рекомендации помогают организациям оптимизировать свои подходы и повысить уровень качества.

Экспертные методы также могут использоваться для создания моделей оценки качества, которые помогают оценивать качество на разных этапах жизненного цикла продукта. Проведение сравнительного анализа является еще одной важной задачей, когда эксперты сравнивают различные продукты или процессы по критериям качества, что позволяет выявить лучшие практики и стандарты.

На основе анализа и оценок эксперты разрабатывают стратегии управления качеством, которые включают в себя действия по улучшению и контролю качества. Обучение и развитие персонала также играют важную роль: эксперты могут проводить тренинги и семинары для сотрудников, обучая их методам управления качеством и повышая общую квалификацию команды.

Таким образом, экспертные методы становятся важным инструментом в управлении качеством, позволяя организациям использовать знания и опыт специалистов для достижения высоких стандартов качества. Цели этих методов связаны с улучшением качества продукции и услуг, а задачи направлены на сбор данных, анализ проблем, разработку рекомендаций и формирование стратегий управления качеством. Комбинирование экспертных методов с другими подходами может значительно повысить эффективность управления качеством в организации.

Экспертные методы необходимы для:

1. Упрощения процесса принятия решений. В условиях неопределенности и недостатка информации экспертные методы позволяют систематизировать данные и оценить различные сценарии. Это особенно важно для руководителей и менеджеров, которым необходимо принимать решения на основе неполных данных.

2. Оптимизации ресурсов. Экспертные методы помогают выявить наиболее эффективные способы использования ресурсов — человеческих, финансовых или временных. Это позволяет снизить затраты и повысить производительность.

3. Улучшения качества прогнозов. Используя экспертные оценки и статистические модели, организации могут более точно предсказывать тренды и изменения на рынке, что дает им конкурентное преимущество.

4. Идентификации рисков. Экспертные методы позволяют выявлять потенциальные риски и угрозы, а также разрабатывать стратегии их минимизации. Это особенно актуально для финансовых учреждений и компаний, работающих в высокорисковых отраслях.

5. Инновации и развития. Экспертные знания необходимы для создания новых продуктов и технологий. Они помогают не только в разработке идей, но и в их реализации, что способствует инновационному развитию организаций [1,2].

Среди основных принципов следует выделить следующие:

- Компетентность экспертов. Эксперты должны обладать глубокими знаниями и опытом в своей области. Это может быть подтверждено их образованием, профессиональной деятельностью и научными публикациями.

- Анонимность. В некоторых методах, таких как метод Дельфи, эксперты могут оставаться анонимными, что помогает избежать влияния авторитета и способствует более свободному выражению мнений.

- Итеративный процесс. Многие экспертные методы включают несколько раундов оценки, что позволяет экспертам пересматривать свои мнения на основе обратной связи от других участников.

Существуют следующие методы сбора мнений:

— Анкетирование. Экспертам предоставляются анкеты с закрытыми и открытыми вопросами. Это позволяет собрать структурированные данные о мнениях экспертов по конкретной теме.

— Интервью. Личное или телефонное интервью позволяет углубиться в мнение экспертов и получить более детальные ответы на сложные вопросы.

— Групповые обсуждения: Использование форматов мозгового штурма или фокус-групп для стимулирования обсуждения и генерации идей.

Основные методы экспертной оценки

Метод Дельфи

Процесс: Эксперты отвечают на серию опросов анонимно. После каждого раунда результаты обобщаются, и эксперты получают возможность пересмотреть свои ответы.

Цель: Устранение крайних мнений и достижение консенсуса.

Мозговой штурм

Процесс: Группа собирается для свободного обмена идеями без критики. Все идеи фиксируются, после чего происходит анализ и выбор наиболее перспективных.

Цель: Стимулирование креативности и генерация множества идей.

Анализ иерархий (АНР):

Процесс: Структурирование проблемы в виде иерархии критериев и альтернатив. Эксперты проводят парные сравнения альтернатив по каждому критерию.

Цель: Определение относительной важности различных факторов и выбор оптимального решения.

Метод парных сравнений:

Процесс: Эксперты сравнивают элементы попарно, оценивая их по определенным критериям.

Цель: Определение предпочтений и приоритетов среди множества вариантов.

Классификация экспертных методов

Экспертные методы можно классифицировать по различным критериям:

По типу данных:

Качественные (например, описательные оценки).

Количественные (например, балльные оценки).

По степени формализации:

Формализованные (например, АНР, Дельфи).

Неформализованные (например, мозговой штурм).

Применение экспертных методов

Экспертные методы находят применение в различных областях:

Управление проектами: Оценка рисков, определение временных рамок, оценка стоимости.

Экономика и бизнес: Прогнозирование рыночных трендов, оценка инвестиционных проектов.

Экология и охрана окружающей среды: Оценка воздействия на окружающую среду, разработка стратегий устойчивого развития.

Медицина и здравоохранение: Оценка эффективности медицинских вмешательств, разработка клинических рекомендаций.

Преимущества и недостатки экспертных методов

Преимущества: возможность получения информации в условиях недостатка данных, учет мнений специалистов с практическим опытом, гибкость в применении методов.

Недостатки: возможные предвзятости экспертов (например, влияние личных мнений), сложности в достижении консенсуса, зависимость от качества выбора экспертов.

Экспертные методы оценки являются важным инструментом в принятии решений в условиях неопределенности. Они позволяют использовать знания и опыт специалистов для решения сложных задач, где традиционные количественные методы могут оказаться недостаточными. Правильное применение этих методов требует тщательного выбора экспертов, структурирования процесса сбора и анализа данных, а также учета возможных предвзятостей для достижения максимально объективных результатов.

Основная суть экспертного метода оценки заключается в использовании знаний, опыта и мнений специалистов для решения сложных задач или принятия решений в условиях неопределенности и недостатка количественных данных. Этот метод позволяет собрать и систематизировать информацию, основанную на экспертных оценках, что может быть особенно полезно в ситуациях, когда традиционные аналитические подходы оказываются неприменимыми или недостаточно точными.

При проведении исследований возникают задачи, когда необходимо найти количество экспертов для получения максимально полных данных. Данный расчет сводится к определению такого числа m , при котором вероятность появления нового содержательного предложения с привлечением $(m + 1)$ -го эксперта становится ниже заранее установленного уровня α [3,4].

Для решения данной задачи применяется алгоритм, представленный на блок-схеме рис.1:

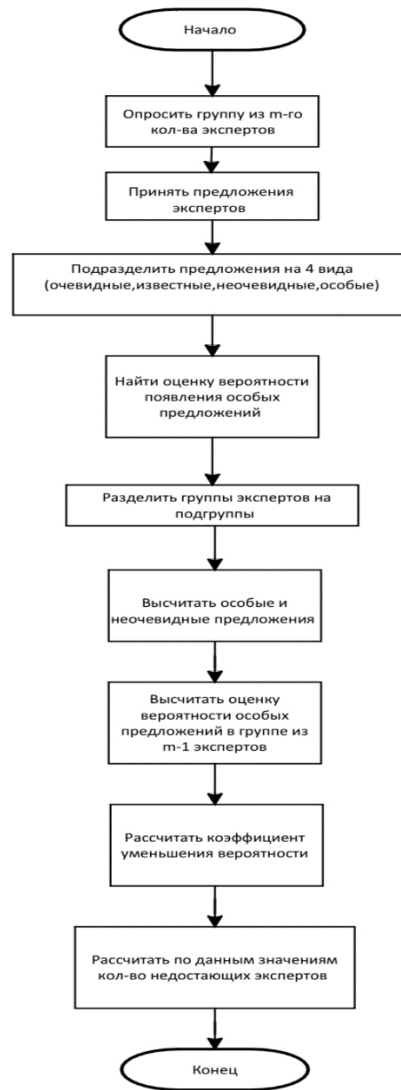


Рис. 1 – Блок-схема алгоритма

Вероятность появления особых предложений, выдвинутых меньшинством в группе из m экспертов, можно определить с помощью соответствующего математического выражения:

$$P_m = \frac{n_m^{(1)}}{n_m^{(1)} + n_m^{(2)} + \dots + n_m^{(v)}}, \quad (1)$$

где $n_m^{(1)}$ – количество особых предложений; $n_m^{(2)} + n_m^{(v)}$ неочевидных предложений, выдвинутых меньшинством v .

Вероятность P_{m-1} появления особых предложений по всем подгруппам и коэффициент λ уменьшения вероятности появления особых предложений с переходом от $(m - 1)$ экспертов к m экспертам рассчитываются как:

$$P_{m-1} = \frac{\sum_{j=1}^{m-1} n_{m-1}^{(1)}}{\sum_{j=1}^{m-1} (n_m^{(1)} + n_m^{(2)} + \dots + n_m^{(v)})} \quad (2)$$

$$\lambda = \frac{P_m}{P_{m-1}} \quad (3)$$

Число k вновь привлекаемых экспертов находится по формуле:

$$k = \frac{\ln \alpha - \ln P_m}{\ln \lambda} \quad (4)$$

Следует отметить, что все предположения, касающиеся предложенного метода решения, ориентированы на расчет с учетом запаса. Исходят из того, что все эксперты обладают одинаковой

продуктивностью, что приводит к завышению необходимого числа участников. На практике, при правильном отборе экспертов, в первую очередь в группу попадают наиболее квалифицированные специалисты, способные предоставить наиболее полную информацию. В дальнейшем привлеченные эксперты могут оказаться менее продуктивными, поскольку их профессиональные интересы могут не совпадать с целями экспертизы. Это, в свою очередь, снижает эффективность работы группы.

Поскольку предложенный подход приводит к увеличению числа экспертов выше необходимого уровня, нет смысла превышать рассчитанное количество участников. Важно тщательно опросить каждого эксперта, чтобы глубже понять их мнения и эффективно организовать обмен идеями.

Расчет количества экспертов, необходимых для проведения экспертизы, исходя из условия полноты выявления представляемых ими данных, по вышеприведенному алгоритму представлен ниже. Данные для расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Исходные данные

таблица 1 - исходные данные							
№ эксперта № предложения	1	2	3	4	5	Вид предложения	
1	+	+	+	+	+	очевидные	$\alpha=0,05$
2	+	+	+	+	+		
3	+	+	+	+	+		
4	+		+	+	+	известные	
5	+	+	+		+		
6		+		+	+		
7	+	+				неочевидные	
8			+	+			
9					+	особые	
10			+				
11	+						
12				+			
13		+					

При индивидуальном анкетном опросе группа из пяти экспертов в результате генерации подала 13 предложений, относящихся к объекту экспертизы, некоторые из которых по содержанию совпадают друг с другом. При этом 3 предложения выдвинуты всеми экспертами (очевидные); 3 предложения выдвинуты большинством экспертов, но не всеми, (известные); 2 предложения выдвинуты меньшинством, в данном случае, тремя экспертами (неочевидные) и также 5 предложений выдвинуты тремя экспертами (особые).

Возникает следующий вопрос: сколько ещё экспертов k следует опросить, чтобы вероятность $P_m + k$ появления содержательно нового предложения стала меньше $\alpha = 0,05$?

В ходе решения поставленной задачи по формуле (1) находится оценка вероятности появления особых предложений среди всех предложений, выдвинутых меньшинством, в группе из $m = 5$ экспертов:

$$P_m = \frac{n_m^{(1)}}{n_m^{(1)} + n_m^{(2)}} = \frac{5}{5+2} = 0,7$$

Их группы экспертов образуются всевозможные подгруппы по четыре эксперта (всего пять подгрупп) и для каждой из них подсчитывается число особых и неочевидных предложений.

Таблица 2 – Количество особых и неочевидных предложений

	Без 1-го эксперта	Без 2-го эксперта	Без 3-го эксперта	Без 4-го эксперта	Без 5-го эксперта
Число особых предложений	5	5	5	5	4
Число неочевидных предложений	1	1	1	1	2

Оценка вероятности появления особых предложений в группе из четырёх экспертов будет

$$P_{m-1} = \frac{\sum_{j=1}^5 n_4^{(1)}}{\sum_{j=1}^5 (n_4^{(1)} + n_4^{(2)})} = \frac{24}{24+6} = 0,8$$

По найденным значениям P_5 и P_4 находится коэффициент уменьшения вероятности появления особых предложений с переходом от пяти к четырём экспертам:

$$\lambda = \frac{P_m}{P_{m-1}} = \frac{0,7}{0,8} = 0,875$$

На основании найденных P_5 и λ , а также заданного значения α рассчитывается количество k вновь привлекаемых экспертов по формуле (4):

$$k = \frac{\ln \alpha - \ln P_5}{\ln \lambda} = \frac{-2,96 - (-0,36)}{-0,13} = 20$$

В результате проведенных расчетов видно, что для достижения поставленной задачи к работе следует привлечь еще 20 специалистов, в сумме получается 33 человека.

Библиографический список

1. Орешина О.А. Учёт рисков при автоматизации процесса создания нового полимерного композиционного материала // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. 2020. - № 2. - С. 120-124.
2. Орешина О.А., Марков А.В. Автоматизация процесса принятия решения о составе полимерных композиционных материалов // Автоматизация. Современные технологии. – 2020. – Т.74. – №10. – С.440-443.
3. Елисеева О.А., Лаврентьев Д.Р. Развитие нового подхода при назначении уступки в методе последовательных уступок при многокритериальной оптимизации // Перспективы науки. – 2024. – №10 (181). – С.10-13.
4. М.Н. Подольская., Квалиметрия и управление качеством: лабораторный практикум. Ч.1. Экспертные методы / М.Н. Подольская. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011 – 80 с.

УДК 004.932.4

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ АДАПТИВНОГО ВЫРАВНИВАНИЯ ГИСТОГРАММЫ К ВИДЕОИНФОРМАЦИИ, ПОЛУЧЕННОЙ В ГЛУБИННЫХ СКВАЖИНАХ

Е.И. Арефьева

Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II

Для оценки состояния оборудования и скважины в целом используются телевизионные видеосистемы. Такие компании, как «Газпром недра», пользуются глубинными системами на каротажных кабелях. Это обусловлено необходимостью мониторинга внутреннего состояния внутрискважинного пространства, важностью детализации данных. В работе были использованы кадры, полученные глубинной телевизионной видеосистемой ПФ «Аленд», которая помогает визуально оценить колонну или ствол, наблюдать за состоянием забоя, выявить рабочие интервалы в зоне перфорации. Однако при малом расстоянии от объектива до объекта не избежать размытия видеокадра, что затрудняет визуальную оценку [1]. Низкий уровень освещения приводит к малоконтрастным изображениям [2]. Очень важно извлекать необходимую информацию о внутрискважинном оборудовании из уже существующих видеоданных, так как не всегда есть возможность провести повторные видеоисследования или они также дадут кадры с затемнениями, засветкой и размытием. В работе проведен анализ серии кадров для повышения уровня резкости и устранение эффекта размытия. Для этой задачи выбран метод CLAHE, реализованный на языке Matlab [3].

На рис. 1, а приведен видеокадр колонны перед забоем. Проведя визуальный анализ изображения, затемнение некоторых участков и засветку других областей изображения, невозможно разглядеть все выступы. Для подтверждения визуальной оценки, строим гистограмму распределения яркости этого изображения (рис.1, б). На гистограмме видим более 1700 пикселей с яркостью 0. Также большое количество пикселей имеют яркость 40 и 100. После отметки в 100 уровней количество пикселей резко идёт на спад. В роли количественных показателей качества видеокадра будем использовать средний уровень яркости и тененград.

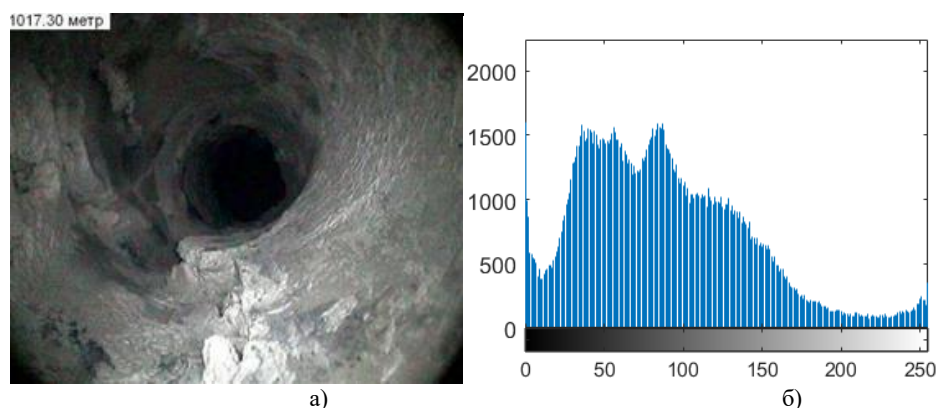


Рис.1. Первоначальное изображение (а) и его гистограмма распределения яркости (б)

Для подтверждения анализа гистограммы требуется вычислить среднее значение яркости исходного видеокadra. Для данного изображения оно составляет 88.1676. При средней яркости большинства стандартных видеокadров в 127 уровней, это достаточно низкий показатель, хотя и не самый низкий из возможных [4–6]. Поскольку средний уровень яркости считается по всему видеокadру, светлые и белые участки способствуют повышению этого параметра.

Для оценки контрастности и резкости видеокadров будем применять Метод Tenengrad [2]. Метод основан на оценке среднего квадрата градиента яркости пикселей монохромного изображения [2].

$$G = \sum (G_x(x, y)^2 + G_y(x, y)^2),$$

где G_x , G_y – маски на основе оператор Собеля, полученные путём умножения исходного изображения на ортогональные матрицы, представляющие собой маски вращения.

$$G_x(x, y) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} * A(x, y),$$

$$G_y(x, y) = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} * A(x, y),$$

где $A(x, y)$ – исходное изображение.

Тененград исходного изображения равен 152.4207.

Визуальный анализ и оценка количественных показателей качества позволяет сказать о малой контрастности исходного изображения. Для повышения резкости будем использовать Метод CLANE, который заключается в выравнивании гистограммы распределения яркости. Изображение делится на прямоугольные плитки, для каждой такой плитки вычисляется интегральная гистограмма, при её построении учитывают контрастный предел улучшения (ClipLimit). Далее для каждого пикселя находят ближайшие четыре плитки и при использовании известных исходных значений находят яркость для выбранного элемента. В итоге, гистограмма выравнивается для всего изображения при учёте гистограмм области из четырёх плиток вокруг каждого пикселя [3].

При применении метода CLANE необходимо определиться с формой гистограммы, их существует три вида [7, 8]: плоская или универсальная (Uniform), колокольная (Rayleigh) и экспоненциальная (Exponential).

На рисунке 2, а приведен видеокadр обработанный методом CLANE с универсальной формой распределения, а на рисунке 2, б гистограмма распределения яркости обработанного видеокadра. Изображение заметно «посветлело», его средний уровень яркости составил 119,3153, а tenengrad 181,2562.

На рисунке 3, а приводится видеокadр после обработки CLANE с колокольным распределением и его гистограмма (3,б). На этот изображение заметны артефакты в центральной части, в области особенно затемненного участка. Количественные характеристики видеокadра составляют: средний уровень яркости 112,4057, tenengrad 179,5512.

Видеокadр, обработанный методом CLANE с экспоненциальным распределением приведен на рисунке 4,а, а его гистограмма на рисунке 4,б. Полученное изображение получается самым «удачным» и по визуальному анализу и по полученным количественным характеристикам (среднее значение = 111,3364, tenengrad = 180,9753).

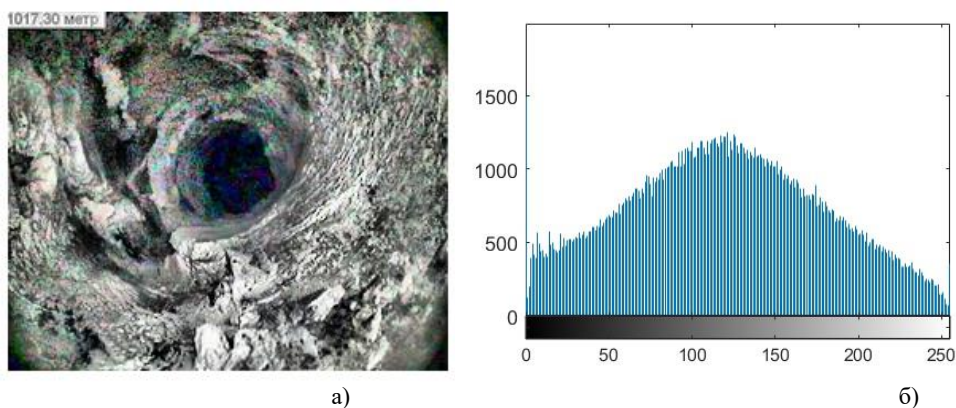


Рис. 2. Обработанный видеокادر с формой гистограммы «uniform» и его гистограмма

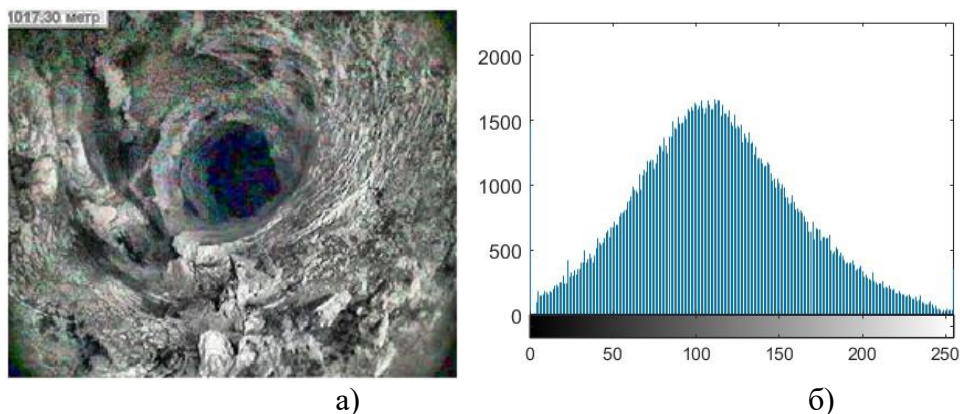


Рис. 3. Обработанный видеокادر с формой гистограммы «rayleigh» и его гистограмма

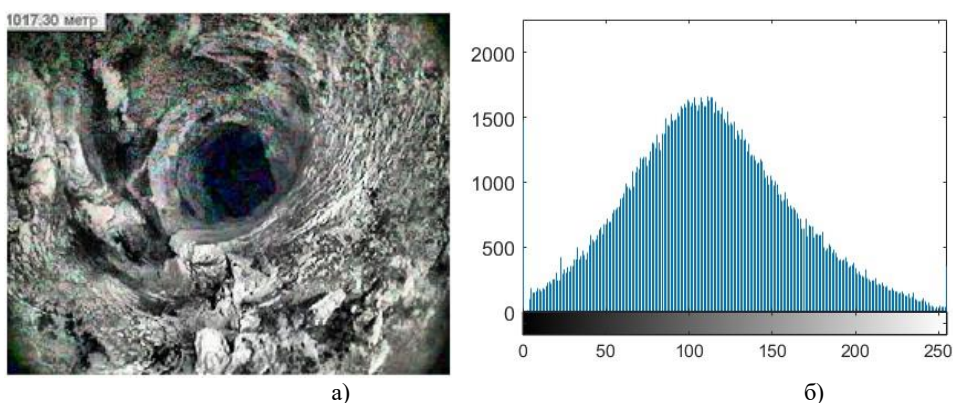


Рис. 4. Обработанный видеокادر и его гистограмма

При применении метода CLAHE к стандартным изображениям со средним уровнем яркости 127, как правило, используется стандартный предел улучшения равный 0.01. Проведя многочисленные эксперименты с множеством видеокладов (таблица 1), полученных в скважинах, было установлено, что оптимальной для нахождения ClipLimit (CL) является отношение 2 к среднему значению видеокладра (L).

$$CL = \frac{2}{L}. \quad (1)$$

Для нашего исходного изображения этот показатель равен 0.0226.

Таблица 1. Количественные характеристики исходного и обработанных видеокладов

Изображение	Средний уровень яркости	Tenengrad
Исходное	88.1676	152.4207
CLAHE Uniform 0,01	110,2192	177,9489
CLAHE Uniform 1/(2L)	103,2108	173,8232
CLAHE Uniform 1/L	111.3245	178.4152
CLAHE Uniform 2/L	119,3153	181,2562
CLAHE Rayleigh 0.01	104,7639	174,8381
CLAHE Rayleigh 1/(2L)	99,5602	169,5229

CLAHE Rayleigh 1/L	105,6473	175,4857
CLAHE Rayleigh 2/L	112,4057	179,5512
CLAHE Exponential 0.01	101,2807	177,2728
CLAHE Exponential 1/(2L)	93,8617	172,7262
CLAHE Exponential 1/L	102,4778	177,7669
CLAHE Exponential 2/L	111,3364	180,9753

Сравнение количественных характеристик исходного и обработанных видеок кадров и их визуального качества показывает лучшую различимость мелких деталей изображения, отсутствие артефактов при применении экспоненциального выравнивания гистограммы в сравнении с остальными (рис. 2–4). Визуальную оценку подтверждает показатель – средний уровень яркости. На гистограммах распределения яркости (рис. 2–4) обработанных изображений видим уменьшение нулевых пикселей примерно на 300. Второй пик количества пикселей наблюдается в районе уровня 100. Но, при разных способах выравнивания, наблюдаем разное количество пикселей на втором пике: при экспоненциальном выравнивании оно составляет примерно 1200, при «колокольном» – 1600, при универсальном – 1300. Однако, тененград незначительно выше при универсальном выравнивании.

Количественные характеристики, приведенные в таблице 1, показывают важность точного выбора параметра контрастного предела для методов адаптивного выравнивания гистограммы: при использовании стандартного значения CL Tenengrad составляет 177,9489 для универсального распределения, 174,8381 – для колокольного и 179,5512 – для экспоненциального. При применении метода адаптивного нистограмного выравнивания с CL, рассчитанным по формуле 1, значения Tenengrad становятся значительно выше: 181, 2562 – для универсального распределения, 179,5512 – для колокольного и 180,9753 – для экспоненциального.

Выбор формы распределения в пользу экспоненциальной обусловлен меньшим количеством артефактов и шумов при данной форме гистограммы. Помехи, заметные на видеок кадрах, обработанных адаптивным гистограммным методом с универсальным распределением, могут затруднить дальнейший визуальный анализ, хотя количественные характеристики говорят в пользу универсального распределения.

Проведенный анализ исходного и обработанного видеок кадров, позволяет сделать вывод о целесообразности использования метода адаптивного выравнивания гистограммы с применением экспоненциального выравнивания с расчётом контрастного предела улучшения в соответствии с зависимостью 1 для глубинной видеосистемы на каротажных кабелях. В работе получены количественные характеристики качества, выбран оптимальный метод повышения контрастности и резкости, рассчитаны коэффициенты метода и количественные характеристики исходного и обработанных видеок кадров.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Зайцева Е.В.

Библиографический список

1. Зайцева Е.В. Подходы к цифровой обработке изображений в горной промышленности / Е.В. Зайцева, А.А. Кочнева, Е.В. Катунцов, М.Р. Киба // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2024. – Т. 13. – № 1(65). – С. 62-67. – EDN: QZBDSV
2. Сидоренко А.С., Гринченко Н.Н. Методы фокусировки фото устройств для улучшения качества изображений / А.С. Сидоренко, Н.Н. Гринченко // В сборнике: Методы и средства обработки и хранения информации. Межвузовский сборник научных трудов. Рязань, 2019. С. 16-20.
3. Ашымканов К.Ш. Применение модифицированного метода CLAHE для компенсации влияния гидрометеоров на изображения полученные в Киргизии / К.Ш. Ашымканов, В.А. Коротков, К.В. Коротков, Е. П. Новичихин // Научный журнал Физика. – 2019. – № 1. – С. 52-59. EDN: KVKZMR
4. Зайцева Е.В. Применение методов, основанных на теории Retinex, при обработке цветных изображений, полученных в шахтах / Е.В. Зайцева, А.А. Кочнева, Е.В. Катунцов, О.М. Ромакина // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2024. – Т. 13. – № 1(65). – С. 10-17. – EDN: QRJBPY
5. Пустынский И.Н. Методы и средства повышения помехоустойчивости и качества изображений активно-импульсных телевизионно-вычислительных систем / И.Н. Пустынский [и др.] // Доклады ТУСУР. – 2017. – Т. 20, № 3. – С. 86–89. DOI: 10.21293/1818-0442-2017-20-3-86-89. EDN: ZIAREZ
6. Исследование и проектирование сглаживающих фильтров в среде Scilab для подавления шумов в изображениях / А.А. Акифьев [и др.] // Доклады ТУСУР. – 2017. – Т. 20, № 4. – С. 157–160. DOI: 10.21293/1818-0442-2017-20-4-157-160. EDN: YTZQSN
7. Пустынский И.Н. Методы и средства формирования и обработки изображения переднего отдела глаза / И.Н. Пустынский [и др.] // Доклады ТУСУР. – 2012. – № 2(26). – Ч. 1. – С. 121–125. – EDN: PVSOAL
8. Зайцева Е. В. Погрешности аппроксимаций усредненных кривых видности при определении освещённости оптического изображения / Е. В. Зайцева // Доклады ТУСУР. – 2010. – № 1(21). – Ч. 2. – С. 69–73. – EDN: MTHNNZ

УДК 004.932.4

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВИДЕОИССЛЕДОВАНИЙ НА ПРИМЕРЕ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН

А.В. Яковлев

Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II

В современном производстве и промышленности часто используются видеокамеры. С их помощью производится контроль технологических процессов и персонала, а также наблюдение за труднодоступными местами [1–3]. Но качество видеоматериалов часто оказывается плохим, что мешает эффективно решать эти задачи. В этой работе рассматривается вопрос повышения качества видеoinформации, полученной в нефтегазовых скважинах. Опыт из этой работы можно перенести на другие области, в которых видеокамеры сталкиваются со схожими проблемами.

Видеокамеры в нефтегазовой отрасли применяют, чтобы исследовать внутрискважинное пространство и оборудование, расположенное внутри этого пространства. Это необходимо при оценке неисправностей, необходимости и методов ремонта [4–6]. Существуют другие устройства, которые решают схожие задачи (скважинная профилометрия, скважинный акустический телевизор), но при работе с мелкими предметами или с осложнениями в виде накручивания геофизических кабелей на критически важное оборудование скважины они оказывают бессильны. Требуется визуальное понимание проблемы.

Видеоисследования проводятся в сложных условиях наблюдения. В данной работе не рассматривается влияние высокой температуры и давления, которые решаются подбором соответствующего оборудования, а берётся лишь аппаратная часть проблемы. Она заключается в том, что кадры получаются смазанными и часто затемнёнными из-за низкой освещённости и малого расстояния между объектом съёмки и объективом. Рассмотрим решение, которое не предполагает замены оборудования. Это позволит компаниям улучшить качество видеоисследований без дополнительных затрат. Предлагается использовать методы гистограммной коррекции яркости и чёткости видеокадров.

Для объективного анализа видеокадров предлагается ввести критерии средней яркости и чёткости. Яркость (L) видеокадра будем оценивать через параметр средний уровень яркости изображения или его фрагмента. Вычисляется по формуле расчёт среднего арифметического:

$$L = \frac{\sum \sum \sum L_{i,j}}{m * n * 3},$$

где $L_{i,j}$ – яркость пикселя, m и n – ширина и высота изображения.

Уровень чёткости в работе предлагается осуществлять по методу Tenengrad – градиентный метод, основанный на оценке среднего квадрата градиента яркости пикселей монохромного изображения. Увеличение Tenengrad означает более четкие границы и является мерой уменьшения размытия. При помощи оператора Собеля вычисляется приближенный вектор градиента яркости в каждой точке [2]:

$$G_x(x, y) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \otimes I(x, y), G_y(x, y) = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \otimes I(x, y),$$

где $G_x(x, y), G_y(x, y)$ – маски на основе оператора Собеля. Приближенное значение средней величины квадрата градиента, называемое G_{TENG} , находится по формуле

$$G_{TENG} = \sum (G_x(x, y)^2 + G_y(x, y)^2).$$

В начале работы для обработки видеокадра будем использовать распространённый и широко используемый метод гамма-коррекции изображений. Он позволяет увеличить контрастность в локальном диапазоне яркостей за счет снижения контрастности в других диапазонах. Формула для Bright после обработки (L')

$$L' = L_m k^n,$$

где $k = \frac{L_n}{L_m}$ k – относительная яркость, $L_m = 255$ – максимальная яркость пикселя, n – коэффициент гаммы,

который мы можем вводить, L_n – изначальная яркость. Результаты работы данного метода рассмотрим на примере одного кадра (таблица 1).


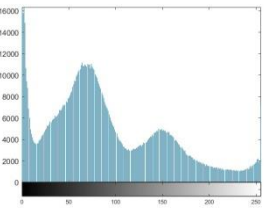

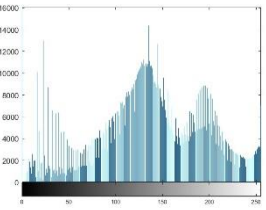
Исходное изображение было выбрано как видеокадр, обладающий как затемненными, так и засвеченными участками. Алгоритм обработки должен при восстановлении одного участка не ухудшать качество других. Исследования проводились на множестве видеокадров с аналогичными характеристиками и дали схожие результаты.

Яркость и чёткость изображения после обработки существенно возросли. На гистограмме можно заметить, что тёмных пикселей стало намного меньше, при этом возросло количество светлых пикселей. Однако на самом изображении в углах справа можно заметить много шумов. Нами были проанализированы другие кадры, в которых количество тёмных пикселей было больше. На них данный метод вызывал ещё больше графических искажений.

Можно сделать вывод, что метод гамма-коррекции изображения может быть полезен для постобработки для повышения яркости, когда количество тёмных пикселей уже будет уменьшено. Этот метод можно использовать для улучшения видимости изображения при плохой яркости экрана.


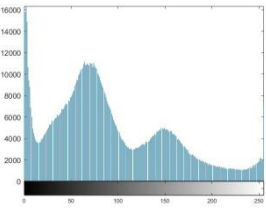

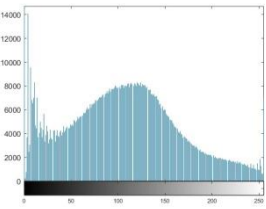

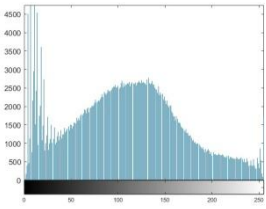

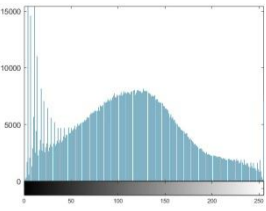
Таблица №1 – Изображение до и после гамма-коррекции

Название изображения	Изображение	Гистограмма	Количественные характеристики
----------------------	-------------	-------------	-------------------------------

Оригинальное изображение			Яркость = 87.0643 Tenengrad = 139.5346
Гамма-коррекция с $n=0,5$			Яркость = 132,2762 Tenengrad = 148,1907

Как видно из таблицы 1, метод гамма-коррекции не дал нужного результата: засвеченная область стала «еще более засвеченной». Для восстановления засвеченных участков целесообразно использовать метод эквализации гистограммы распределения яркости. В работе представлены 3 применения этого метода по разным каналам. Различия состоят в форматах обрабатываемого видеокadra и, соответственно выравнивание гистограммы происходит по разным каналам. Исходные, преобразованные изображения, гистограммы и результаты измерения яркости и чёткости представлены в таблице №1.

Таблица №2 – Видеокдры и их характеристики

№	Название метода	Изображение	Гистограмма	Количественные характеристики
-	Оригинальное изображение			Яркость = 87.0643 Tenengrad = 139.5346
1	Эквализация HSV изображения по каналу V			Яркость = 103.7120 Tenengrad = 168.6835
2	Эквализация черно-белого изображения			Яркость = 106.8718 Tenengrad = 169.0272
3	Эквализация RGB изображения по 3 каналам			Яркость = 107.0833 Tenengrad = 169.5017

В оригинальном кадре гистограмма имеет три пика. Они соответствуют трём областям изображения – тёмные углы (яркость 0), хорошо освещённый центр (яркость 75) и пересвеченный участок в левой части изображения (яркость 150).

После обработки два пика в середине выравниваются, создавая единую по яркости композицию в центре, которая во всех типах обработки находится на одном месте (яркость от 100 до 150). По количественным характеристикам можем наблюдать улучшение яркости на 19-20%, а улучшение чёткости на 20-21%.

В 1 методе пик тёмных точек сдвигается вправо, почти не оставляя полностью чёрных пикселей. Данный сдвиг характеризует один выступ до 14 000 штук пикселей и несколько выступов с меньшим количеством пикселей. Учитывая, что изначально полностью чёрных пикселей (с яркостью 0) было почти 16 000 штук, а чуть более ярких сравнимое количество, можно утверждать о существенном осветлении углов изображения.

Во 2 методе количество пикселей уменьшается, так как мы обрабатываем не трёхмерную картину HSV или RGB, а одномерную чёрно-белую. В этом варианте обработки левый пик также смещается в более светлый диапазон, но больших выступов больше. 5 выступов до 4 500 штук тёмных пикселей (грубо можно сравнить это с 14 000 для трёхмерных методов) демонстрируют худшую обработку по сравнению с 1 методом.

Аналогично в 3 методе наблюдаем 3 выступа до 15 000 штук тёмных пикселей. Но сам пик больше приводится к нормальному распределению. От этого средняя яркость у изображения №3 выше, чем у остальных. В ходе других исследований был сделан вывод, что данный метод действительно лучше других осветляет изображения, но имеет свой критически важный недостаток. О нём позже.



Главное отличие трёх вариантов обработки состоит в канале выравнивания гистограммы. Обработка изображения в оттенках серого помогает сохранить ресурсы памяти, но при таком варианте теряется преимущество цветных систем видеоисследований. Современное развитие цифровых технологий позволяет хранить и обрабатывать цветные видеоданные и использование двумерных изображений в оттенках серого целесообразно при обработке видеозаписей, полученных с черно-белых камер. Также такой вариант обработки может довольно плохо отображаться на мониторах в условиях плохой или чрезмерной освещённости.






В случае RGB изображения можно наблюдать изменение цвета в средней части изображения. Цвета при анализе внутрискважинного пространства могут значить многое. В данном случае они смещаются в сторону красного, возникает инверсия цвета, что может быть трактовано как участки коррозии. Метод показывает хорошие количественные характеристики, но может быть применён только в задачах, где цвет не является критичным.

В ходе работы был выделен метод работы с каналом V изображений типа HSV. Он даёт сравнимые количественные и визуальные результаты, но лишён проблем других методов.

Предлагается оценить помимо общего качества изображения ещё и сложные участки. Они и результаты обработки по каналу V изображения типа HSV представлены в таблице №2.

Таблица №3 – Отдельные участки изображения и их количественные характеристики

Оригинальное изображение с помеченными участками		
Название	Изображение	Количественные характеристики
Участок №1 – пересвеченная область		Яркость=167.9834 Tenengrad=173.1530

Участок №1 – пересвеченная область после обработки		Яркость=137.7435 Tenengrad=186.9515
Участок №2 – центральная область		Яркость=64.5820 Tenengrad=132.5258
Участок №2 – центральная область после обработки		Яркость=103.8618 Tenengrad=170.3976
Участок №3 – тёмная область		Яркость=11.3803 Tenengrad=74.6490
Участок №3 – тёмная область после обработки		Яркость=31.2633 Tenengrad=125.6273

На участке №1 яркость была в 1,9 раз больше, чем средняя по изображению. При оценке изображения именно этот участок выбивается из общей картины, отвлекает от других. После обработки яркость стала в 1,3 раза больше, чем средняя по обработанному кадру. Теперь можно оценить разлом, который проходит в нижней части изображения, а также рассмотреть неровности ближе к камере стены.

На участке №2 изображения яркость увеличилась на 60%, чёткость на 28%. Это улучшение позволяет лучше рассмотреть труднодоступный район. На изображении показан забой – нижняя часть скважины. Ниже спуститься, чтобы подробнее рассмотреть его, не получится из-за конструктивных особенностей видеосистемы. Поэтому такое изображение может быть полезным.

На участке №3 изображен край видеокadra. Яркость после обработки возросла в 3 раза относительно изначальной и составила 30% от общей яркости изображения вместо прежних 12%. Чёткость на этом участке увеличилась на 68%. Можно заметить трещины, которые находились в этом месте. Однако стоит отметить и появление шумов, которые здесь можно хорошо рассмотреть. Безусловно, на практике используются не только методы гистограммной коррекции для улучшения изображений, но в данном исследовании акцент был сделан на них, поэтому дополнительного шумоподавления не было.

Изучение отдельных элементов изображения помогает повысить качество всего видеокadra по частям. Все мелкие изменения могут помочь оператору быстрее интерпретировать полученную видеозапись. Если оценка идёт непосредственно с пульта, то это поможет сократить время использования оборудования.

Методы гистограммной коррекции помогают бороться с засвеченностью отдельных участков, увеличивать яркость затемнённых частей кадра, повышать общую чёткость без создания дополнительных шумов. Можно утверждать, что данный метод позволяет улучшать цветные изображения, полученные при сложных условиях видеонаблюдения в скважинах. При этом метод использует обработку сразу всей матрицы видеокadra и тем самым не требует больших временных затрат, поэтому может быть использован для обработки видеоданных в реальном времени.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.В. Зайцева

Библиографический список

1. Зайцева Е.В. Подходы к цифровой обработке изображений в горной промышленности / Е.В. Зайцева, А.А. Кочнева, Е.В. Катунцов, М.Р. Коба // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2024. – Т. 13. – № 1(65). – С. 62-67. – EDN: QZBDSV
2. Сидоренко А.С., Гринченко Н.Н. Методы фокусировки фото устройств для улучшения качества изображений / А.С. Сидоренко, Н.Н. Гринченко // В сборнике: Методы и средства обработки и хранения информации. Межвузовский сборник научных трудов. Рязань, 2019. С. 16-20.
3. Пустынский И.Н. Методы и средства повышения помехоустойчивости и качества изображений активно-

импульсных телевизионно-вычислительных систем / И.Н. Пустынский [и др.] // Доклады ТУСУР. – 2017. – Т. 20, № 3. – С. 86–89. DOI: 10.21293/1818-0442-2017-20-3-86-89. EDN: ZIAREZ

4. Исследование и проектирование сглаживающих фильтров в среде Scilab для подавления шумов в изображениях / А.А. Акифьев [и др.] // Доклады ТУСУР. – 2017. – Т. 20, № 4. – С. 157–160. DOI: 10.21293/1818-0442-2017-20-4-157-160. EDN: YTZQSN

5. Пустынский И.Н. Методы и средства формирования и обработки изображения переднего отдела глаза / И.Н. Пустынский [и др.] // Доклады ТУСУР. – 2012. – № 2(26). – Ч. 1. – С. 121–125. – EDN: PVSOAL

6. Зайцева Е. В. Погрешности аппроксимаций усредненных кривых видности при определении освещенности оптического изображения / Е. В. Зайцева // Доклады ТУСУР. – 2010. – № 1(21). – Ч. 2. – С. 69–73. – EDN: MTHNNZ

УДК 621.6.04

ПОВЕРХНОСТНЫЙ ИСТОЧНИК ЧАСТИЦ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ СРЕД

И.В. Виноградов¹, И.Б. Иванов², Т.В. Лозунова¹

¹. Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

². АО "МЦД"

Введение

Сыпучие среды, такие как руда, песок, зерно или порошки, состоят из множества твердых частиц, которые взаимодействуют друг с другом и окружающей средой. В настоящее время активно развиваются методы численного мультифизического моделирования процессов деформирования и движения таких сред. Программное обеспечение на основе этих методов применяется при проектировании оборудования (конвейеры, силосы, дробилки, мельницы и т.п.), и позволяет понять, как будет вести себя материал в тех или иных условиях, оптимизировать процессы его транспортировки, обработки и хранения.

Генерация частиц сыпучих сред является важным этапом расчета, который существенно влияет на производительность и точность получаемых результатов, так как она задает статистические распределения свойств частиц (формы, размера, свойств материала и т.п.), а также начальные кинематические условия для интегрирования уравнений движения.

Представленная работа посвящена динамическим поверхностным источникам частиц, обычно называемых инлетами или входными граничными условиями [1]. Вход в вычислительную область рассматривается как поверхность, имитирующая трубу или любое входное отверстие. Для поверхностного источника частиц есть два основных параметра – временная (расход) и пространственная плотности распределения генерируемых частиц. Обычно задается массовый расход, но в некоторых случаях удобнее использовать расход по объему или количеству частиц.

Целью настоящей работы является разработка эффективного алгоритма генерации частиц, имитирующего работу поверхностного источника с заданными временными и пространственными плотностями распределения частиц, причем индивидуальные свойства создаваемых частиц (плотность, размер, форма, и т. п.) в свою очередь могут иметь произвольные заданные статистические распределения.

Поверхностная плотность распределения источника

Для поверхностного источника частиц пространственная плотность вероятности считается постоянной в пределах его поверхности, которая представляется произвольной треугольной сеткой. Для обеспечения постоянства плотности распределения необходимо случайным образом выбрать треугольник, в котором будет создаваться частица, учитывая отношение площади треугольника к полной площади поверхности:

$$W_i = \frac{S_i}{\sum_k S_k},$$

где W_i – вероятность выбора i -го треугольника, S_i – площадь i -го треугольника.

Затем с постоянной плотностью распределения выбирается точка внутри треугольника при помощи линейной комбинации двух сторон треугольника [2]. Координаты частицы внутри треугольника рассчитываются согласно соотношению

$$\begin{aligned}x &= x_1 + (x_2 - x_1) u + (x_3 - x_1) v, \\y &= y_1 + (y_2 - y_1) u + (y_3 - y_1) v, \\z &= z_1 + (z_2 - z_1) u + (z_3 - z_1) v,\end{aligned}$$

где (x_i, y_i, z_i) – координаты i -ой вершины треугольника, u и v – коэффициенты сторон.

Точка с координатами (x, y, z) будет находится внутри треугольника при условии, что сумма коэффициентов $u + v \leq 1$. Поскольку нужна случайная точка – коэффициенты u и v случайно генерируются в диапазоне от 0 до 1 включительно. Если $u + v > 1$, то $u = 1 - u$ и $v = 1 - v$. Это нужно для того, чтобы отразить получившуюся точку F, оказавшуюся вне треугольника, в соответствующую ей точку внутри треугольника (точка G) (рис. 1).

Рис. 2. Определение момента времени для сгенерированной частицы

Между двумя вариантами генерации частиц будет разница в статистических свойствах распределения времен появления частицы на сцене. В случае, если времена частиц генерируются случайно, распределение интервалов времени между появлением частиц должно удовлетворять закону Пуассона [5], что является критерием правильности работы описанного алгоритма.

В одном случае частицы будут поступать в область моделирования по времени «регулярно», через квази-одинаковые промежутки времени (зависит от случайного распределения свойств частиц), а в другом «случайно», как если бы они создавались случайным источником, при этом с наибольшей вероятностью частицы будут генерироваться одновременно. И тот и другой случай могут быть интересны на практике моделирования.

Тестирование

Тестирование проводилось на персональном компьютере с центральным процессором Intel Core i5-12400F 2.5 GHz и 64 ГБ оперативной памяти.

Для того, чтобы убедиться в равномерности пространственного распределения частиц представляет интерес тестирование источника на неравномерно триангулированной поверхности. Для тестирования была использована прямоугольная поверхность, представленная на рис. 3.

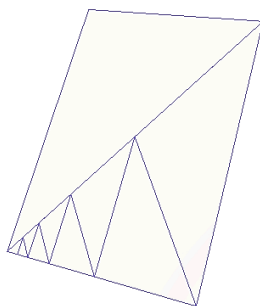


Рис. 3. Неравномерно триангулированная поверхность

Необходимо провести тесты для постоянной и переменной функции расхода частиц и построить график, чтобы проверить совпадение заданной и фактической плотности распределения. Параметром функции расхода взято количество частиц. Равномерная функция расхода – 10^6 частиц в секунду, неравномерная – $4 \cdot 10^6 e^{-\frac{(t-0.5)^2}{0.02}}$ (функция подобрана таким образом, чтобы было сгенерировано около 10^6 частиц, чтобы статистика была достаточной). Графики заданной и фактической функции расхода приведены на рис. 4. Красными линиями представлены заданные функции, фактические изображены гистограммами частот.

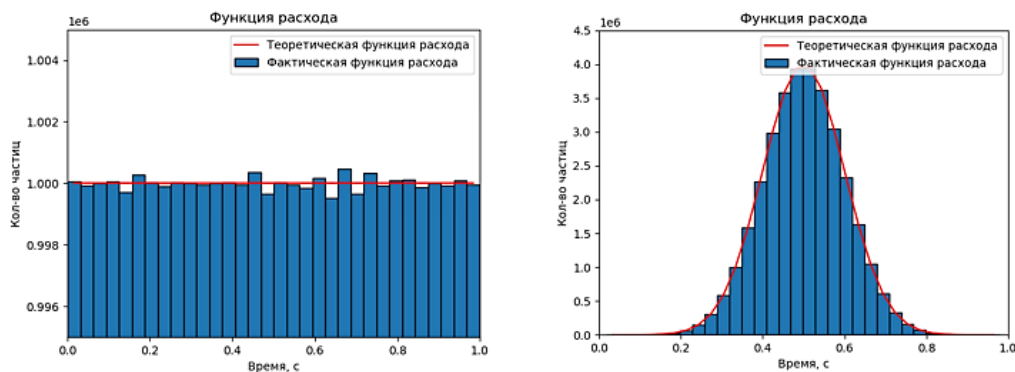


Рис. 4. Проверка временной плотности распределения (расхода)

Для постоянной функции расхода необходима проверка равномерности распределения временных интервалов, которые подтвердят случайную природу источника (рис. 5).

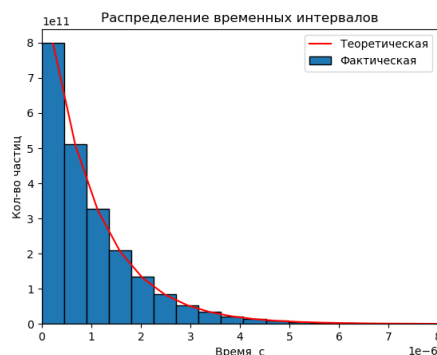


Рис. 5. Плотность распределения временных интервалов

Далее необходимо проверить равномерность плотности распределения частиц в пространстве. Для этого нужно построить двумерную гистограмму, и убедиться, что высота ее столбцов равна заданному значению, которое можно вычислить, поделив число частиц на количество столбцов $h = \frac{10^6}{10^2} = 10^4$ (рис. 6).

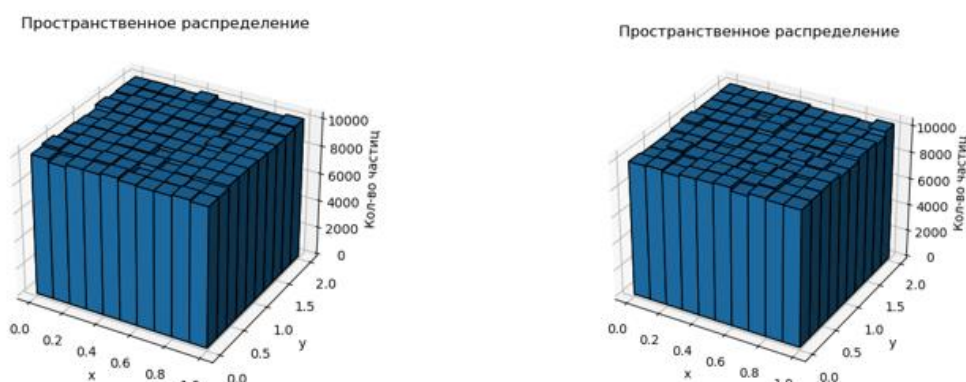


Рис. 6. Проверка равномерности пространственной плотности распределения

Из гистограммы видно, что распределение равномерное. Среднее отклонение составило менее 10%.

Заключение

Разработанный алгоритм генерации частиц с заданными временной и пространственной плотностями распределения генерируемых частиц позволяет эффективно имитировать работу случайного и неслучайного поверхностного источника частиц как с равномерной поверхностной плотностью распределения, так и с произвольной временной плотностью распределения в случае любых заданных статистических распределений индивидуальных свойств частиц.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Т.В. Логунова

Библиографический список

1. Математическое моделирование предельного состояния сыпучих сред с микроструктурой, Фролова О.А., Воронеж, 2020 [Электронный ресурс] // Science.vsu; URL: http://www.science.vsu.ru/dissertations/8941/%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%A4%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%9E.%D0%90..pdf (дата обращения: 16.02.2025).
2. Линейная комбинация [Электронный ресурс] // Большая Российская энциклопедия; URL: <https://bigenc.ru/lineinaia-kombinatiia-0a9add> (дата обращения: 16.02.2025).
3. Кумулятивная функция распределения в нормально распределенных данных [Электронный ресурс] // Radio Prog; URL: <https://radioprogram.ru/post/893> (дата обращения: 16.02.2025).
4. Калиткин Н. Н. Численные методы. 2-е изд., исправленное СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 592с.
5. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей и её инженерные приложения. 2-е изд. М.: Высшая школа, 2000. 480 с.

УДК 08.00

РАЗРАБОТКА ВСТРАИВАЕМОГО МОДУЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ КУРЬЕРСКОЙ СЛУЖБЫ КОМПАНИИ

В.А. Гаврин¹, А.С. Сурков¹, С.И. Грачев²

¹. Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева»

². ФГБОУ ВО «СамГТУ»

Компания ООО «Сиреневый Сад» [1] специализируется на изготовлении и продаже флористических композиций, подарочных наборов. Кроме того, в перечень услуг входит оформление мероприятий, производство свадебных композиций на заказ, декор заведений малого бизнеса. ООО «Сиреневый Сад» работает как с частными лицами, так и с корпоративными клиентами. В компании существует три филиала.

По итогу 2024 года маржинальная прибыль компании составила 41 100 000 рублей, операционная прибыль - 19 600 000 рублей, чистая прибыль - 17 200 000 рублей. Прирост относительно уровня 2023 года составил 39%.

Важным преимуществом в работе компании является Интернет-магазин с собственной службой доставки по региону. Совокупность факторов широкого ассортимента продукции и услуг, а также достаточно большой зоны покрытия доставки позволяет существенно расширить объем целевой аудитории, которая может воспользоваться продукцией и услугами цветочного салона ООО «Сиреневый Сад».

На основании данных, собранных с CRM-системы компании, а также, визуализированных с помощью BI-системы *Yandex DataLens* [2], можно сделать вывод, что доля прибыли от заказов, сделанных с доставкой, составляет около 85% от общей выручки из всех каналов продаж. Из этого можно сделать вывод, что анализ бизнес-процесса функционирования курьерской службы компании ООО «Сиреневый Сад» является наиболее приоритетным.

Целью данной работы является анализ бизнес-процессов курьерской службы данного предприятия и составления технического задания на разработку встраиваемого модуля информационной системы для оптимизации работы курьерской службы компании ООО «Сиреневый Сад» (далее ПКС).

Для этого необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать и описать бизнес-процесс курьерского отдела компании ООО «Сиреневый Сад»;
2. Описать функциональные и нефункциональные требования к разрабатываемому приложению;
3. Построить и описать архитектуру ПКС, а также схему взаимодействия ПКС с другими модулями информационной системы компании;
4. Описать вариативность использования приложения, которая будет реализована разработчиком в первую очередь

Подразделения курьерской службы базируются в каждом из филиалов. Это необходимо для равномерного распределения нагрузки и более быстрой доставки в разные части города. В курьерскую службу входят логисты, упаковщики и курьеры. В случае низкой нагрузки роль упаковщика может выполнять флорист.

Логист отвечает за обработку заказов, формирование из них рейсов в зависимости от времени, к которому нужно доставить заказы, и места, куда нужно доставить эти заказы, и распределяет заказы между курьерами. В конце смены логисты рассчитывают оплату, которую необходимо выплатить курьеру, и отправляют расчёт в бухгалтерию.

Упаковщик отвечает за то, чтобы заказы были упакованы в соответствии с погодными условиями. В холодную погоду требуется дополнительная упаковка цветочной продукции. Также упаковщику необходимо проверить полностью ли собран заказ. Это упаковщик может сделать, сравнив номер заказа на специальном информационном бланке, который ему передал логист с бланками на цветочных композициях, и затем в соответствии с составом заказа дополнить его сопутствующими товарами. Например, конфетами, воздушными шарами и прочим.

Задача курьера – вовремя и корректно развести заказы между клиентами. Заказы, которые может выполнять курьерская служба, могут делиться на два основных типа. Первый тип – это заказы для клиентов. Второй тип – это перемещения товаров или персонала между филиалами.

Рассмотрим бизнес-процесс курьерской службы, используя диаграммы, построенные в нотации BPMN. На диаграмме снизу (рис. 1) представлен процесс осуществления заказа на доставку для клиента.

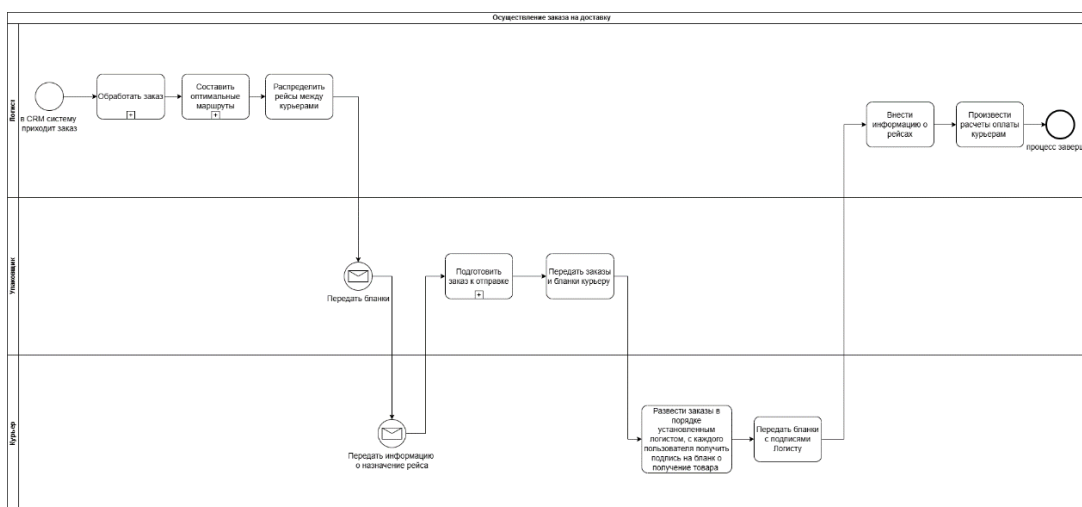


Рис. 1. Бизнес-процесс осуществление заказа на доставку

Процесс начинается с того, что в CRM систему поступает новый заказ. Далее логист переходит к подпроцессу обработки заказа, который будет описан ниже. Затем логист переходит к подпроцессу составления оптимального маршрута и распределяет заказы между курьерами. После этого логист передаёт информационные бланки упаковщику, а также сообщает курьерам, что в определённое время им необходимо быть готовыми отправиться в рейс.

Упаковщик после получения бланка переходит к подпроцессу подготовки заказа к отправке. После успешного завершения подпроцесса упаковщик отдаёт бланки заказов соответствующему курьеру.

Курьер развозит заказы в порядке, который отображён на бланках. После передачи заказа клиенту курьер просит заказчика расписаться на бланке, что заказчик не имеет претензий к доставленному товару. После завершения рейсов курьер передаёт подписанные бланки логисту. Он вносит информацию о совершённых рейсах в специальный журнал и рассчитывает выплату курьерам. На этом процесс завершён.

На диаграмме ниже (рис. 2) представлен подпроцесс обработки заказа, который выполняется логистом.

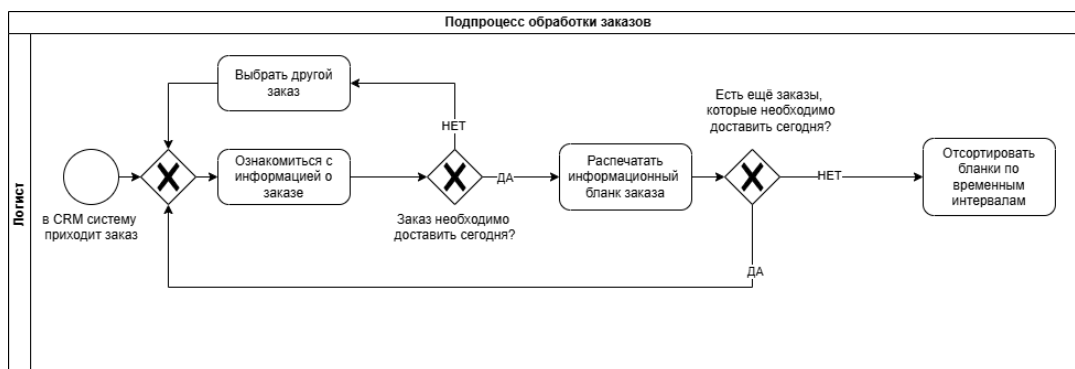


Рис. 2. Подпроцесс обработки заказов

Данный подпроцесс начинается с того, что логист знакомится с информацией о заказе. Если заказ необходимо доставить в течение текущих суток, то логист печатает соответствующий бланк. Если нет, то логист переходит к изучению следующего. После печати всех бланков логист переходит к их сортировке по временным интервалам, так как клиент не может заказать доставку на конкретное время, а только на временной интервал, который обычно составляет от одного до трёх часов. Затем логист переходит к подпроцессу составления оптимального маршрута.

На диаграмме ниже (рис. 3) представлен подпроцесс составления оптимального маршрута, который выполняется логистом.



Рис. 3. Подпроцесс составления оптимального маршрута

Подпроцесс начинается после того, как логист отсортировал бланки по временным интервалам, далее – по местоположению. Затем логист делит получившиеся группы по рейсам, чтобы в одном рейсе было не более 4-6 заказов. После этого логист вручную вбивает адреса заказов в «Яндекс Карты» [3], использует внутреннюю функцию оптимизации маршрута и подписывает бланки в соответствии с получившимся маршрутом, чтобы в дальнейшем курьеру не нужно было тратить время на оптимизацию своего маршрута.

Далее рассмотрим подпроцесс подготовки заказа к отправке, который выполняется упаковщиком и представлен на рисунке 4.



Рис. 4. Подпроцесс подготовки заказа к отправке

Подпроцесс подготовки заказа к отправке начинается с того, что упаковщик получает бланк заказа, затем на складе он ищет нужный заказ и относит его в зону упаковки.

Чаще всего в заказ входит не только цветочная композиция, но и дополнительный товар в виде конфет, мягких игрушек, воздушных шаров или любого другого товара в ассортименте. Иногда заказ состоит из нескольких букетов. Задача упаковщика – удостовериться в том, что товары, которые он принёс в зону упаковки соответствуют позициям, указанным в бланке. После этого он упаковывает заказ в соответствии с температурным режимом и особенностями заказа. На этом подпроцесс завершается.

Благодаря анализу бизнес-процессов курьерской службы, а также проведённому анкетированию и интервью с заинтересованными лицами были выявлены слабые стороны процесса, которые следует оптимизировать.

Адреса доставки вносятся логистами вручную в бланк и расстояние до конечного адреса высчитывается вручную с помощью карт и таблицы тарифов. Вследствие чего, может возникать целый ряд проблем:

- периодически возникают случаи, когда разным курьерам за доставку на один и тот же адрес выплачивается разная сумма, что может способствовать возникновению конфликтных ситуаций между персоналом, а также приводит к временным потерям на вторичный перерасчёт;

- рукописный ввод адресов в бланк расчёта значительно медленнее печатного ввода;

- фактор некорректного понимания почерка, из-за чего в расчётах могут быть допущены ошибки;

Данные о цене доставки также вносятся в рукописный бланк, что приводит к временным потерям при выполнении итогового расчёта курьеров за день. Т.к. все суммирования происходили вручную в дни с высоким спросом нет возможности произвести расчёты оплаты курьерам в тот же день.

Использование бумажного бланка как носителя информации привело к практической невозможности аналитики, так как очень затруднено хранение информации из-за частой потери бланков за предыдущие месяцы. По сути, не существует конкретной базы данных. Расчёты аналитических показателей приходится производить вручную, а визуализация данных практически невозможна.

В связи с этим было принято решение разработать информационную систему, которая сможет оптимизировать бизнес-процесс курьерской службы салона ООО «Сиреневый Сад», а также сделать возможным сбор данных и аналитику важных показателей.

Функциональные и нефункциональные требования

После интервью с заинтересованными лицами: владельцем салона, логистами и другими – были сформулированы функциональные требования к *MVP* (минимально жизнеспособный продукт) версии ПКС.

Требуется разработать *WEB* приложение, с помощью которого персонал цветочного салона, сможет выполнять следующие функции:

- производить расчёт стоимости доставки в зависимости от ее дальности;
- вводить информацию о курьерах;
- вводить информацию о доставке: адрес, дата, время, стоимость, назначенный курьер;
- получать информацию для расчёта курьера за смену;
- смотреть статистику по заказам курьеров;
- смотреть статистику выплат курьерам и др.;
- анализировать статистику по адресам.

К приложению предъявлены следующие нефункциональные требования. Приложение должно быть разработано на языке программирования Python с использованием фреймворка *Django*. Для визуальной составляющей будет использоваться *HTML*, *Java script* и *CSS*. База данных будет работать под управление СУБД *My SQL*. Для блока анализа данных будет использоваться система визуализации данных *Yandex DataLens*.

В приложении будет предусмотрен исключительно русский интерфейс пользователя, так как в обозримом будущем приложение будет функционировать только на территории РФ. Будет использоваться метричная система измерений. Учёт временных зон в данной версии приложение предусмотрен не будет.

Для нормального функционирования приложения достаточно поддержание работы 100 пользователей одновременно. Количество зарегистрированных пользователей не будет превышать тысячи. База данных приложения должна хранить информацию примерно о 50000 заказов за каждый год.

Для работы приложения будет требоваться подключение к сети Интернет. У пользователя должна быть возможность одновременно заходить в приложение под своей учётной записью с разных устройств.

В приложение должна быть предусмотрена интеграция с «Яндекс Картами» для выгрузки адресов, координат и расстояний оптимальных маршрутов. Также в приложении должна быть предусмотрена интеграция с существующей CRM-системой салона цветов.

В приложении должно быть предусмотрено Соблюдение 152 ФЗ «О персональных данных» [4]. При использовании *Yandex Map Kit* в разделе приложения «О программе» (или другом похожем разделе) должна быть ссылка на Условия использования Яндекс Карт [5].

Приложение должно поддерживать ролевую модель доступа для разграничения функционала.

Архитектура приложения

Данный модуль будет встраиваться в уже существующую информационную систему. На данный момент на предприятии развёрнута система с сервис-ориентированной архитектурой, и разрабатываемое приложение будет являться одним из модулей данной архитектуры. Архитектурная схема информационной системы предприятия ООО «Сиреневый Сад» с учётом разрабатываемого модуля представлена на рисунке 5.

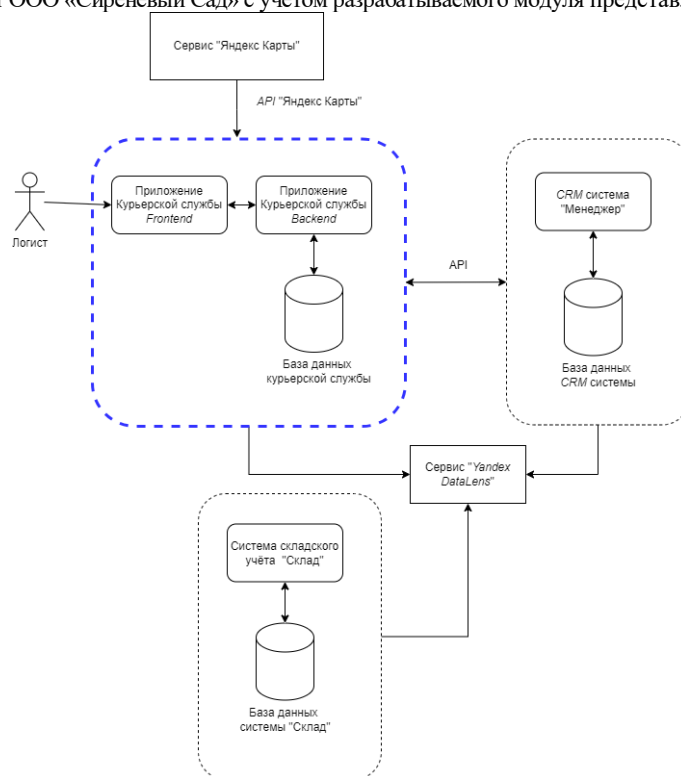


Рис. 5. Архитектурная схема информационной системы предприятия

На данном рисунке синей пунктирной линией выделена область, которая будет разрабатываться. Остальные блоки системы уже существуют на данный момент и функционируют.

«Приложение курьерской службы *Frontend*» – это визуальная часть приложения, с которой будет взаимодействовать пользователь, в данном случае логист. «Приложение курьерской службы *Backend*» – это часть приложения, в которой будут происходить все процессы и вычисления, позволяющие функционировать приложению. В базе данных курьерской службы будут храниться данные, необходимые для корректного использования приложения. Все эти три блока образуют приложение для курьерской службы.

Данное приложение будет взаимодействовать с остальными модулями информационной системы предприятия. Первый сервис – это CRM система предприятия «Менеджер». С данным модулем приложение будет взаимодействовать с помощью API. Это необходимо для автоматической передачи данных о заказах из системы «Менеджер» в приложение курьерской службы.

Второй модуль, с которым будет взаимодействовать приложение курьерской службы, – это «Яндекс Карты». Взаимодействие будет происходить с помощью API «Яндекс Карты», разработанной компанией Яндекс и доступной для сторонних разработчиков. Взаимодействие с данным сервисом необходимо для автоматической загрузки списка адресов в тот момент, когда логист вводит адрес, куда нужно доставить заказ. Данная функция позволит упростить работу логисту, а также исключить возможные ошибки в адресе и приведёт все адреса к единому виду. Всё это позволит вести корректную статистику.

Третий модуль информационной системы, с которым будет взаимодействовать приложение курьерской службы, – это *Yandex DataLens*. Сервис, с помощью которого можно будет собирать и визуализировать данные и формировать аналитические отчёты.

Перечень вариантов использования (USE case)

После интервью с заказчиком и заинтересованными лицами были выявлены основные сценарии использования системы. Основным пользователем приложения будут являться логисты, а также руководство компании ООО «Сиреневый Сад». Основные варианты использования представлены на рисунке 6.



Рис. 6. Диаграмма вариантов использования системы

Вывод

В результате проведенной работы были решены следующие задачи:

- построен бизнес-процесс курьерского отдела в нотации BPMN с подробным их описанием;
- построены подпроцессы бизнес-процесса курьерского отдела с подробным их описанием;
- описаны функциональные и нефункциональные требования к разрабатываемому приложению;
- построена и описана архитектура ПКС и архитектура взаимодействия ПКС с другими модулями информационной системы компании;
- описана вариативность использования приложения, которая будет реализована разработчиком в первую очередь.

В дальнейшем техническое задание на разработку приложения будет доработано и передано разработчику. Совместно с разработчиком будет реализована MVP версия ПКС.

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.С. Клентак

Библиографический список

1. Официальный сайт предприятия. [Электронный ресурс]. – URL: <https://luxury-flowers.ru/> (дата обращения: 14.12.2024).
2. Система визуализации данных *Yandex DataLens*. [Электронный ресурс]. – URL: <https://datalens.yandex.cloud/> (дата обращения: 15.12.2024).
3. Картографическая система Яндекс карты. [Электронный ресурс]. – URL: <https://yandex.ru/maps/> (дата обращения: 15.12.2024).
4. 152 Федеральный закон «О персональных данных» [Текст].
5. Условия использования сервиса Яндекс карты. [Электронный ресурс]. – URL: https://yandex.ru/legal/maps_termsofuse/ (дата обращения: 19.12.2024).

УДК 004.05

АУДИТ САЙТА ПОЛИКЛИНИКИ №23 СПб

Д.М. Дарбинян

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Аудит сайтов [1] – это комплексная проверка их функциональности, эффективности и соответствие целям. Наличие сайта не гарантирует его успешность и эффективность. Для этого необходимы регулярные аудиты. Он позволяет выявить слабые и сильные стороны интерфейса сайта, а также определить возможности для улучшения и оптимизации. Основные причины для проведения аудита включают

повышение эффективности, соответствие требованиям поисковой системы, выявления технических проблем и определением потенциала развития.

Для оценки качества сайта поликлиники №23 Санкт-Петербурга (СПб) был проведён аудит на основании базового набора групп критериев и их значимости, используемого британской компанией Userfocus.

Каждому вопросу была присвоена своя значимость (вес) по шкале от 0 до 4, где 0 – не значимая, 4 – критически важная. Балл критерию проставляется аудитором: 0 или 1, где 0 – не соответствует критерию, 1 – есть соответствие критерию. Итоговый балл по критерию рассчитывается как произведение его веса на значение (0 или 1).

Общая оценка сайта поликлиники представлена на рис. 1 – средний результат по всем критериям составил 44%, что указывает на наличие значительных проблем в функциональности и удобстве использования сайта.

В результате аудита выявлены следующие проблемы.

Компоновка страницы и дизайн (п.7 – 19%) в наименьшей степени соответствует критериям качества. Страницы перегружены, отсутствует чёткая иерархия элементов, что мешает восприятию информации.

Навигация и информационная архитектура (п.4 – 27%) также является источником проблем для пользователей, т.к. сложная структура и запутанная навигация значительно затрудняют использование сайта.

Из-за проблем интерфейса, связанным с критерием Соответствие задач посетителя (п.2 – 30%), пользователи не могут быстро решать свои задачи по причине неудачного расположения информации и нелогичной структуры.

По критерию Входные документы (п.1 – 46%) – сайт ориентирован на решение задач посетителя, но недостаточная структура и навигация увеличивают время решения задач.

Низкий показатель по критерию Качество контента (п.3 – 55%) связан с отсутствием логической структуры и иерархического представления информации.

Результаты				
№	Группы критериев	Суммарный балл	# Вопросы	# Ответов
1	Входные документы	12	13	13
2	Соответствие задач посетителя	13	27	20
3	Качество контента	22	21	21
4	Навигация и информационная архитектура	8	21	20
5	Формы и передача данных	15	13	12
6	Доверие посетителей	20	11	11
7	Компоновка страницы и дизайн	8	29	29
8	Поиск	9	10	10
9	Помощь, обратная связь, устойчивость к ошибкам	7	16	12
Суммарно:		114	161	148
				44%

Рис. 1. Результаты аудита

Разберём пункт 1 «Входные документы». При первом входе на сайт поликлиники №23 СПб, пользователь сталкивается с проблемой понимания логики сайта, что затрудняет начало его взаимодействия с сайтом. Сайт не мотивирует пользователя к дальнейшему изучению. Главная страница не воспринимается как основная. Часть страниц схожа по содержанию, и затруднительно понять, на какой именно находится пользователь. Результаты оценки соответствия по группе критериев «Входные документы» представлены на рис. 2.

1	Компоненты страницы сфокусированы на решении задач посетителя?	1	4	4
2	Полезное содержимое находится на входной странице (либо не далее 1 клика от нее)?	1	3	3
3	На входной странице есть содержательная графика (не клипарты или бессмысленные фото)?	0	3	0
4	Стоимость товара или услуги указана на входной странице и заметна?	0	3	0
5	Основные категории продуктов представлены и видны на главной странице?	1	2	2
6	Заголовок главной и входных страниц (title) отражает содержание документа?	1	2	2
7	Посетитель поймет, откуда начать изучение сайта, с первого взгляда?	0	2	0
8	Главная и входные страницы выглядят профессионально и создают положительное первое впечатление?	0	2	0
9	Главная и входные страницы побуждают посетителей исследовать сайт?	0	1	0
10	Легко ли запомнить адрес сайта (домена)?	0	1	0
11	Меню на главной странице оформлено корректно и не может быть воспринято рекламой?	1	1	1
12	На странице есть короткие описания со ссылками на более подробные статьи?	0	1	0
13	Главная страница выглядит основной?	0	1	0

Рис.2. Результаты оценки по группе критериев «Входные документы»

Улучшение качества пользовательского интерфейса сайта по рассмотренной группе критериев может быть достигнуто за счет устранения элементов, которые делают страницу перегруженной второстепенной информацией. Можно предложить добавить логические маркеры, указывающие, что это главный экран, четко выделить основные категории и ссылки на важные страницы, сделать заголовки более информативными и краткими.

Рассмотрим группу критериев «Соответствие задачам посетителя». Подача информации реализована нелогичным и запутанным образом, что затрудняет использование сайта даже опытным пользователем. Пользователю приходится выполнять лишние действия для получения информации, это связано с большим количеством кликов, страниц, размером страницы, из-за чего приходится долго скроллить. Расположение элементов интерфейса неудачно, ключевые элементы находятся по краям страницы. Присутствуют длинные текстовые блоки, некоторые блоки с информацией выглядят как реклама и отвлекают внимание, что усложняет поиск основной информации. Результаты оценки по группе критериев «Соответствие задачам пользователя» представлены на рис. 3.

1	Информация представлена простым, естественным и логичным образом.	0	4	0
2	Число страниц, количество кликов и скроллингов сведены к минимуму.	0	4	0
3	На сайте не используется регистрация в тех случаях, когда этого можно избежать.	1	4	4
4	Продукты и товары должны быть легко сравнимы по параметрам, характеристикам, ценам (если доступны).		3	0
5	Цена понятна и выводится рядом с каждым продуктом.	1	3	3
6	Функционал элементов интерфейса и управления очевиден.	0	2	0
7	Важные элементы, например, "положить в корзину", "оплата" и т.п. хорошо заметны.		2	0
8	Важнейшая и часто используемая информация, возможности и функции должны быть расположены близко к центру страницы (не по краям).	0	2	0
9	Сайт не содержит ненужной, лишней или отвлекающей информации.	1	1	1
10	Если для решения задачи нужно выполнить несколько шагов - сайт обозначает все шаги и пройденный путь.	0	1	0
11	Сайт надежен и все ключевые возможности работают (нет ошибок javascript, сд или неработающих ссылок).	1	1	1
12	Последовательность этапов в решении задачи на сайте соответствует рабочим процессам пользователя	1	1	1
13	Пользователь не приходится запоминать информацию из различных разделов сайта.	0	1	0
14	Сайт удобен и понятен посетителям с небольшим опытом использования Интернет.	0	1	0
15	Используемые форматы данных соответствуют общепринятым в данной среде (напр., меры длины, веса и т.д.)		1	0
16	Нет чрезмерного использования скриншотов, апплетов, аудио, видео, изображений и т.д.		1	0
17	Пользователь не вводит какие-либо данные более одного раза.	1	1	1
18	Набор текста (напр, при формировании заказа) сведен к минимуму, используются возможности выбора в один клик.	0	1	0

Рис. 3. Результаты оценки по группе критериев «Соответствие задачам посетителя»

Для обеспечения соответствия задачам посетителей необходимо оптимизировать подачу информации, использовать лаконичные заголовки и размещать ключевую информацию ближе к центру. Можно использовать всплывающие подсказки, раскрывающиеся списки, контрастные цвета для кнопок и ссылок, внедрить «хлебные крошки» и четкую систему меню для быстрого доступа к разделам.

Оценивая сайт по группе критериев3 «Качество контента», следует отметить, что отсутствует логическая структура информации, она не всегда представлена иерархически от общего к частному, что затрудняет восприятие для пользователя. Не прослеживается четкая логика в подаче информации. Текст избыточен, повествовательный стиль преобладает, что также снижает удобство восприятия текста. Ссылки не имеют явных визуальных отличий от общего текста. Пользователь не всегда может определить, являются ли выделенные элементы гиперссылками и можно ли по ним переходить. Изображения стоковые и отвлекают от основной задачи [2]. Результаты оценки качества контента представлены на рис. 4.

4	Главные значения расположены выше, чем второстепенные	0	3	0
5	Страницы продуктов содержат подробные сведения о товаре, необходимые для принятия решения о покупке	1	3	3
6	Страницы легко воспринимаются благодаря наличию заголовков, подзаголовков и коротких абзацев	1	3	3
7	Обильно использованы средства визуализации - диаграммы, графики, и т.п. компоненты	0	3	0
8	Списки предваряются лаконичным утверждением, помогающим пользователю понять, как эти данные соотносятся с другими	0	2	0
9	Предпочтительнее использование списков, чем повествование	0	2	0
10	Информация представлена иерархически - от общего к частному, при этом структура логична и понятна	0	2	0
11	В предложениях используется действительный залог (лицо или предмет совершает действие)	1	1	1
12	В текстах преобладают простые и короткие предложения	0	1	0
13	Тексты содержат обращения к потенциальным клиентам	0	1	0
14	Заголовки и подзаголовки лаконичны, правы и содержательны	1	1	1
15	Ссылки использованы разумно и структурируют документ	0	1	0
16	Каждая страница имеет полезный и понятный заголовок, позволяющий использовать его в качестве закладки	1	1	1
17	Неочевидные, чрезмерно "умные" и двусмысленные заголовки отсутствуют	1	1	1
18	Слова и фразы понятны рядовому пользователю	1	1	1
19	Сокращения и аббревиатуры расшифрованы при первом употреблении	0	1	0
20	Тексты ссылок достаточно длинные, чтобы быть понятными, но достаточно лаконичны, чтобы исключить ошибку пользователя из-за переплетения ссылок (особенно в списках)	0	1	0
21	В тексте используются речевые фигуры и тропы, придающие тексту образность и выразительность	0	1	0

Рис. 4. Результаты оценки по группе критериев «Качество контента»

Для улучшения качества контента можно предложить переработать структуру текста, использовать простые предложения и списки, выделять ссылки цветом или подчёркиванием, это улучшит читаемость текста и восприятие информации пользователем.

Проанализировав пункт 7 «Компоновка страницы и дизайн», можно отметить, что сайт не сбалансирован визуально. Первое на что пользователь обращает внимание при загрузке сайта, это логотип

компании, он выходит за границы отведённого пространства, что ставит пользователя в затруднительное положение – на нужный ли сайт он зашёл. Отсутствует точка ориентира, помогающая пользователю сделать первое действие на сайте. Отсутствует чёткая иерархия и выделение ключевой информации, избыточное количество блоков со вспомогательной информацией отвлекает внимание от главного контента. Информация представлена бессистемно, что усложняет её поиск и вызывает ощущение перегруженности, в результате основная информация теряется на фоне второстепенной. Кликабельные элементы не выделены должным образом, только при наведении курсора можно их идентифицировать. И наоборот, часть элементов и текста при наведении ложно идентифицируют себя как ссылки, что затрудняет работу пользователя. Используемый шрифт на некоторых страницах мелкий и недостаточно контрастный, что ухудшает читаемость текста. Форма поиска размещена в верхней части страницы над логотипом компании, что нарушает привычную логику расположения элементов [3]. Результаты оценки по группе критериев «Компоновка страницы и дизайн» представлены на рис. 5.

1	Каждая страница сайта имеет логичную структуру и компоновку	0	3	
2	Сайт визуально сбалансирован и легкочитабелен	0	3	0
3	На любой странице самая важная информация видна без прокрутки	0	3	0
4	В каждой странице присутствует и заметна "точка отсчета" (с чего начать?)	0	3	0
5	Активные объекты отображены очевидно кликабельными, а неактивные объекты не провоцируют клик	0	2	0
6	Шрифты читабельны, используется не более трех гарнитур (с учетом шрифта логотипа)	0	3	0
7	Структура документа и группировка данных усилена цветовым выделением	0	2	0
8	Используемые шрифты сочетаются, нет диссонанса	0	2	0
9	Ссылки легкочитабельны без необходимости наведения курсора (подчеркнуты)	0	1	0
10	Функционал кнопок и управляющих элементов очевиден из названий или дизайна	0	1	0
11	Горизонтальная прокрутка не требуется	1	1	1
12	Компоновка страницы фокусирует внимание на следующем шаге	0	1	0
13	Соблюден разумный баланс между плотностью информации и свободным пространством	0	1	0
14	Иконки и изображения стандартны и/или интуитивно понятны	0	1	0
15	На сайте не используются ограничители (блоки, формирующие у пользователя иллюзию, что он достиг нижней границы страницы)	0	1	0
16	Чрезмерное выделение прописными буквами не используется	1	1	1
17	Изображения на сайте не могут быть восприняты рекламой	0	1	0
18	Важные аспекты выделяются полужирным начертанием	0	1	0

Рис. 5. Результаты оценки по группе критериев «Компоновка страницы и дизайн»

Рекомендации по улучшению компоновки страницы и дизайна заключаются в оптимизации структуры страниц, чётком разделении информации по логическим разделам, используя выделение и блоки. Необходимо разместить основную информацию в верхней части страницы, использовать читаемый шрифт, разграничить текст и изображения, использовать ярко выраженное выделение для активных элементов для баланса плотности контента. Поиск информации переместить с верхней части сайта в стандартную позицию.

Анализируя результаты оценки по группе критериев «Навигация и информационная архитектура», можно отметить, что структура сайта сложна и не минималистична. Пункты в боковом меню не упорядочены логичным образом. Неочевидны пути перехода между связанными разделами. Недостаточно навигационная обратная связь, нет чёткой индикации текущего положения пользователя на сайте. Ссылки не очевидны, в разных разделах выглядят по-разному – отсутствует согласованность, не выделены и не отличаются от обычного текста. Только случайным образом нажав на неё, можно понять, что это ссылка. Отсутствие кнопки «Назад» усложняет возврат к предыдущей странице. Результаты оценки навигации и информационной архитектуры представлены на рис. 6.

1	Структура сайта проста, понятна и минималистична.	0	3	0
2	Пункты навигационного меню упорядочены самым логичным образом.	0	2	0
3	Навигационное меню детализировано и не имеет глубокой вложенности.	0	2	0
4	Наиболее востребованная информация доступна по ссылке с большинства страниц.	1	2	2
5	Путь перехода между близкими страницами и разделами понятен и очевиден.	0	2	0
6	Главные разделы сайта и карта сайта доступны с любой страницы.	1	2	2
7	Навигационные страницы (например, главная) просматриваются без скроллинга	0	2	0
8	Ссылки начинаются с важнейших слов (напр, "Воскресный уикэнд" или "отдых в воскресенье")?	0	2	0
9	Навигационные вкладыши расположены в верхней части сайта и выглядят кликабельными.	0	1	0
10	Карта сайта присутствует и предоставляет краткий обзор сайта.	0	1	0
11	Сайт обеспечивает качественную навигационную обратную связь (например, выводится текущий путь к документу).	0	1	0
12	Названия разделов сайта точно соответствуют их содержанию.	1	1	1
13	Ссылки и названия навигационных компонент содержат ключевые слова, которые пользователь ассоциирует с достижением поставленной цели.	1	1	1
14	Используются общепринятые терминология и обозначения (такие как цвет ссылок и т.д.)	0	1	0
15	Ссылки выглядят одинаково в различных разделах сайта	0	1	0
16	Страницы с описаниями продуктов содержат ссылки на аналогичные и сопутствующие продукты	0	1	0
17	На важный контент ведет более одной ссылки (разным пользователям могут быть удобные разные ссылки)	1	1	1
18	Ссылки, которые вызывают события (например, открытие нового окна или начало загрузки) отличаются от обычных ссылок, обеспечивающих переход на другую страницу	0	1	0
19	Сайт не запрещает использование кнопки "Назад" и эта кнопка видна на каждой странице	0	1	0

Рис. 6. Результаты оценки по группе критериев «Навигация и информационная архитектура»

Для улучшения навигации и информационной архитектуры можно предложить упорядочить пункты меню, разместив важное в верхней части страницы. Добавить выделение в меню для отображения, какая страница открыта, добавить прямые ссылки на востребованный контент на главной странице, применить единый стиль ссылок, добавить кнопку «Назад».

По итогам проведенного аудита можно сделать вывод о необходимости модификации пользовательского интерфейса сайта поликлиники для улучшения качества взаимодействия пользователя с ресурсом.

Анализ результатов аудита позволяет предложить набор рекомендаций, наиболее важными из которых являются рекомендации, связанные с упорядочением информационной структуры и навигации, такие как: разработка минималистичной и понятной структуры сайта; размещение основных разделов в логичном порядке для быстрого доступа; размещение востребованной информации на видном месте; применение единого стиля для ссылок и навигационных элементов во всех разделах сайта, единообразное выделение кликабельных элементов; оптимизация контента, упрощение текстовых формулировок, выделение заголовков и ключевых блоков; исправление шапки сайта в соответствии с требованиями стандартов, пересмотр структуры бокового меню, всплывающих окон.

Выполнение указанных рекомендаций позволит существенно повысить удобство использования и удовлетворенность пользователей, и, в итоге, улучшить качество сайта.

Научный руководитель - к.пед.н., доцент Снижко Е.А.

Библиографический список

1. Что такое аудит: определение, принципы и важности. - URL: <https://byaudit.by/blog/chto-takoe-audit-opredelenie-principy-i-vaznost> (дата обращения 25.02.25).
2. Аудит контента: инструкция, советы и полезные шаблоны. - URL: <https://lpgenerator.ru/blog/chto-takoe-kontent-audit/> (дата обращения 25.02.25).
3. Анализ юзабилити сайта (Визуальный аудит). - URL: <https://brandmaker.ru/service/visual-audit> (дата обращения 25.02.25).

УДК 004.75

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГИЙ В ЭКОНОМИЧЕСКИЕ СЕКТОРА

Д.А. Игнатченко, Т.В. Логунова, Л.В. Щербакова

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

В условиях стремительно меняющейся экономической среды информационные технологии становятся основой для развития экономики, оказывая воздействие на сектора услуг, промышленность, государственные структуры и другие. Одной из ключевых инноваций в современной цифровой экономике является технология блокчейн (или технология распределенных реестров), которая изначально зарекомендовала себя как основа для работы с криптовалютой, но впоследствии стала востребованной благодаря своей универсальности и широкому потенциалу применения в различных сферах. Учитывая текущую тенденцию к масштабной цифровизации, блокчейн может стать важным элементом трансформации экономики, а его внедрение уже оказывает влияние на глобальные рынки.

Блокчейн представляет собой систему распределенного реестра данных, состоящую из цепочек блоков, соединенных друг с другом криптографическими хэшами, где каждый участник сети имеет доступ к данным. Каждый блок содержит информацию о транзакциях, временные отметки, а также уникальные идентификаторы, что делает систему защищенной от изменений [1]. Основные принципы блокчейн-технологии включают:

- Распределенность. Информация сохраняется одновременно на множестве устройств.
- Прозрачность. Все участники сети имеют доступ к полной истории транзакций.
- Невозможность фальсификации данных. Запись, однажды закреплённая в блокчейн, почти невозможно изменить постфактум.
- Безопасность. Использование сложных криптографических методов защищает базу данных от взлома.

Для более ясного понимания идеи данной технологии следует рассмотреть принципиальные отличия блокчейна от обычных, централизованных баз данных.

Таблица 1 Отличия блокчейн от классических баз данных

Критерий	База данных	Гибридный/федеративный блокчейн	Публичный блокчейн
Тип	Разрешенный	Разрешенный	Публичный
Контроль	Централизованный	Гибридный с некоторыми централизованными чертами	Децентрализованный
Архитектура	Клиент-сервер	Закрытая пиринговая	Публичная пиринговая
Постоянство данных	Непостоянное	Неизменное	Неизменное
Возможность сбоев	Да	Нет	Нет
Производительность	Очень высокая	От медленной до средней	Медленная

База данных является централизованной системой, которая полностью управляема своим администратором, в то время как блокчейн либо не имеет конкретного администратора, либо его возможности значительно ограничены. Это приводит к различиям в уровне доверия и безопасности между этими системами.

Внутри централизованной базы администратор имеет полный контроль над данными, что приводит к рискам утечки и манипуляции информацией. В случае с блокчейном данные хранятся на множестве узлов, что делает их практически неуязвимыми к атакам и используется в тех случаях, где пользователю необходимы прозрачность и доверие.

Но в некоторых ситуациях полная открытость сети может стать проблемой, поэтому существуют гибридные версии распределенных баз данных. У них есть свой администратор, он может изменять список участников сети, изменять её конфигурацию, но благодаря сохранению принципа распределенности он все так же не может изменять информацию, хранящуюся в системе. Такие системы созданы для тех задач, где к данным должен иметь доступ ограниченный круг лиц, например для сотрудников компании, а также для тех задач, где могут потребоваться корректировки в настройке [2].

Блокчейн впервые был реализован в 2009 году в рамках криптовалюты Bitcoin. Сегодня эта технология вышла далеко за рамки цифровых валют и активно внедряется в различные сферы, трансформируя традиционные процессы и открывая новые возможности [3]. Среди ключевых направлений, где блокчейн может быть эффективен, можно выделить следующие:

1. Здравоохранение. Технология может быть использована для хранения медицинских записей. Пациент сможет получить доступ к своим записям в любое время и при необходимости делиться ими с лечащим учреждением или врачом. Конечно же возникает вопрос конфиденциальности медицинских данных, ведь каждый участник сети сможет увидеть любую запись в цепочке. Для обеспечения безопасности и анонимизации данных достаточно будет записывать данные в блокчейн уже зашифрованными и установить контроль доступа по средствам различных технологий, например, с помощью смарт-контрактов [4].

2. Логистика. Блокчейн может использоваться для отслеживания перемещений грузов на протяжении всего пути. Прозрачность позволит всем участникам цепочки поставок видеть одну и ту же информацию в реальном времени, а также помогает снизить риски мошенничества и ошибок. Также использование блокчейна может помочь снизить затраты на управление цепями поставок за счет уменьшения необходимости в посредниках [5].

3. Образование. Благодаря тому, что данные в блокчейне невозможно изменить, данную технологию можно использовать для хранения информации о дипломах, удостоверениях и других документов, в подлинности которых не должно быть сомнений. Конфиденциальность данных также, как и в случае с здравоохранением может обеспечиваться путем шифрования и установкой контроля доступа с помощью смарт-контрактов [6].

4. Борьба с коррупцией. Прозрачность и неизменяемость данных блокчейн значительно затруднит осуществление коррупционных схем, так как значительно упрощает аудит со стороны заинтересованных лиц [7].

5. Выборы органов власти. Блокчейн подходит для проведения честных демократических выборов. Технология способна снизить риск фальсификаций, так как информация о голосах хранится в базе данных,

которая может быть доступна для проверки сторонним наблюдателям. Одновременно с этим, блокчейн способен обеспечить анонимность избирателя, автоматизировать процесс подсчета голосов и минимизировать человеческий фактор [8].

6. Торговля. Блокчейн может значительно упростить взаимодействие между продавцом и покупателем при совершении сделок по купле-продаже, например недвижимости. В случае подготовки достаточной нормативно-правовой базы, с помощью данной технологии можно будет производить регистрацию прав собственности и подтверждать её историю, что в свою очередь приведет к повышению прозрачности сделок и снижению рисков мошенничества [9].

Технология распределенных реестров уже имеет примеры реализации за пределами сферы криптовалют. Например, Центральная избирательная комиссия Российской Федерации уже внедрила блокчейн для проведения дистанционного электронного голосования (ДЭГ). Долгое время дистанционное голосование тестировалось в качестве эксперимента, начиная с опросов населения, до выборов в местные органы власти в отдельных регионах. Но в 2024 году ДЭГ уже использовалось на выборах президента Российской Федерации. Каждый гражданин РФ мог проголосовать за кандидата с помощью мобильного телефона, планшета, персонального компьютера, без необходимости очного посещения избирательного участка, что в перспективе снизит затраты государства на избирательные участки и повысит явку избирателей. После того, как гражданин отдавал свой голос в пользу одного из кандидатов он получал «ключ», с помощью которого мог проверить, что его голос был засчитан. Все это стало возможно только благодаря использованию блокчейна, как основной технологии [10].

Ещё одним из ярких примеров использования блокчейна в государственном экономическом секторе является инициатива Федеральной налоговой службы (ФНС) России. В апреле 2020 года ФНС Российской Федерации запустила блокчейн-платформу для льготного кредитования малого и среднего бизнеса, пострадавшего от пандемии COVID-19. К системе присоединились «ВТБ» и «Сбербанк». Каждый участник системы создаёт свой узел в рамках распределённых реестров, которые генерируют последовательные записи. Это обеспечивает безопасность данных и доступ к ним для всех участников проекта. Прозрачность платформы исключает возможность выдачи повторных кредитов [11].

Если говорить о международном опыте, то в Европейском Союзе активно развиваются направления, связанные с возобновляемыми источниками энергии. В этой области предложено множество блокчейн-проектов. Один из самых интересных проектов представлен компанией Sonnen Group [12]. Эта компания запустила в Германии новую виртуальную электростанцию (Virtual Power Plant, VPP), которая хранит избыточную энергию, рассматриваемую как «отходы». VPP представляет собой сеть децентрализованных и распределённых энергоблоков, таких как ветряные электростанции, солнечные парки и системы хранения. VPP Sonnen в северо-восточной Германии использует блокчейн для поглощения избыточной энергии ветра путём зарядки батарей. Когда генерируется больше возобновляемой энергии, чем необходимо, Sonnen использует блокчейн-приложение, чтобы сопоставить прогнозируемый избыток энергии ветра с ёмкостью хранения VPP. Как только сетевой оператор сообщит об ожидаемой избыточной энергии, VPP Sonnen будет активно поглощать часть её и использовать EW Chain для финансового расчёта. Решение использует стабильную монету Dai в сети Ethereum.

К сожалению, как и любая другая технология, блокчейн имеет как преимущества, так и недостатки. Среди ключевых недостатков технологии можно выделить следующие:

1. Уязвимость «51%». Доверие между участниками в блокчейн сетях обеспечивается за счет алгоритмов консенсуса. Но у данного решения, есть своя уязвимость. Например, в сетях, где действует протокол Proof of Work и один из участников контролирует более 50% вычислительных мощностей сети, у него появляется возможность вмешательства в работу сети. Данный участник сможет менять порядок транзакций, блокировать майнинг токенов, вмешиваться в процесс подтверждения операций, совершать двойные траты. Все вышеперечисленное также будет работать и в случае с протоколом Proof of Stake, если пользователь получит в свое распоряжение более 50% всех криптовалют.

2. Двойные траты. В блокчейн сетях существует риск использования одного и того же криптоактива несколько раз. Это происходит вследствие задержки между инициацией и подтверждением транзакции, что позволяет злоумышленнику отправить вторую транзакцию до завершения первой. Для предотвращения таких атак сети используют множество различных механизмов. Например, такие как Proof of Work, Proof of Stake, фактор доверия, мастерноды. Но они также не лишены уязвимостей.

3. Безопасность закрытых ключей. В блокчейн-системах каждый участник использует два ключа, открытый и закрытый. Закрытый ключ необходим пользователю для получения доступа к своим активам. Злоумышленники могут путем обмана выкрасть ключ у пользователя или же воспользоваться уязвимостью в генерации ключей. Например, исследователи обнаружили, что алгоритм ECDSA, применяемый для генерации ключей, имеет серьезные изъяны. Данная проблема привела к тому, что злоумышленники могли восстанавливать закрытые ключи путем анализа данных из утечек сведений. Более того, если закрытый ключ потерян или украден, восстановить доступ к активам пользователя будет невозможно.

4. Анонимность транзакций. Большинство блокчейн-сетей позволяют отслеживать действия пользователей. Злоумышленник может сопоставить данные о переводах и понять, что все поступления криптовалют получаются от одного и того же человека. Чтобы предотвратить такую утечку информации, в сети Monero, например, используется механизм защиты Mixins (чеканные монеты). Однако даже эти меры безопасности не всегда эффективны. Исследование механизма Mixins показало, что около 66% всех транзакций не содержат чеканных монет, что приводит к раскрытию конфиденциальной информации об отправителе. Рост стоимости некоторых видов криптовалют привлёк внимание людей, ранее не интересовавшихся ими. Многие люди покупают криптоактивы в надежде быстро заработать деньги. Самый простой способ купить криптоактивы – через криптобиржи. Но для этого нужно пройти процесс идентификации, предоставив скан-копию документа, удостоверяющего личность, и «селфи» с этим

документом. Это позволяет криптобиржам отслеживать дальнейшие транзакции пользователя. Кроме того, перемещение средств с одного адреса на другой требует дополнительных комиссий, которые готов платить не каждый пользователь. Также существуют риски компрометации персональных данных со стороны криптобирж [16].

5. Возможная уязвимость в смарт-контрактах. Смарт-контракты, выполняемые в блокчейн-сетях, могут содержать уязвимости из-за некачественного кода. В работе [17] рассмотрены типичные уязвимости, возникающие при написании смарт-контрактов. Были созданы инструменты для поиска четырёх видов потенциальных ошибок в смарт-контрактах. Исследователи проанализировали 19 366 смарт-контрактов в сети Ethereum и обнаружили, что 8 833 из них уязвимы.

6. Неоптимизированные смарт-контракты. При взаимодействии пользователя со смарт-контрактами в сети Ethereum взимается некоторое количество «газа» – единицы, служащей для оплаты транзакций. Многие смарт-контракты не оптимизированы должным образом. В работе [18] авторы классифицировали проблемы, связанные с избыточными тратами газа, и разработали решение «Gasper», которое автоматически обнаруживает некоторые классы проблем.

Несмотря на существующие технические барьеры, блокчейн продолжает доказывать свою состоятельность. Блокчейн-индустрия стабильно развивается благодаря своим ключевым преимуществам: децентрализации, прозрачности и безопасности. В России государство уделяет все больше внимания внедрению блокчейна в различные сферы жизни, что способствует развитию цифровизации в стране. Успешные примеры, такие как система дистанционного электронного голосования и блокчейн-платформы для кредитования малого и среднего бизнеса, подтверждают практическую ценность этой технологии. Однако из-за некоторых недостатков внедрение и масштабирование технологии происходит не так быстро, как ожидалось. Тем не менее, в сферах активной интеграции, особенно в финансах, блокчейн уже приносит результаты, способствуя развитию цифровизации международных финансов.

Библиографический список

1. Филяк П. Ю., Постников М. К., Федоров С. Е. Применение технологий blockchain для разработки корпоративной информационной системы в защищённом исполнении // *Информация и безопасность*. 2020. Т. 23. № 3. С. 399–408.
2. Носиров З. А., Щербинина О. В. Анализ криптографических схем разделения секрета для резервного хранения ключевой информации // *Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии*. 2019. № 2. С. 126–134.
3. Криптовалюты [Электронный ресурс] // Investing.com; URL: <https://ru.investing.com/> (дата обращения: 01.02.2025).
4. Воронина О. П. Направления совершенствования денежной системы РФ // *Экономика и управления в условиях современной России: сборник статей*. 2021. С. 53–58.
5. Рассадкин К. Цифровизация логистики: тренды и перспективы 2023 года [Электронный ресурс] // *Control Engineering Russia*; URL: <https://controlengrussia.com/otraslevye-resheniya/cifrovizaciya-logistiki-2023/?ysclid=lrkcwp01jc196774095> (дата обращения: 01.03.2021).
6. Степанов Д. В России впервые выдали цифровые дипломы на блокчейне [Электронный ресурс] // *CNews.ru*; URL: https://cnews.ru/news/top/2020-02-25_rossijskij_vuz_vpervye_vydast (дата обращения: 01.02.2025).
7. Косян Н. Г., Милькина И. В. Блокчейн в системе государственных закупок // *ХЕ-Management*. 2019. № 1. С. 33–41.
8. Былинкина Е. В. Понятие и виды электронного голосования в России и за рубежом: сравнительно-правовой анализ // *Российское право: образование, практика, наука*. 2021. № 5. С. 4–10.
9. Грылева И. В. Смарт-контракты и технология блокчейн // *Экономика и бизнес: теория и практика*. 2019. № 4-2. С. 63–66.
10. Алексеев Р. А., Абрамов А. В. Проблемы и перспективы применения электронного голосования и технологии избирательного блокчейна в России и за рубежом // *Гражданин. Выборы. Власть*. 2020. № 1 (15). С. 9–21.
11. Официальный сайт Лаборатория блокчейн Сбербанка [Электронный ресурс] // *Сбербанк*; URL: <https://www.sberbank.ru/ru/person/promo/blockchain> (дата обращения: 01.02.2025).
12. Seven S., Yao G., Soran A., Onen A., Muyeen M. Peer-to-Peer Energy Trading in Virtual Power Plant Based on Blockchain Smart Contracts // *IEEE Access*. 2020. Vol. 8. P. 175713–175726.
13. Dye C., Li G., Cai H., Gu Y., Fukuda A. Analysis of Security in Blockchain: Case Study in 51%-Attack Detecting // *5th International Conference on Dependable Systems and Their Applications (DSA)*. IEEE Access. 2021. P. 15–24.
14. Karame O., Androulaki E., Roeschlin M., Gervais A., Capkun S. Misbehavior in Bitcoin: A Study of Double-Spending and Accountability // *ACM Transactions on Information and System Security (TISSEC)*. 2019. Vol. 18. № 1. P. 1–32.
15. Mayer H. ECDSA Security in Bitcoin and Ethereum: A Research Survey // *CoinFabrik*. 2019. Vol. 28. P. 126–127.
16. Miller A., Moser M., Lee K., Narayanan A. An Empirical Analysis of Linkability in the Monero Blockchain // *arXiv preprint arXiv:1704.04299*. 2020.
17. Atzei N., Bartoletti M., Cimoli T. A Survey of Attacks on Ethereum Smart Contracts (SOK) // *International Conference on Principles of Security and Trust*. 2019. P. 164–186.
18. Chen T., Li X., Luo X., Zhang X. Under-Optimized Smart Contracts Devour Your Money // *24th International Conference on Software Analysis, Evolution and Reengineering*. 2019. P. 442–446.

РАЗРАБОТКА УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ МУЛЬТИРОТОРНОГО ТИПА ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ МАНЁВРОВ НА ОСНОВЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА УПРАВЛЕНИЯ

Я.А. Королев

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Аннотация: в статье приведен способ решения по управлению автономным БПЛА для выполнения точных высокоскоростных манёвров по заданным маршрутам с применением геометрического метода управления. Расписаны по разделам математические формулы и приведена схема управления в среде SIMULINK.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, автономный полёт по маршруту, геометрический метод управления, система управления полётом, геометрический метод управления.

Введение.

На сегодняшний день большинство людей уже знают, что такое дрон и на что он способен. Наиболее часто используемый тип дрона – это квадрокоптер, то есть четырёхмоторный беспилотный летательный аппарат (БПЛА). Данный тип уже показал свою эффективность на таких примерах как:

— доставка грузов. Для быстрого перемещения груза из одной точки до другой можно использовать БПЛА, некоторые страны уже ввели такую практику;

— тушение пожаров в труднодоступных местах. Там, где пожарному будет тяжело действовать в виду человеческих возможностей, а использовать специальную технику будет довольно дорого, используется БПЛА для перемещения пожарного рукава во всех плоскостях. Такие испытания уже проводятся в Китае;

— аэрофотосъемка. Для задач, где требуется сфотографировать требуемый рельеф местности уже довольно часто используются БПЛА.

Таких примеров не единицы, в текущее время беспилотные летательные аппараты всё чаще и чаще заполняют человеческие сферы интересов и в большинстве всех примеров можно привести тот факт, что дронами управляют люди – операторы БПЛА. Однако, для некоторых задач где требуется быстрая реакция для выполнения манёвра, долгие и монотонные действия, или оптимальный путевой маршрут, человеческий фактор может привести к не желаемым результатам.

Актуальность темы, а именно использования геометрического метода как основы для управления БПЛА заключается в обеспечении автономности и высокой манёвренности для более быстрого и точного выполнения заданного маршрута.

Математическая модель.

Рассматривается модель квадрокоптера в системе координат NED [1].

Система координат NED (North-East-Down) – инерциальная система координат, образующая правую тройку векторов, связана с началом отсчёта в заданном положении. Ось Ox (N) направлена на истинный север, ось Oy (E) направлена на восток перпендикулярно оси Ox и ось Oz (D) направлена вниз прямо к центру Земли. На рисунке 1 приведено графическое представление системы координат NED в определенном месте на Земле.

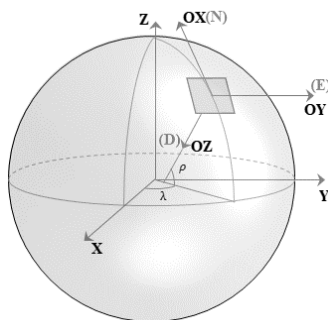


Рисунок 5 – Система координат NED

Для описания ориентации БПЛА в пространстве применяется связанная система координат, которая находится в центре масс ЛА. Таким образом, будут использованы инерциальная и связанная системы координат:

1. инерциальная СК (NED) (ИСК) – правая прямоугольная система координат, начало которой помещено в некоторой точки пространства.

2. связанная СК (ССК) – подвижная система координат, осями которой являются продольная ось i , нормальная ось j и поперечная ось k , фиксированные относительно летательного аппарата.

Связанная система координат закреплена в центре масс квадрокоптера. БПЛА состоит из четырёх одинаковых электродвигателей и пропеллеров, расположенных в одной плоскости, которые создают тягу и крутящий момент.

Предполагаем, что тяга каждого винта контролируется напрямую, т.е. динамика движения электродвигателей и винтов не рассматриваются.

Пусть обозначения осей инерциальной системы координат будут $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$, определяющих систему координат NED а система отсчета, связанной с БПЛА будут $\vec{b}_1, \vec{b}_2, \vec{b}_3$ как показано на рисунке 2.

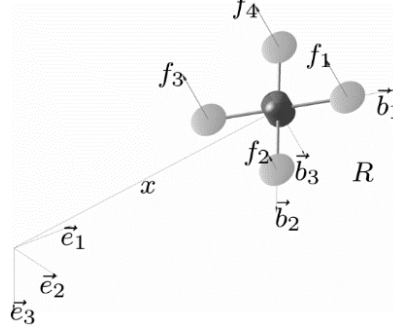


Рисунок 6 – Система координат NED, где $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$ – оси ИСК, $\vec{b}_1, \vec{b}_2, \vec{b}_3$ – оси ССК, $\vec{f}_1, \vec{f}_2, \vec{f}_3, \vec{f}_4$ – направление тяги каждого винта, R – матрица вращения, x – радиус-вектор

Оси \vec{b}_1 и \vec{b}_2 лежат в плоскости, определяемой центрами четырех роторов, ось \vec{b}_3 ортогональна к этой плоскости. Триады ортогональных векторов в инерциальной и связанной системе отсчёта определены в соответствии с правилом правой руки. Предложенные векторы рассматриваются в евклидовом пространстве \mathbb{R}^3 с координатами $\{x, y, z\}$. Также используется матрица поворота $R \in SO(3)$ для линейных преобразований в векторном пространстве между связанной и инерциальной системами координат, где $SO(3)$ обозначает специальную ортогональную группу как матрицу размерности 3×3 . Матрица поворота R есть матрица направляющих косинусов.

Группа $SO(3)$ состоит из всех возможных вращений трёхмерной сферы вокруг выбранной оси без учета перемещения [2]. Элементы этой группы сохраняют длину векторов и значения углов между ними после вращения.

Пусть первый и третий винты создают тягу вдоль \vec{b}_3 вращаясь по часовой стрелке, а второй и четвертый винты вращаясь против часовой стрелки. Общая величина тяги равна f :

$$f = \sum_{i=1}^4 f_i. \quad (1)$$

Величина f положительна в тот момент, когда вектор общей тяги действует вдоль \vec{b}_3 и она отрицательна, когда вектор общей тяги действует вдоль $-\vec{b}_3$. Вектор общей тяги в инерциальной системе отсчета задается как:

$$\vec{f} = -f R \vec{e}_3. \quad (2)$$

Также введём допущение, что крутящий момент, создаваемый каждым винтом, прямо пропорционален его тяге.

Уравнения движения квадрокоптера можно записать в виде [3]:

$$\dot{x} = v, \quad (3)$$

$$m\dot{v} = mge_3 - f R e_3, \quad (4)$$

$$\dot{R} = R\Omega, \quad (5)$$

$$M = J\dot{\Omega} + \Omega \times J\Omega, \quad (6)$$

где x – радиус-вектор центра масс БПЛА, v – вектор скорости, m – масса БПЛА, g – ускорение свободного падения, f – суммарная сила тяги четырёх винтов, R – матрица направляющих косинусов, J – матрица инерций, Ω – вектор угловой скорости вращения, M – вектор момент.

Символ $\hat{\cdot}$ обозначает операцию «hat map», где \mathbb{R}^3 переходит в $SO(3)$ [3]:

$$\hat{x} = \begin{bmatrix} 0 & -x_3 & x_2 \\ x_3 & 0 & -x_1 \\ -x_2 & x_1 & 0 \end{bmatrix} = X. \quad (7)$$

Эту операцию можно использовать для векторного произведения, которое будет выглядеть следующим образом:

$$\vec{x} \times \vec{y} = \hat{x}\vec{y}, \quad \forall: \vec{x}, \vec{y} \in \mathbb{R}^3,$$

$$\text{где } \vec{x} = [x_1, x_2, x_3] \in \mathbb{R}^3.$$

Обратное же отображение операции «hat map» называется отображением «vee», обозначается символом $\hat{\cdot}$ и будет иметь вид [3]:

$$\hat{X} = [x_1, x_2, x_3]$$

Алгоритм управления.

На рисунке 3 представлена замкнутая блок-схема управления квадрокоптером, построенная исходя из уравнений кинематики и динамики описанных выше.

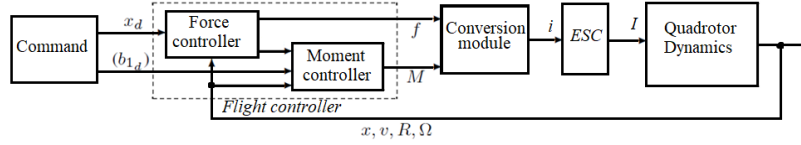


Рисунок 3 – Схема управления

Суть алгоритма управления такова:

В блоке «Command» задаются радиус-вектор \vec{x}_d – это желаемые координаты в каждый момент времени (требуемая траектория движения) и вектор \vec{b}_{1d} – желаемое направление курса БПЛА (куда его носовая часть должна быть направлена в пространстве). В рассматриваемом курсовом проекте вектор \vec{b}_{1d} всегда будет направлен вдоль вектора скорости исходя из заданной траектории.

В блоке «Force controller» рассчитывается требуемые суммарная сила тяги f для пропеллеров, командные (задающие) векторы направления \vec{b}_{1c} , \vec{b}_{2c} , \vec{b}_{3c} для БПЛА, командные матрица направляющих косинусов R_c и угловая скорость вращения Ω_c .

В блоке «Moment controller» рассчитывается требуемый вектор момент M для нахождения желаемых моментов по осям.

Вектор момент M и сила тяги f подаются в блок «Quadrotor Dynamics» (если рассматривать только расчётную часть). В этом блоке вычисляются текущие показания такие как координаты радиус-вектора x , вектор скорости v , матрица направляющих косинусов R и вектор угловой скорости вращения Ω .

Схема имеет обратную связь с целью расчётов ошибок между желаемыми и текущими параметрами и для последующей подачи командных параметров. В пункте №4 было замечание, что из блока «Moment controller» такие параметры как M, f сразу подаются в блок «Quadrotor Dynamics» при рассмотрении только расчётной части. Такая схема была построена в графической среде программирования SIMULINK на базе MATLAB R2024a [4], которая показана на рисунке 4.

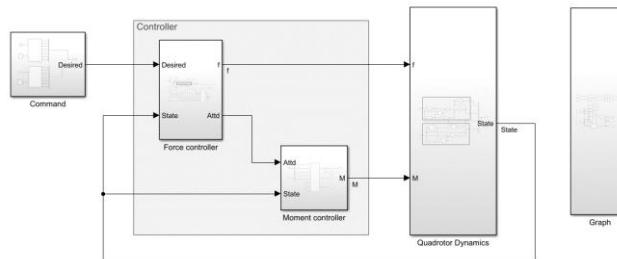


Рисунок 4 – Схема управления, построенная в среде SIMULINK

Однако на рисунке 3 изображена схема ещё с такими блоками как «Conversion module» и «ESC». В действительности на физически реальном квадрокоптере может использоваться «Conversion module» (модуль преобразования), который должен конвертировать параметры M, f в задающий сигнал для «ESC» (электронный регулятор скорости), который в свою очередь вырабатывает управляющий ток для регулировки скорости электродвигателя. Для каждого из четырёх электродвигателей может быть использован тип однонаправленных «ESC», либо один общий «4 in 1 ESC» отвечающий за подачу точку на все четыре электродвигателя [5].

Рассмотрим каждый программный блок всей схемы по отдельности.

Блок «Command».

Внутри блока «Command» описано математическое движение по заданной траектории. Как пример, описана окружность. Блок предназначен для задания траектории движения, данные с которого подаются полётный контроллер БПЛА. Для постоянного следования воздушным судном заданной траектории необходимо через каждый фиксированный шаг работы программы задавать следующие координаты окружности. Таким образом, уравнение окружности будет задано через гармонические колебания с помощью радиус-вектора x :

$$x = R0 \cdot (1 \cdot \sin(6t), 1 \cdot \cos(6t), -1) = \vec{x}_d$$

Для нужного разворота требуемой траектории в пространстве применена группа трёхмерных поворотов $SO(3)$. За это действие будет отвечать переменная $R0$ которая равна матричному

экспоненцированию произведения нужного угла поворота на вектор с параметром, указывающим вокруг какой оси требуется совершить разворот [2]:

$$R0 = e^{\left(\frac{\pi}{2} \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}\right)}$$

Так же из уравнений (3), (4), понадобятся производные от радиус-вектора:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= R0 \cdot (6 \cdot \cos(6t), 6 \cdot (-\sin(6t)), 0) = v, \\ \ddot{x} &= R0 \cdot (36 \cdot (-\sin(6t)), 36 \cdot (-\cos(6t)), 0) = \dot{v}.\end{aligned}$$

Блок «Force Controller».

Уравнение силы тяги задаётся как:

$$\begin{aligned}f &= (k_x e_x + k_v e_v + k_i \text{sat}_\sigma(e_i) + m g e_3 - m \ddot{x}_d) \cdot R e_3, \\ e_x &= x - x_d, \\ e_v &= \dot{x} - \dot{x}_d, \\ e_i(t) &= \int_0^t e_v(\tau) + c_1 e_x(\tau) d\tau, \\ \text{sat}_\sigma(e_i) &= \begin{cases} \sigma, & e_i > \sigma \\ e_i, & -\sigma < e_i < \sigma \\ -\sigma, & e_i < -\sigma \end{cases}.\end{aligned}$$

где k_x, k_v, k_i, c_1 – неотрицательные константы, e_x, e_v – ошибки вычисления координат радиус-вектора и вектора скорости квадрокоптера, $\text{sat}_\sigma(e_i)$ – функция насыщения, реализующая скользящий режим с пограничным слоем, \ddot{x}_d – заданное ускорение, x, v – текущие координаты радиус-вектора и вектора скорости, x_d, \dot{x}_d – желаемые координаты радиус-вектора и вектора скорости, R – матрица направляющих косинусов, e_3 – вектор направленный к центру земли.

В данном блоке вычисляется сила тяги f и \vec{b}_{3c} , командные (требуемые) векторы направления \vec{b}_{1c} , \vec{b}_{2c} , \vec{b}_{3c} , матрица направляющих косинусов R_c и вектор угловой скорости вращения Ω_c .

Уравнения требуемой матрицы разворота и требуемой угловой скорости следующие [3]:

$$\begin{aligned}R_c &= [b_{1c}, b_{2c}, b_{3c}], \\ \Omega_c &= (R_c^T \dot{R}_c)^{\wedge}, \\ \hat{\Omega}_c &= R_c^T \dot{R}_c.\end{aligned}$$

Для вычислений требуемых значений (5), (6) необходимы их производные [3]:

$$\dot{R}_c = [\dot{b}_{1c}, \dot{b}_{2c}, \dot{b}_{3c}], \quad (8)$$

$$\dot{\Omega}_c = (R_c^T \ddot{R}_c - \hat{\Omega}_c^2)^{\vee}, \quad (9)$$

$$\ddot{R}_c = [\ddot{b}_{1c}, \ddot{b}_{2c}, \ddot{b}_{3c}]. \quad (10)$$

Таким образом, для вычисления векторов в связанной системе координат БПЛА необходимо найти их нормы и производные норм, т.к. для матрицы вращения требуются единичные вектора исходя из свойства:

$$\begin{aligned}b_{3c} &= \frac{-k_x e_x - k_v e_v - k_i \text{sat}_\sigma(e_i) - m g e_3 + m \ddot{x}_d}{\| -k_x e_x - k_v e_v - k_i \text{sat}_\sigma(e_i) - m g e_3 + m \ddot{x}_d \|}, \\ b_{3c} &= -\frac{b_{3c} \times b_{1d}}{\| b_{3c} \times b_{1d} \|}, \\ b_{1c} &= b_{2c} \times b_{3c}.\end{aligned}$$

где необходимые условия, что $\| -k_x e_x - k_v e_v - k_i \text{sat}_\sigma(e_i) - m g e_3 + m \ddot{x}_d \| \neq 0$ и $\vec{b}_{1d} \nparallel \vec{b}_{3c}$

Так как известно, что пропеллеры зафиксированы в одном положение, то они образуют плоскость от которой можно построить вектор b_{3c} (он же вектор b_3 , рисунок 1), который противоположно направлен вектору тяги, из центра тяжести квадрокоптера. Также можно найти вектор b_{1d} для задания желаемого курса, чтобы носовая часть БПЛА была направлена вдоль вектора скорости траектории движения. Вектор b_{1d} будет задаваться как производная от желаемой траектории x_d , т.е. является вектором скорости.

Вектора b_{1d} и b_{3c} образуют вертикальную плоскость и с их помощью можно найти вектор b_{2c} как произведение этих векторов:

При известных ортогональных векторах b_{2c} и b_{3c} можно так же найти вектор b_{1c} , рисунок 5.

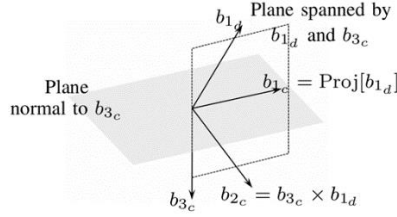


Рисунок 5 – Система векторов в связанной системе координат

Исходя из уравнений (8), (10) необходимо найти производные векторов, тогда для сокращения уравнений и удобства представления пусть числителем вектора b_{3c} будет $A = -k_x e_x - k_y e_y - k_i sat_\sigma(e_i) - mge_3 + m\ddot{x}_d$, а вектора b_{2c} будет $C = b_{3c} \times b_{1d}$ тогда уравнения первых производных векторов будут следующие:

$$\begin{aligned}\dot{b}_{3c} &= -\frac{\dot{A}}{\|A\|} + \frac{A \cdot \dot{A}}{\|A\|^3} A, \\ \dot{b}_{2c} &= -\frac{\dot{C}}{\|C\|} + \frac{C \cdot \dot{C}}{\|C\|^3} C, \\ \dot{b}_{1c} &= \dot{b}_{2c} \times b_{3c} + b_{2c} \times \dot{b}_{3c}.\end{aligned}$$

Уравнения вторых производных:

$$\begin{aligned}\ddot{b}_{3c} &= -\frac{\ddot{A}}{\|A\|} + \frac{2A \cdot \dot{A}}{\|A\|^3} \dot{A} + \frac{\|\dot{A}\|^2 + A \cdot \ddot{A}}{\|A\|^3} A - 3 \frac{(A \cdot \dot{A})^2}{\|A\|^5} A, \\ \ddot{b}_{2c} &= -\frac{\ddot{C}}{\|C\|} + \frac{2C \cdot \dot{C}}{\|C\|^3} \dot{C} + \frac{\|\dot{C}\|^2 + C \cdot \ddot{C}}{\|C\|^3} C - 3 \frac{(C \cdot \dot{C})^2}{\|C\|^5} C, \\ \ddot{b}_{1c} &= \ddot{b}_{2c} \times b_{3c} + 2\dot{b}_{2c} \times \dot{b}_{3c} + b_{2c} \times \ddot{b}_{3c}.\end{aligned}$$

Таким образом, раскрыв обозначения первых и вторых производных и подставив в уравнения (8), (9) и (10) полученные векторы и их производные, были найдены требуемые $R_c, \Omega_c, \dot{\Omega}_c$.

Блок «Moment Controller»

Как и было ранее сказано в блоке «Moment controller» рассчитывается требуемый вектор момент M . В прошлом разделе были найдены требуемые значения для расчёта вектора момента. Уравнение вектор момента задаётся как [3]:

$$\begin{aligned}M &= -k_R e_R - k_\Omega e_\Omega + (R^T R_c \Omega_c) J R^T R_c \dot{\Omega}_c + J R^T R_c \dot{\Omega}_c, \\ e_R &= \frac{1}{2} (R_c^T R - R^T R_c)^v, \\ e_\Omega &= \Omega - R^T R_c \Omega_c,\end{aligned}$$

где k_R, k_Ω – неотрицательные константы, J – матрица моментов инерции, Ω_c – вектор задающей угловой скорости, Ω – вектор текущей угловой скорости, R_c – задающая матрица направляющих косинусов, R – текущая матрица направляющих косинусов, e_R, e_Ω – ошибки вычисления матриц направляющих косинусов и вектора угловой скорости соответственно.

Блок «Quadrotor Dynamics»

В данном блоке реализовано конечное нахождение переменных, а именно, кинематики и динамики (3), (4), (5), (6). Для удобства представления вычислений нужных параметров, выделим их, радиус-вектор, вектор скорости, вектор угловой скорости вращения и матрица направляющих косинусов будут:

$$\begin{aligned}\dot{v} &= -\frac{f R e_3}{m} + g e_3, \\ \dot{x} &= v, \\ \dot{\Omega} &= \frac{M - \hat{\Omega} \times J \Omega}{J}, \\ \dot{R} &= R \hat{\Omega}.\end{aligned}$$

С помощью блока «Integrator», который интегрирует производную функции были найдены значения самих функций. Таким образом, были найдены значения текущих параметров Ω, R, v, x по осям OX, OY, OZ.

Графические результаты.

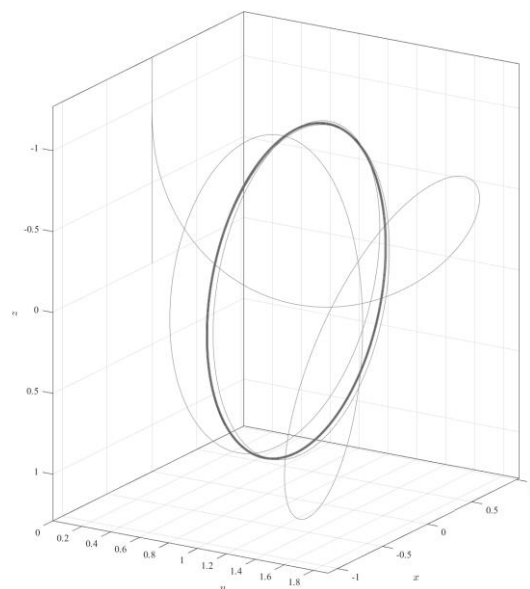


Рисунок 6 – Приведение движения БПЛА к заданной траектории, где светлый график траектория движения БПЛА, а тёмный график заданная траектория

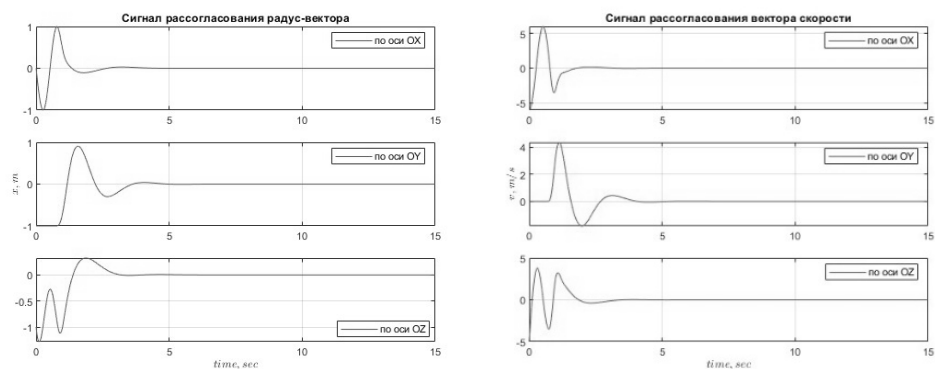


Рисунок 7 – Графики ошибок радиус-вектора и вектора скорости

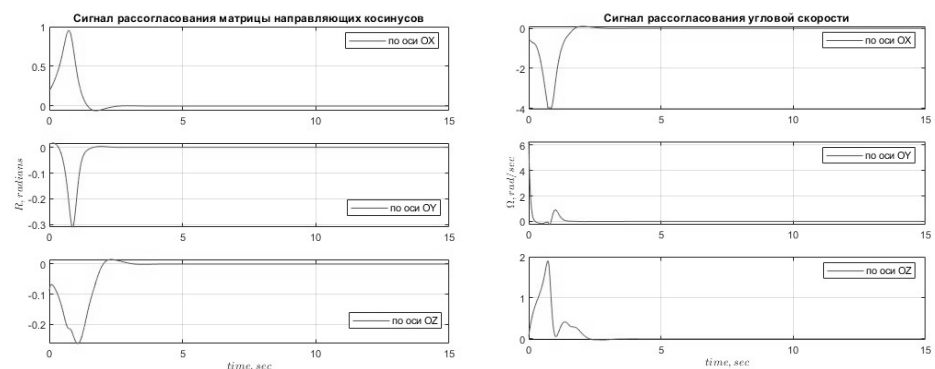


Рисунок 8 – Графики ошибок матрицы направляющих косинусов и вектора угловой скорости

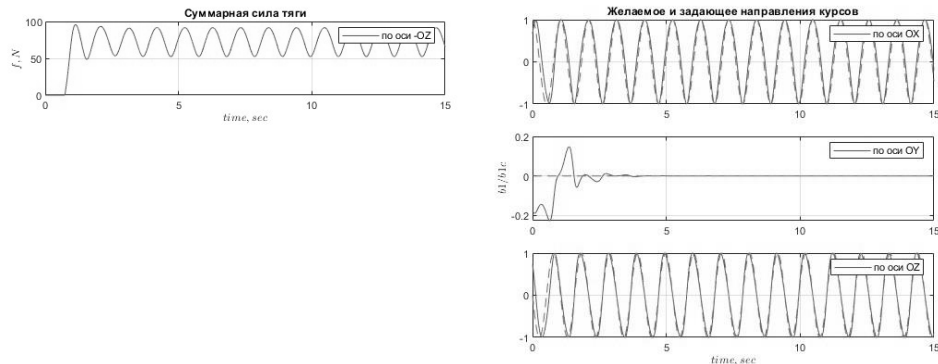


Рисунок 9 – Графики суммарной силы тяги и сравнение, желаемого и задающего направлений курсов

Заключение.

Была разработана динамическая модель беспилотного летательного аппарата (квадрокоптер) с использованием специальной евклидовой группы $SE(3)$ (т.к. $SO(3) = \{R \in \mathbb{R}^{3 \times 3}, R^T R = I, \det R = 1\}$), которая является локальной и не привязана к координатам, что позволяет избежать особенностей углов Эйлера и неоднозначности кватернионов в представлении ориентации. Были представлены результаты того, что беспилотный летательный аппарат может выполнять сложные акробатические маневры.

Научный руководитель – к.т.н., доцент кафедры И9, А.М. Попов

Библиографический список

1. Биард Р.У., МакЛэйн Т.У. Мир радиоэлектроники. Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика. Под редакцией Анцева Г.В. // Техносфера. Москва, 2023, С. 25-31.
2. 3D rotation group. [Электронный ресурс] // Wikipedia; URL: https://en.wikipedia.org/wiki/3D_rotation_group (дата обращения 03.10.2024).
3. Taeyoung L., Melvin L., Harris McClamroch N. Control of Complex Maneuvers for a Quadrotor UAV using Geometric Methods on $SE(3)$. [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/pdf/1003.2005> (дата обращения 03.10.2024).
4. Matlab [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html> (дата обращения 08.10.2024).
5. ESC «Регулятор моторов дрона». [Электронный ресурс] // Dzen; URL: https://dzen.ru/a/Z7jWBvTu_3Z95UAA (дата обращения 05.11.2024).

УДК 004.896

АКТУАЛЬНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

К.О. Кржечковский, Д.С. Мехоношин, К.А. Беленков

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Современные производственные системы приборостроения сталкиваются с необходимостью обеспечения высокого уровня качества продукции в условиях повышенной сложности технологических процессов, роста объемов данных, ускорения темпов производства и внедрения концепции Индустрии 4.0. Традиционные подходы к управлению качеством, основанные на статистическом анализе, выборочном контроле и реактивных методах устранения дефектов, не всегда являются в достаточной мере эффективными.

В условиях развития экономики основное внимание в развитии потенциала предприятия с учетом повышения качества продукции уделяется эффективности программных и цифровых продуктов. Преимуществами и возможностями искусственного интеллекта (ИИ) являются его способности анализировать большие объемы данных в режиме реального времени, выявляя при этом закономерности и тенденции, которые могут быть не всегда очевидны для специалистов-аналитиков. Базируясь на исходной информации, системы ИИ могут делать точные прогнозы, автоматизировать сложные задачи и предоставлять необходимую ценную информацию.

В статье исследуется проблема разработки новых моделей и алгоритмов обеспечения качества производственных процессов, которые бы использовали потенциал технологий искусственного интеллекта для анализа данных, прогнозирования дефектов, предотвращения отклонений в режиме реального времени и адаптации к условиям конкретных производственных сред.

Актуальность исследований в направлении использования искусственного интеллекта обусловлена стремлением к повышению эффективности и конкурентоспособности производственных систем [2]. Использование искусственного интеллекта позволяет повысить скорость и эффективность работы за счет автоматизации процедур контроля и интеллектуальной обработки больших массивов данных. Что позволяет повысить производительность труда более чем на 40% [1]. Таким образом, искусственный интеллект может стать одним из ключевых конкурентных преимуществ для современных организаций.

Использование интеллектуальных моделей и алгоритмов позволяет интегрировать различные элементы производственного процесса в единую систему и на основе анализа данных обеспечивать высокий уровень автоматизации и контроля качества на всех стадиях жизненного цикла продукции. Низкое качество продукции или ошибки на отдельных этапах производства могут приводить к значительным финансовым потерям, связанным с браком, отзывом продукции и потерей репутации. Модели и алгоритмы управления качеством на базе ИИ обеспечивают более точное моделирование, анализ и прогнозирование, позволяя минимизировать эти риски и улучшать производственные процессы.

Методы ИИ становятся более доступными и дешевыми для интеграции в бизнес-процессы. Прогресс в области машинного обучения, компьютерного зрения, нейронных сетей и других инструментов позволяет

улучшать точность прогнозов, увеличивать скорость обработки данных и повышать уровень автономии производственных систем [2,3,4].

Как одна из возможностей использования ИИ для повышения качества продукции на производстве - это применение компьютерного зрения. Компьютерное зрение (Computer Vision) — это область искусственного интеллекта, которая занимается созданием программ и систем, позволяющих компьютерам анализировать и понимать визуальную информацию, такую как изображения и видео. Компьютерное зрение позволяет машинам интерпретировать визуальную информацию и принимать решения на ее основе.

Системы компьютерного зрения могут автоматически контролировать качество продукции, обнаруживая дефекты, например, царапины или трещины, неправильная сборка. Это позволяет предотвратить выпуск бракованной продукции, сохранить репутацию компании и сократить финансовые потери.

Компьютерное зрение позволяет точно определить отклонения от нормы. Такие процессы сложно реализовать с помощью традиционных методов контроля качества. Технологии машинного зрения позволяют обрабатывать изображения не просто как массив данных, но и интерпретировать их, как это делает человек. Этот подход набирает популярность в промышленности, поскольку он помогает автоматизировать и улучшать процессы, требующие визуального контроля.

При конвейерной работе важно быстро и точно обнаруживать визуальные дефекты для контроля качества продукции. Необходимо определить местоположения и классификацию дефектов с использованием определенных алгоритмов. Одной из основных методик в этом случае является глубокое обучение. Для обучения «глубоких» сетей требуется большое количество правильно сформированных обучающих выборок высокого качества, которые должны быть полными и непротиворечивыми. Данная методика позволяет реализовать воспроизводимый процесс, который на основе общих представлений о качестве продукции выдает стабильные результаты, используемые для принятия решений о наличии дефектов.

Таким образом, экономическая выгода от этого может складываться из экономии на запасных частях, инструментах и принадлежностях, в снижении времени простоя в процессе производства, повысить уровень качества продукции и оптимизировать производственные процессы.

Первым этапом в обучении компьютеров видеть является точный захват и подготовка визуальных данных. Сначала идет сбор визуальных данных: сбор происходит с помощью камер и сенсоров, которые служат связующим звеном между физическим миром и цифровыми системами анализа. Они собирают широкий спектр визуальных данных (изображений и видео), предоставляя исходный материал для обучения алгоритмов компьютерного зрения. После идет предварительная обработка, которая подразумевает подготовку визуальных данных для оптимального анализа. Сюда входит изменение размеров изображений, стандартизация яркости и контрастности, а также цветокоррекция с целью более точного отображения цветов.

Второй этап заключается в определении и выделении конкретных характеристик изображения, чтобы на их основе можно было распознать образы или объекты. Сначала происходит выделение признаков – то есть обнаружение на изображении отдельных элементов, таких как края, текстуры или формы. Анализируя эти признаки, системы компьютерного зрения могут распознавать различные части изображений и правильно идентифицировать объекты и интересующие их области. Затем распознавание образов - система компьютерного зрения затем использует выявленные признаки для сопоставления с существующими шаблонами, распознавая объекты по их уникальным признакам и изученным паттернам, что позволяет классифицировать и маркировать различные элементы на изображениях, помогая системе точно интерпретировать и понимать визуальную информацию.

Третий этап — машинное обучение, которое повышает способность систем интерпретировать визуальные данные и использовать их в работе. Несколько методов используется: обучение с учителем, обучение без учителя, глубокое обучение и нейронные сети.

Современный этап развития компьютерного зрения связан с интеграцией передовых технологий, которые значительно расширяют сферу его применения за пределы базового анализа изображений:

а) обнаружение и сегментация объектов позволяют точно определять и различать объекты на изображениях, выделяя каждый из них для детального анализа сцен; эти методы применимы для медицинской диагностики, автономного вождения и наблюдения; они оценивают форму, размер и положение объектов, обеспечивая комплексное визуальное восприятие и интерпретацию;

б) обработка данных в реальном времени необходима для мгновенного принятия решений в таких областях применения, как, например, автономное вождение; она требует быстрых алгоритмов и достаточной вычислительной мощности для мгновенного анализа трафика и препятствий, обеспечивая безопасную навигацию и эффективность принятия решений в таких критических ситуациях, как безопасность и робототехника;

в) генеративные модели, такие как GAN, расширяют возможности компьютерного зрения, создавая изображения, почти идентичные реальным; соединяя генеративную сеть с алгоритмом логического вывода, они улучшают результаты для таких областей применения, как разработка видеоигр, обучение искусственного интеллекта и моделирование виртуальной реальности [3].

Таким образом, компьютерное зрение, как одна из возможных составляющих использования ИИ для повышения эффективности качества продукции, позволяет улучшить следующие составляющие производственного процесса:

а) контроль качества: системы компьютерного зрения позволяют автоматизировать проверку качества продукции, сравнивая ее с установленными стандартами, могут находить на изображении дефекты, ускоряя производство за счет сокращения ручных проверок и повышая качество конечного продукта;

б) оптимизация процессов: компьютерное зрение позволяет в режиме реального времени решать проблемы неэффективности, оптимизируя процессы и использование оборудования;

в) предиктивное обслуживание: оборудование в производственных циклах подвержено износу, что чревато повреждениями и остановкой производства - обнаруживая ранние признаки и своевременно предупреждая о необходимости технического обслуживания, компьютерное зрение помогает поддерживать бесперебойную работу [1].

На практике это выглядит так. Системы машинного зрения, используемые в производстве, помогают контролировать качество выпускаемой продукции, что значительно приближает к идеальному результату без дефектов. Система с помощью специализированных алгоритмов ищет отклонения цвета, формы, размеров или текстуры от заданного эталона. При обнаружении дефектного продукта подается сигнал на устройство отбраковки и производится удаление такого продукта с линии. В процессе производства отдельные частички материала могут попасть внутрь тары или прилипнуть к ее стенкам. Но наличие посторонних включений в готовой продукции категорически недопустимо, тара с посторонними включениями должна быть обнаружена и отбракована до завершения производственного процесса. Поэтому в состав производственных линий необходимо включать установки для контроля и автоматического удаления из технологического потока изделий с посторонними включениями. Специализированная камера и правильно подобранное освещение позволяют обнаружить не только инородные включения, но и частички материала, из которого изготавливается само изделие.

Некорректные данные в маркировке могут привести к отбраковке целой партии товаров, очень важно контролировать наличие и правильность указанных в маркировке данных. Системы машинного зрения с помощью технологии оптического распознавания символов (OCR) проверяют корректность даты, кода продукта, партии и другой символьной информации. А при наличии в маркировке 1D- или 2D-кодов применяются алгоритмы, позволяющие распознавать любые типы современных кодов.

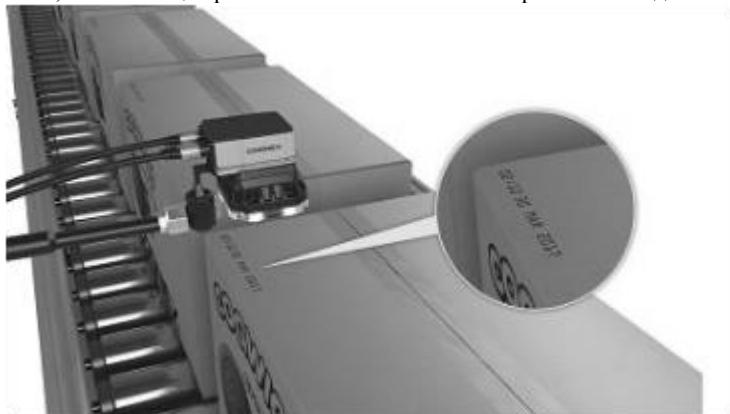


Рис.1 Контроль маркировки

По всей цепочке движения товара требуется распознавание маркировки (Рис.1). Сейчас требования обязывают поставщиков соответствовать самым высоким стандартам печати маркировки.

Человеку практически невозможно надежно произвести оценку качества печати, особенно в условиях высоких скоростей производственной линии, а система машинного зрения делает это с легкостью (Рис.2). Специализированное программное обеспечение позволяет оценить качество печати маркировки и в случае снижения качества ниже заданного уровня подать сигнал на остановку линии.

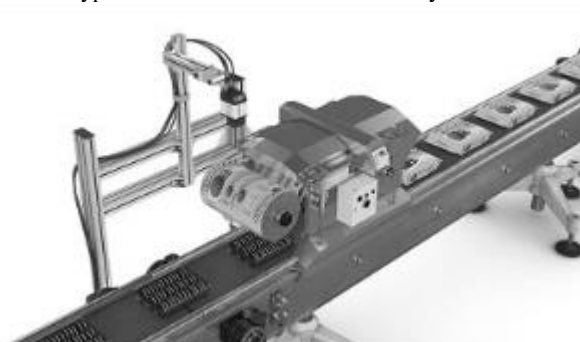


Рис.2 Контроль качества печати и содержимого этикетки

При сборке изделия перед его упаковкой необходимо удостовериться, что все его компоненты в наличии и правильно размещены. Но эксплуатационный износ производственных машин делает практически невозможным производство изделий на 100% без дефектов, поэтому контроль сборки становится необходимым, чтобы дефектные изделия не выходили с линии на рынок.

Системы машинного зрения позволяют осуществлять проверку одновременно всех требуемых элементов изделия: наличие каждого элемента, его положение, отсутствие перекосов. В случае с этикеткой необходимо не только проверять ее наличие, но и диагностировать повторное нанесение этикетки для отбраковки таких изделий. При наличии у изделия защиты от вскрытия проверяются его целостность и размер зазора (если имеется). Таким образом, для каждого изделия устанавливается полный набор параметров, по которым контролируется его целостность.

Таким образом, применяя интеллектуальные системы анализа визуальной информации, можно значительно повысить качество производственных процессов, добиться снижения дефектов производимой продукции на всех этапах производства.

Библиографический список

1. Искусственный интеллект и его значение для развития технологического потенциала предприятия / М. А. Меньшикова, Г. П. Бутко, А. В. Романцов, Л. А. Раменская // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2024. – № 11-3. – С. 389-399. – DOI 10.17513/vaael.3894.
2. Бугаев, И. Н. принципы работы современных систем управления и средств автоматизации производственных процессов / И. Н. Бугаев // МИЛЛИОНЩИКОВ-2023: Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, Грозный, 30–31 мая 2023 года. – Грозный: Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова, 2023. – С. 613-616. – DOI 10.26200/GSTOU.2023.55.21.116.
3. Шульженко, И. В. Перспективы развития искусственного интеллекта в ближайшие годы / И. В. Шульженко // Проблемы и перспективы развития технических наук в условиях кризиса глобализации: сборник научных статей. – Ульяновск: ИП Кеньшенская Виктория Валерьевна (издательство "Зебра"), 2024. – С. 103-106.
4. Тимченко, В. В. Применение искусственного интеллекта в преподавательской деятельности: возможности, проблемы и перспективы / В. В. Тимченко, В. В. Куклина // Менеджмент XXI века: формирование суверенной системы образования Российской Федерации: Материалы XXII международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 22–23 ноября 2023 года. – Санкт-Петербург: Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, 2024. – С. 159-166.

УДК 004.58

ТЕХНОЛОГИЧНАЯ АДАПТАЦИЯ СТУДЕНТОВ ВУЗА

Н.Д. Семенова

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Очень часто случаются ситуации, когда новый сотрудник не знает структуру команды, первокурсник теряется в здании учебного заведения, а человек, который просто решил сменить образ жизни, не понимает с чего ему начать. Во всех этих примерах люди испытывают стресс, который может повлиять на их работоспособность, дальнейший настрой и общее благополучие человека, замедляя его процесс привыкания к новым условиям. К счастью, в эпоху цифровых технологий возникли новые, эффективные методы адаптации, которые минимизируют негативное воздействие стресса и ускоряют процесс интеграции в новую среду. А доступность компьютеров, смартфонов и постоянное подключение к интернету позволяют использовать технологические решения этой задачи. Разнообразие предлагаемых цифровых инструментов впечатляет, они позволяют охватывать различные аспекты адаптации.

Адаптация при помощи технологий делится на несколько основных типов, каждый из которых имеет свои особенности и требует специфического подхода. Были выделены четыре ключевых направления: образовательная, социальная, профессиональная и физическая адаптации. Рассмотрим каждый из них подробнее.

Если разговор заходит про адаптацию, люди в первую очередь думают именно про социальную. Она направлена на успешное интегрирование индивида к новой социальной среде [1]. Одним из наиболее эффективных современных методов социальной адаптации является социальный патронаж. В настоящее время самым актуальным методом социальной адаптации является социальный патронаж. Именно на основе него была создана целевая платформа «Патронаж», которая обеспечивает круглосуточную поддержку через чат, где пользователю ответят на возникающие вопросы и предоставят нужную информацию [2]. Кроме того, за каждым из них закреплен индивидуальный куратор, который оказывает более индивидуальную помощь и помогает быстрее и эффективнее социализироваться. Стоит отметить, что такие платформы не просто отвечают на поставленные вопросы, но и стремятся оказать поддержку пользователю, уменьшая его тревожность и чувство одиночества.

Второй по популярности идет профессиональная адаптация, она является самой развитой из всех видов технологической адаптации, если рассматривать широкое применение цифровых инструментов в корпоративной среде. Эта адаптация направлена на помощь новому сотруднику в освоении должностных обязанностях и эффективное настраивание связей с коллегами по работе [1]. Для данной адаптации существуют как специализированные корпоративные системы, так и автоматизированные онбординг-платформы, такие как мобильное приложение «TalentTech Адаптация» [3]. Данное приложение предоставляет готовые сценарии адаптации, которые можно настроить под конкретные потребности компании и сотрудников, определяя этапы адаптации, цветовые решения и другие параметры [3]. Возможность подстраивать сценарии под свои запросы значительно повышает скорость вхождения в рабочий ритм. Пример страницы для адаптации в TalentTech представлен на рис. 1.

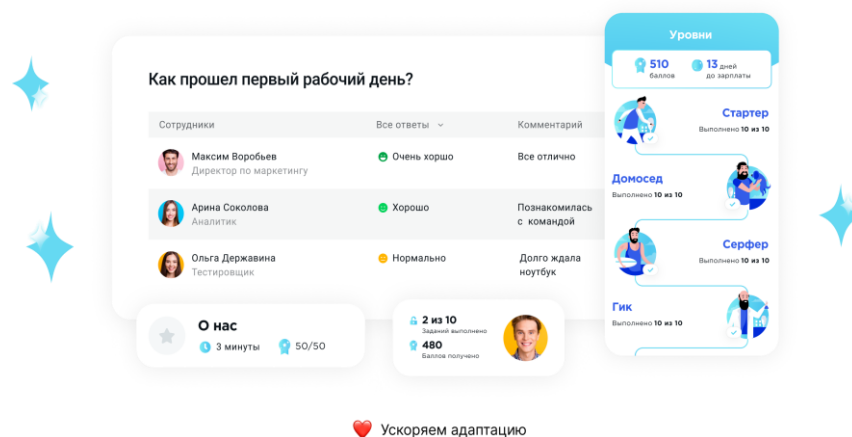


Рис.1. Страница для адаптации в TalentTech

После профессиональной идет образовательная адаптация, которая направлена на помощь студентам и учащимся в приспособлении к новым условиям обучения. Многие университеты и учебные заведения используют отдельные страницы официального сайта или отдельные посты в социальных сетях для информации о структуре университета, расписании дня и других важных аспектах обучения. А некоторые не остановились на странице и создали специальные платформы, которые помогают студентам ориентироваться в корпусах, планировать учебный процесс и включаться в студенческую жизнь.

Заключительными из основных видов адаптации являются физическая и медицинская, которые направлены на поддержание здоровья и увеличения качества жизни. В этих моментах технологический прогресс играет значительную роль. Развитие удобных и компактных гаджетов, таких как умные часы, датчики здоровья, позволяет отслеживать показатели здоровья и своевременно реагировать на любые изменения. В более тяжелых случаях используются кибернетические протезы и экзоскелеты, которые помогают людям в кратчайшие сроки восстанавливаться после травм и адаптироваться к изменениям в физическом состоянии. Эти технологии не только улучшают качество жизни, но и способствуют более быстрой реабилитации.

Существует большое количество технологий для адаптации и у них есть внушительные отличия от обычных методов. Зачастую обычные методы часто нацелены на индивидуальную или групповую работу с небольшим количеством людей, нежели технологичные решения, которые могут охватить значительно большие аудитории людей. Хотя традиционные методы эффективны, но требуют значительных временных и финансовых затрат.

Технологичная адаптация выделяется своей гибкостью, это значит, что она использует новые цифровые инструменты, которые подстраивает под конкретные нужды пользователей. Например, одним из нововведений последних лет является искусственный интеллект, который позволяет автоматизировать рутинное обучение, а также появилась возможность использовать виртуальную реальность для тех же целей. Например, в функционал Bitrix24 включена обработка естественного языка, машинное обучение, рекомендательные системы и чат-боты, а также автоматический анализ звонков и видео [4]. Все нововведения могут персонализировать обучение, автоматизировать ответы на часто задаваемые вопросы и улучшить коммуникацию с новыми сотрудниками [4]. Приложение для адаптации для Bitrix24 представлено на рис. 2.

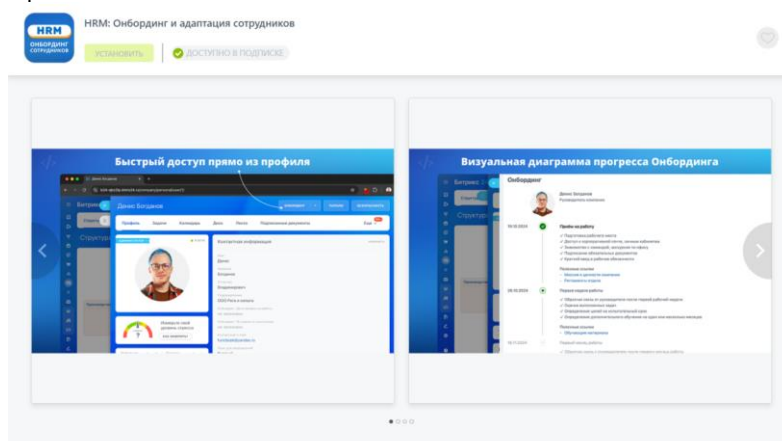


Рис.2. Приложение для адаптации для Bitrix24

Технологичная адаптация позволяет экономить время и это главное ее преимущество. Благодаря ей опадает необходимость в согласовании встреч и длительные поездки до места сбора, что позволяет сфокусировать свое внимание на освоении новой среды. Технологии открывают новые возможности для более эффективной и комфортной адаптации, способствуя снижению стресса.

Процесс адаптации для студентов, которые только поступили в высшее учебное заведение, является одним из важнейших. Для эффективного внедрения их в новую среду необходимо скомбинировать образовательную, социальную и, в определенной степени, профессиональную адаптацию с применением цифровых технологий.

Для адаптации первокурсников может быть разработан отдельный сайт, который будет нацелен на создание комфортной и информационно насыщенной среды, обеспечивающей плавный переход от школьной жизни к университетской. Сайт соберет в себе всю необходимую информацию и инструменты, которые могут понадобиться на первых этапах студенческой жизни.

Одним из первых элементов сайта должно быть интерактивное учебное расписание, которое в отличие от традиционных, статичных будет обладать повышенной гибкостью и удобством использования. Оно должно быть интуитивно понятно даже для пользователей с минимальным опытом работы с компьютерами. На сайте будет располагаться расписание для всех учебных групп, и для каждого зарегистрированного студента в его личном кабинете. Кроме того, планируется внедрить уведомления, которые будут появляться при изменениях в расписании и других значимых событиях. Эта система должна будет сократить количество пропусков по незнанию и улучшить организацию учебного процесса.

Для лучшего ориентирования в вузе на сайте планируется внедрение виртуальной карты. Она позволит студентам совершить онлайн-экскурсию по корпусам университета, онлайн пройтись по кафедрам и этажам и детально изучить расположение аудиторий и других важных мест своего учебного заведения. Виртуальный тур будет сопровождаться подробным описанием и фотографиями, помогая первокурсникам уменьшить чувство потерянности. Также планируется расположить на сайте и традиционную карту с возможностью поиска нужного кабинета, что значительно сократит время, затрачиваемое на самостоятельный поиск.

Важной частью сайта станет чат-бот с внедренной в него системой искусственного интеллекта. Этот чат будет доступен круглосуточно. Там пользователь сможет задать интересующий его вопрос об университете, и бот предоставит информацию на языке, понятном студенту. В задачи системы будет входить обработка запроса, подбор наиболее подходящего ответа в базе данных, изменение формы представления найденной информации для повышения удобства восприятия и отправка ответа пользователю. Это значительно сократит нагрузку на кураторов групп и предоставит первокурсникам быстрый доступ к необходимой информации.

Если чат-бот не сможет ответить на вопрос студента, то на этот случай первокурснику будет предоставлена возможность написать куратору своей группы для оперативного получения более детальной информации.

Важно добавить и другие необходимые функции. В дополнении к чат-боту на сайте будет расположено краткое руководство, содержащее всю сокращенную и структурированную информацию для первокурсника, блок с часто задаваемыми вопросами, для помощи кураторам, которые отвечают на те же самые вопросы десятки раз. И как полезное дополнение, для первокурсников можно добавить календарь событий, который будет содержать важные даты и мероприятия.

Вероятно, многие вузы имеют несколько систем, таких как библиотечная система, почта или онлайн система обучения. Поэтому резонно будет поддерживать связь с данными системами для улучшения качества обучения. Наиболее простое решение, которое можно предложить для решения этой задачи, предполагает добавление на сайт необходимых ссылок на соответствующие ресурсы, что позволит студентам на первых порах обучения пользоваться сайтом как порталом для доступа ко всем ресурсам университета.

Все перечисленное сделает сайт более функциональным и удобным для первокурсников, значительно улучшив процесс их адаптации к вузу. Важно также помнить о визуальной привлекательности сайта и его интуитивной навигации.

После введения данного сайта ожидается снижение уровня стресса у первокурсника благодаря доступности информации и поддержке кураторов, повышение успеваемости за счет экономии времени на поиск информации, улучшение социальной интеграции благодаря созданию чувства принадлежности к жизни университета. Данный сайт поможет не только студентам, но и самому университету, так как произойдет снижение нагрузки на персонал, который до этого занимался адаптацией студентов через традиционные методы адаптации.

Для оценки эффективности работы сайта будут проведены опросы удовлетворенности среди студентов, которые воспользуются им в целях адаптации. Также будет проанализировано количество обращений к кураторам. Отзывы о сайте и анализ статистики позволит подстраивать его под потребности студентов.

Разработка сайта ориентирована на создание комфортной и эффективной среды для первокурсников, используя преимущества современных технологий, и нацелена на повышение качества студенческой жизни.

Научный руководитель – к.пед.н., доцент Е.А. Снижко

Библиографический список

1. Виды адаптации сотрудников[Электронный ресурс]. URL:<https://sky.pro/wiki/profession/vidy-adaptacii-sotrudnikov/>(дата обращения: 22.03.2025).
2. Практика Липецкого долголетия – платформа «Патронаж»[Электронный ресурс]. URL:<https://cszn.admlr.lipetsk.ru/aktivnoe-dolgoletie/platforma-patronazh/>(дата обращения: 22.03.2025).

3. TalentTech разработал сервис для адаптации малых команд[Электронный ресурс]. URL:<https://main.talenttech.ru/news/tpost/fc8h6du1k1-talenttech-razrabotal-servis-dlya-adapta?ysclid=m7gjt1kyk328620526>(дата обращения: 22.03.2025).
4. Применение новых технологий на базе ИИ в адаптации сотрудников[Электронный ресурс]. URL:<https://vc.ru/ai/1775010-primenenie-novyh-tehnologii-na-baze-ii-v-adaptacii-sotrudnikov>(дата обращения: 22.03.2025).

УДК 001.891.55

МЕТОДИКА НАСТРОЙКИ ФИЛЬТРОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДАННЫХ ПОЛЁТА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Т.Ю. Жуковец, Д.Д. Суворов

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Аннотация. В данной статье описывается методика настройки фильтров на основе анализа данных полёта летательного аппарата. Для этого используются записи бортовых датчиков, обработанные в специализированном ПО Betaflight Blackbox Log Viewer, что позволяет выявить частотные характеристики шумов и адаптировать параметры фильтрации. Испытания подтвердили эффективность методов: спектральный анализ демонстрирует снижение амплитуд шумов после применения фильтров. Результаты подкреплены графиками.

Ключевые слова: Фильтры, гироскоп, Betaflight Blackbox Log Viewer, квадрокоптер.

Современные беспилотные летательные аппараты сталкиваются с проблемой нежелательных шумов и вибраций, возникающих в процессе полёта. Эти явления, вызванные работой двигателей, резонансом конструкции и внешними возмущениями, негативно влияют на точность данных гироскопов и, как следствие, на устойчивость системы управления.

Описание испытываемого летательного аппарата:

В проведении испытаний использовался летательный аппарат следующей конфигурации:

- карбоновая рама Undergrow APEX 5 дюймов;
- моторы Iflight XING-E Pro 2207;
- камера Foxeer Razer Mini V3;
- видеопередатчик JHEMCU VTX20-600;
- полетный контроллер JHEMCU F405 NOXE V2 20*20;
- регулятор скорости оборотов JHEMCU EM40A 4 в 1 ESC;
- радиоприёмник ExpressLRS RX24T 2,4G;
- пропеллеры 5045.

Масса испытываемого квадрокоптера, представленного на рисунке 1, без учета пропеллеров и аккумулятора составляет 335 граммов. Масса летательного аппарата с пропеллерами и аккумулятором составляет 707 граммов.



Рисунок 7 – Испытуемый летательный аппарат

Описание:

В качестве основы при построении контура управления целесообразно использовать ПИД-регулятор [1], позволяющий обеспечить требуемое качество процесса стабилизации, но в силу использования производной входного сигнала, чувствительной к его паразитным высокочастотным составляющим, необходимо выполнить настройку фильтров, которые помогают устранить паразитные шумы, поступающие на гироскоп летательного аппарата во время полета.

Немаловажным также является установка конденсатора для эффективного подавления пульсаций напряжения и электромагнитных шумов, возникающих, например, при работе двигателей и переключении силовых ключей в регуляторе оборотов. Конденсатор должен обладать низким эквивалентным последовательным сопротивлением (Low ESR) и располагаться непосредственно на плате регулятора, а не на разъёме подключения. В противном случае его эффективность будет крайне низкой.

Для настройки фильтров необходимо записать данные о полёте летательного аппарата с целью оценки его поведения в воздухе. Для этого были выполнены следующие действия:

- 1) в аппаратуре управления отключен «ADC filter»;
- 2) в программе-конфигураторе Betaflight:
 - в разделе «Предустановки», в категории «RC_LINK» установлены параметры используемой радиосистемы;
 - в разделе «Blackbox», во вкладке «Конфигурация Blackbox», указано доступное устройство записи и установлена частота 2 кГц, режим отладчика «GYRO_SCALED». Убедитесь, что доступно не менее 16 МБ памяти;
- 3) в разделе «Режимы» вкладка «Blackbox» назначена на свободный тумблер аппаратуры радиоуправления;
- 4) в разделе «Моторы» во вкладке «Настройки ESC/Моторов» включен двусторонний DShot [2]. Если регулятор оборотов двигателя не 32-битный, то необходимо перепрошить его на прошивку «Bluejay».

Начинать испытания необходимо с установки тумблера записи логов на аппаратуре управления в соответствующее положение. Полёт выполнять продолжительностью 20–30 секунд, после чего проверить нагрев двигателей — они не должны быть настолько горячими, чтобы обжигать пальцы. Если во время полёта возникают посторонние звуки или осцилляции (неустойчивые колебания), необходимо немедленно осуществить посадку летательного аппарата. Для настройки фильтров требуется задействовать весь диапазон газа (от 0% до 100%), выполняя при этом манёвры по всем осям управления.

На рисунке 2, с помощью программы «Betaflight Blackbox Log Viewer», представлен спектральный график шума, полученный в ходе полета летательного аппарата.

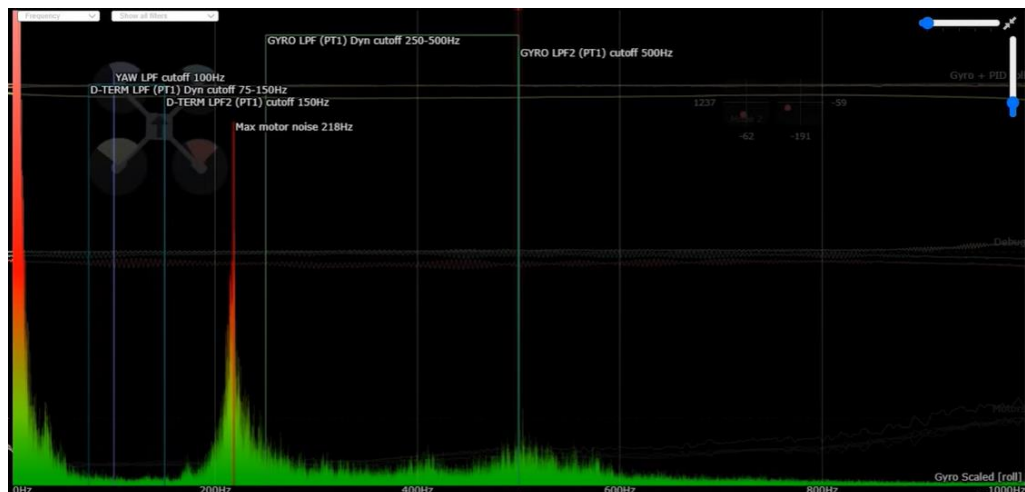


Рисунок 8 – Исходный спектральный график шума

Полученный спектральный график шума можно разделить на следующие области:

- 1) ниже 20 Гц: колебания, вызванные движением дрона в полете;
- 2) 20 Гц – 200 Гц: колебания, вызванные неоптимальными настройками ПИД-регулятора, резонансом рамы или незакреплёнными деталями;
- 3) выше 200 Гц: колебания, вызванные работой двигателей, пропеллерами и их гармониками.

В ходе анализа исходного спектрального графика шума в диапазоне 20–200 Гц аномалий не обнаружено. Пример аномалий на частоте 31 Гц, вызванных незакреплёнными деталями, представлен на рисунке 3.

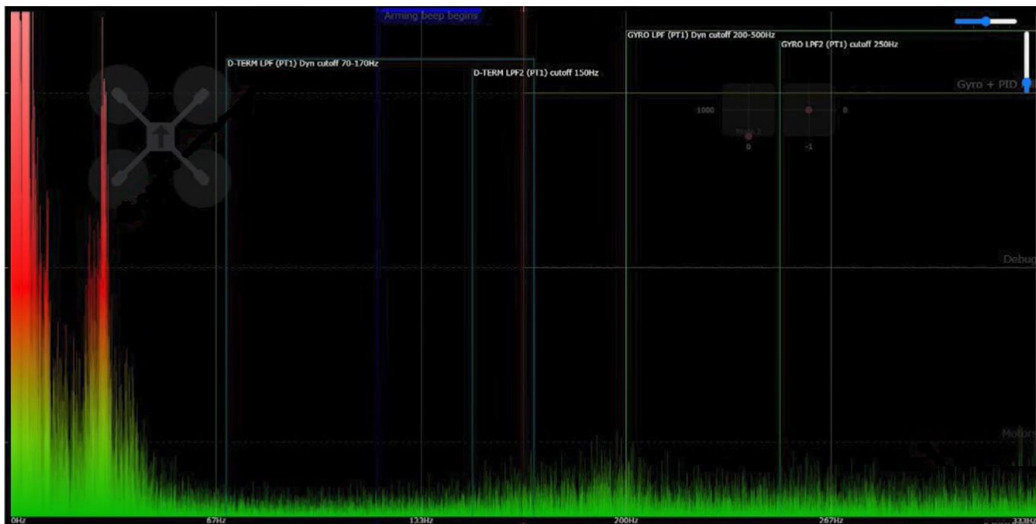


Рисунок 9 – Пример аномалий в диапазоне от 20 Гц до 200 Гц

В диапазоне выше 200 Гц, связанном с работой двигателей, аномалий также не выявлено. Примеры возможных аномалий в этом диапазоне представлены на рисунке 4.

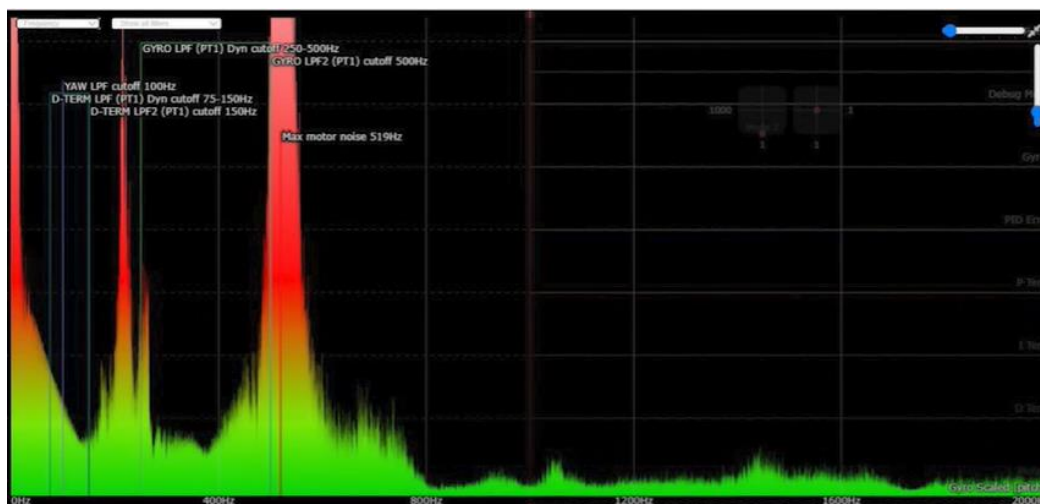


Рисунок 10 - Пример аномалий в диапазоне от 200 Гц выше

На рисунке 5 представлен спектральный график шума, зависящий от положения газа.

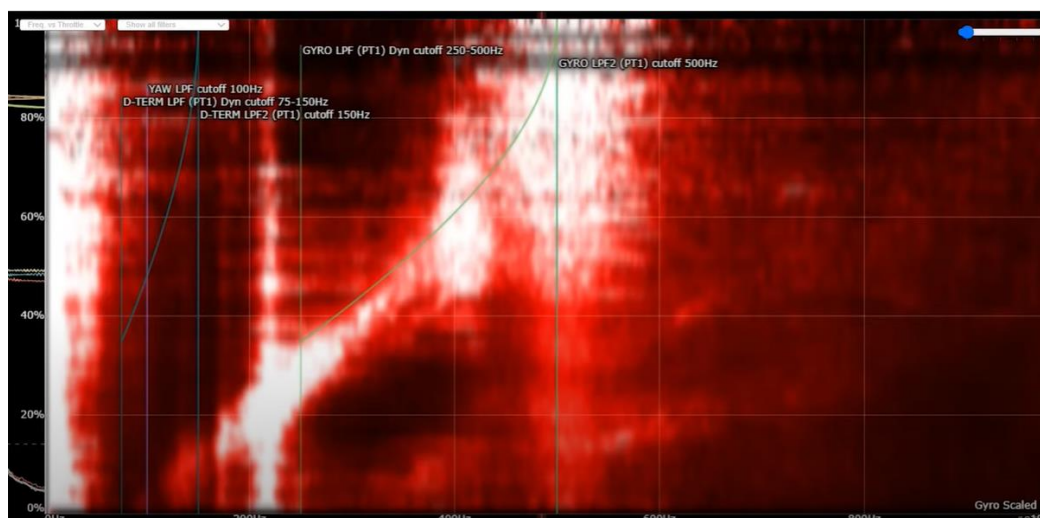


Рисунок 11 – Спектральный график RPM-шума

Описание типов шумов и фильтров:

Исходя из представленных данных, можно выделить два типа шумов: вертикальные и диагональные.

Вертикальный шум — это физический резонанс конструкции дрона, не зависящий от значения газа. Его источниками могут быть плохо закреплённые элементы, такие как антенна, приёмник, передатчик или провода. В качестве решения, можно исправить конструкцию дрона или наложить фильтр на данную частоту.

Для данного вида шума существует два типа фильтров [3]: низкочастотный фильтр (Gyro Lowpass Filter) и режекторный фильтр (Gyro Notch Filter).

Низкочастотный фильтр сглаживает высокочастотный шум, предотвращая его попадание в ПИД-контур. Это необходимо из-за возможных различий в скорости обновления данных гироскопа и ПИД-цикла, что может привести к наложению высокочастотного шума на низкочастотную область. В Betaflight реализованы Gyro Lowpass Filter 1, который является устаревшим, а также Gyro Lowpass Filter 2, работающий на скорости гироскопа и фильтрующий входные данные до их передачи в ПИД-цикл. Существуют также различные типы применяемых фильтров: на основе передаточной функции высших порядков (PT1/PT2/PT3) и биквадратный фильтр (BiQuad).

Режекторный фильтр (Gyro Notch Filter) подавляет колебания в определённой полосе частот, пропуская сигналы за её пределами. Согласно документации Betaflight, глубина подавления составляет 3 дБ. На основе данных, полученных с летательного аппарата, параметры фильтра можно настроить: центральную частоту в 218 Гц и ширину полосы в 40 Гц. Однако статический режекторный фильтр теряет эффективность при изменении условий (например, при падении дрона), так как шум может сместиться в частотном диапазоне, что делает фильтр непригодным для его подавления.

Динамический режекторный фильтр (Dynamic Notch Filter) автоматически обнаруживает шумы и адаптирует параметры для их подавления. В ходе анализа данных выявлены вертикальные шумы на частотах 218 Гц и 175 Гц, поэтому количество фильтров установлено на 3 (с запасом для учёта возможных дополнительных шумов при падениях). Установка более трёх фильтров снижает быстродействие полётного контроллера из-за увеличения вычислительной нагрузки.

Параметр «Q Factor» регулирует ширину полосы подавления. Рекомендуемый диапазон для данного параметра — 500–1000. В текущей конфигурации установлено значение 500.

Пример зависимости глубины подавления от значения «Q Factor» представлен на рисунке 6.

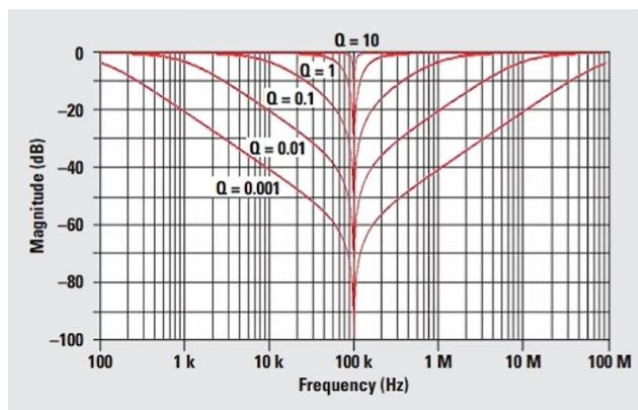
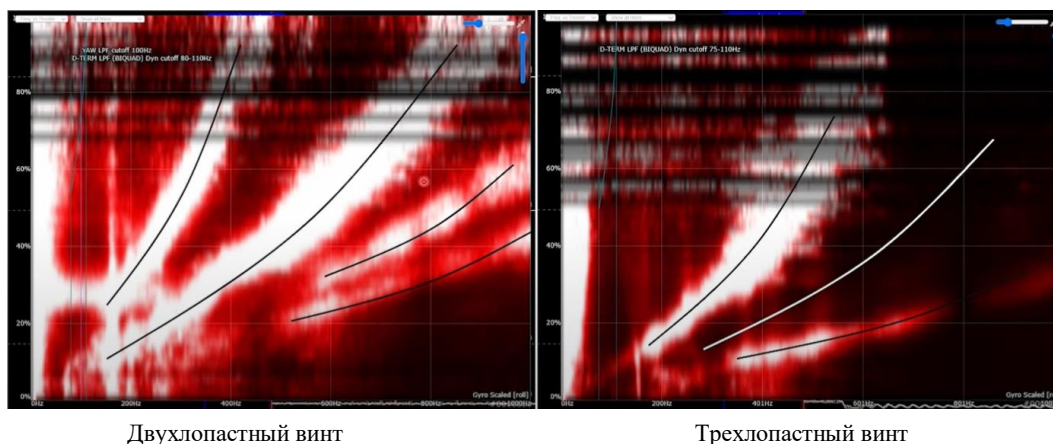


Рисунок 12 – Пример зависимости глубины подавления от «Q Factor»

Для борьбы с диагональным шумом (RPM-шумом) применяется RPM-фильтр [4]. Этот режекторный фильтр подавляет вибрации, частота которых изменяется пропорционально положению газа, так как они генерируются вращением моторов. Характер шума зависит от типа пропеллеров: например, двухлопастные и трёхлопастные винты создают разные гармоники.

Пример зависимости шума от конфигурации пропеллеров представлен на рисунке 7.



Двухлопастный винт

Трёхлопастный винт

Рисунок 13 – Зависимость шума от используемых пропеллеров

Исходя из полученного графика, представленного на рисунке 5, явно выделяются две области шума. Однако, согласно практическому опыту, существует третья область, расположенная между ними. Расчёт гармоник выполняется следующим образом:

- первая гармоника: 200 Гц (базовая частота);
- вторая гармоника: $200 \times 2 = 400$ Гц;
- третья гармоника: $200 \times 3 = 600$ Гц.

Для 5-дюймового квадрокоптера минимальная частота фильтра устанавливается на 100 Гц (типичное значение для нашего случая).

Для 7-дюймового квадрокоптера рекомендуется значение 80 Гц, так как более крупные пропеллеры вращаются медленнее, что приводит к генерации вибраций на более низких частотах.

На рисунке 8 представлены результаты работы примененных фильтров.

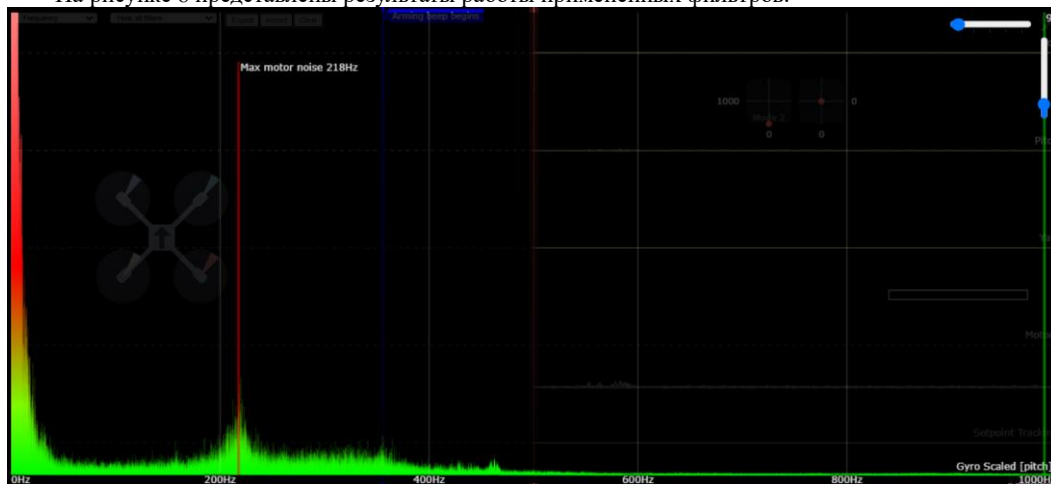


Рисунок 14 – Полученный спектральный график шума

Предложенные в статье методы настройки фильтров демонстрируют эффективность в подавлении шумов и вибраций летательных аппаратов. Использование динамических режекторных фильтров позволило устранять шумы в изменяющихся условиях, а RPM-фильтры успешно подавили вибрации. Полученные данные, после применения фильтров, показали значительное снижение амплитуды шумов в ключевых диапазонах: в области 20–200 Гц (резонанс рамы и незакрепленные детали) — до 30% и в области 200 – 1000 Гц (двигатели и пропеллеры) — до 40%.

Библиографический список

1. Ощепков А.Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB. 4-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2021. – 180 с.
2. How to use Blackbox in Betaflight FPV Drones. – URL: <https://oscarliang.com/blackbox/> (дата обращения 02.03.2025).
3. Betaflight Filtering 101. – URL: <https://oscarliang.com/betaflight-filtering/> (дата обращения 02.03.2025);
4. How to Setup RPM Filters in Betaflight: Unlock Smooth FPV Flight Performance. – URL: <https://oscarliang.com/rpm-filter/> (дата обращения 02.03.2025).

УДК 004.832

РАССМОТРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВНЕДРЕНИЯ НЕЙРО-КОНСУЛЬТАНТА В ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ

М.С. Маковецкая², А.А. Маковецкий¹, Т.В. Лозунова², Л.В. Щербакова²

¹. Общество с ограниченной ответственностью «ТехноПрист»

². Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Искусственный интеллект (ИИ) [1] – это способность машины или компьютерной системы выполнять задачи, для которых обычно требуется человеческий интеллект. Данный процесс подразумевает создание такой программной системы, которая сможет анализировать данные, самообучаться на основе полученного опыта и принимать обдуманные решения под контролем человека.

На данный момент, в основном, когда говорят об ИИ, имеют ввиду большую языковую модель (БЯМ) [2], например, GPT, GigaChat и т. д. Важно отметить, что данные языковые модели обучены таким образом, что в итоге у разработчика нет понимания, как именно они выбирают свои ответы. При обучении видны входные и выходные данные, но процесс принятия решений является закрытым «черным ящиком».

Особое внимание стоит обратить на нейро-консультанты. Это один из оптимальных инструментов для быстрого ответа на разного рода вопросы, по конкретной тематике. Нейро-консультант может использоваться для предоставления информации, советов и рекомендаций по вопросам из различных сфер, таких как здоровье, финансы, путешествия, покупки, обучение и т. д. Это может быть особенно полезно для людей, которые не имеют доступа к квалифицированным специалистам или не могут позволить себе их услуги. Одной из наиболее интересных и перспективных областей применения нейро-консультанта является обучение людей.

Искусственный интеллект в образовании используется относительно недавно. С точки зрения решаемой задачи, можно не говорить о том, как именно обучается ИИ, но необходимо представление, какой эффект он в итоге дает. Данный эффект выражается в двух форматах: прозрачный и непрозрачный. Либо есть понимание, как именно ИИ принимает свои решения, либо такого понимания вообще нет. Понимание эффекта дает восприятие того, почему ИИ выдал именно тот ответ, а не другой.

К современному обучению можно отнести следующие форматы: онлайн обучение, обучение на платформах, дистанционное обучение, онлайн курсы и т. д. Нейро-консультанта можно внедрить в любой формат обучения для получения более положительных эффектов при приобретении знаний. Применение нейро-консультанта позволяет найти и решить проблемы и недостатки современного процесса обучения в зависимости от формата. В данной статье будут освещены вопросы, связанные с обучением посредством онлайн-курсов.

Онлайн курсы – это формат обучения, который предполагает, что ученик по средствам сети Интернет будет самостоятельно, без преподавателя, получать знания при помощи видео-лекций, текстовых материалов, тестов и заданий для проверки знаний. У онлайн курсов есть недостатки – нет возможности мотивировать к обучению, а также отсутствие личного контакта с создателем курса. Курсы могут быть утомительными по некоторым причинам, таким как отсутствие ответов на возникающие вопросы и возможная избыточность информации.

Есть такое значение – «drop rate» [3], которое указывает на количество людей, прекративших свое обучение на онлайн курсе до истечения срока обучения. Данное значение очень важно, чтобы понять эффективность разработанного курса. Нейро-консультант позволяет решить проблему утомительности при помощи интерактивного взаимодействия с обучающимся, как, например, общение или ответы на возникающие вопросы по темам курса. Также нейро-консультант может подобрать вариант предоставления информации на основе результатов тестирования пройденного материала с учетом личных запросов обучающегося.

К еще одному недостатку онлайн-курсов можно отнести проблему запоминания информации. Большинство онлайн-курсов оценивают полученные знания человека при помощи тестов. Считается, что если человек в ходе выполнения тестового задания получил минимально необходимое количество баллов, то он запомнил хотя бы половину полученной информации. Однако данный способ не является эффективным, поскольку обучающийся может найти ответы для получения положительной оценки. Если опираться на цифровой след [4] обучающегося, который собирает нейро-консультант, то можно увидеть (на уровне семантического ядра) насколько хорошо был усвоен полученный материал. Это позволяет получать больше информации о качестве онлайн-курса и проводить более оперативные изменения в нем, если в этом есть необходимость.

Если говорить о применении нейро-консультантов в образовании, то очень важно понимать всю социальную ответственность, которая лежит на человеке, обучающем и предоставляющем знания для обучения нейронной сети. Необходимо проверять как работают и обучаются БЯМ, так как у них существуют довольно серьезные проблемы. Например, галлюцинации в искусственном интеллекте – это уверенная реакция ИИ, которая не подтверждается данными его обучения, или вымышленные ответы, не имеющие отношения к действительности. Для пользователя такие ошибки могут показаться забавными, но для обучающих организаций такие галлюцинации могут привести к отрицательным последствиям, а именно предоставления неверной информации обучающемуся. Например, на конференции в Сингапуре были показаны анатомические рисунки, созданные при помощи ИИ. Данные рисунки использовались для обучения фельдшеров в Канаде. На рис. 1 предоставлен пример графической галлюцинации. Чтобы не допустить появления галлюцинаций необходимо проверять знания нейро-консультанта при помощи одного из следующих способов: графы знаний или Retrieval Augmented Generation (RAG) [5].

Графы знаний являются семантической технологией, используемой для повышения качества выдаваемых ответов ИИ. Они содержат систематизированные и детальные сведения по определенной теме, а также включают в себя перечень ссылок на сторонние ресурсы. Задавая вопрос, нейро-консультант ищет необходимую информацию по графам и, если есть связь между запросом и определенной информацией, то он выдает данную информацию пользователю. Если же нейро-консультант не находит необходимую информацию, то он сообщает об этом пользователю.

RAG является методом работы с нейро-консультантом, при котором к вопросу пользователя добавляется информация из внешних источников, а после, такой запрос передается самому нейро-консультанту. Данная система позволяет обойти ограничения традиционных языковых моделей, а именно то, что свои ответы они формируют исключительно на основе шаблонов и информации, усвоенной в ходе обучения.

После обучения проводится тестирование для оценки точности работы модели и ее общей эффективности. Однако при отсутствии положительного результата модель придется переобучить по выбранной методике до того момента, пока нейро-консультант не будет показывать достаточную точность генерации ответов.

Для оптимального использования нейро-консультанта, со стороны пользователя, необходимо разработать, протестировать и внедрить удобный интерфейс, позволяющий быстро и легко взаимодействовать с системой.

Последним этапом является внедрение нейро-консультанта в учебный процесс. Однако работа на этом не кончается. Необходимо грамотно организовать обратную связь с пользователями с целью получения комментариев и предложений по улучшению нейро-консультанта. На основе собранной информации проводятся обновления, которые улучшают работу ИИ.

В заключении, можно сделать вывод, что внедрение нейро-консультанта в процесс обучения на онлайн курсах, даже с учетом негативных факторов, окажет положительное влияние на мотивацию к обучению и качество усвоения изученного материала. Однако для получения желаемого результата, необходимо четко следовать этапам проектирования при разработке, а также понимать всю степень социальной ответственность при обучении и внедрении ИИ.

Библиографический список

1. Искусственный интеллект: Что это такое, как он работает и почему важен [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iso.org/ru/artificial-intelligence> (дата обращения: 03.01.2025).
2. Большие языковые модели: что это такое и как они работают [Электронный ресурс]. URL: <https://just-ai.com/blog/bolshie-yazykovye-modeli-chto-eto-takoe-i-kak-oni-rabotayut> (дата обращения: 04.01.2025).
3. Почему люди бросают онлайн обучение [Электронный ресурс]. URL: <https://yandex.ru/q/learning/10333164546/>, свободный (дата обращения: 05.01.2025).
4. Что такое цифровой след [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kaspersky.ru/resource-center/definitions/what-is-a-digital-footprint> (дата обращения: 05.01.2025).
5. RAG (Retrieval Augmented Generation) – простое и понятное объяснение [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/articles/779526/> (дата обращения: 06.01.2025).

УДК 681.5.017

МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕННОГО АНАЛИЗА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ АВТОНОМНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

И.С. Абрамов, А.Ю. Иваню, А.В. Иваню, А.Н. Шиян

Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского

На сегодняшний день значимой задачей при обеспечении управления космическими аппаратами (КА) является полнота и достоверность контроля их технического состояния (ТС). Качественное решение данной задачи позволяет своевременно выявлять отклонения от штатных режимов работы бортовой аппаратуры (БА) и парировать возникновение отказов [1].

С целью уменьшения продолжительности анализа работоспособности ТС бортовых систем (БС) КА, проводимого средствами наземного комплекса управления, в данной работе предлагается оптимизация и распараллеливание процессов контроля, диагностирования и управления путем переноса их на борт автономного космического аппарата (АКА). Такой подход позволит оперативно восстанавливать работоспособность отдельных БС, что является важнейшей составляющей обеспечения высокой готовности к выполнению целевых задач АКА и их надежности в целом.

Постановка задачи заключается в необходимости разработки модели функционирования системы распределённого контроля ТС БС АКА (Q), в которой на основании организации распределённого анализа ТС подсистем (S) в различных режимах работы будет обеспечиваться максимальное значение коэффициента готовности БС АКА:

$$\theta: \langle S, X, Y, Z, U, P \rangle \rightarrow \Delta K_r,$$

где S — множество подсистем БС; X — множество входных параметров (управляющих воздействий); Y — множество выходных параметров БС АКА в различных режимах работы; Z — множество параметров среды и условий функционирования; U — множество внутренних параметров (состояний) БС АКА в различных режимах работы; P — множество показателей надёжности, качества БС.

Коэффициент готовности БС АКА требуется максимизировать за счёт минимизации времени тестового контроля при ограничениях

$$\begin{cases} K_r(t_k) \rightarrow \max, \\ t_k \rightarrow \min. \end{cases}$$

Таким образом, создание модели централизованно-распределенного анализа ТС БС АКА позволит определить направления повышения оперативности технического диагностирования БС АКА и сформировать подход к оцениванию продолжительности тестового контроля.

Важнейшей составляющей АКА является бортовая система управления (БСУ). На неё возлагаются функции управления ориентацией и стабилизацией КА, управления целевым оборудованием, энергоснабжением, связью с НКУ. Помимо этого, БСУ должна осуществлять оперативный анализ структурно-

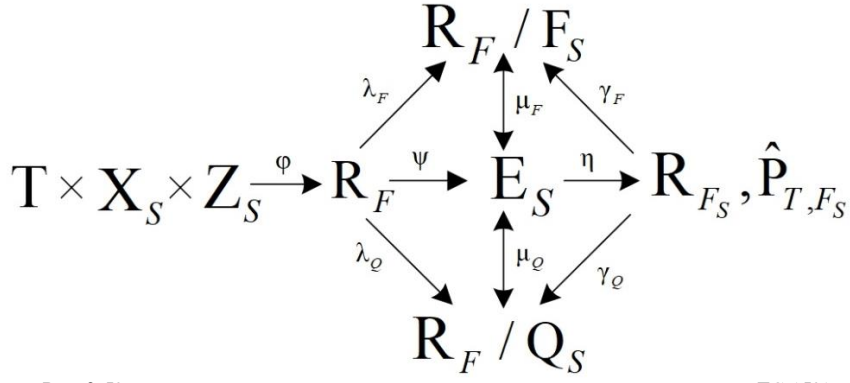


Рис. 2. Коммутативная диаграмма централизованно-распределенного анализа ТС АКА

Коммутативная диаграмма централизованно-распределенного анализа ТС АКА содержит:

T – множество моментов времени t , в которые наблюдается АКА;

X_S – множество входных сигналов для АКА;

Z_S – множество состояний АКА, характеризуемое в каждый момент времени $t \in T$;

R_F – множество решений о ТС БС всего АКА;

E_S – множество видов ТС АКА;

R_F/Q_S – фактор-множество, которое задает разбиение множества R_F на классы состояний АКА в соответствии с видами ТС;

R_F/F_S – фактор-множество, которое задает разбиение множества R_F на классы состояний АКА в соответствии с режимами функционирования;

R_{F_S} – множество решений о ТС АКА;

\hat{P}_{T, F_S} – оценочное значение обобщенного показателя готовности АКА в фиксированный момент времени t ;

$\phi: T \times X_S \times Z_S \rightarrow R_F$ – отображение наблюдения, которое должно обеспечивать выполнение условий полной наблюдаемости объекта;

$\psi: R_F \rightarrow E_S$ – отображение классификации;

$\lambda_F: R_F \rightarrow R_F/F_S$ – отображение факторизации для режимов функционирования АКА;

$\lambda_Q: R_F \rightarrow R_F/Q_S$ – отображение факторизации для ТС АКА;

$\eta: E_S \rightarrow R_{F_S}$ – отображение, которое ставит в соответствие конкретное решение о ТС АКА с учетом вероятностных характеристик возможных ошибок при диагностировании, в частности, ошибок первого и второго рода, погрешностей выполняемых измерений и помех;

$\gamma_F: R_{F_S} \rightarrow R_F/F_S$ – естественное отображение, реализующее процесс уточнения условий разбиения множества R_F на классы в соответствии с режимами функционирования АКА;

$\gamma_Q: R_{F_S} \rightarrow R_F/Q_S$ – естественное отображение, реализующее процесс уточнения условий разбиения множества R_F на классы в соответствии с видами ТС АКА;

$\mu_F: E_S \rightarrow R_F/F_S$ – отображение, необходимое для взаимно однозначного соответствия множества видов ТС АКА и фактор-множества, которое задает разбиение множества R_F на классы состояний в соответствии с режимами функционирования АКА;

$\mu_Q: E_S \rightarrow R_F/Q_S$ – отображение, необходимое для взаимно однозначного соответствия множества видов ТС АКА и фактор-множества, которое задает разбиение множества R_F на классы состояний в соответствии с видами ТС АКА.

Для наглядного представления процесса оценивания ТС на основе описанных выше коммутативных диаграмм обратимся к графической интерпретации процесса анализа ТС (рис. 3).

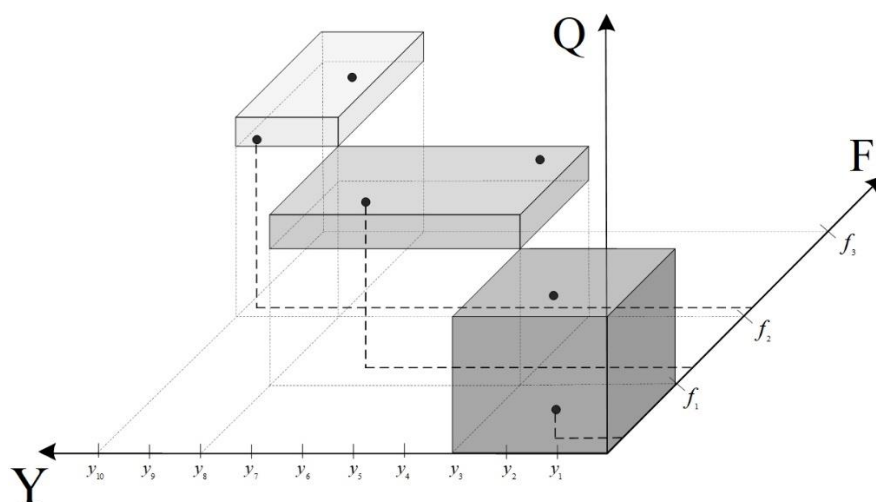


Рис. 3. Графическая интерпретация процесса анализа ТС БА АКА

Представленные на рис. 3 области пространства иллюстрируют обобщение двух фактор-множеств (Y_i/Q_i и Y_i/F_i) при принятии решений о виде ТС БА и соотносят значения телеметрируемых параметров (Y) с режимами функционирования БА (F) в различных её состояниях (Q).

Поиск дефектов и контроль ТС резерва БА на борту АКА целесообразно осуществлять методами тестового контроля, поскольку они обеспечивают высокую достоверность диагностирования ТС БС и позволяют объективно оценивать возможности АКА по выполнению задач по предназначению, планировать порядок их выполнения [7,8].

Тестовый контроль в распределённой системе технического диагностирования реализован следующим образом. По команде от БВС согласно модели эксплуатации БА АКА в ЦСКД поступает сигнал о проведении тестового контроля аппаратуры в различных режимах функционирования или осуществляется проверка правильности функционирования при целевом использовании АКА [9]. В ЦСКД определяется перечень задействованных систем в определённом режиме. Во все ЛСКД передаётся сигнал о проведении тестового контроля систем. Тестовый контроль осуществляется параллельно во всех системах и суммарное время в i -ом режиме будет определяться максимальным временем проверки j -ой подсистемы.

Рассмотрим пример. В табл. 1 представлены длительности проверок отдельных подсистем в четырёх режимах работы БА. Значение времени представлено в относительных единицах.

Для каждого режима работы определено суммарные временные затраты на проведение проверок всех задействованных блоков. Кроме этого, для каждого режима работы определено максимальное значение времени самых продолжительных проверок.

Табл. 1. Сведения по временным затратам на проведение проверок в различных режимах работы БС, ед.

№ блока	Режим 1	Режим 2	Режим 3	Режим 4
1	2	5	3	9
2	4	6	5	5
3	5	7	7	6
4	7	9	5	4
5	5	5	2	3
6	3	3	3	-
7	-	9	2	-
8	-	7	-	-
Время максимальной проверки	7	9	7	9
Суммарное время проверок	33	60	34	36

На рис. 4 графически представлен сравнительный анализ временных затрат на проведение проверки функционирования БС в различных режимах работы при распараллеленном контроле ТС (централизованно-распределенный подход) и при последовательном контроле ТС всех систем (традиционный подход).

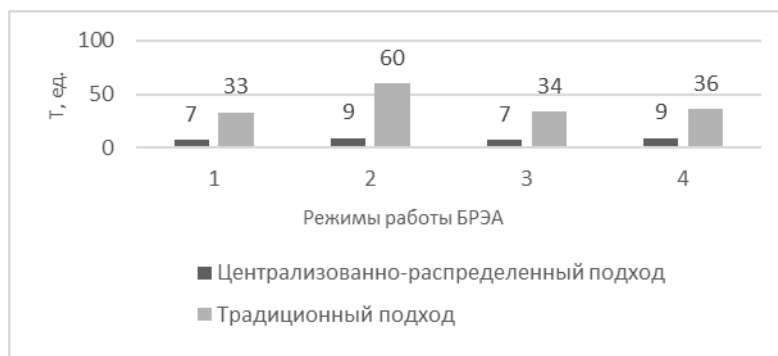


Рис. 4. Сравнение временных затрат на анализ ТС БС при использовании различных подходов

Согласно выражению для оценивания продолжительности проверки (тестового контроля) всей БА АКА при существующем подходе $t_{\text{TK}}^{\Sigma} = \sum_{i=1}^N \left(\left(\sum_{j=1}^{K_i} \sum_{k=1}^L (\Delta t_{jk} + \theta_{jk}) \right) + \theta^i \right)$, где Δt_{jk} – время выполнения k -ой проверки j -ой системы в i -ом режиме; θ_{jk} – затраты времени на оценивание результатов выполнения k -ой проверки j -ой системы в i -ом режиме; K_i – количество всех систем, проверяемых в i -ом режиме, и выражению для суммарного времени тестового контроля во всех режимах функционирования БА АКА при предлагаемом подходе $t_{\text{TK}}^{\Sigma*} = \sum_{i=1}^{N \sum 1, N} t_{\text{TK}}^{\text{imax}}$ вычислим суммарную продолжительность контроля ТС БС АКА во всех режимах работы: $t_{\text{TK}}^{\Sigma} = 163$ ед.; $t_{\text{TK}}^{\Sigma*} = 32$ ед.

С учётом полученных значений определим выигрыш по времени при использовании централизованно-распределённого анализа ТС, используя выражение: $V = \frac{t_{\text{TK}}^{\Sigma}}{t_{\text{TK}}^{\Sigma*}} = \frac{163}{32} \approx 5$.

Наблюдается существенное сокращение временных затрат при проведении тестового контроля ТС БС АКА во всех режимах работы, что в конечном итоге приводит к увеличению коэффициента готовности БС при выполнении целевых задач АКА.

Рассмотрен вопрос построения концептуальной модели централизованно-распределённого анализа ТС БС АКА с двухуровневой системой контроля на основе коммутативных диаграмм. Дана оценка временного выигрыша при проведении тестового контроля ТС БС АКА в различных режимах функционирования. Показано, что за счёт параллельной обработки информации в распределённой системе анализа ТС достигается предельный выигрыш по времени при реализации всех проверок (во всех режимах функционирования).

Однако, вопросы выбора периодичности тестового контроля ТС БС остаются открытыми и требуют дополнительных исследований с учётом выбранной модели эксплуатации централизованно-распределённой системы технического диагностирования БС АКА.

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.И. Лоскутов

Библиографический список

1. Копкин Е.В., Иваню А.Ю. Применение технологий искусственного интеллекта в процессах контроля и диагностирования бортовых систем космических средств // Авиакосмическое приборостроение. – 2022. – № 7. – С. 42-49.
2. Барановский А.М., Привалов А.Е. Система контроля и диагностирования бортового оборудования малого космического аппарата // Известия вузов. Приборостроение. – 2009. – Т. 54. – № 4. – С. 52-56.
3. Дорожко И.В., Захарова Е.А., Осипов Н.А. Модель оценки вероятности безотказной работы сложных технических комплексов на основе динамических байесовских сетей // Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского. – 2019. – № 669. – С. 216-223.
4. Лоскутов А.И., Ряхова Е.А., Горбулин В.И. Концептуальная модель технического диагностирования бортовой аппаратуры автономных космических аппаратов на основе оптимальной реконфигурации в условиях априорной неопределённости появления неисправностей // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2020. – № 3. – С. 43-55.
5. Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Теоретические и технологические основы концепции проактивного мониторинга и управления сложными объектами // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2015. – № 1 (162). – С. 162-174.
6. Дмитриев А.К. Модели и методы анализа технического состояния бортовых систем. – СПб.: ВКУ имени А.Ф. Можайского, 1999. – 171 с.
7. Лоскутов А.И., Шиян А.Н., Клыков В.А., Неупокоев С.А. Алгоритм синтеза оптимальных тестов бортовой радиоэлектронной аппаратуры автономных космических аппаратов на основе ситуационных взаимодействий подсистем // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2022. – № 4 (42). – С. 128-138.
8. Охтилев М. Ю., Соколов Б. В., Юсупов Р. М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. – М.: Наука, 2006. – 410 с.
9. Гуляев М. А., Бондарева М. К., Иванов И. Г., Зубков Г. А. Моделирование использования баз данных о состоянии космических средств для автоматизированной системы управления эксплуатацией и испытаниями

УДК 004.51

ИМПЛЕМЕНТАЦИЯ ПРОТОКОЛА TUS ДЛЯ ЗАГРУЗКИ В СИСТЕМЕ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ TATLIN.OBJECT

К.С. Кривогузов

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Ключевые слова: загрузка, система хранения данных, TATLIN, Go, gRPC, tus, сервер

Введение

Для компании заказчика требуется реализовать сервис для загрузки пользовательских данных в системе хранения данных (СХД) Yadro Tatlin.Object [1]. В современном мире объемы данных стремительно растут, а требования к надежности, масштабируемости и скорости передачи становятся критически важными. Для решения задач загрузки больших файлов и обеспечения бесперебойной работы при нестабильном соединении используется протокол tus [2] – открытый стандарт для возобновляемых загрузок. Одновременно, для хранения данных применяется СХД Tatlin.Object – объектное хранилище, разработанное компанией Yadro. Эта статья посвящена имплементации протокола tus для загрузки данных в СХД Tatlin.Object, а также рассмотрению особенностей организационно-технической структуры данного проекта.

Протокол tus – это открытый стандарт для возобновляемых загрузок файлов, позволяющий передавать данные частями и продолжать загрузку с того места, где она была прервана. При инициализации загрузки клиент отправляет запрос с информацией о файле (его размере и метаданных), а сервер в ответ предоставляет уникальный URL для дальнейшей передачи данных. Затем клиент последовательно отправляет части файла, указывая текущее смещение, что позволяет при возникновении сбоев возобновить загрузку без повторной передачи уже полученных данных. Такой подход повышает надежность и эффективность работы при передаче больших файлов, особенно в условиях нестабильного соединения.

Tatlin.Object – это система хранения данных, основанная на объектной модели. Она предназначена для сохранения и управления данными в виде объектов, что позволяет обеспечивать высокую производительность и масштабируемость.

Tatlin.Object предоставляет несколько интерфейсов для взаимодействия с системой:

- S3-протокол [3],
- нативный gRPC протокол,
- HTTP-интерфейс для скачивания файлов.

Нативный gRPC протокол работает напрямую с системой, что позволяет повышать производительность на 20 %, поскольку S3 и HTTP решения реализованы поверх него и накладывают дополнительные уровни абстракции. В данной СХД, как и в других объектных хранилищах, гибко настраиваются политики хранения данных, репликации, что позволяет геораспределенно и надежно хранить данные пользователей системы.

Проблематика

Протокол tus имеет множество имплементаций для различных систем хранения, таких как Amazon S3, локальное хранилище, Azure Storage и Google Cloud Storage. Каждая из этих реализаций адаптирована под особенности конкретного хранилища, обеспечивая возобновляемость загрузок и стабильность передачи данных.

Однако, Tatlin.Object представляет собой объектное хранилище, разработанное с упором на максимальную производительность посредством использования собственного протокола на базе gRPC [4]. Данная архитектура позволяет достичь высокой скорости и низкой задержки обмена данными, что является критически важным для систем с большими объемами данных.

Учитывая специфику Tatlin.Object, где загруженный объект становится неизменяемым и не поддерживается возможность последующей доработки или догрузки, стандартные решения для протокола tus не подходят для обеспечения требуемой производительности. В связи с этим возникает необходимость разработки собственного решения, использующего нативный gRPC протокол для интеграции функционала возобновляемых загрузок, соответствующего архитектуре Tatlin.Object.

Постановка задачи

Компании-заказчику, предоставляющей сервисы для хранения данных пользователей, требуется реализовать сервис для загрузки данных на сервер с возможностью приостановки загрузки.

Требования к сервису:

- предоставление API для создания новой загрузки с выдачей уникального идентификатора и URL для передачи данных;
- валидация входных метаданных файла;
- обеспечение возможности возобновления загрузки после прерывания соединения;
- отслеживание и корректное управление смещением (offset) загруженных данных;

- проверка целостности данных по завершении загрузки;
- финализация загрузки: после подтверждения корректности загруженного объекта он становится неизменяемым, дополнение или изменение невозможно;
- передача данных в объектное хранилище Tatlin.Object посредством gRPC протокола;
- корректная обработка ошибок на всех этапах загрузки с предоставлением подробных сообщений об ошибках;
- обеспечение поддержки одновременной загрузки большого количества файлов без снижения производительности.

Организационно-техническая структура объекта

Рассмотрим спецификацию загрузки файлов через tus. На начальном этапе клиент определяет параметры загружаемого файла, указывая общий размер с помощью заголовка Upload-Length и передавая дополнительные метаданные, такие как имя и тип файла, через заголовок Upload-Metadata, где данные кодируются в формате Base64. Далее клиент отправляет POST-запрос на выделенный endpoint сервера, предназначенный для инициализации новой загрузки. В ответ сервер создает ресурс загрузки, присваивая ему уникальный URL, который возвращается в заголовке Location и используется клиентом для дальнейшей передачи данных.

Полученный URL служит идентификатором сессии загрузки, по которому клиент может отправлять данные файла частями с помощью PATCH-запросов. Если происходит прерывание соединения, клиент может выполнить HEAD-запрос к этому URL для определения текущего смещения (offset), после чего возобновить загрузку с того места, на котором она была остановлена.

Таким образом, протокол tus обеспечивает стабильную и надежную передачу данных, позволяя избежать повторной передачи уже отправленных частей файла и минимизируя время на загрузку файлов даже при нестабильном соединении.

На рисунке 1 показан процесс загрузки файла с клиента на сервер.

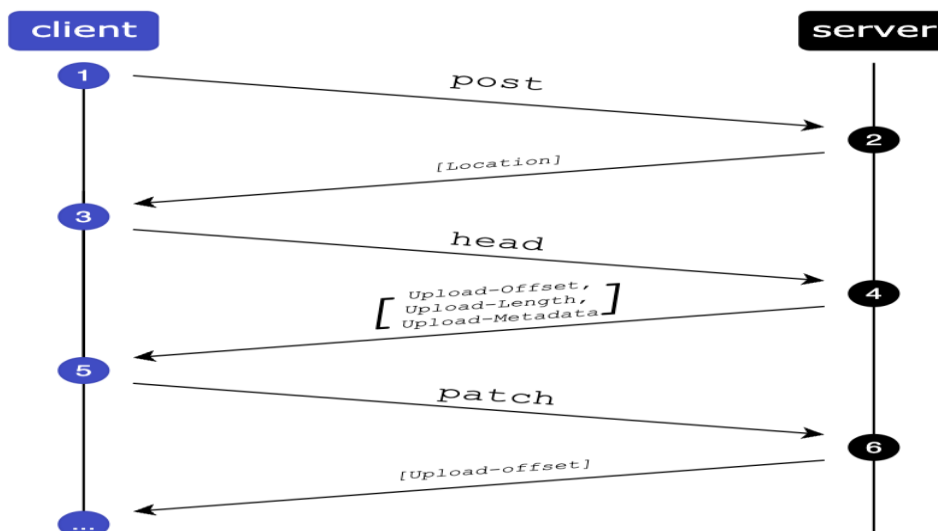


Рисунок 1 – Процесс загрузки файла с устройства на сервер

Далее рассмотрим механизмы хранения объектов в СХД. Объекты в Tatlin.Object делятся на два типа: цельный и составной.

Цельный объект представляет собой неделимую единицу, которая после загрузки не может быть изменена или дополнена.

Составной объект состоит из нескольких отдельных объектов, которые связаны между собой. В заголовках каждого такого объекта содержится ссылка на split-id, обозначающая принадлежность к группе объектов, образующих составной объект, а также ссылка на идентификатор предыдущего объекта. Это позволяет организовать объекты в виде односвязного списка, который можно последовательно прочитать как один целостный объект.

Кроме того, существует связывающий объект. Это объект, в котором записаны идентификаторы всех составляющих составного объекта, а также идентификатор самого целостного объекта, его split-id и заголовки, необходимые для идентификации и обработки этого объекта. Этот объект служит для ускорения чтения данных из составного объекта. В случае, если связывающий объект будет удален, то система сгенерирует его снова при следующем чтении составного объекта.

Пример внутренней организации связанного объекта представлен на рисунке 2.

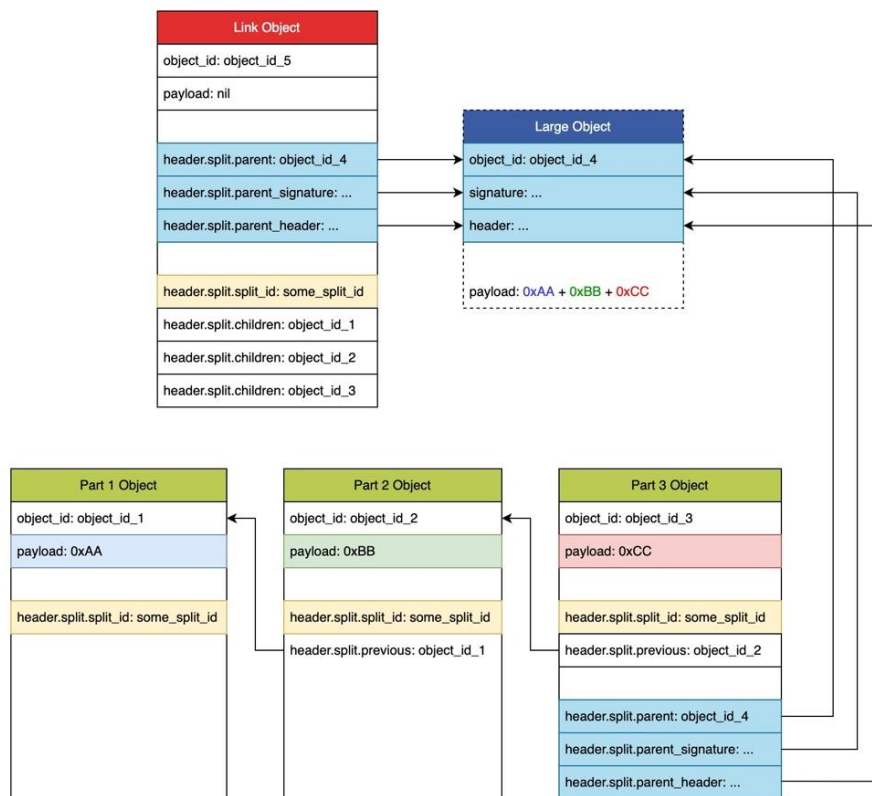


Рисунок 2 – Внутренняя организация хранения связанного объекта

Запись объектов в систему Tatlin.Object возможна двумя способами: нарезка объектов на сервере и нарезка на клиенте.

В случае нарезки на сервере, клиент передает поток данных, который автоматически нарезается на кусочки составного объекта. Если запись объекта прерывается, то потребуются начинать загрузку с самого начала – продолжение загрузки невозможно.

При использовании нарезки объекта на клиенте, клиент сам следит за загрузкой кусочков: генерирует объекты-части, задает split-id, высчитывает хеш каждой части и др. При таком подходе становится возможным реализовать загрузку файла по частям, следя за загрузкой каждой части по отдельности.

Недостатком данного подхода к загрузке файлов является то, что информация о частях загрузки сохраняется исключительно в оперативной памяти клиента СХД. В случае прекращения работы или отключения сервиса загрузки, данные о текущем состоянии загрузки утрачиваются, что делает невозможным возобновление прерванной загрузки.

Для решения данной проблемы, в случае возникновения таковой, требуется реализовать коллектор информации о загруженных частях в СХД. Во внешней базе данных хранится идентификатор составного объекта – split-id, по которому производится поиск в системе хранения. В результате этого поиска собирается вся требуемая информация для продолжения загрузки: информация об уже загруженных частях, хеши загруженных частей, а также текущий offset загрузки.

В данной реализации протокола tus используется загрузка в Tatlin.Object с нарезкой объекта на части на клиенте с возможностью восстановления прогресса путем поиска частей в самой системе хранения.

Для реализации протокола tus требуется:

- имплементировать хендлер POST запросов, для создания новой загрузки;
- имплементировать хендлер PATCH запросов, для загрузки частей файла;
- имплементировать хендлер HEAD запросов, для получения текущего прогресса

загрузки для ее продолжения.

Для реализации технической части работы сервиса требуется:

- организовать сбор информации о загрузке во внешнюю базу данных;
- создать объект в СХД Tatlin.Object;
- организовать сбор информации из СХД в случае перезагрузки сервиса;
- валидировать целостность загруженного файла.

Реализация

На момент написания статьи все поставленные задачи были выполнены. Имплементация протокола tus с сохранением файлов в объектную СХД Tatlin.Object разработана на языке Go. Выбор данного языка обусловлен рядом существенных преимуществ.

Go является компилируемым языком, что обеспечивает высокую скорость выполнения и эффективное использование ресурсов. Благодаря встроенной поддержке многопоточности с использованием горутин и каналов, Go позволяет обрабатывать большое количество параллельных запросов, что критически важно для масштабируемых сервисов.

Лаконичный и понятный синтаксис способствует быстрому развитию и легкости сопровождения кода. Также встроенная система управления памятью с автоматической сборкой мусора снижает вероятность утечек памяти и упрощает разработку отказоустойчивых приложений.

Заключение

Рассмотренные преимущества языка Go оправдывают выбор для разработки быстрых и масштабируемых сервисов. Успешная реализация протокола tus для Tatlin.Object на этом языке подтверждает правильность такого выбора.

Научный руководитель – старший преподаватель А. Ю. Захаров.

Библиографический список

1. Новая объектная система хранения данных TATLIN.OBJECT. - URL: <https://yadro.com/ru/tatlin/object/> (дата обращения 07.02.2025).
2. Tus - протокол возобновляемых загрузок. - URL: <https://www.ietf.org/archive/id/draft-tus-httpbis-resumable-uploads-protocol-00.html> (дата обращения 07.02.2025).
3. Объектное хранилище для извлечения любых объемов данных из любого места Amazon S3. – URL: <https://aws.amazon.com/s3/> (дата обращения 09.02.2025).
4. gRPC. – URL: <https://grpc.io/> (дата обращения 10.02.2025).

УДК 004.451.24

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНЫХ СЛУЖБ ОС WINDOWS ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОБНОВЛЕНИЯ ПРИКЛАДНОГО ПО

Л.А. Молчанов, А.А. Гладевич

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Обновление программного обеспечения – важная процедура, которая напрямую может влиять на работу целого предприятия. Нередко важные приложения, используемые на производстве, имеют строгий контроль версий, что подразумевает под собой необходимость постоянно установки новой версии продукта. Так как обновление ПО довольно часто требует наличие у установщика прав администратора, которыми рядовой пользователь может не обладать, на плечи системного администратора ложится тяжелая ноша обновления важного приложения на рабочих станциях на всем предприятии. Это не так страшно, когда данную операцию нужно совершить на двух компьютерах, но что, если это огромное производство с несколькими подразделениями? По этой причине автоматизация обновлений программного обеспечения является одной из важных задач при создании этого самого ПО.

Одним из решений данной задачи является использование системной службы как утилиты для отслеживания обновления и его запуска без задействования пользователя в данном процессе. Алгоритм работы данной утилиты довольно прост: раз в определенное время утилита «просыпается», анализирует активность модулей программы для обновления, проверяет наличие и актуальность файлов для обновления. В случае успешного прохождения проверок инициализируется запуск обновления и его отслеживание. Примером применения данного метода может служить разработанная для компании НПП «СпецТек» утилита для рабочих станций на базе ОС Windows. Упрощенная блок-схема работы данной утилиты представлена на рис. 1.

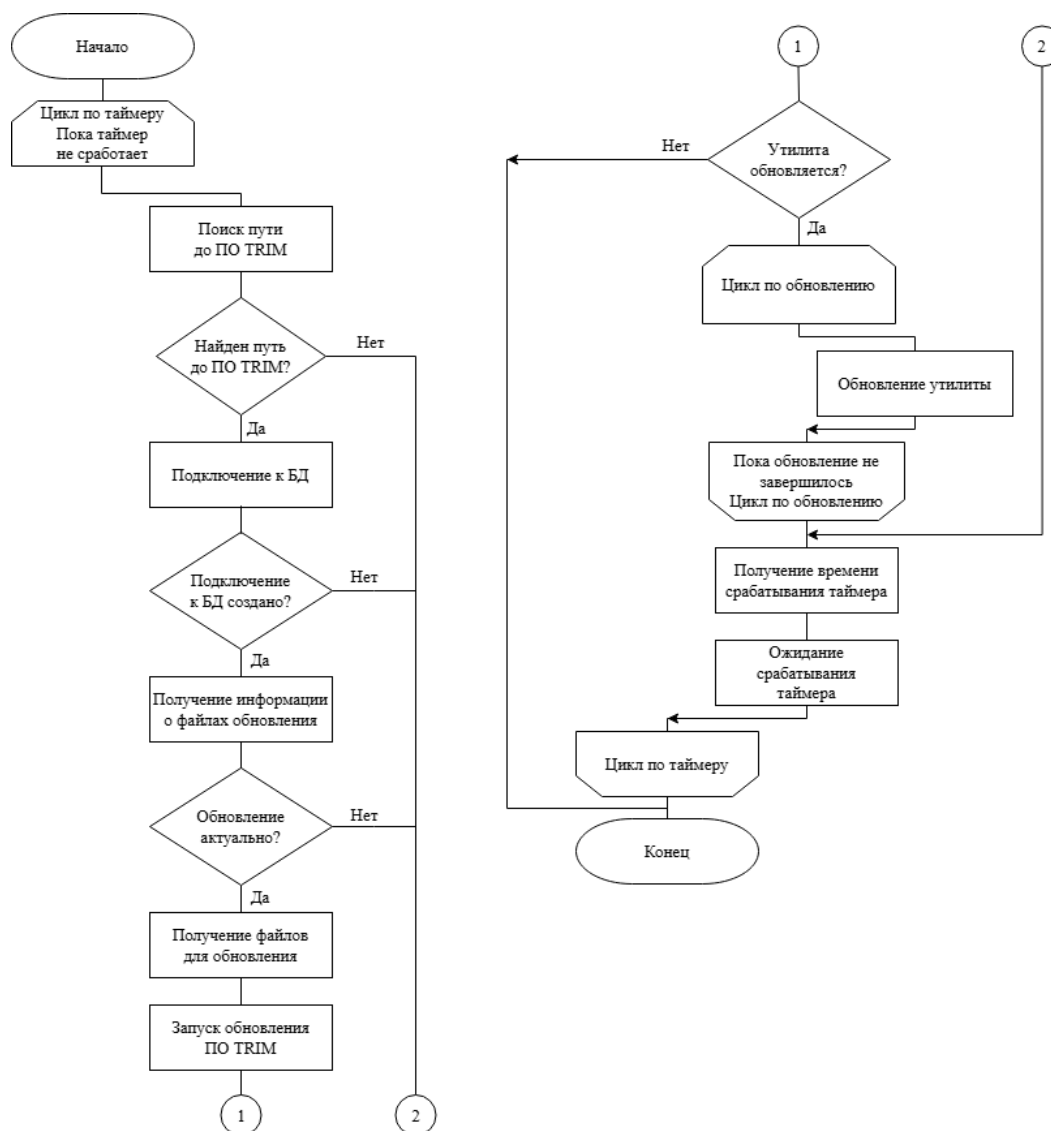


Рис. 1. Схема алгоритма работы утилиты

Таким образом, утилита имеет довольно простой алгоритм работы. При этом, так как утилита ставится как системная служба, у нее имеются права администратора, необходимые для обновления ПО TRIM, однако тут же и возникают определенные проблемы.

Для понимания проблемы необходимо немного разобраться в устройстве ОС Windows, в которой и работает утилита. Изначально ОС Windows создавалась как многопользовательская система, для реализации данного функционала был создан механизм сессий. Сессии в Windows – это определенное «пространство», которое выделено пользователю под его задачи, таким образом, у каждой сессии есть свои копии процессов, буферов, устройств ввода и вывода. Сами же сессии можно разделить на два типа [1]:

- консольные – сессии для пользователей, которые физически подключаются к системе;
- терминальные – сессии для пользователей, которые подключаются удаленно.

При этом каждая сессия имеет обязательные три состояния [2]:

- winlogon – компонент, который отвечает за вход пользователя в систему и активен во время блокировки рабочей станции;
- default – компонент, который отвечает за рабочий стол пользователя и активен во время взаимодействия пользователя с рабочей станцией;
- disconnect – компонент, который отвечает за отключение пользователя от рабочей станции.

Каждый из вышеописанных компонентов имеет свои процессы внутри соответствующих сессий.

До 2006 года каждый пользователь имел свою собственную сессию с ID, начиная с 0 [3]. Уникальный номер сессии при этом фактически являлся номером подключения к рабочей станции по порядку. С 2006 года компания Microsoft в Windows Vista зарезервировала сессию с ID 0 под системные службы, что упростило им их запуск и работу.

Так как утилита находится в сессии с ID 0, а пользователь в сессии с ID большим 0, то с точки зрения рабочей станции данные два субъекта находятся в двух разных пространствах. При запуске программы обновления, ее интерфейс будет отображаться на дисплее сессии запускающего ее пользователя, т. е. утилиты, таким образом, реальный активный пользователь не сможет его увидеть и провзаимодействовать с ним, что очень критично. Было найдено решение в виде копирования метаданных с соответствующего пользователю процесса winlogon, который был описан выше. С помощью данного метода можно создать

процесс от лица пользователя, но с правами администратора от системной службы. Однако и здесь возникли некоторые проблемы. Конечный продукт в виде системной службы ОС Windows был написан на языке программирования C#. Для демонстрации получения идентификатора активной консольной сессии была написана небольшая программа, текст которой представлен на рис. 2.

```
using System;
using System.Runtime.InteropServices;
using System.Diagnostics;

Ссылка 0
class Program {
    [DllImport("kernel32.dll")]
    Ссылка 1
    static extern uint WTSGetActiveConsoleSessionId();

    Ссылка 0
    static void Main() {
        uint sessionId = WTSGetActiveConsoleSessionId();
        Console.WriteLine($"ID активной консольной сессии: {sessionId}\n");

        Console.WriteLine("Процессы winlogon и их сессии:");
        foreach (var process in Process.GetProcessesByName("winlogon")) {
            try {
                Console.WriteLine($"PID: {process.Id}, Session ID: {process.SessionId}");
            }
            catch (Exception ex) {
                Console.WriteLine($"Ошибка при получении информации о процессе {process.Id}: {ex.Message}");
            }
        }
        Console.ReadKey();
    }
}
```

Рис. 2. Текст программы для получения идентификатора консольной сессии

Принцип ее действия довольно прост: она импортирует из системной библиотеки kernel32.dll функцию WTSGetActiveConsoleSessionId(), которая возвращает идентификатор активной консольной сессии. Также программа выводит информацию о всех процессах winlogon на компьютере. Результат работы данной программы показан на рис. 3.

```
ID активной консольной сессии: 1

Процессы winlogon и их сессии:
PID: 1336, Session ID: 1
```

Рис. 3. Результат работы программы на ПК разработчика

Данная программа отлично себя показывает при «физическом» доступе пользователя к рабочей станции. При запуске программы на виртуальной машине для тестирования результат ее отработки показал очень интересные результаты, представленные на рис. 4.

```
ID активной консольной сессии: 3

Процессы winlogon и их сессии:
PID: 1096, Session ID: 1
PID: 21708, Session ID: 3
```

Рис. 4. Результат работы программы на виртуальной машине

В консоль вывелась информация о двух процессах winlogon. При этом в диспетчере задач, запущенном на виртуальной машине, процесса с идентификатором 21708, который подходит активной консольной сессии, вообще не существовало. Таким образом, при тестировании системной службы на виртуальной машине запуск процесса обновления не инициировался должным образом. Данная ошибка возникала, так как при удаленном доступе запускалась терминальная сессия, которую и следовало использовать системной службе для инициации обновления. Как можно понять из рис. 4, необходимо, чтобы программа находила правильный процесс winlogon при удаленном доступе пользователя к рабочей станции. Для этого ей необходимо определять не консольную сессию, а терминальную. Текст программы был расширен, его новая версия показана на рис. 5. В него был добавлен вывод активных терминальных сессий. Для этого программа выбирает все процессы с именем explorer, который отвечает за проводник Windows, запущенный от каждого пользователя. После получения списка процессов программа проходит по каждому из них и выводит идентификатор их сессии и имя пользователя, от которого тот запущен. Так как каждый пользователь запускает данную программу, то и информацию будет получать по каждой сессии, при этом неважно, терминальная она или нет. Выводится идентификатор сессии, запустившей программу, а значит, метаданные с этой сессии позволят системной службе инициализировать обновление у нужного пользователя.

```

using System;
using System.Runtime.InteropServices;
using System.Diagnostics;

//См.рис.6
class Program {
    [DllImport("kernel32.dll")]
    //См.рис.1
    static extern uint WTSGetActiveConsoleSessionId();

    [DllImport("Wtsapi32.dll")]
    //См.рис.1
    static extern bool WTSQuerySessionInformation(IntPtr hServer, int sessionId, WTS_INFO_CLASS wtsInfoClass, out IntPtr ppBuffer, out uint pBytesReturned);

    [DllImport("Wtsapi32.dll")]
    //См.рис.1
    static extern void WTSFreeMemory(IntPtr pointer);

    //См.рис.2
    private enum WTS_INFO_CLASS {
        WTSUserName = 5
    }

    //См.рис.3
    static void Main() {
        uint sessionId = WTSGetActiveConsoleSessionId();
        Console.WriteLine($"ID активной консольной сессии: {sessionId}\n");

        Console.WriteLine("Процессы winlogon и их сессии:");
        foreach (var process in Process.GetProcessesByName("winlogon")) {
            try {
                Console.WriteLine($"PID: {process.Id}, Session ID: {process.SessionId}");
            }
            catch (Exception ex) {
                Console.WriteLine($"Ошибка при получении информации о процессе {process.Id}: {ex.Message}");
            }
        }

        Console.WriteLine("\nАктивные терминальные сессии:");
        foreach (var process in Process.GetProcessesByName("explorer")) {
            try {
                int session = process.SessionId;
                IntPtr buffer;
                uint bytesReturned;
                if (WTSQuerySessionInformation(IntPtr.Zero, session, WTS_INFO_CLASS.WTSUserName, out buffer, out bytesReturned)) {
                    string userName = Marshal.PtrToStringAnsi(buffer);
                    Console.WriteLine($"Session ID: {session}, User: {userName}");
                    WTSFreeMemory(buffer);
                }
            }
            catch (Exception ex) {
                Console.WriteLine($"Ошибка при получении информации о сессии {process.SessionId}: {ex.Message}");
            }
        }

        Console.ReadKey();
    }
}

```

Рис. 5. Расширенный текст программы для поиска активных сессий пользователей

Результаты работы новой программы представлены на рис. 6 и 7. Стоит учесть, что данная программа является только демонстрацией метода, который был использован в решении, а не готовым решением. Для полноценной работы данного метода следует добавить выбор нужного пользователя, но здесь все зависит от разработчика и от его подхода к решению задачи.

```

ID активной консольной сессии: 1

Процессы winlogon и их сессии:
PID: 1336, Session ID: 1

Активные терминальные сессии:
Session ID: 1, User: Leris

```

Рис. 6. Результат работы программы на ПК с физическим доступом

```

ID активной консольной сессии: 3

Процессы winlogon и их сессии:
PID: 1096, Session ID: 1
PID: 21708, Session ID: 3

Активные терминальные сессии:
Session ID: 1, User: molchanov.la

```

Рис. 7. Результат работы программы на ПК с удаленным доступом

Таким образом, выбранный способ для автоматизации обновления ПО решает большую проблему в виде отсутствия необходимости задействования в процессе администратора. Однако для его корректной работы необходимо понимание устройства работы ОС, которые установлены на рабочие станции. Данная трудность не доставляет пользователю неудобств, это лишь очередной нюанс, который программист должен учитывать в процессе разработки.

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры О7, С.С. Жарова.

Библиографический список

1. Remote and console differences. – URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/win32/termserv/consoles-vs-terminals> (дата обращения 17.02.2025).
2. Sessions, Desktops and Windows Stations. – URL: <https://techcommunity.microsoft.com/blog/askperf/sessions-desktops-and-windows-stations/372473> (дата обращения 17.02.2025).
3. Understanding Sessions in Windows. – URL: <https://www.2brightsparks.com/resources/articles/understanding-windows-sessions.pdf> (дата обращения 17.02.2025).

УДК 681.5

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОДОЛЬНОМ ДВИЖЕНИЕМ БПЛА НА ОСНОВЕ БАЛАНСА ЭНЕРГИИ

Д.Р. Курашова

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Введение. Традиционный подход к управлению скоростью и высотой полёта самолётов основывается на разделении каналов управления этими параметрами. В контроллерах, использующих этот подход, вертикальное движение управляется рулем высоты, а скорость - тягой. Такие контроллеры используются уже десятилетиями и зарекомендовали себя как эффективные.

В начале 1980-х годов А. Lambregts предложил новый подход к управлению скоростью и высотой полёта, основанный на манипуляции с потенциальной и кинетической энергиями системы, который получил название управления полной энергией (ТЕС). Основные принципы ТЕС (Total Energy Control System) были изложены в работе [1]. В статье [2] представлены усовершенствования метода ТЕС, начиная с 1990-х годов.

Контроллеры, основанные на концепции управления полной энергией, были успешно применены и испытаны на различных летательных аппаратах как для управления полётом, так и для навигации. Например, данный подход использовался на демонстрационном самолёте В737[3], принадлежащем Национальному управлению по авионавигации и исследованию космического пространства (НАСА), на гражданских самолётах, а также на моторных планерах [4].

На основе этой идеи была разработана функциональная схема, отражающая общий принцип работы системы ТЕС в моей модели [5]. На рисунке 1 показаны ключевые элементы управления, включая контуры регулирования угла крена и тангажа, а также взаимодействие энергетического контроллера с БПЛА. Данный подход позволяет обеспечить согласованное управление скоростью и высотой, оптимизируя перераспределение кинетической и потенциальной энергии системы.

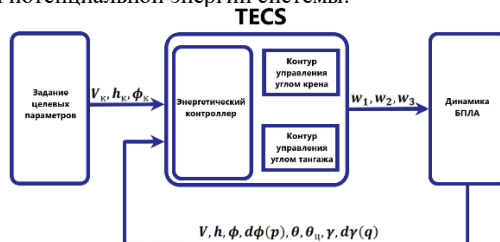


Рис. 1. Общая функциональная схема системы управления ТЕС

Задание целевых параметров. На начальном этапе происходит формирование командных параметров V_K, h_K, ϕ_K - скорости, высоты и угла крена соответственно, которые затем передаются в другую часть системы (ТЕС) – в сам энергетический контроллер и на контуры управления углами крена и тангажа.

Сначала задаются V_K, ϕ_K , командный угол наклона траектории γ_K . $V_K = 50$ (м/с).

В системе командная высота h_K задается не напрямую, а вычисляется динамически по следующей формуле:

$$h_K = \int (V_K \cdot \sin(\gamma_K)) dt.$$

Энергетический контроллер. Энергетический контроллер занимает ключевую позицию в управлении продольным движением, обеспечивая регулирование высоты и воздушной скорости за счет перераспределения энергии. Метод ТЕС позволяет разделить управление на два параметра: общую энергию (Е) и энергетический баланс (В)[6]. Это позволяет минимизировать взаимное влияние высоты и скорости (рисунок 2).

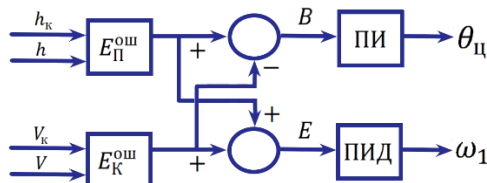


Рис. 2. Структурная схема энергетического контроллера

Основой данного подхода является использование кинетической и потенциальной энергии летательного аппарата [7]. Кинетическая энергия $E_{кин}$ определяется выражением:

$$E_{\text{Кин}} = \frac{1}{2} m V^2,$$

где m – масса ЛА, V – фактическая скорость ЛА.

При этом требуемое значение кинетической энергии $E_{\text{К}}^{\text{тр}}$ задается как:

$$E_{\text{Кин}}^{\text{тр}} = \frac{1}{2} (V_{\text{к}})^2.$$

Ошибка в кинетической энергии $E_{\text{К}}^{\text{ош}}$ рассчитывается следующим образом:

$$E_{\text{Кин}}^{\text{ош}} = E_{\text{Кин}}^{\text{тр}} - E_{\text{Кин}} = \frac{1}{2} m ((V_{\text{к}})^2 - V^2).$$

Потенциальная энергия $E_{\text{П}}$ определяется по формуле:

$$E_{\text{Пот}} = mgh,$$

где g – ускорение свободного падения, h – фактическая высота ЛА.

Требуемое значение потенциальной энергии $E_{\text{Пот}}^{\text{тр}}$

$$E_{\text{Пот}}^{\text{тр}} = mgh_{\text{к}}.$$

Ошибка в потенциальной энергии $E_{\text{П}}^{\text{ош}}$ выражается как:

$$E_{\text{Пот}}^{\text{ош}} = E_{\text{Пот}}^{\text{тр}} - E_{\text{Пот}} = mg(h_{\text{к}} - h).$$

На основе этих параметров вычисляется общая энергия E , отражающая общее количество энергии в системе:

$$E = E_{\text{Пот}}^{\text{ош}} + E_{\text{Кин}}^{\text{ош}}$$

И энергетический баланс B , определяющий перераспределение энергии между кинетической и потенциальными составляющими:

$$B = E_{\text{Пот}}^{\text{ош}} - E_{\text{Кин}}^{\text{ош}}$$

Контроллер использует общую энергию E для управления тягой и энергетический баланс B для управления углом тангажа. В данной системе тяга управляется с помощью ПИД-регулятора, а тангаж – с помощью ПИ-регулятора. Управляющего воздействия на угол тангажа определяется уравнением:

$$\theta_{\text{ц}}(t) = K_{pB} B(t) + K_{iB} B \int_{-\infty}^t B(\tau) d\tau,$$

где $\theta_{\text{ц}}(t)$ – целевой угол тангажа, K_{pB} , K_{iB} – коэффициенты пропорционального и интегрального регулирования, $B(t)$ – текущая ошибка в энергетическом балансе (разница $E_{\text{Пот}}$ и $E_{\text{Кин}}$).

Тяга определяется уравнением:

$$\delta_T(t) = K_{pE} E(t) + K_{iE} E \int_{-\infty}^t E(\tau) d\tau + k_{dE} \frac{dE(t)}{dt},$$

где $\delta_T(t)$ – тяга, K_{pE} , K_{iE} , k_{dE} – коэффициенты пропорционального, интегрального, дифференциального регулирования для энергии, $E(t)$ – текущая ошибка в общей энергии (сумма $E_{\text{Кин}}$ и $E_{\text{Пот}}$) [8].

На рисунке 3 показано, что тяга δ_T преобразуется в управляющий сигнал ω_1 , передаваемый в блок динамики БПЛА, а целевой угол тангажа поступает $\theta_{\text{ц}}$ в контур управления углом тангажа.

На рисунках 4 и 5 представлены две разные реализации управления высотой и скоростью в системе продольного движения беспилотного летательного аппарата [9]. На рисунке 4 используется энергетический контроллер, описанный подробно ранее, на рисунке 5 показана классическая реализация с раздельным управлением высотой и скоростью.

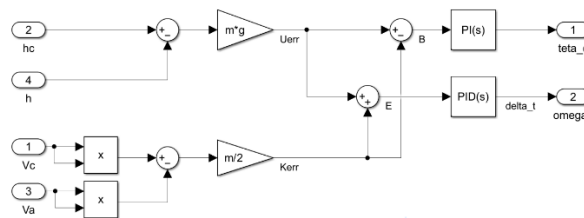


Рис. 4. TECS-реализация в Simulink

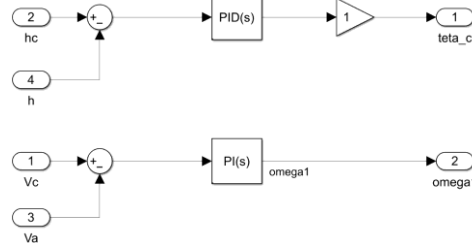


Рис. 5. Классическая реализация в Simulink

Контур управления углом тангажа. В контуре управления тангажом обрабатываются данные, поступающие из предыдущего блока – блока энергетического контроллера, который определяет целевой угол тангажа $\theta_{ц}$. Так же входными данными для этого блока являются: фактическое значение угла тангажа θ и угловая скорость по тангажу q , передаваемые из динамической модели ЛА.

На рисунке 6 представлена структурная схема контура управления тангажом.

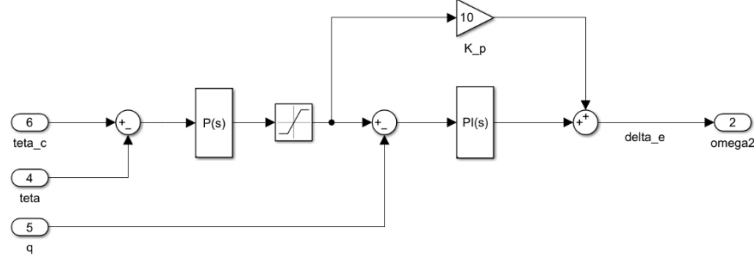


Рис. 6. Структурная схема контура управления тангажом

Здесь реализован двухуровневый подход к регулированию, включающий пропорциональный и интегральный контроль. Разница между заданным и фактическим углом тангажа $\theta_{ош} = \theta_{ц} - \theta$ проходит через ПИ-регулятор, после чего сигнал ограничивается с помощью блока сатурации. Это необходимо для предотвращения выхода управляющего воздействия за физические пределы рулевой поверхности, обеспечивая более плавный отклик системы.

Управляющий сигнал на руль высоты δ_e в данной системе можно выразить следующим уравнением:

$$\delta_e(t) = K_p \theta_{ош} + K_i \int_0^t \theta_{ош}(\tau) d\tau - K_d q,$$

где K_p, K_i – коэффициенты пропорционального и интегрального регулирования, K_d – коэффициент учета угловой скорости тангажа, q – текущая угловая скорость тангажа.

Таким образом, сигнал δ_e формируется на основе пропорционального, интегрального и дифференциального (через угловую скорость q) регулирования.

После обработки в контуре управления тангажом, выходной сигнал δ_e передаётся как управляющий сигнал ω_2 , который поступает в динамическую модель БПЛА.

Контур управления углом крена. Входными данными для контура управления углом крена являются командный угол крена ϕ_k , фактический угол крена ϕ и угловая скорость по крену p , передаваемые из блока задания параметров и из динамической модели БПЛА.

Ошибка угла крена $\phi_{ош}$, определяемая как:

$$\phi_{ош} = \phi_k - \phi.$$

На рисунке 7 представлена структурная схема контура управления креном. В данной системе реализован аналогичный принцип регулирования, как и в контуре управления тангажом.

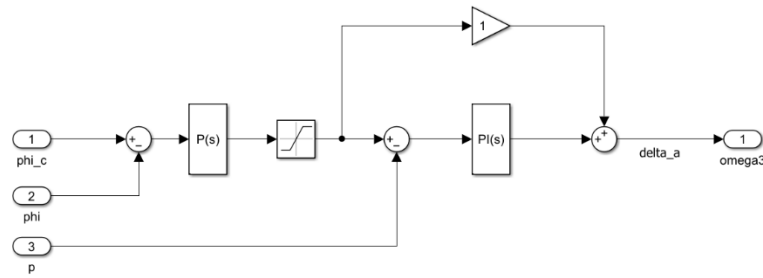


Рис. 7. Структурная схема контура управления креном

Управляющий сигнал для элеронов δ_a вычисляется по следующей формуле:

$$\delta_a(t) = K_p \phi_{\text{ош}} + K_i \int_0^t \phi_{\text{ош}}(\tau) d\tau - K_d p,$$

где K_p , K_i – коэффициенты пропорционального и интегрального регулирования, K_d – коэффициент учета угловой скорости крена, p – текущая угловая скорость крена.

Формируемый сигнал δ_a передаётся в качестве управляющего сигнала W_3 в динамическую модель БПЛА.

Динамика БПЛА. Блок динамики БПЛА принимает управляющие воздействия от контуров тангажа, крена и энергетического контроллера, преобразуя их в изменения параметров движения летательного аппарата.

Рассматривалась следующая динамическая модель продольного движения беспилотного летательного аппарата (БПЛА) в вертикальной плоскости с управлением скоростью, тангажом и креном [2]:

$$\dot{x} = V \cos(\gamma) \cdot \cos(\psi);$$

$$\dot{y} = V \cos(\gamma) \cdot \sin(\psi);$$

$$\dot{h} = V \sin(\gamma);$$

$$\dot{\psi} = \frac{g \tan(\phi)}{V};$$

$$\dot{V} = \omega_1;$$

$$\dot{\gamma} = \omega_2;$$

$$\dot{\phi} = \omega_3,$$

где x , y , h – координаты ЛА, V – скорость движения ЛА, γ – угол наклона траектории, ψ – курс ЛА, ϕ – угол крена, ω_1 , ω_2 , ω_3 – сигналы управления.

Моделирование процесса функционирования системы. Программная реализация системы управления выполнена в среде Mathworks Matlab R2021b [10]. В коде задаются основные параметры модели, включая ускорение свободного падения g , массу летательного аппарата m , а также начальные условия по координатам (x, y, h) , углу крена ϕ , углу курса ψ и углу наклона траектории γ .

Реализация динамики БПЛА основана на системе дифференциальных уравнений, описывающих изменения кинематических и динамических параметров аппарата. Входными управляющими сигналами для модели являются ω_1 , ω_2 , ω_3 , формируемые контурами управления скоростью, тангажом и креном соответственно. Эти воздействия изменяют параметры движения, обеспечивая адаптацию траектории к заданным условиям.

На рисунке 8 отображены графики ошибок управления основными параметрами движения БПЛА.

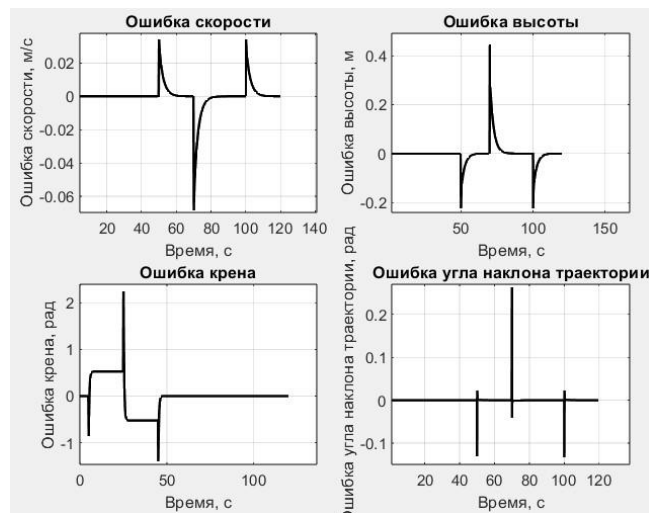


Рис.8. Графики ошибок управления

Ошибка скорости (верхний левый график) показывает, насколько фактическая скорость отклоняется от командной. В моменты изменения командного значения наблюдаются кратковременные скачки ошибки, но затем она быстро стремится к нулю, что говорит о корректной работе.

Ошибка высоты (верхний правый график) показывает отклонение реальной высоты от заданной. Наблюдаются резкие скачки в моменты маневров (набора или снижения высоты), но после них ошибка стабилизируется.

Ошибка крена (нижний левый график) показывает разницу между фактическим и командным креном. На участках активных маневров ошибки увеличиваются, но после выполнения команды они быстро уменьшаются, что говорит об устойчивости системы.

Ошибка угла наклона траектории (нижний правый график) показывает разницу между фактическим углом наклона траектории и заданным. Как и у предыдущих графиков, заметны резкие отклонения в моменты изменений команд, но затем ошибка сводится к нулевой.

Закключение. Результаты исследования подтвердили, что предложенный алгоритм управления является эффективным и подходит для управления продольным движением БПЛА. Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшего улучшения системы управления, включая адаптацию модели к различным условиям.

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.М. Попов

Библиографический список

1. A Lambregts A. A. Vertical Flight Path and speed Control Autopilot design Using Total Energy principles, 1983. – 559–569p.
2. Lambregts A. A. TECS Generalized Airplane Control System Design — An Update, Advances in Aerospace Guidance, Navigation and Control. Springer, 2013. – 503–534p.
3. Bruce K. R. NASA B737 Flight Test Results of the Total Energy Control System: Final Report. – Seattle, WA: Boeing Commercial Airplane Company, 1987. – 103 p.
4. Белоконов С. А., Золотухин Ю. Н., Котов К. Ю., Мальцев А. С., Ян А. П. Управление продольным движением летательного аппарата на основе полной энергии // Автометрия. – 2023. – Т. 59, № 5
5. El Mobaraky A., Kouiss K., Chebak A. Total Energy Control System-Based Interval Type-3 Fuzzy Logic Controller for Fixed-Wing Unmanned Aerial Vehicle Longitudinal Flight Dynamics // SSRN. – 2024. – 29 p.
6. Bauer P. A Modified Total Energy Control Scheme for Unmanned Aircraft // Journal of Intelligent & Robotic Systems. – 2023. – 28 p.
7. Beard R. W., McLain T. W. Small Unmanned Aircraft: Theory and Practice Supplement. Princeton: Princeton University Press, 2024. – 397 p.
8. Nuriwati R., Sasongko R.A. Development Flight Path Control for Unmanned Combat Aerial Vehicle (UCAV) Using Total Energy Control System (TECS) // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2019.
9. Ghelem N., Boudana D., Bouchhida O. Design of longitudinal autopilot for Sky Sailor UAV using SLC and TECS controllers // INCAS Bulletin. – 2023. – 35–46 p.
10. MathWorks. MATLAB – URL: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html> (дата обращения 15.02.2025).

УДК 004.4'23

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ИГРЫ НА ARDUINO

Е.А. Бекетова, А.О. Веремчук, А.М. Ледяйкина, А.А. Касаткин

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

С развитием технологий и доступностью образовательных ресурсов, создание интерактивных образовательных игр на платформе Arduino становится все более популярным. Данная платформа предоставляет возможности для создания проектов, которые делают процесс разработки не только увлекательным, но и обучающим таким навыкам как программирование, электроника и логическое мышление. В данной статье будут рассмотрены проектирование и программная реализация образовательной игры на Arduino.

Arduino – это электронная платформа с открытым исходным кодом, основанная на простом в использовании аппаратном и программном обеспечении. Устройства на базе Arduino способны получать информацию посредством различных датчиков, обрабатывать эти данные и управлять различными исполнительными устройствами [1]. Главной особенностью платформы является её простота в подключении и использовании, что делает её доступной для пользователей с разным уровнем подготовки [2]. Благодаря большому разнообразию подключаемых модулей и расширений, Arduino предоставляет широкие возможности для реализации различных задач. Платформа позволяет работать с датчиками, механизмами, дисплеями и другими компонентами. Используя язык программирования Arduino и программное обеспечение Arduino IDE, можно запрограммировать плату, загрузив набор инструкций в микроконтроллер. При работе с платформой важно не только обладать навыками программирования, но и уметь собирать электрические схемы, поскольку каждый проект требует подключения различных электронных компонентов. Это подразумевает необходимость знаний в области электроники и электротехники. Такое сочетание программирования и работы с физическими элементами делает процесс использования игры образовательным, позволяя пользователю на практике освоить основы электроники. Игроки, взаимодействуя с электронными компонентами, могут в реальном времени наблюдать, как программный код управляет физическими процессами, а также изменять подключения, чтобы оценить их влияние на работу системы.

В рамках проекта были реализованы следующие мини-игры:

1) упрощенный аналог игры «Быки и коровы». В разработанной мини-игре игрок выбирает цвета светодиодов с помощью кнопок и проверяет, соответствуют ли они заранее сгенерированным случайным значениям. При угадывании цвета и его положения эта лампочка загорается зеленым, иначе – красным. Когда все цвета совпадают, отображается цифра для открытия сундука;

2) игра, в которой необходимо вводить слово на дисплей с помощью длинных и коротких нажатий на кнопку, имитируя символы азбуки Морзе. При ошибке слово заменяется на новое. При правильном наборе выводится цифра для открытия сундука;

3) после успешного прохождения всех мини-игр игроки смогут ввести код для открытия сундука. Если введенные цифры совпадают со сгенерированным кодом, сервопривод провернет замок, и крышка сундука откроется.

Аналог игры «Быки и коровы» использует три регистра сдвига, четыре RGB-светодиода, семисегментный индикатор и пять кнопок. Регистр сдвига – это компонент, который позволяет расширить количество выводов с использованием всего нескольких входных пинов. В данном случае используется 74HC595N, который управляет выходами на основе последовательного ввода данных. Он превращает три управляющих сигнала в восемь независимых выходов. Принцип работы заключается в том, что данные передаются на вход DS (Data Serial) по одному биту за раз. Каждый бит сдвигается через регистр сдвига при каждом импульсе на пине SHCP (Shift Clock Pin). Когда все 8 бит переданы, пин STCP (Storage Clock Pin) сохраняет данные и активирует соответствующие выходы [3].

В реализации данной игры используются три регистра сдвига, соединённых последовательно. Пины SHCP и STCP всех регистров сдвига подключены друг к другу для последовательной передачи сигналов. Пин DS очередного регистра сдвига соединён с выходом Q7S следующего регистра, за исключением управляющего регистра, пины DS, SHCP и STCP которого подключены непосредственно к пинам платы. Это позволяет передавать данные по цепочке. В такой конфигурации можно управлять большим количеством выходов с использованием трех пинов микроконтроллера, подключенных к плате. В данном случае три регистра сдвига управляют различными компонентами игры – RGB-светодиодами и семисегментным индикатором. Применение регистров сдвига обусловлено тем, что для управления всеми компонентами 14 цифровых пинов, расположенных на Arduino недостаточно. Использование регистров сдвига позволяет обеспечить управление 18 выходами с помощью 3 пинов.

Для управления цветами светодиодов используются четыре кнопки. Каждая кнопка отвечает за выбор цвета для соответствующего светодиода. Каждое нажатие кнопки циклично меняет цвет светодиода, позволяя игроку выбирать нужный цвет.

Проверка правильности введенной последовательности осуществляется нажатием дополнительной кнопки. При нажатии происходит сравнение выбранных цветов с заранее сгенерированной случайной последовательностью. Если цвет был выбран правильно, соответствующий светодиод на секунду загорается зеленым, в противном случае – красным, сигнализируя о неправильном выборе.

На рисунке 1 приведено изображение схемы, по которой осуществлялась сборка элементов для мини-игры «Быки и коровы».

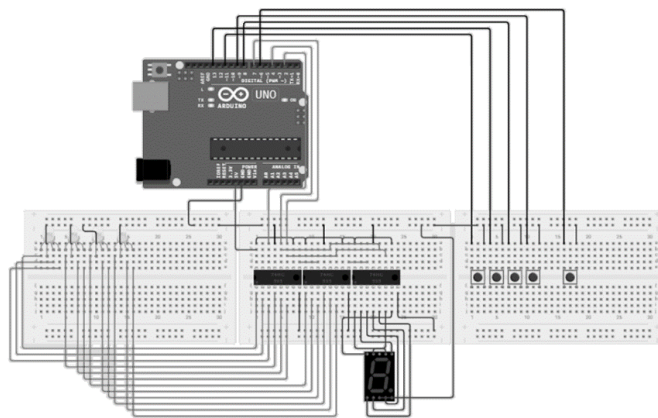


Рисунок 1 – Схема первой мини-игры

Далее идет описание программного кода, реализующего логику работы игры.

Любой проект на Arduino включает две основные функции – `setup()` и `loop()`. Функция `setup()` выполняется один раз при запуске микроконтроллера и используется для установки первоначального состояния системы, инициализации переменных, настройки режимов работы пинов и подключения внешних модулей. Функция `loop()` выполняется непрерывно во время работы микроконтроллера, обеспечивая основную логику работы программы, обработку входных данных и управление исполнительными устройствами.

В данном проекте функция `setup()` инициализирует последовательное соединение с главной платой, которая генерирует цифру – правильный ответ при корректном вводе цветовой последовательности. Также она определяет режим работы пинов, назначая их входами для кнопок с активацией встроенного подтягивающего резистора, что обеспечивает корректное считывание нажатий и предотвращает случайное срабатывание, и выходами для управления регистрами сдвига. Для генерации случайной цветовой последовательности используется функция `randomSeed()`, которая инициализирует генератор случайных чисел на основе данных с аналогового входа. Случайные цвета сохраняются в массиве. Завершающим этапом функция `setup()` выполняет передачу данных в регистры сдвига с использованием `shiftOut()`, загружая начальные значения для индикаторов и светодиодов. Сигнал `latch` переводится в низкий уровень перед отправкой данных и в высокий после, что обеспечивает обновление состояния выходов.

Функция `loop()` выполняет следующие действия – получение случайного числа от главной платы, считывание состояния кнопок с помощью `digitalRead()`, управление цветами светодиодов, вызов функции сброса цветов при длительном нажатии пятой кнопки и вызов функции для проверки корректности введенной цветовой последовательности.

Функция `updateLEDs()` обновляет состояние светодиодов в соответствии с выбранными игроком цветами. Управление светодиодами осуществляется путем последовательного сдвига 8-битных значений в регистры сдвига, которые затем формируют соответствующие сигналы для установки требуемых цветов на светодиодах.

Функция `Check()` осуществляет проверку введенных цветов и обновляет состояние светодиодов, обеспечивая обратную связь. В случае корректного совпадения цвета светодиод на одну секунду загорается зеленым, в противном случае – красным. При угаданной последовательности происходит вызов функции `GiveNumber()`, которая выводит цифру на семисегментный индикатор. Управление семисегментным индикатором также реализовано путем последовательного сдвига 8-битного значения в регистр сдвига, который активирует соответствующие сегменты.

Функция `SendZeroAndSetEtalon()` выключает светодиоды и сбрасывает цифру на семисегментном индикаторе с помощью регистра сдвига. Также здесь выполняется генерация новой цветовой последовательности, которую нужно ввести для прохождения игры. Таким образом, данная функция начинает игру сначала.

Игра «Кодирование слова по Морзе» реализована с использованием регистра сдвига, семисегментного индикатора, пьезоэлектрического зуммера, управляющей кнопки и текстового ЖК-дисплея с двумя строками по 16 символов. Управление пьезоэлектрическим зуммером осуществляется посредством прямого подключения к пину платы и передачи соответствующего сигнала на этот пин. В зависимости от передаваемого сигнала, зуммер может генерировать звуки различной частоты, тем самым позволяя генерировать звук различной высоты. ЖК-дисплей представлен моделью МЭЛТ МТ-16S2Н-2YLG [4]. На зеленом фоне экрана выводятся черные символы размером 5*8 точек. Дисплей также оснащён встроенной LED-подсветкой, которая активируется подачей питания на пин `LED+` (15) и подключением к земле пина `LED-` (16). Подключение дисплея к управляющей электронике осуществляется через шесть контактов, каждый из которых выполняет определённую функцию. `RS` определяет режим работы дисплея – командный или отображение данных. `EN` служит для синхронизации передачи данных. Оставшиеся четыре контакта (`DB4` - `DB7`) используются для передачи данных в 4-битном режиме, что позволяет управлять выводом символов и команд на экран, используя всего 4 пина управляющего микроконтроллера. Для отображения символов русского алфавита использовалась библиотека `LiquidCrystalRus`. Добавленный в библиотеку код трансформирует русские символы UTF8 в правильные коды для текстового экрана. При этом поддержка отображения символов латиницы сохраняется.

После запуска игры на экране отображается стартовая заставка «Morse Code Game», затем на первой строке появляется слово, которое необходимо ввести с помощью азбуки Морзе. Вторая строка показывает текущий ввод.

Ввод осуществляется с помощью одной кнопки: короткое нажатие соответствует точке, длительное – тире. Пауза между нажатиями определяет границы символов. Если последовательность введена неверно, прогресс сбрасывается, и появляется новое слово. При правильном вводе раздаётся мелодия, а на семисегментном индикаторе отображается цифра для открытия сундука.

На рисунке 2 приведено изображение схемы, по которой осуществлялась сборка элементов для мини-игры с азбукой Морзе.

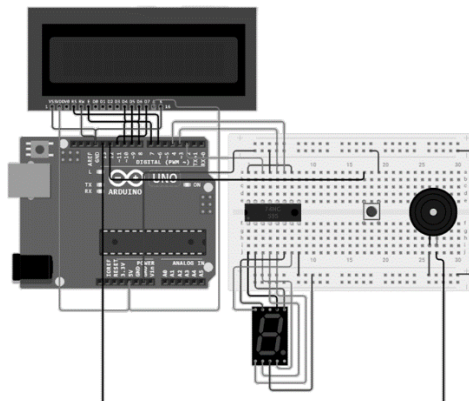


Рисунок 2 – Схема второй мини-игры

Далее идет описание программного кода, реализующего логику работы игры.

В данном проекте функция `setup()` также инициализирует последовательное соединение с главной платой, которая генерирует цифру – правильный ответ при корректном вводе слова с использованием азбуки Морзе. Кроме того, функция настраивает пины для управления звуковыми сигналами через пьезоэлектрический зуммер, а также для взаимодействия с кнопкой, используемой для ввода символов, с программной активацией подтягивающего резистора. Далее происходит настройка выходных пинов для управления регистром сдвига, после чего в регистр сдвига отправляется команда для отключения семисегментного индикатора, а на дисплей выводится заставка на первой строке.

В данной игре используются два массива: один (`words`) для хранения слов, а другой (`morseWords`) – для кодов Морзе, соответствующих каждому слову по индексу. Начало игры определяется вызовом функции `startNewWord()`, которая выводит случайное слово на верхнюю строку дисплея, после чего система ожидает ввода от игрока. Ввод игрока сохраняется в переменной `userInput`, которая постоянно проверяется на соответствие с кодом Морзе, соответствующим текущему слову.

Каждое нажатие кнопки сопровождается звуковым сигналом от пьезоэлектрического зуммера, который реализуется с помощью функции `tone()`, одним из аргументов которой является частота звука для воспроизведения. Для упрощения работы с частотами был добавлен заголовочный файл `pitches.h`, содержащий макросы, определяющие соответствие между нотами и их частотами. Длительность звукового сигнала точно соответствует времени удержания кнопки в нажатом состоянии. Это позволяет игроку получать визуальную и аудиовизуальную обратную связь.

В функции `checkInput()` осуществляется проверка введенного кода на соответствие с правильным кодом. В случае корректного ввода активируется воспроизведение мелодии, символизирующей успешное завершение игры. Через одну секунду на семисегментном индикаторе отображается цифра для открытия сундука. Для отображения цифры используется процесс сдвига 8-битного числа в регистр сдвига, управляющий индикатором. Если же в процессе ввода кода возникает ошибка, и введенный символ не соответствует правильному символу на текущем индексе, на нижней строке дисплея отображается сообщение «Incorrect!». После этого система ожидает повторного нажатия на кнопку, после которого переменная `userInput` сбросится, а на экране появится новое слово для ввода. Далее снова начинается процесс ожидания ввода. После успешного ввода кода игроку необходимо снова нажать кнопку для получения нового слова. При этом цифра, отображаемая на семисегментном индикаторе, не исчезает.

Процесс ожидания ввода реализован функцией `waitForButtonPress()`, в которой происходит циклическая проверка состояния кнопки до тех пор, пока она не будет нажата. После нажатия кнопки происходит вызов функции `startNewWord()`.

После успешного завершения всех мини-игр игроки могут ввести код, состоящий из двух цифр, для открытия сундука. Этот код генерируется при запуске главной платы и передается на платы обеих игр через последовательный интерфейс. Каждый из клиентских микроконтроллеров принимает и сохраняет сгенерированное число, а при прохождении соответствующей мини-игры выводит часть кода на экран. Если введенные цифры совпадают со сгенерированным кодом, то микроконтроллер посылает сигнал сервоприводу, и замок, препятствующий открытию крышки сундука, откроется. Для возвращения замка в исходное положение нужно перезапустить главную плату.

Для реализации ввода нужного кода используются два регистра сдвига, два семисегментных индикатора, сервопривод и три кнопки. Два семисегментных индикатора отображают введенные игроком

цифры. Каждый индикатор получает данные для ввода с помощью регистра сдвига, который обновляет отображаемые значения в зависимости от нажатий кнопок.

В работе используются три кнопки, каждая из которых выполняет свою функцию. Первая и вторая кнопки предназначены для выбора цифр, отображаемых на семисегментных индикаторах. Каждое нажатие на эти кнопки циклично изменяет цифры от 0 до 9, позволяя игроку выбирать нужные значения для кода. Третья кнопка используется для проверки введенного кода. Когда игрок нажимает на эту кнопку, происходит сравнение введенных значений с ранее сгенерированным кодом, при совпадении активируя сервопривод. Сервопривод SG90 отвечает за физическое открытие сундука. Это небольшой сервопривод, обладающий скоростью вращения 0.14 сек/60 градусов и максимальным углом поворота 180 градусов [5]. Он управляется с помощью одним из пинов микроконтроллера и активируется, когда игрок успешно вводит правильный код, проворачивая ось сервопривода на угол 50 градусов, таким образом открывая крышку сундука.

На рисунке 3 приведено изображение схемы, по которой осуществлялась сборка элементов для ввода кода, открывающего сундук.

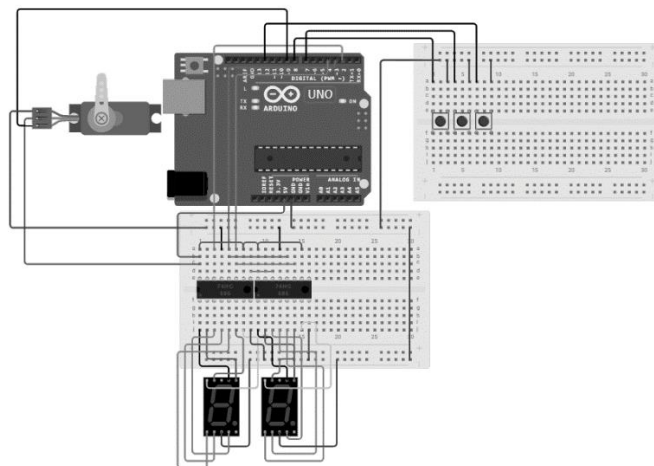


Рисунок 3 – Схема открывания сундука

Далее идет описание программного кода, реализующего логику работы ввода кода.

В программной реализации данного проекта используется дополнительная библиотека Servo.h, предназначенная для управления сервоприводом. Эта библиотека позволяет создать объект типа Servo, который определяет сервопривод и включает в себя ряд методов для управления его работой. Одним из методов является write(), который позволяет установить ось сервопривода на заданный угол.

В данном проекте функция setup() также выполняет инициализацию всех необходимых компонентов для корректной работы микроконтроллера. Она начинается с установки параметров последовательного соединения с двумя клиентами, которым далее будет отправлено сгенерированное число – код, который нужно ввести для открытия сундука. Также происходит настройка пинов для подключения кнопок с программной активацией подтягивающего резистора. После этого устанавливаются пины для управления регистрами сдвига и сбрасываются значения семисегментных индикаторов. Подключение сервопривода осуществляется с помощью метода attach(). Для генерации случайного числа используется функция randomSeed(), которая инициализирует генератор случайных чисел на основе значения, считанного с аналогового пина A0. Сгенерированное число, которое будет использоваться в игре, передается обоим клиентам через последовательное соединение [6].

В функции loop() выполняется постоянная проверка состояния кнопок, подключенных к микроконтроллеру. Когда одна из кнопок нажимается, с помощью сдвигового регистра обновляется вывод на семисегментном индикаторе. Каждое нажатие кнопки увеличивает индекс в массиве 8-битных чисел, где каждый элемент массива соответствует конкретной цифре, отображаемой на индикаторе. Таким образом, каждое нажатие кнопки поочередно изменяет цифру на экране, начиная с 0 и циклично переходя через все числа от 0 до 9, затем снова сбрасываясь в 0.

При нажатии третьей кнопки вызывается функция Check(), в которой происходит сравнение введенного игроком кода с кодом, созданным при старте работы микроконтроллера. Если введенный код совпадает с правильным, запускается функция MoveRoof(). Внутри этой функции происходит проверка состояния сервопривода – если крышка закрыта, происходит считывание текущего положения сервопривода, и его позиция изменяется на 50 градусов. Отслеживание состояния крышки осуществляется с помощью переменной isOpen, которая принимает значение true после открытия крышки. Движение оси сервопривода сопровождается задержкой, что делает движение более плавным. Это действие приводит к открытию крышки, завершая игру.

Реализация проекта состоит из нескольких этапов. На этапе проектирования была разработана концепция и схемы игр, определены необходимые компоненты и детали. При сборке аппаратной части для каждой мини-игры были использованы различные элементы электронного конструктора «Матрёшка» [7], такие как кнопки, светодиоды, сервопривод, пьезоэлектрический зуммер, дисплеи и провода. Работоспособность всех элементов была протестирована, после чего была выполнена сборка на макетной

плате. На этапе программирования был написан код для каждой мини-игры, используя язык программирования Arduino. В коде была прописана логика игры, сброс игры, обработка ввода и вывод цифры или слова на дисплей. После завершения сборки и программирования каждая мини-игра проверялась на работоспособность и наличие ошибок.

На рисунке 4 представлено наглядное представление тестового прототипа части проекта.

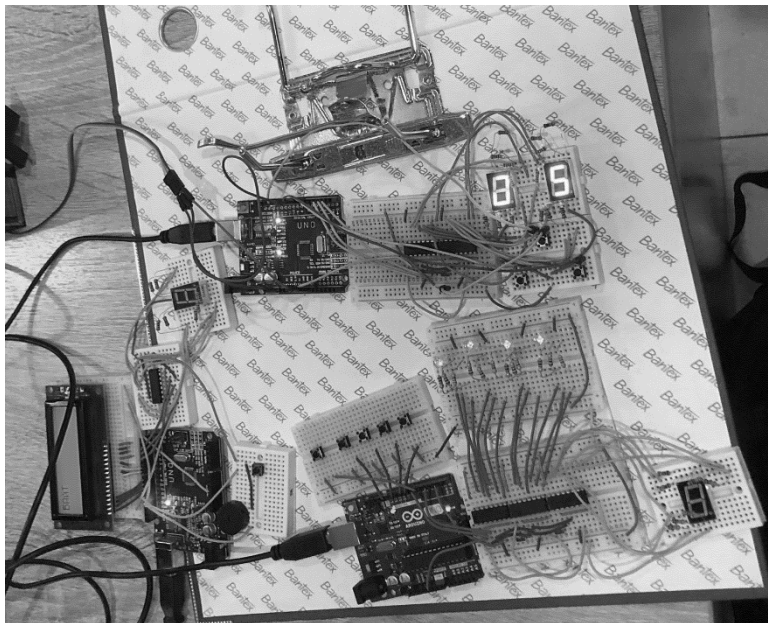


Рисунок 4 – Часть конструкции тестового прототипа

Создание образовательной игры на платформе Arduino позволило развить креативность, навыки программирования и логического мышления. Реализованные мини-игры послужат не только для развлечения, но и для обучения пользователей.

Научный руководитель – преподаватель кафедры О7 Н. А. Лестенко

Библиографический список

1. Arduino? [Электронный ресурс] — URL: <https://arduino.ru/> (дата обращения: 25.02.2025)
2. What is Arduino? [Электронный ресурс] — URL: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction> (дата обращения: 27.02.2025)
3. Сдвиговые регистры [Электронный ресурс] — URL: https://3d-diy.ru/blog/sdvigovye-registry/?srsltid=AfmBOopGM_EVCUGs0Jg80-QAhcWmDqNGkkJWJi1zlAiBc8ZqxVWxIAAn8 (дата обращения: 27.02.2025)
4. Документация на Текстовый экран 16×2 / зелёный с чёрным [Электронный ресурс] — URL: <https://amperka.ru/product/display-lcd-text-16x2-y1g> (дата обращения 01.03.2025)
5. Документация на Сервопривод Tower Pro SG90 180° [Электронный ресурс] — URL: <https://roboshop.spb.ru/mechanics/servoprivody/sg90> (дата обращения 03.03.2025)
6. Библиотека SoftwareSerial [Электронный ресурс] — URL: <https://developer.alexanderklimov.ru/arduino/docs/softwareserial.php> (дата обращения 04.03.2025)
7. Матрёшка [Электронный ресурс] — URL: <https://amperka.ru/product/matryoshka-z?ysclid=m7nkmflqn1758239677> (дата обращения: 05.03.2025)

УДК 004.932.72'1

ЗАДАЧА СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕГМЕНТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

А.А. Касаткин, М.А. Колмогоров, Р.А. Мацола

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Нейронные сети занимают важное место в современном мире. Они способны обрабатывать большие объемы данных, выявлять закономерности и делать предсказания. Нейронные сети находят свое применение во многих областях, например, таких как медицина, финансы, автоматическое управление и робототехника, компьютерное зрение и обработка речи. Данная статья посвящена анализу метрик сверточных нейронных сетей (CNN), решающих задачи сегментации земной поверхности на космофотоснимках (КФС).

Нейросеть – это математическая модель, построенная по принципу организации биологических нейронных сетей. Она представляет собой систему взаимодействующих между собой простых процессоров, работа каждого из которых состоит в периодическом получении и передаче сигналов. Обучение нейронной сети – это нахождение коэффициентов связи между нейронами [1].

Существует несколько видов нейронных сетей, в данной статье будут рассмотрены сверточные нейронные сети различных архитектур.

Сверточная нейронная сеть – класс нейронных сетей, изначально направленный на эффективное распознавание изображений [2]. Такие нейросети хорошо улавливают локальный контекст, когда информация непрерывна, то есть ее носители находятся рядом. Например, пиксели – части изображения, которые расположены близко друг к другу и содержат визуальные данные: яркость и цвет. Принцип работы основан на последовательной обработке изображения с помощью сверточных слоев, которые выделяют характерные признаки и структуры на фото. После свертки данные проходят через специальные слои, уменьшающие размерность и сохраняющие ключевую информацию. Итоговое предсказание формируется путем объединения извлеченных признаков и распределении вероятностей по классам. С помощью сверточных нейросетей можно решать задачи компьютерного зрения, в том числе распознавания и классификации [3].

Рассматривается задача сегментации поверхности Земли на космических снимках. Для ее решения были выбраны сверточные нейронные сети. Так как самостоятельный сбор и разметка космofотоснимков представляют собой трудоемкий процесс из-за большого объема подготавливаемых данных, был использован существующий размеченный датасет – LandCover.ai. Он включает 82 изображения различного разрешения, среди которых 41 КФС и 41 соответствующая маска сегментации. Маска относит каждый пиксель с одним из 5 классов – строения, леса, вода, дороги или отсутствие класса (фон). Каждый КФС разбивается на множество изображений разрешением 512*512. Итоговый размер датасета состоит из 7500 изображений.

Поскольку полное обучение сверточной нейросети требует значительных вычислительных ресурсов, было принято решение адаптировать предобученные модели к поставленной задаче. Для этого в исходную архитектуру был добавлен дополнительный выходной слой, после чего модель дообучалась на специализированных данных – подготовленном датасете LandCover.ai. Модели были предобучены на датасете ImageNet, состоящем из более чем 14 миллионов изображений, относящихся к 1000 категориям объектов.

Сам процесс обучения состоял из прямого прохода, вычисления функции потерь, обратного прохода и корректировки весов. Данные для обучения подавались модели в виде батчей по 4 изображения. Такой метод обеспечивает более стабильное обучение, чем при обучении на одном случайном фото и удобен при параллелизации на GPU, поскольку несколько примеров обрабатываются одновременно.

Для оценивания моделей была выбрана метрика Intersection Over Union [4]. Она вычисляется как отношение площади пересечения истинной маски и предсказанной маски к площади их объединения и отражает степень совпадения между предсказанными и истинными объектами, показывая, какую долю области, занятую объектом, правильно предсказала модель. Чем выше это значение, тем лучше модель классифицирует объекты на изображении.

В качестве среды для разработки и обучения модели был выбран Google Colaboratory из-за ограниченных вычислительных ресурсов. Процесс обучения выполнялся на графическом процессоре NVIDIA T4, предоставленном этой средой.

В рамках работы были выбраны три модели: FCN, U-Net и Deeplabv3+.

В FCN (Fully Convolutional Network) изображение проходит через несколько слоев свертки и пуллинга. Свертка осуществляется путем применения фильтра определенного размера к каждой части изображения. Фильтр скользит по изображению, выполняя операцию умножения пикселей на значения фильтра, после чего результаты суммируются, образуя новый пиксель в выходном изображении. Пуллинг, в свою очередь, уменьшает размерность полученного изображения, заменяя несколько пикселей одним, например, с максимальным значением (Max-pooling). Затем, с помощью транспонированной свертки и операции анпуллинга восстанавливается исходная размерность изображения [5].

На рисунке 1 изображена архитектура FCN.

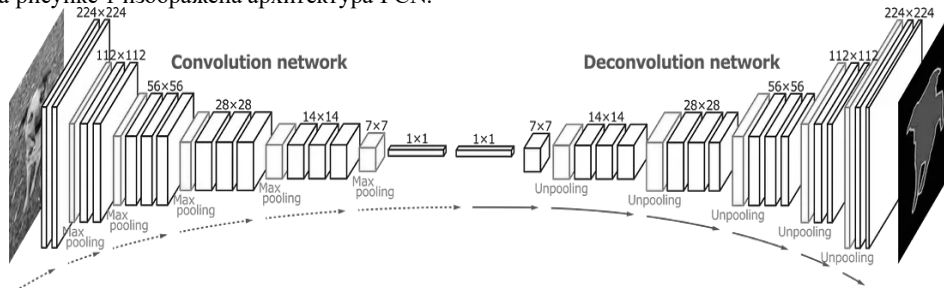


Рисунок 1 – Архитектура сети FCN

В U-Net также происходит сжатие данных через слои свертки, но ключевая особенность – наличие пропускных связей между сжатыми слоями и слоями восстановления. Эти связи позволяют передавать информацию из слоев свертки в слои восстановления, улучшая качество восстановления [6].

На рисунке 2 изображена архитектура U-Net.

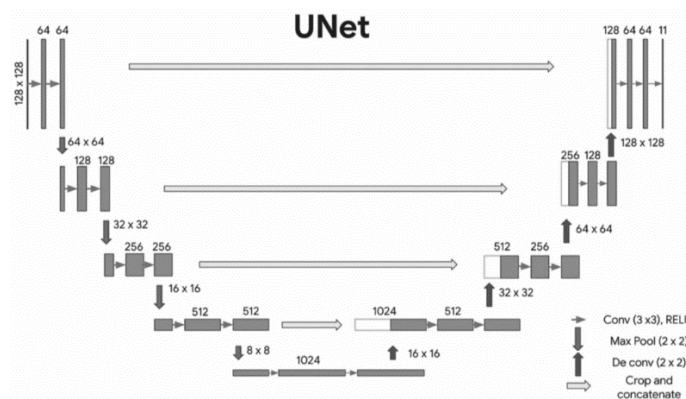


Рисунок 2 – Архитектура U-Net

В DeepLabV3+ используется атриальная свертка (вставка промежуточных между элементами), которая расширяет область восприятия фильтра, не уменьшая размер изображения, что позволяет захватывать контекст и информацию на больших расстояниях. Также в архитектуре применяется CRF (Conditional Random Field), который помогает уточнить границы объектов в процессе постобработки, улучшая точность сегментации на границах [7].

На рисунке 3 изображена архитектура DeepLabV3+.

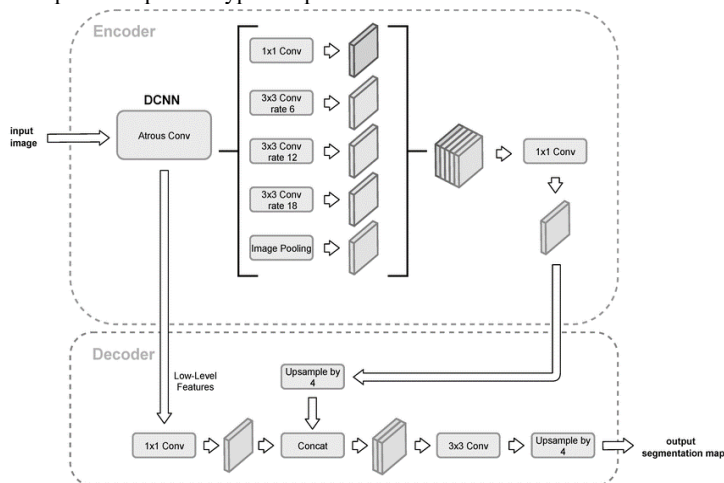


Рисунок 3 – Архитектура DeepLabV3+

Из-за различий в архитектуре моделей время обучения одной эпохи варьировалось. За одну эпоху каждая модель обрабатывала 7500 изображений группами по 4 изображения, вычисляя ошибку и обновляя веса. Модель U-Net обучалась быстрее всех, выполняя 2,5 итерации в секунду. Следом шла FCN, с показателем 1,1 итерации в секунду. Наибольшее время затратила модель DeepLabV3+, выполняя 0,78 итераций в секунду. Весь процесс обучения включал 79 эпох для U-Net, 46 эпох для FCN и 35 эпох для DeepLabV3+. Длительность одной эпохи составила 12 минут для U-Net, 29 минут для FCN и 40 минут для DeepLabV3+. Таким образом, обучение каждой модели заняло 948, 1334 и 1400 минут соответственно.

График зависимости метрики IoU от номера эпохи для модели на основе архитектуры FCN представлен на рисунке 4.

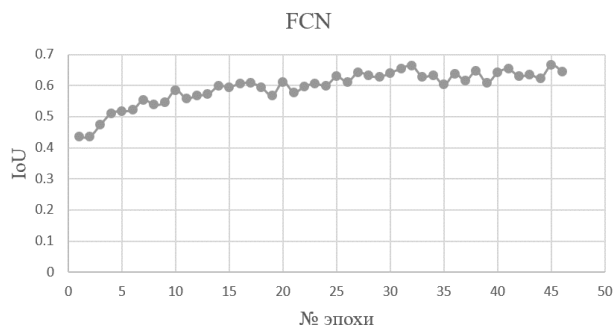


Рисунок 4 – График обучения модели FCN

На первых эпохах значение IoU увеличивается, что свидетельствует об успешном обучении модели и улучшении качества сегментации. После примерно 15–20 эпох рост IoU замедляется, и метрика выходит на стабильный уровень около 0.6–0.65. В дальнейшем модель продолжает улучшать результаты и

достигает значения но в меньшем темпе. Также наблюдаются небольшие колебания, которые могут быть связаны с нестабильностью обучения или сложностью объектов на изображениях. При этом признаков переобучения нет, так как на поздних эпохах IoU не снижается.

График зависимости метрики IoU от номера эпохи для модели на основе архитектуры U-Net представлен на рисунке 5.

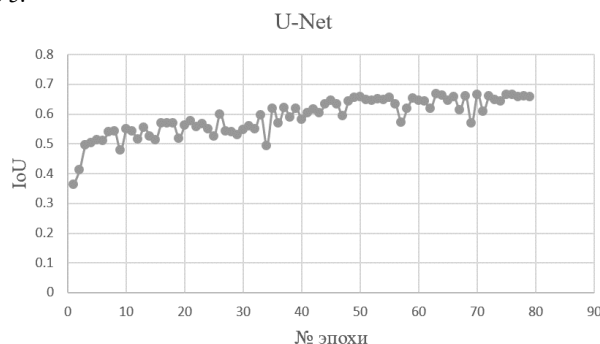


Рисунок 5 – График обучения модели U-Net

В начале обучения метрика IoU увеличивается, что свидетельствует о процессе обучения модели. Однако на протяжении всего обучения наблюдается высокая нестабильность значений IoU, что может быть связано с особенностями архитектуры или адаптацией модели к сложным случаям. После 40–50 эпох рост IoU замедляется, и метрика выходит на уровень 0.65. При этом признаков переобучения не выявлено, так как на более поздних эпохах значение IoU остается на достигнутом уровне без явного снижения.

График зависимости метрики IoU от номера эпохи для модели на основе архитектуры DeepLabV3+ представлен на рисунке 6.

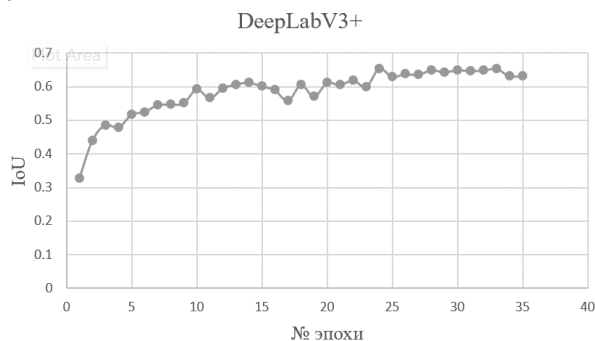


Рисунок 6 – График обучения модели DeepLabV3+

В первые 10 эпох метрика IoU значительно увеличивается, что свидетельствует об эффективном обучении модели на начальных этапах. Затем значение колеблется в пределах 0.6, но после 20-й эпохи происходит улучшение, и метрика стабилизируется на уровне 0.65. На последних этапах обучения модель достигает плато с показателем около 0.66, при этом снижение IoU не наблюдается, что указывает на стабильность обучения и отсутствие явных признаков переобучения.

По итогам обучения модели продемонстрировали примерно одинаковые результаты, что может указывать на недостаточную проработку датасета или неоптимальные значения гиперпараметров, таких как скорость обучения или регуляризация, что ограничивает потенциал моделей.

Дополнительно было проведено тестирование на городской местности, представленной в датасете в ограниченном объеме. Несмотря на нехватку подобных примеров в обучающих данных, FCN смогла справиться с этой задачей лучше остальных моделей.

В данной работе были обучены и протестированы модели трех архитектур сверточных нейронных сетей: FCN, DeepLabV3+ и U-Net. FCN показала наилучшие результаты по точности как на общем датасете, так и при тестировании на городской местности, которая была представлена в обучающих данных в ограниченном объеме. DeepLabV3+ качественно детализировал границы объектов. U-Net, за счет пропускных связей, хорошо восстанавливал мелкие детали, но мог терять качество на сложных структурах.

По итогам анализа лучшей моделью для сегментации объектов на космических снимках была выбрана FCN, так как она показала высокую точность и устойчивость к нехватке данных по отдельным типам местности.

Научный руководитель – Д.Д. Сидорович (АО "НПП "Радар ммс")

Библиографический список

1. Нейронные сети, перцептрон [Электронный ресурс] URL: https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=%D0%9D%D0%B5%D0%B9%D1%80%D0%BE%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%81%D0%B5%D1%82%D0%B8_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%86%D0%B5%D0%BF%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD (дата обращения 27.02.2025).
2. Сверточные нейронные сети [Электронный ресурс] URL: <https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=%D0%A1%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D>

1%8B%D0%B5_%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%81%D0%B5%D1%82%D0%B8 (дата обращения 28.02.2025).

3. Introduction to Convolution Neural Network [Электронный ресурс] URL: <https://www.geeksforgeeks.org/introduction-convolution-neural-network/> (дата обращения 28.02.2025).

4. Intersection over Union (IoU) [Электронный ресурс] URL: <https://encord.com/glossary/iou-definition/> (дата обращения 01.03.2025).

5. Fully Convolutional Network [Электронный ресурс] URL: <https://deeplearning.ru/docs/Neural-networks/Semantic-segmentation/FCN> (дата обращения 02.03.2025).

6. Computer Vision Wiki. U-Net [Электронный ресурс] URL: <https://wiki.cloudfactory.com/docs/mp-wiki/model-architectures/u-net> (дата обращения 03.03.2025).

7. Computer Vision Wiki. DeepLabv3+ [Электронный ресурс] URL: <https://wiki.cloudfactory.com/docs/mp-wiki/model-architectures/deeplabv3> (дата обращения 05.03.2025).

УДК 623.419

ТЕОРИЯ ПРОЧНОСТНОГО РАСЧЕТА ОСЕВОЙ НАГРУЗКИ И УСТОЙЧИВОСТИ СУХИХ ОТСЕКОВ НА ПРИМЕРЕ СТРИНГЕРНОГО ОТСЕКА

А.А. Кузнецов, Ю.А. Никольченко

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Во время проектирования летательных аппаратов приходится решать множество технических вопросов связанных с конструкцией. Одним из камней преткновения является прочностной расчет сухих отсеков при различных расчетных случаях. Расчетный случай устанавливается по методу условной нагрузки, в котором в качестве расчетного принимается случай эксплуатации, соответствующий максимальному значению некоторой условной (фиктивной) нагрузки, либо принимаются следующие случаи эксплуатации, относящиеся к активному участку траектории: максимальные осевые нагрузки в конце активного участка, максимальные поперечные нагрузки в конце активного участка, максимальный скоростной напор, динамические нагрузки в осевом и поперечном направлениях [1]. Для определения напряжений, возникающих в отсеках необходимо определить и классифицировать нагрузки, действующие на летательный аппарат.

Нагрузки по характеру распределения:

- 1) Объемные или массовые, распределённые по всему объёму летательного аппарата и пропорциональные плотности ее материала
 - a) Вес
 - b) Силы инерции
- 2) Поверхностные нагрузки, распределённые по поверхности конструкции
 - a) Аэродинамические
 - b) Давление газов внутри отсеков
 - c) Давление жидкости при движении ЛА под водой
 - d) Давление наседающей массы на стенки оболочки
 - e) Силовое воздействие струй, истекающих из сопел двигательной установки
- 3) Сосредоточенные силы
 - a) Тяга ДУ
 - b) Веса грузов
 - c) Силы, передающиеся на корпус в узлах крепления аэродинамических поверхностей.

В данной статье рассматривается прочностной расчет стрингерного отсека под действием осевой силы. Для начала расчетов устойчивости отсека необходимо определить усилия, действующие него. Сделать это можно воспользовавшись методом сечений. Для расчета нагрузки используется следующая формула

$$N = X + G(x) * n_x^{\Sigma} - F * q_H = 45 \text{ кН}$$

Где

N – осевая нагрузка.

X – значение осевой силы аэродинамического сопротивления отсеченной части корпуса.

G(x) – сила тяжести отсеченной части.

n_x^{Σ} – Суммарное наибольшее значение осевой перегрузки в данном сечении.

F – Площадь поперечного сечения корпуса в свету.

q_H – величина давления наддува в баке.

Значение проекции осевой перегрузки в скоростной системе координат можно определить благодаря формуле:

$$n_x^0 = \frac{W_x^0 * \cos \alpha + W_y^0 * \sin \alpha + g * \sin \theta}{g}$$

Где

W_x^0 – Проекция ускорения на ось x

W_y^0 – Проекция ускорения на ось y

α – Угол между вектором скорости и скорости и продольной осью

θ – Угол между продольной осью ЛА и ее проекцией на горизонтальную плоскость

g – Ускорение свободного падения.

После определения сил действующих на отсек можно перейти к расчету сухого отсека

Стрингерный отсек это отсек подкрепленный продольными элементами силового набора - стрингерами и поперечными – шпангоутами. Под действием осевой сжимающей силы в отсеке возникают

$$\text{напряжения: } \sigma_1 = \frac{N_p}{2 * \pi * R * [\delta + F_c / t_c]}$$

F_c – Площадь поперечного сечения стрингера

t_c – Расстояние между соседними стрингерами

Критические напряжения общей потери устойчивости конструктивно-анизотропной оболочки в этом

случае определяется как: $\sigma_{кр}^0 = c * \frac{\pi^2 * E}{(l * \sqrt{\frac{F_{пр}}{J_{пр}}})^2}$, где

$F_{пр}$ – Совместная площадь стрингера и присоединенной обшивки

$J_{пр}$ – Момент инерции сечения стрингера с присоединенной обшивки

Устойчивость так же может потерять участок стрингера длиной l между соседними шпангоутами.

Критическое напряжение можно определить по формуле Эйлера: $\sigma_{кр}^c = k * \frac{\pi^2}{12 * (1 - \mu^2)} * E * (\frac{\delta_1}{b - \delta_2})^2$

, где

$c = 2$ – коэффициент, учитывающий способ закрепления концов стрингера

δ_1 – толщина полки стрингера

δ_2 – толщина опорного элемента стрингера

$(b - \delta_2)$ – Ширина полки стрингера

$k = (0.4 \div 0.5)$

Местная потеря устойчивости может произойти и на участке обшивки, расположенном между пары соседних стрингеров и пары соседних шпангоутов. Находятся напряжения как для шарнирно закрепленной

пластинки: $\sigma_{кр}^M = 3.6 * E * \left(\frac{\delta}{t_c}\right)^2 + 0.1 * E * \delta / R$

Чтобы проверить достоверность выведенных ранее формул решим задачу в обратную сторону.

Исходные данные для примера

- Масса отсеченной части $m = 1000$ кг
- Осевая перегрузка равную $n_x^0 = 4,5$
- Силу аэродинамического сопротивления отсеченной части корпуса равной нулю.
- Материал: Д16Т
- Модуль упругости материала: $E = 72 * 10^3$ МПа
- Предел текучести: $\sigma_{0,2} = 300$ МПа

$$N = X + G(x) * n_x^{\Sigma} - F * q_H = 45 \text{ кН}$$

Примем $\sigma_{кр} = (0.2 \div 0.5) * \sigma_{0.2} = 90 \text{ МПа}$ [2], где

Примем толщину обшивки равной $\delta = 2 \text{ мм}$. Тогда расстояние между стрингерами находим как:

$$t_c = 1.9 * \delta * \sqrt{\frac{E}{\sigma_{кр} - 0.1 * E * \frac{\delta}{R}}} = 0.113 \text{ м, теперь чтобы найти площадь стрингера рассчитаем}$$

число стрингеров $n_c = \frac{\pi * 2 * R}{t_c} = 88.965$ и уточним шаг

$$t_c = \frac{\pi * 2 * R}{n_c} = 0.113 \text{ м стрингера. Теперь мы можем рассчитать сжимающее усилие приходящееся на}$$

один стрингер $P_c = \frac{N_p - \pi * 2 * R * \delta * \sigma_{кр}}{n_c} = 19.61 \text{ кН}$ и площадь стрингера

$$F_c = \frac{P_c}{\sigma_{кр}} = 2.179 * 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Теперь рассчитаем расстояние между шпангоутами $l = \sqrt{2 * \pi * \sqrt{\left(\frac{E}{\sigma_{кр}}\right) * \left(\frac{J_c}{F_c}\right)}}$

Примем момент инерции стрингера равным $J_c = 8 * 10^{-10} \text{ м}^4$. Тогда $l_c = 0.241 \text{ м}$.

Площадь шпангоута определяем из условия общей устойчивости отсека:

$$F_{шп} = l_c * \delta * \left(\left(\frac{N_p}{2 * \pi * k * E * \delta^2} \right)^2 * \frac{t_c * D}{(t_c * D + E J_c)} - 1 \right) = 4.819 * 10^{-4} \text{ м}^2, \text{ где}$$

$$D = E * \delta^3 / [12 * (1 - \mu^2)] - \text{Цилиндрическая жесткость обшивки}$$

Подставим вычисленные параметры отсека в формулы расчета критических напряжений:

$\sigma_{кр}^M = 90.2 \text{ МПа}$, $\sigma_{кр}^C = 200.6 \text{ МПа}$, $\sigma_{кр}^0 = 99.2 \text{ МПа}$. Из полученных результатов мы видим, что при подстановке параметров отсека в исходные формулы мы получаем то же напряжение, на которое эти параметры и были рассчитаны, что означает верность формул.

Библиографический список

1. Погорелов В. И. Нагрузки и нагрев беспилотных летательных аппаратов // Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2009. – 227с.
2. Гречух И. Н., Гречух Л. И., Прочность ракетных конструкций : учеб. пособие // Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ., 2019. – 251с.

УДК 004.056.5

КРИПТОГРАФИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ДАННЫХ: ОСНОВЫ, МЕТОДЫ И ПРИМЕНЕНИЕ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Б.С. Лецинский¹, Н.А. Васильев¹, А.С. Куракин², Д.С. Ситдиков¹

¹г. Санкт-Петербург, Военная академия связи

²г. Санкт-Петербург, Специальный технологический центр

Криптографическая защита данных стала неотъемлемой частью современных информационных технологий. С увеличением объема и важности цифровой информации возросла и угроза ее несанкционированного доступа, изменения и кражи. В данной статье мы рассмотрим основы криптографической защиты данных, методы шифрования, а также ее применение в различных областях.

Криптография – это наука о методах преобразования информации таким образом, чтобы она стала непонятной для посторонних лиц, но при этом была доступной для получателя, обладающего ключом [1]. Криптография основана на использовании ключей шифрования и дешифрования. Ключ – это секретный элемент, который позволяет преобразовывать данные в зашифрованный вид и обратно. Без знания ключа расшифровка данных становится невозможной или крайне затруднительной.

Одним из основных принципов криптографической защиты данных является использование математических методов для шифрования информации. Это позволяет представить данные в нечитаемой форме, которая может быть прочитана только с использованием ключа, известного только авторизованным пользователям. Таким образом, конфиденциальность данных сохраняется, исключая возможность несанкционированного доступа.

Основной целью криптографической защиты данных является обеспечение конфиденциальности, аутентификации и целостности информации. Криптографические методы позволяют шифровать данные, чтобы только авторизованный получатель мог их прочитать.

Существует несколько основных методов криптографической защиты данных, включая симметричное и асимметричное шифрование, гибридное шифрование, хеширование, электронную цифровую подпись и протоколы аутентификации [2]. Достоинства и недостатки каждого метода представлены на рисунке 1.

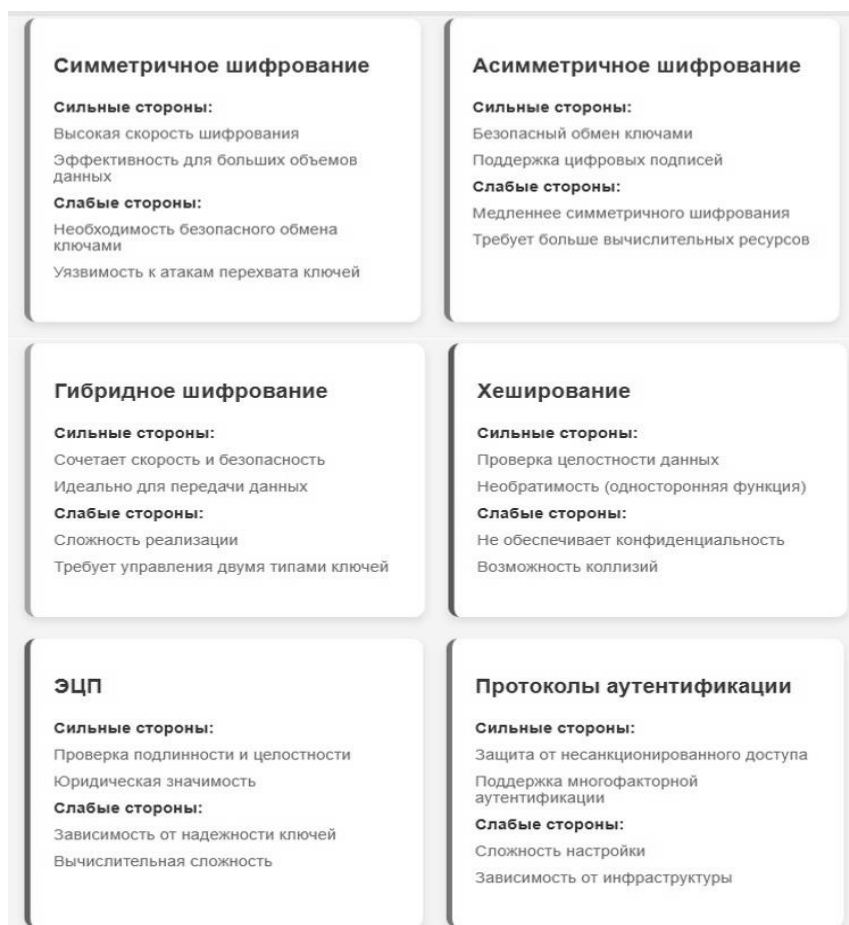


Рис. 1. Преимущества и недостатки методов криптографической защиты данных

Симметричное шифрование использует один и тот же ключ для шифрования и дешифрования данных. Симметричное шифрование является быстрым и эффективным, но имеет недостаток в виде необходимости обмена ключами между сторонами.

Асимметричное шифрование (шифрование с открытым ключом), в свою очередь, использует пару ключей: открытый и закрытый. Открытый ключ используется для шифрования данных, а закрытый – для их дешифрования. Асимметричное шифрование обеспечивает большую безопасность, но требует больше времени на выполнение операций шифрования и дешифровки.

Гибридное шифрование сочетает преимущества симметричного и асимметричного шифрования, обеспечивая как скорость, так и безопасность.

Хеширование – метод, который используется для преобразования данных произвольной длины в короткую строку фиксированной длины. Хеширование не обеспечивает конфиденциальность данных, но позволяет проверить их целостность.

Электронная цифровая подпись используется для проверки подлинности и целостности электронных документов, а протоколы аутентификации обеспечивают проверку подлинности участников обмена информацией.

Среди самых популярных алгоритмов криптографической защиты данных можно выделить AES (Advanced Encryption Standard) [7], RSA, ECC (Elliptic Curve Cryptography) [8], SHA (Secure Hash Algorithm), HMAC (Hash-based Message Authentication Code) [9], и многие другие. Каждый из этих алгоритмов имеет свои особенности и области применения, и выбор конкретного алгоритма зависит от конкретных целей и задач. Характеристика алгоритмов криптографической защиты данных представлена в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика алгоритмов защиты данных

Алгоритм	Тип	Длина ключа	Скорость	Безопасность	Области применения
AES	Симметричное шифрование	128, 192, 256 бит	Высокая	Очень высокая	Шифрование данных, SSL/TLS, VPN

RSA	Асимметричное шифрование	1024, 2048, 4096 бит	Низкая	Высокая (зависит от длины ключа)	Цифровые подписи, обмен ключами
ECC	Асимметричное шифрование	256, 384, 521 бит	Средняя	Очень высокая	Мобильные устройства, IoT, цифровые подписи
SHA-256	Хеширование	256 бит (выход)	Высокая	Очень высокая	Целостность данных, блокчейн, цифровые подписи
HMAC	Хеширование с ключом	Зависит от хеш-функции	Высокая	Высокая	Аутентификация сообщений, API-запросы

Криптографическая защита данных широко применяется в различных областях современных информационных технологий. В сфере электронной коммерции она используется для защиты конфиденциальных данных банковских транзакций и персональных данных клиентов. В области мобильных технологий криптография обеспечивает безопасность передачи данных между устройствами. Многие сайты и сервисы используют шифрование SSL/TLS для защиты данных, передаваемых между пользователем и сервером. В организациях информационные системы используют криптографию для защиты корпоративных данных от утечек и несанкционированного доступа. Криптовалюты, такие как Bitcoin, используют криптографию для обеспечения безопасности транзакций и защиты от мошенничества. В области медицинских информационных систем защита данных играет решающую роль в обеспечении требований к конфиденциальности пациентов [3,4]. Роль криптографии в обеспечении информационной безопасности в различных областях представлена на рисунке 2.

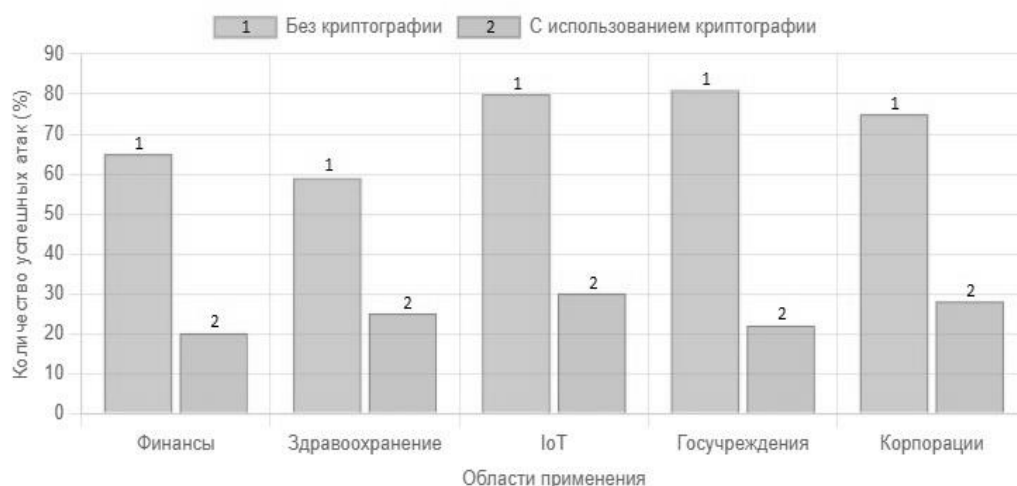


Рис. 2. Роль криптографии в обеспечении безопасности информационных технологий

Несмотря на широкое использование криптографии, существуют и проблемы, связанные с ее применением [5,6]:

1. Сложность использования – многие методы шифрования требуют специальных знаний и настроек, что может затруднить их использование обычными пользователями.
2. Устойчивость к криптоанализу – со временем методы криптоанализа становятся все более эффективными, что делает некоторые методы шифрования менее надежными.

На рисунке 3 представлена динамика проблем использования криптографии.

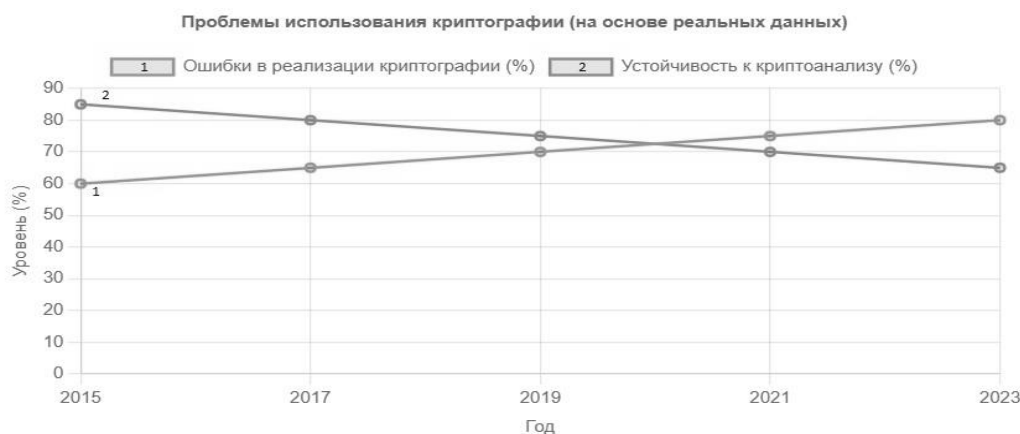


Рис. 3. Динамика проблем использования криптографии: ошибки реализации и устойчивость к криптоанализу

Криптографическая защита данных является важнейшим инструментом в обеспечении безопасности информации в современном мире. Она позволяет обеспечить конфиденциальность, целостность и аутентификацию данных в условиях активных кибератак и различных угроз для информационной безопасности. Криптография является не только теоретической наукой, но и практическим инструментом, используемым на практике для обеспечения безопасности информационных технологий.

Криптографическая защита данных является неотъемлемой частью современных информационных технологий. Ее применение в различных областях позволяет обеспечить конфиденциальность, целостность и аутентификацию данных в условиях активных киберугроз. Эффективное применение криптографической защиты данных играет важную роль в защите информации и обеспечении безопасности информационных технологий. Перспективы развития криптографии связаны с разработкой новых методов шифрования и совершенствованием существующих, а также с улучшением пользовательского интерфейса для упрощения использования шифрования.

Библиографический список

1. Sarkar A., Chatterjee S. R., Chakraborty M. Role of cryptography in network security //The "essence" of network security: an end-to-end panorama. – 2021. – С. 103-143.
2. Бабаши А. В., Баранова Е. К. Криптографические методы защиты информации. – 2022.
3. Алимагомедов М. Г. Роль криптографии в современном мире //Наука: общество, экономика, право. – 2020. – №. 1. – С. 229-234.
4. Ильин А. Г., Балагуров А. В. Современная криптография. – 2023.
5. Кодирова Е. Проблемы и решения в области криптографии и шифрования данных //INTERNATIONAL CONFERENCE ON MEDICINE, SCIENCE, AND EDUCATION. – 2024. – Т. 1. – №. 8. – С. 44-47.
6. Кудакбаев А. Р., Эшелиоглу Р. И. Криптографические методы защиты информации в современном мире //Современные технологии документооборота в бизнесе. – 2023. – С. 105.
7. Muttaqin K., Rahmadoni J. Analysis and design of file security system AES (advanced encryption standard) cryptography based //Journal of Applied Engineering and Technological Science (JAETS). – 2020. – Т. 1. – №. 2. – С. 113-123.
8. Khan M. R. et al. Analysis of elliptic curve cryptography & RSA //Journal of ICT Standardization. – 2023. – Т. 11. – №. 4. – С. 355-378.
9. Uriawan W. et al. Authenticate and Verification Source Files using SHA256 and HMAC Algorithms. – 2024

УДК 661.961.62

ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА ТРАЕКТОРНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

А.А. Псарёв, В.И. Михеев, Ю.А. Никольченко

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Современное развитие цифровых технологий позволило значительно увеличить вычислительные мощности, одновременно обеспечив высокую точность расчётов. Цифровые модели сегодня играют ключевую роль в оптимизации моделирования траекторий полета летательных аппаратов (ЛА), поскольку традиционные аналитические и эмпирические методы требуют значительных временных и ресурсных затрат при разработке ЛА, а их точность зачастую ограничивается допущениями и приближенными оценками. В связи с этим актуальной задачей является создание и внедрение цифровых моделей в процесс разработки новых ЛА, позволяющих повысить точность прогнозирования и адаптировать проектные решения в реальном времени.

Использование компьютерного моделирования и методов математического численного интегрирования позволяет учитывать широкий спектр внешних факторов, влияющих на движение ЛА, включая аэродинамические и гравитационные силы, а также влияние системы управления. Современные программные продукты и вычислительные алгоритмы обеспечивают высокую степень проработки моделей, что позволяет оценивать успешность различных решений в ходе разработки ЛА.

В данной статье рассматривается подход к разработке цифровой модели прогнозирования траекторных параметров летательного аппарата. Основное внимание уделяется проработке

математической модели движения ЛА ракеты, алгоритмам численного моделирования и методам оптимизации траектории. Применение данной модели позволит сократить время проектирования, повысить точность расчетов и оптимизировать параметры ракеты в зависимости от заданных условий полета.

Настоящая работа направлена на развитие и совершенствование методов цифрового моделирования ЛА, что является важным этапом в обеспечении надежности и эффективности современных ракетных комплексов.

Цифровая модель позволяет прогнозировать траектории ЛА при различных входных параметрах, что требует введения определенных допущений [3]:

- Ракета рассматривается как абсолютно твердое тело;
- Система управления считается идеальной;
- Возмущения отсутствуют;
- В расчетах не учитываются кориолисовы и центробежные силы.

Для расчета траекторных параметров ЛА использовалась система дифференциальных уравнений движения, позволяющая вычислить параметры ракеты в каждый момент времени:

Уравнение поступательного движения ЛА в проекции на полускоростные системы координат [1]:

$$1. \quad m \frac{d\vartheta}{dt} = P \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta - X - G \cdot \sin \varepsilon \quad (1)$$

$$2. \quad m \vartheta \frac{d\theta}{dt} = P(\sin \alpha \cdot \cos \gamma_c + \cos \alpha \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma_c) + Y \cdot \cos \gamma_c - Z \cdot \sin \gamma_c - G \cdot \cos \theta \quad (2)$$

$$3. \quad -m \vartheta \cdot \cos \varepsilon \frac{d\psi}{dt} = P(\sin \alpha \cdot \cos \gamma_c - \cos \alpha \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma_c) + Y \cdot \sin \gamma_c + Z \cdot \cos \gamma_c \quad (3)$$

Уравнения вращательного движения в проекции на связанную систему координат [1]:

$$4. \quad J_x \frac{d\omega_x}{dt} = M_{Ax} + M_{Rx} - (J_z - J_y) \cdot \omega_y \omega_z \quad (4)$$

$$5. \quad J_y \frac{d\omega_y}{dt} = M_{Ay} + M_{Ry} - (J_x - J_z) \cdot \omega_z \omega_x \quad (5)$$

$$6. \quad J_z \frac{d\omega_z}{dt} = M_{Az} + M_{Rz} - (J_y - J_x) \cdot \omega_x \omega_y \quad (6)$$

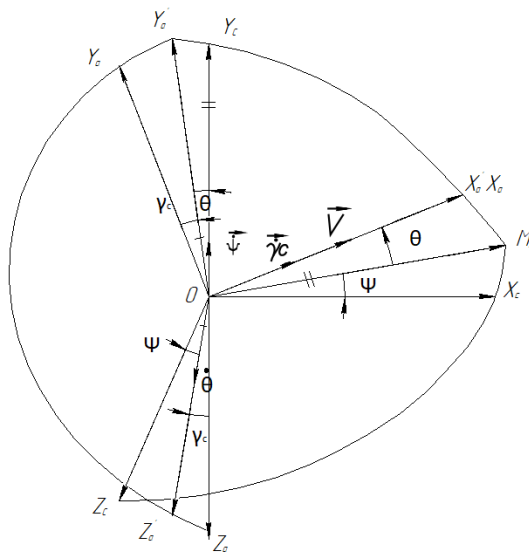


Рис. 1. Взаимное расположение стартовой, скоростной и полускоростной системы координат

Кинематические соотношения для определения Эйлеровых углов [1]:

$$7. \frac{d\psi_p}{dt} = \frac{1}{\cos\varphi} (\omega_y \cos\gamma - \omega_z \sin\gamma) \quad (7)$$

$$8. \frac{d\vartheta}{dt} = \omega_y \sin\gamma + \omega_z \cos\gamma \quad (8)$$

$$9. \frac{d\varphi}{dt} = \omega_x - \tan\varphi (\omega_y \cos\gamma - \omega_z \sin\gamma) \quad (9)$$

Уравнения изменения координат ЛА в стартовой системе координат [1]:

$$10. \frac{dx_0}{dt} = \vartheta \cos\epsilon \cos\psi \quad (10)$$

$$11. \frac{dy_0}{dt} = \vartheta \sin\epsilon \quad (11)$$

$$12. \frac{dz_0}{dt} = -\vartheta \cos\epsilon \sin\psi \quad (12)$$

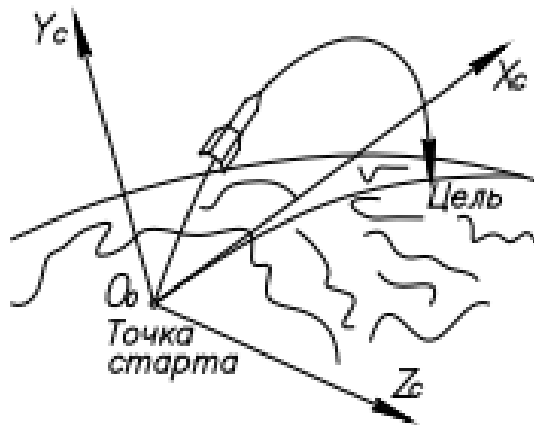


Рис. 2. Стартовая система координат [3]

Основной задачей при создании цифровой модели является формирование множества подмодулей, повышающих точность расчетов. Среди них важную роль играют модуль вычисления атмосферных параметров и модуль расчета центров масс и моментов инерции.

Модуль вычисления атмосферных параметров

Этот модуль учитывает изменения плотности, температуры и давления воздуха на различных высотах, что критически важно для моделирования полета ЛА в реальных условиях. Параметры атмосферы существенно влияют на аэродинамические характеристики, что делает их точный учет необходимым для прогнозирования траектории и эффективности полета. Этот модуль использует математические модели атмосферы, такие как стандартная атмосфера или эмпирические зависимости, позволяя учитывать влияние различных факторов.

Модуль расчета центров масс и моментов инерции

Данный модуль играет критическую роль в анализе аэродинамических характеристик ЛА, ее устойчивости и управляемости. Точные расчеты положения центра масс необходимы для балансировки ЛА и обеспечения ее предсказуемого поведения в полете. Моменты инерции, зависящие от распределения массы, оказывают влияние на динамическую устойчивость и возможность маневрирования. Этот модуль позволяет рассчитывать изменения центра масс в процессе расходования топлива и других изменений в конструкции, что особенно важно для многоступенчатых ракет и управляемых летательных аппаратов.

Модульная структура цифровой модели повышает точность расчетов, разделяя вычисления на специализированные блоки, каждый из которых выполняет свою задачу. Это позволяет минимизировать ошибки, повысить адаптивность системы и интегрировать новые методы вычислений без необходимости переработки всей модели. В результате такая структура обеспечивает гибкость, масштабируемость и эффективность цифровой модели, что делает ее важным инструментом для проектирования, оптимизации и анализа аэродинамических и баллистических характеристик ЛА и других летательных аппаратов.

Для вычисления центров масс и моментов инерции используются триангулированные поверхностные модели (mesh). Как показано в статье [2], можно использовать STL-модели объекта и численные методы для расчета объемных характеристик. В частности, с помощью алгоритмов интегрирования по поверхности можно вычислить объем ракеты, центр масс и моменты инерции без необходимости разбивать объект на внутренние элементы.

Методика расчета основана на использовании треугольных элементов сетки и вычислении вкладов каждого элемента в общие параметры. Важно учитывать, что точность вычислений зависит от качества триангуляции и корректного задания граничных условий. Подход, основанный на поверхностной модели, позволяет значительно упростить процесс определения параметров ракеты, особенно при работе со сложными геометрическими формами.[2]

Разработанная цифровая модель расчета траекторных параметров баллистических ракет демонстрирует высокую точность и эффективность при моделировании движения ракеты при различных условиях старта. Использование численных методов интегрирования, анализа аэродинамических характеристик позволяет существенно сократить время проектирования, а также повысить точность прогнозирования полета.

Модульная структура модели обеспечивает гибкость и возможность адаптации под различные исходные данные, что делает ее универсальным инструментом для проектирования и анализа ЛА. Включение в модель расчета центров масс и моментов инерции с применением триангулированных поверхностных моделей позволяет повысить точность аэродинамических расчетов и улучшить предсказуемость поведения ракеты в полете.

Библиографический список

1. Лебедев А. А., Чернобровкин Л.С. Динамика полета беспилотных летательных аппаратов. Москва: Министерство высшего специального образования РСФСР, 1962. С 616.
2. Объем, центр масс, моменты инерции тела, имея только mesh поверхности [Электронный ресурс] // Хабр; URL: <https://habr.com/ru/articles/579364/> (дата обращения: 17.02.2025).
3. Т.Ю. Лемешонок, А.А. Сизова, Н. Е. Баранов, В. А. Санников, Математические модели динамики движения летательных аппаратов: учебное пособие/ Т.Ю. Лемешонок [и др.]; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2020. – 122 с.

УДК 629.7

РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТА СОЗДАНИЯ, ХРАНЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНТЕНТА С ПРИМЕНЕНИЕМ БАЗЫ ДАННЫХ

М.Д. Суров

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Понятие жизненного цикла связано с тем, что изделие может проявлять различные свойства в различные промежутки времени своего существования, начиная от идеи, заканчивая утилизацией. Такие промежутки времени выделяют как отдельные процессы жизненного цикла. Эти процессы следуют друг за другом, но позволяют в любой момент вернуться на любой предыдущий этап с учётом всей проделанной работы.

Основная проблема жизненного цикла на текущий момент состоит в том, что связь между данными процессами выражена слабо, что вызывает большие временные затраты при длительной разработке изделия. Разрабатываемая система должна позволить усилить связь между различными процессами жизненного цикла за счёт:

- возможности хранения информации об изделии в единой информационной модели;
- возможности разработки множества интерфейсов под различные процессы жизненного цикла;
- возможности являться точкой входа и выхода для различных процессов жизненного цикла;
- возможности упрощённого рассмотрения изделия в рамках системы с точки зрения различных процессов жизненного цикла.

Иными словами, в системе должен храниться цифровой двойник проектируемого объекта, с которым человек может взаимодействовать средствами системы, дополняя его и проводя исследования для совершенствования объекта.

Как правило, изделие разрабатывается группой людей, поэтому предполагается, что разрабатываемое программное обеспечение будет использоваться на некотором множестве устройств, называемых автоматизированными рабочими местами (АРМ). С целью осуществления возможности быстрой модификации всех рабочих мест с программой, предотвращения возможной потери исходного кода, а также синхронизации информации между АРМами разработка происходит на основе браузерных технологий. Благодаря тому, что браузер является интерпретатором, исходный и исполнительный код являются одним и тем же файлом.

Для хранения информации в системе организуется база данных.

Из-за наличия группы людей в системе имеет смысл понятие пользователя и хранение информации о нём в базе данных.

Помимо содержательной информации в базе данных предполагается хранить и исполнительную. То есть контент, который отвечает за интерфейсную и функциональную составляющую, будет расположен в базе данных.

Информация о разрабатываемых изделиях также храниться в базе данных в единой информационной модели.

Концепт хранения информации в базе данных основан на принципе «только добавлять». За счёт этого обеспечивается сохранение истории изменений контента, лёгкость модификации исполнительного контента и добавление новых возможностей без угрозы потери работоспособности имеющегося контента.

Таким образом, на АРМах достаточно иметь некоторый базовый контент, который способен установить соединение с базой данных, принять нужные для работы файлы и исполнить их.

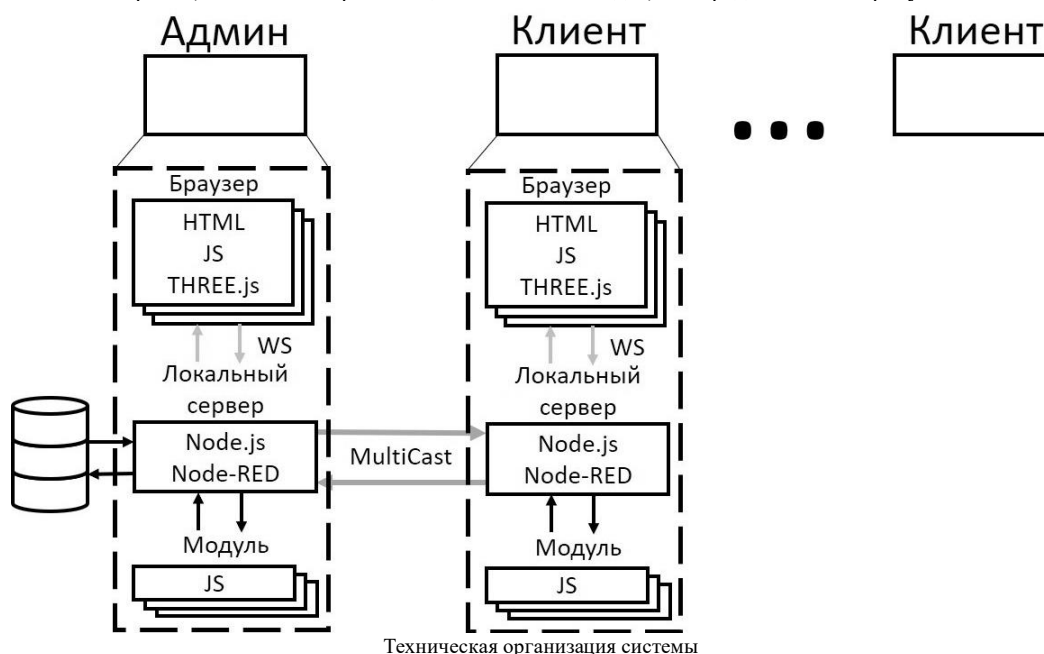
Для организации такого функционирования каждый АРМ должен обладать определённой однотипной структурой. В каждом АРМе имеется локальный сервер по технологии node.js с надстройкой в виде Node-RED. В функции локального сервера входит:

- открытие канала связи по технологии Multicast для периодического вещания о параметрах АРМа, получения файлов контента и команд управления;
- возможность авторизоваться в сети;
- возможность загружать к себе файлы из базы данных (после авторизации);
- возможность создавать автономные участки кода (модули) на стороне локального сервера из загруженных файлов контента;
- возможность открывать страницы браузера с загруженным контентом.

Среди множества однотипных АРМов выделяется административный АРМ, на котором расположена база данных. Для административного АРМа к вышеуказанным функциям добавляются следующие:

- возможность открытия страницы администрирования системы;
- возможность взаимодействия с базой данных.

Таким образом, схематично организация системы выглядит, как представлено на рисунке 0.



Для обеспечения хранения различного контента в базе данных организуется определённая структура понятий:

- Задачи.
- Страницы.
- Фрагменты.
- Объекты.

Данные понятия определены из условий использования системы и ориентированы на взаимодействие с пользователем. Задача определяет функциональность, которая требуется от контента для решения обозначенной задачи. Задачей определяется базовый шаблон интерфейса, который будет использоваться для построения страниц. В задачу входит множество страниц.

Страница обозначает некоторый этап или процесс, нужный для решения задачи. Для улучшения восприятия следует страницы выделять таким образом, чтобы они не требовали динамических элементов (например, полос прокрутки). В страницу входит множество фрагментов.

Фрагментом называется некоторая часть страницы, в котором находится целостный и самодостаточный контент (например, динамический список и код для управления этим списком на стороне браузера и локального сервера). Во фрагменте используется множество объектов.

Объектами являются информация, представленная текстом или массивом байт. Объекты используются хранения и использования повторяющегося контента во фрагментах. В объекты возможно размещение любого исполнительного контента: html текст, код, изображения в различных форматах, 3D модели и т.д. Внутри фрагмента определяется способ использования объекта.

Базовый шаблон интерфейса задачи может быть различным и корректироваться от задачи к задаче. При этом для улучшения восприятия различных задач был разработан универсальный шаблон, который используется по умолчанию. Данный шаблон представлен на рисунке 0.

1	2	3
1.1	2.1	3.1
4	5	6
7	8	9

Шаблон интерфейса задачи по умолчанию

Данный шаблон разделён на 9 основных частей. В каждой части размещается соответствующий фрагмент страницы. У каждой части подразумевается свой функционал.

Части 1 и 3, отмеченные на рисунке, предназначены для размещения опознавательных эмблем организации, в которой используется программное обеспечение.

В части 2 размещается заголовок страницы или задачи.

В части 2.1 располагается перечень доступных страниц в этой задаче.

В частях 4, 5, 6 находится основной контент страницы. При этом части 4 и 6 предназначены для размещения вспомогательных элементов. В частях 1.1 и 3.1 могут быть размещены кнопки малого размера для управления (например, добавить, удалить и т.д.).

Части 7, 8, 9 предназначены для вывода статуса системы, выполняемой операции.

Для обеспечения информационной связи между фрагментами на уровне страниц может быть размещён произвольный код. Для обеспечения связи между страницами на уровне задачи также может быть размещён произвольный код.

На уровне фрагмента может быть размещён произвольный текст html и код для написания контента, который характерен только для данного фрагмента. Если обнаруживается потребность в его повторении в другом фрагменте, то данный контент переносится на уровень объектов.

Для использования объектов во фрагментах вводится структура их использования, которая определяет, какие объекты используются во фрагменте и каким образом они используются.

На данный момент выделяются 4 принципиально различных вида использования объектов:

Загрузка по каналу WebSocket.

Загрузка по http запросу.

Использование в модуле локального сервера.

Использование в 3D среде.

Научный руководитель – к.т.н., зав.сектором В.Ф. Жуковский

Библиографический список

RFC "The WebSocket Protocol" от 01.12.2011 № 6455 // IETF.

ГОСТ 22487-77. Проектирование автоматизированное. Термины и определения. М., 1978. 14 с.

Вильданов А.Н. 3D-моделирование на WebGL с помощью библиотеки Three.js: учебное пособие. Уфа: Изд-во РИЦ БашГУ, 2014. 113 с.

УДК 681.5

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ БПЛА ПО ЗАДАННОМУ МАРШРУТУ

А.М. Кудрявцев

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Введение. Следование по заданному пути — одна из главных задач БПЛА. Существуют методы, представляющие собой преследование целевой точки, законы наведения в пределах прямой видимости [1], а также их комбинации [2]. Такие алгоритмы используют виртуальную целевую точку (ВЦТ). Законы наведения предписывают БПЛА преследовать ВЦТ, которая в конечном итоге приводит его на заданную траекторию. Расстояние между ВЦТ и положением БПЛА, проецируемым на траекторию, называется виртуальным расстоянием. Стабильность законов наведения в пределах прямой видимости существенно зависит от выбора параметра виртуального расстояния.

Математическая модель. Целью работы является создание алгоритма управления движением БПЛА на основе направляющих векторных полей [3]. В качестве объекта исследования была выбрана кинематическая модель БПЛА 6-го порядка с координированным, которая позволит достаточно полно описать поведение летательного аппарата [4]:

$$\begin{aligned}
\dot{x} &= V \cos \gamma \cos \psi; \\
\dot{y} &= V \cos \gamma \sin \psi; \\
\dot{h} &= V \sin \gamma; \\
\dot{\psi} &= \frac{g \tan \varphi}{V}; \\
\dot{V} &= \omega_1; \\
\dot{\gamma} &= \omega_2,
\end{aligned} \quad \#(1)$$

где x, y, h – координаты ЛА, V – скорость движения ЛА, γ – угол наклона траектории, ψ – угол курса ЛА, φ – угол крена, ω_1, ω_2 – сигналы управления.

Управление моделью, описанной системой (1), реализуется изменением скорости, угла наклона траектории и угла курса. Сигналы управления φ, ω_1 и ω_2 . Для данной системы заданным является движение по траектории, которая определяется координатами x, y, z . Сделаем следующие допущения:

$$\begin{aligned}
\dot{x} &= V \cos \gamma \cos \psi =: u_x(x, t); \\
\dot{y} &= V \cos \gamma \sin \psi =: u_y(y, t); \\
\dot{z} &= V \sin \gamma =: u_z(z, t),
\end{aligned} \quad \#(2)$$

где u_x, u_y, u_z виртуальные управления. Для последующего использования этих управлений в алгоритме, выразим переменные V, γ и ψ через виртуальные управления u_x, u_y, u_z :

$$\begin{aligned}
\bar{V} &= \sqrt{u_x^2 + u_y^2 + u_z^2}; \\
\bar{\gamma} &= \arcsin \left(\frac{u_z}{\sqrt{u_x^2 + u_y^2 + u_z^2}} \right); \\
\bar{\psi} &= \arctan 2 \left(\frac{u_y}{u_x} \right).
\end{aligned} \quad \#(3)$$

Приведенные значения являются целевыми и добиться их достижения можно выбором соответствующих законов управления для φ, ω_1 и ω_2 :

$$\begin{aligned}
\varphi &= \arctan \left(\frac{V}{g} \left(\dot{\bar{\psi}} - k_\psi (\psi - \bar{\psi}) \right) \right); \\
\omega_1 &= \dot{\bar{V}} - k_V (V - \bar{V}); \\
\omega_2 &= \dot{\bar{\gamma}} - k_\gamma (\gamma - \bar{\gamma}),
\end{aligned} \quad \#(4)$$

где коэффициенты управления $k_\psi > 0, k_V > 0, k_\gamma > 0$ подбираются исходя из качества переходных процессов.

Необходимые для расчёта управлений производные:

$$\begin{aligned}
\dot{\bar{\psi}} &= \frac{\dot{u}_y u_x - \dot{u}_x u_y}{u_x^2 + u_y^2}; \\
\dot{\bar{V}} &= \frac{\dot{u}_x u_x + \dot{u}_y u_y + \dot{u}_z u_z}{\sqrt{u_x^2 + u_y^2 + u_z^2}}; \\
\dot{\bar{\gamma}} &= \frac{\dot{u}_z (u_x^2 + u_y^2) - u_z (\dot{u}_x u_x + \dot{u}_y u_y)}{\sqrt{u_x^2 + u_y^2} (u_x^2 + u_y^2 + u_z^2)}.
\end{aligned} \quad \#(5)$$

Направляющие векторные поля. Метод наведения направляющими векторными полями — это подход к управлению движением роботов, БПЛА или других автономных систем, который использует векторные поля для задания желаемого направления движения [5]. Этот метод часто применяется для следования по заданной траектории или обхода препятствий. Метод направляющих векторных полей основан на создании векторного поля, которое определяет направление движения системы в каждой точке пространства. Векторное поле строится таким образом, чтобы система следовала за векторами поля, достигая целевой точки или траектории. Для обхода препятствий векторное поле может быть модифицировано так, чтобы объект отклонялся от препятствий. Например, можно добавить "отталкивающие" векторы вблизи препятствий.

В работе [6] был продемонстрирован динамический алгоритм планирования движения БПЛА для движения по окружности над наземной целью с целью отслеживания. К достоинствам метода можно отнести гибкость – векторные поля могут быть адаптированы для различных задач, таких как наведение на цель, следование по траектории или обход препятствий, а также робастность – метод устойчив к небольшим отклонениям и шумам в измерениях.

Пусть требуемый путь P задается двумя функциями $f_i: R^3 \rightarrow R, i = 1, 2$, которые непрерывны и дважды дифференцируемы:

$$P := \{ \xi \in R^3 : f_1(\xi) = 0, f_2(\xi) = 0 \}.$$

Путь P не пустой, связанный и одномерный. $\chi \in C^1: R^3 \rightarrow R^3$. В работе [7] было предложено следующее векторное поле $\chi \in C^1: R^3 \rightarrow R^3$:

$$\chi(\xi) = n_1(\xi) \times n_2(\xi) - k_1 e_1(\xi) n_1(\xi) - k_2 e_2(\xi) n_2(\xi), (6)$$

где $n_i(\xi) = \nabla f_i(\xi)$ это градиент f_i , $k_i > 0$ коэффициенты усиления и функция ошибки $e_i = f_i(\xi)$, которую можно трактовать, как "дистанцию" до поверхностей $\{ \xi \in R^3 : f_i(\xi) = 0 \}$ для $i = 1, 2$.

Таким образом совокупность уравнений (3) и (6) даёт возможность использовать метод направляющих векторных полей для модели БПЛА (1).

Структурно-динамическая схема системы управления. Структурная схема системы управления БПЛА приведена на рисунке 1.

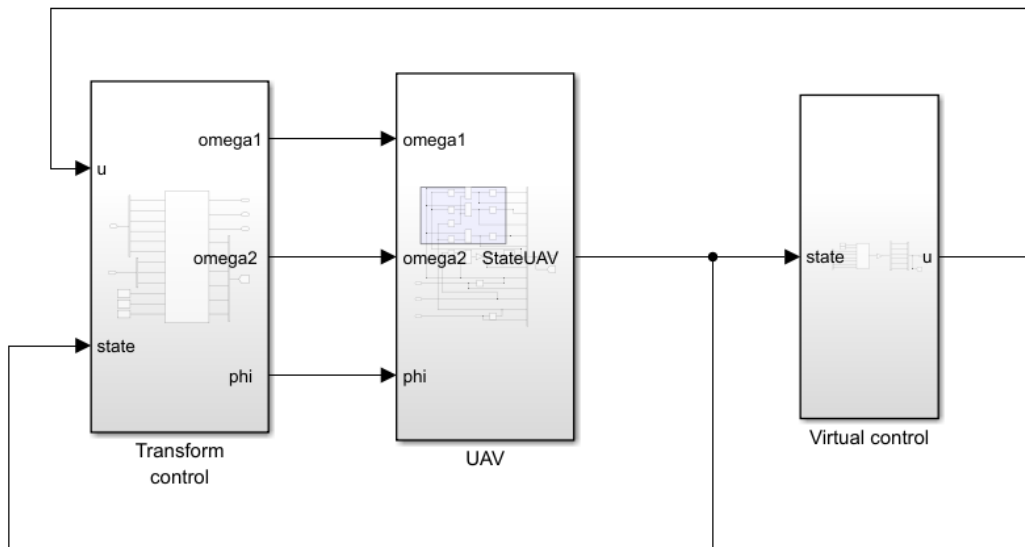


Рис. 1. Структурная схема системы управления

Схема описывает систему управления БПЛА, где:

В блоке Virtual control (виртуальное управление) рассчитываются сигналы управления на основе текущего состояния и целевых параметров, с помощью которых в блоке Transform control (преобразование управления) вырабатываются реальные сигналы управления. Блок UAV представляет собой исследуемую модель БПЛА.

Моделирование процесса функционирования системы. Модель, реализующая движение БПЛА, написана в среде Mathworks Matlab R2021b [8]. Полученные алгоритмы управления были промоделированы для различных вариантов задания требуемого пути БПЛА.

В первом случае рассматривается движение по ограниченному пути. Направление движения задается пересечением цилиндрической поверхности и горизонтальной поверхности, описываемых следующими функциями: $f_1 = x^2 + y^2 - 250^2$, $f_2 = z - 100$.

Виртуальные управления имеют вид:

$$\begin{aligned} u_x &= 2*y - 2*k_1*x*(x^2 + y^2 - 62500); \\ u_y &= -2*x - 2*k_1*y*(x^2 + y^2 - 62500); \\ u_z &= -k_2*(z - 100). \end{aligned}$$

Сигналы управления вычисляются по уравнениям (3), (4), (5). Коэффициенты усиления в алгоритме были выбраны следующими: $k_V = 0.25$, $k_\psi = 0.5$, $k_\gamma = 0.5$. Начальное состояние летательного аппарата: $x(0) = 20$, $y(0) = 270$, $z(0) = 0$, $V(0) = 50$, $\varphi = 0^\circ$, $\gamma = 0^\circ$, $\psi = 6^\circ$.

На рисунке 2 приведены требуемая и реальная траектория движения БПЛА при заданных начальных условиях. Графики функций ошибки e_1 и e_2 представлены на рисунке 3.

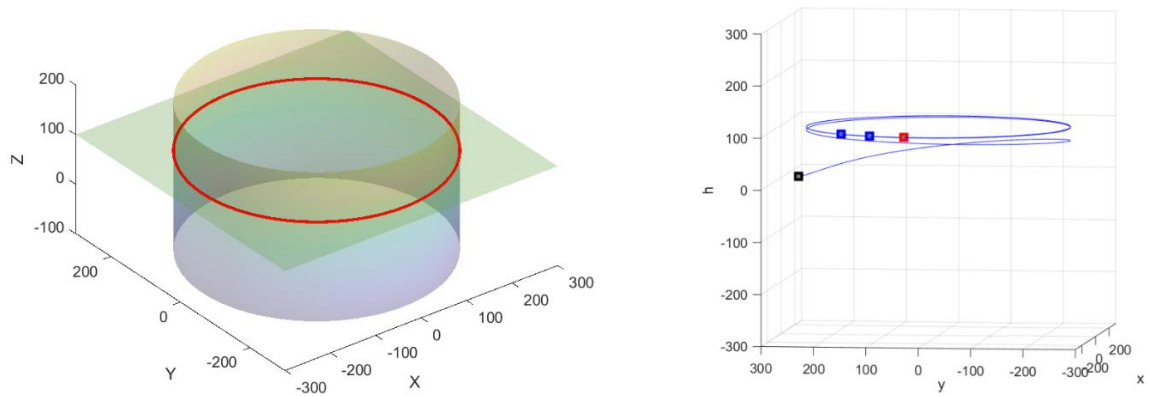


Рис. 2. Движение БПЛА по ограниченному пути

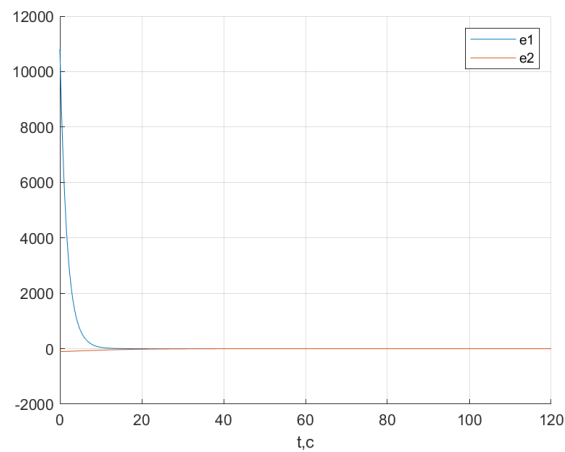


Рис. 3. Функции ошибок, при движении по заданному ограниченному пути

Во втором случае рассматривается движение по неограниченному пути. Направление движения задается спиралью, полученной пересечением функций $f_1 = x - \cos(z)$, $f_2 = y - \cos(z)$.

Виртуальные управления имеют вид:

$$u_x = -\sin(z) - k_1 * (x - \cos(z));$$

$$u_y = \cos(z) - k_2 * (y - \sin(z));$$

$$u_z = k_2 * \cos(z) * (y - \sin(z)) - k_1 * \sin(z) * (x - \cos(z)) + 1.$$

Сигналы управления вычисляются по уравнениям (3), (4), (5). Коэффициенты усиления в алгоритме были выбраны следующими: $k_V=10$, $k_\psi=10$, $k_\gamma=10$. Начальное состояние летательного аппарата: $x(0)=0$, $y(0)=5$, $z(0)=5$, $V(0)=10$, $\varphi=0^\circ$, $\gamma=0^\circ$, $\psi=6^\circ$.

На рисунке 4 приведена траектория движения БПЛА. Графики функций ошибки e_1 и e_2 представлены на рисунке 5.

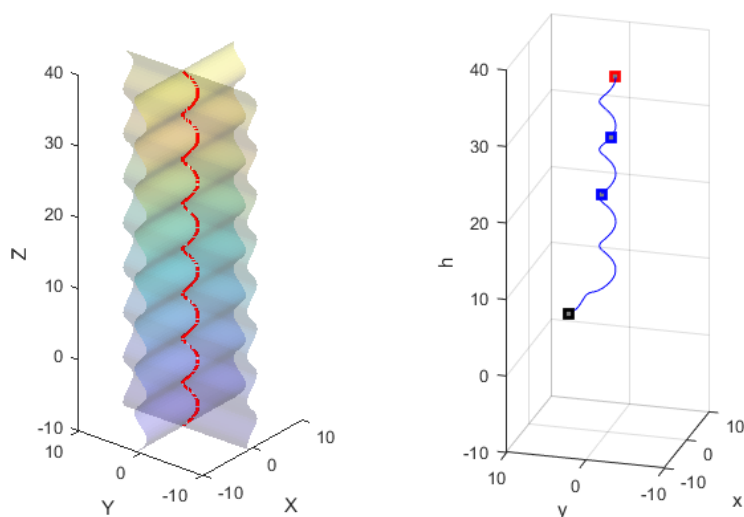


Рис. 4. Движение БПЛА по неограниченному пути

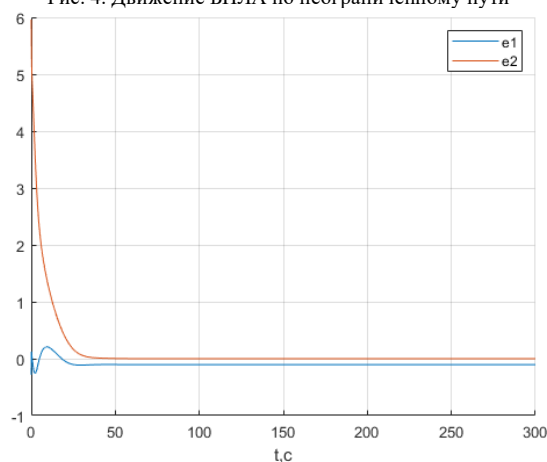


Рис. 5. Функции ошибок, при движении по неограниченному пути

Заключение. Метод направляющих векторных полей доказал свою эффективность для решения задач управления движением БПЛА по заданному пути. Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшего улучшения системы управления, включая адаптацию модели к различным условиям.

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.М. Попов

Библиографический список

1. Fossen Thor I., Breivik Morten, Skjetne Roger. Line-of-sight path following of underactuated marine craft // IFAC Proceedings Volumes. — 2003. — Vol. 36, no. 21. — P. 211–216. — 6th IFAC Conference on Manoeuvring and Control of Marine Craft (MCMC 2003), Girona, Spain, 17-19 September, 1997.
2. Park Sanghyuk, Deyst John — How Jonathan P. Performance and Lyapunov Stability of a Nonlinear Path Following Guidance Method // Journal of Guidance, Control, and Dynamics. — 2007. — Vol. 30, no. 6. — P. 1718–1728.
3. Yao, Weijia. Guiding Vector Fields for Robot Motion Control: University of Groningen, 2021. 281 p.
4. D. Lawrence, E. Frew, and W. Pisano, “Lyapunov vector fields for autonomous uav flight control,” in AIAA Guidance, Navigation and Control Conference and Exhibit, 2007, p. 6317
5. Beard R. W., McLain T. W. Small Unmanned Aircraft: Theory and Practice Supplement. Princeton: Princeton University Press, 2024. — 397 p.
6. Chen H., Chang K., Agate C. S. UAV Path Planning with Tangentplus-Lyapunov Vector Field Guidance and Obstacle Avoidance // IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems. — 2013. — Vol. 49, no. 2. — P. 840–856.
7. Yao, Weijia, and Cao, Ming. (2020). Path following control in 3D using a vector field. Automatica. 117. 108957.
8. MathWorks. MATLAB – URL: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html> (дата обращения 15.02.2025).

УДК 536.621.1

РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕГО МОДУЛЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИБОРА ИЗМЕРЕНИЯ НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ ОБЛАЧНОСТИ

В.И. Киселев

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Облака являются характерным метеорологическим элементом, оказывающим существенное влияние на безопасность полетов, особенно в зоне аэропортов на этапах взлета и посадки. Поэтому информация о параметрах облачности, и в первую очередь о высоте нижней границы облачности (НГО), необходима для оценки метеорологической обстановки в воздухе и обеспечении безопасности полетов.

В настоящее время разрабатываются, изготавливаются и используются различные приборы дистанционного измерения нижней границы облачности, основанные на использовании лазерного излучения, которые имеют ряд существенных преимуществ, позволяющих повысить точность и автоматизировать процесс измерения.

В настоящее время фирмой АО «Лазерные системы» разрабатывается и выпускается линейка лазерных приборов измерения НГО SkyDex [1], предназначенных для использования в аэропортах.

Принцип действия прибора (рисунок 1), основан на измерении времени, необходимом для прохождения короткого импульса света в атмосфере от излучателя до рассеивающей нижней границы облаков и возврата на приемник [2]. Полученный временной интервал преобразуется в значения НГО и передается в линию связи.

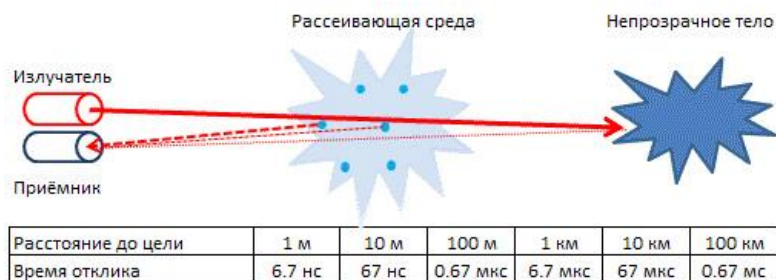
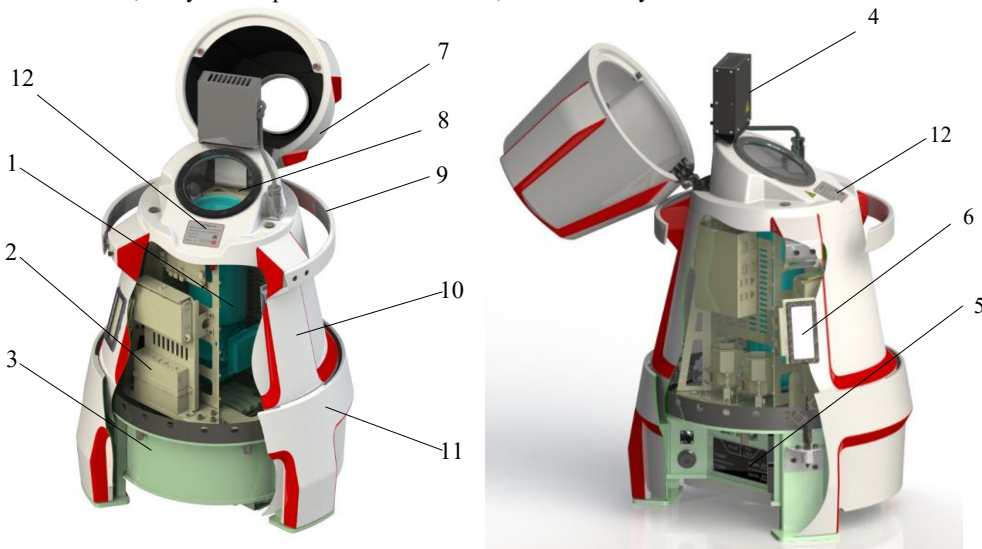


Рисунок 1 – Принцип действия облакомера

Облакомер отправляет короткие мощные импульсы с фиксированной частотой и длительностью в вертикальном направлении. Обратно-отраженное и рассеянное излучение, вызванное дымкой, туманом, мглой, выпадающими осадками и облаками, измеряется по мере прохождения лазерных импульсов в атмосфере. Получаемый профиль обратного рассеяния обрабатывается и при известном времени задержки между отправкой лазерного импульса и приемом отраженного сигнала определяется высота НГО. Прибор способен одновременно определять до трех слоев облачности.

Изделие состоит из следующих основных функциональных модулей, механически соединенных между собой, имеющих электронные и оптические каналы связи (рисунок 1а): модуль оптико-механический, модуль управления и сбора данных, модуль автономного электропитания, модуль термостабилизации, модуль обогрева и очистки стекла, панель коммутации и панель индикации.



1 – оптико-механический модуль, 2 – модуль управления и сбора данных, 3 – модуль автономного электропитания, 4 – внешний обогреватель, 5 – панель индикации, 6 – панель коммутации, 7 – бленда, 8 – защитное стекло, 9 – ручка, 10 – корпус, 11 – кожух, 12 – маркировочная шильда

Рисунок 1а – Устройство прибора измерения НГО

Модуль управления и сбора данных, отвечает за управление оборудованием изделия, сбор и обработку данных измерений с последующей их передачей на удаленный ПК.

Взаимодействие с изделием, контроль его работы и визуализация результатов измерений, осуществляется в режиме реального времени следующими способами:

- по протоколу связи, по интерфейсу RS-485.
- по протоколу Modbus по интерфейсу Ethernet

Функционирование встроенного ПО осуществляется на процессорной плате модуля управления и сбора данных. Встроенное ПО запускается на выполнение автоматически при подаче питания на облакомер и установлении требуемого диапазона температур.

Протоколы связи предполагают только передачу команд и получения данных и не позволяют изменять конфигурацию ПО и значения параметров, участвующих в вычислениях и влияющих на результат измерений.

В управляющем программном обеспечении (УПО) SkyDex-9 реализован принцип модульного построения программного обеспечения, когда каждый отдельный модуль отвечает за решение узкоспециализированной задачи. В состав УПО SkyDex-9 входят следующие модули:

Управляющий модуль – осуществляет контроль параметров и управление подсистемами прибора, прием управляющих команд и передача данных измерений.

Модуль сбора данных – производит конфигурирование параметров оцифровки, выполняет приём 12-битных данных по параллельной шине с АЦП через промежуточный буфер, а также осуществляет взаимодействие с драйвером лазера: управляет сигналами разрешения/запрещения излучения, обеспечивает формирование импульсов, а также управляет подстройкой температуры для поддержания требуемой внутренней температуры лазера.

Модуль взаимодействия с термосистемой – контролирует внутреннюю температуру прибора.

Модуль внешнего протокола – реализуют взаимодействие с управляющим ПК по интерфейсу rs-485.

Модуль клиентского протокола – взаимодействие с управляющим ПК по Ethernet.

Структура программы с учетом взаимосвязи входящих модулей приведена на рисунке 2.

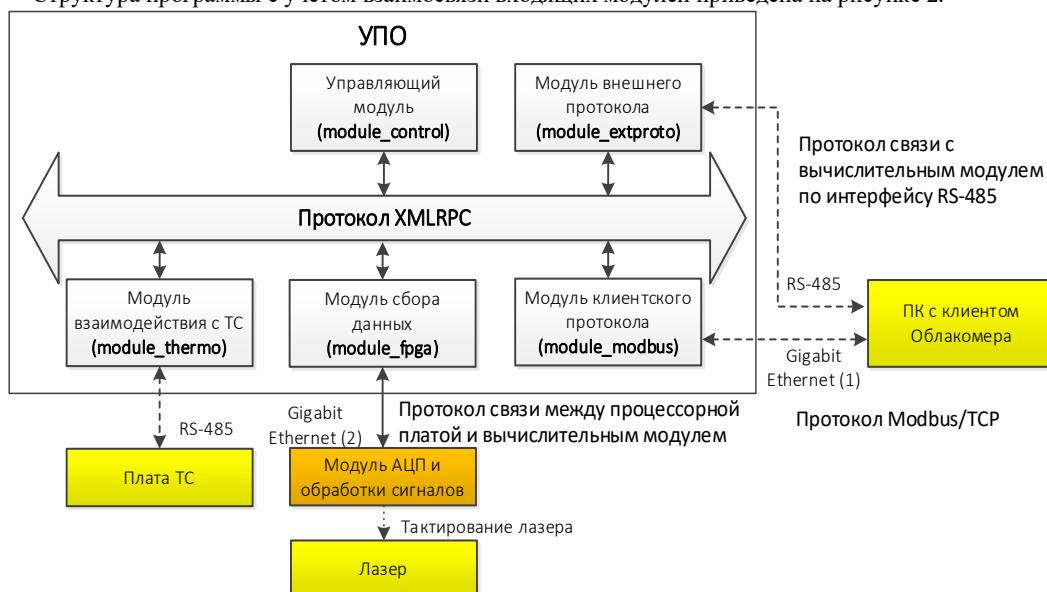


Рисунок 2 - Структура управляющего программного обеспечения

Одним из центральных модулей УПО является управляющий модуль, который должен обеспечивать:

- контроль параметров и управление различными функциональными подсистемами и оборудованием изделия;

- диагностика работы изделия;
- сбор и математическая обработка данных в реальном времени;
- прием управляющих команд от клиентского ПО и передача данных измерения и диагностической информации на удаленный компьютер.

Требование к программным средствам:

- программные модули должны быть разработаны для функционирования под операционной системой Ubuntu 16.04;

- работа должна быть реализована с применением фреймворка Qt 5 [3];

- обмен должен осуществляться с помощью протокола XMLRPC [4].

При проектировании был сделан граф состояний, изображенный на рисунке 3.

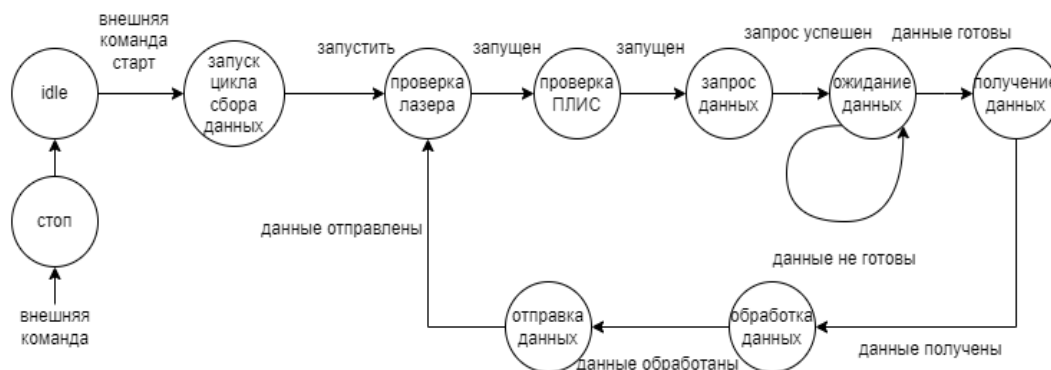


Рисунок 3 – Граф состояний управляющего модуля

idle – начальное состояние модуля. Лазер не запущен, сбор и обработка данных не производится.

Запуск цикла сбора данных – запуск лазера, переключение индикации в рабочее состояние, инициализация математической библиотеки, подписка на события изменения состояния системы.

Проверка лазера – опрос модуля лазера на корректность запуска и работы.

Проверка ПЛИС – опрос модуля ПЛИС на корректность запуска и работы.

Запрос данных – команда модулю лазера о начале сбора данных.

Ожидание данных – ожидание готовности данных от модуля ПЛИС.

Получение данных – получение необработанных данных из модуля ПЛИС по протоколу, распаковка данных из протоколу XML-RPC.

Обработка данных – математическая обработка данных. Результат обработки – высоты НГО.

Отправка данных – отправка данных по протоколу клиенту.

После завершения цикла, модуль возвращается к проверке лазера, пока прибор не будет выключен или не поступит команда прекращения работы.

По итогам проектирования было принято решение реализовать следующие классы:

Класса CeilometerControlModuleLoader, инициализирующий модуль контроля, посредством создания объекта класса CeilometerControlModule, который реализует большую часть операций модуля и управляет наследуемыми классами:

- Класс DeviceStateUpdater отслеживает изменения состояния устройства, и изменяет состояние устройства по XMLRPC.

- Класс CeilometerDeviceState содержит реализацию статусов компонентов прибора и методов управления состоянием компонентов.

- Класс SystemStateUpdater отслеживает статус работы приложения. В нем содержится перечисление CeilometerState, реализующее кодирование ошибок.

- Класс IndicatorsUpdater, управляющий индикацией прибора.

- Класс ResultsUpdater, который управляет получением, маршрутизацией и обработкой данных, полученных с аппаратуры.

- Класс SensorsUpdater контролирует состояние модулей, управляющих аппаратурой.

Передача данных между модулями во время работы программы осуществляется по протоколу XMLRPC. В качестве реализации протокола используется библиотека QXmlRpc

QXmlRpc предоставляет классы и функции для создания клиентских и серверных приложений, использующих протокол XML-RPC. Библиотека включает в себя средства для сериализации и десериализации XMLRPC-запросов и ответов, а также для установления и обработки сетевых соединений.

Подключение удаленного ПК осуществляется по интерфейсу RS-485. Взаимодействие с изделием осуществляется с помощью стороннего программного обеспечения по протоколу связи.

По итогам проектирования ключевым решением стала интеграция паттернов «Машина состояний» и «Наблюдатель», позволяющая реализовать динамическое взаимодействие компонентов системы: разделение поведения объекта на независимые состояния, синхронизацию их изменений через механизм оповещений и обеспечение гибкой реакции на события в рамках заданной логики переходов.

Паттерн «Машина состояний» позволяет разделить различные аспекты поведения объекта на отдельные классы состояний, что делает код более модульным, понятным и поддерживаемым.

Данный паттерн используется вместе с шаблоном проектирования «Observer», что позволяет подмодулям оповещать управляющий класс об изменении своего состояния, что вызывает соответствующую реакцию в машине состояний. Это позволяет реализовать гибкую и расширяемую систему, где подмодули могут оповещать управляющий класс о своем состоянии, а затем машина состояний реагирует на эти оповещения и осуществляет соответствующие переходы или действия.

При использовании паттерна «Наблюдатель» вместе с «Машиной состояний» подмодули выступают в роли наблюдаемых объектов (observable), которые генерируют события или оповещения о своем состоянии. Управляющий класс, который содержит машину состояний, выступает в роли наблюдателя (observer), который подписывается на оповещения от подмодулей.

Когда подмодуль изменяет свое состояние, он оповещает наблюдателя, отправляя сигнал или вызывая метод управляющего класса. Управляющий класс, являющийся наблюдателем, получает оповещение и, в соответствии с текущим состоянием машины состояний, реагирует на изменение состояния подмодуля. Он

может совершать переходы между состояниями, выполнять определенные действия или взаимодействовать с другими компонентами системы.

Разработанное программное обеспечение используется в модернизированном УПО линейки лазерных приборов измерения НГО SkyDex, работающих в аэропортах и исследовательских центрах по всей стране и за рубежом [5]. В статье рассмотрены ключевые этапы проектирования и разработки программного обеспечения, включая выбор архитектурных решений, применение паттернов проектирования, а также использование протокола XMLRPC для обмена данными между модулями. Полученная архитектура ПО обеспечила гибкость, масштабируемость и удобство сопровождения кода, а также возможность дальнейшего расширения функциональности прибора.

Библиографический список

1. А.С. Бореjšо, А.А.Ким, М.А.Коняев, В. С.Луѓина, А.В. Морозов, А.Е. Орлов, Современные лидарные средства дистанционного зондирования атмосферы, Фотоника, 2019, том 13, №7, с.648-567 DOI: 10.22184/1993-7296.FRos.2019.13.7.648.657.
2. Межерис Р. Лазерное дистанционное зондирование / Пер. с англ. под ред. А. Б. Карасева. – М.: Мир. 1987.
3. Фреймворк Qt. - URL: <https://www.qt.io/>
4. XML-RPC Specification – URL: <http://xmlrpc.com/spec.md>
5. <https://www.lsystems.ru/products/lidary/skydex/> (дата обращения 14.01.2025).

УДК 623.465.5, 623.465.7

СРАВНЕНИЕ ТОЧНОСТИ НАВЕДЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗНЫХ ТИПОВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Ф.Е. Горбачев, А.А. Кузнецова, А.В. Кириллов

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Для обеспечения точности и эффективности использования летательных аппаратов (ЛА) необходимо исследовать различные аспекты, среди которых одним из главных является метод наведения. В работе предлагается выбрать метод наведения для рассматриваемого ЛА.

Следующей задачей после выбора метода наведения, является подбор параметров, при которых этот метод будет обеспечивать максимальную точность.

Для решения данной задачи был проведен анализ и сравнение существующих методов наведения, оценка их преимуществ и недостатков.

Рассмотрим методы телеуправления – трех точек, половинного спрямления и полного спрямления.

При использовании метода трех точек ЛА постоянно удерживается на линии носитель-цель, тем самым выполняется равенство углов визирования цели и ЛА [1].

Метод половинного и полного спрямления представляют собой усовершенствованный метод трех точек, где движение ЛА в каждый момент времени направлено в упрежденную точку встречи ЛА с целью [2]. На рис.1 приведена схема наведения с помощью методов телеуправления.

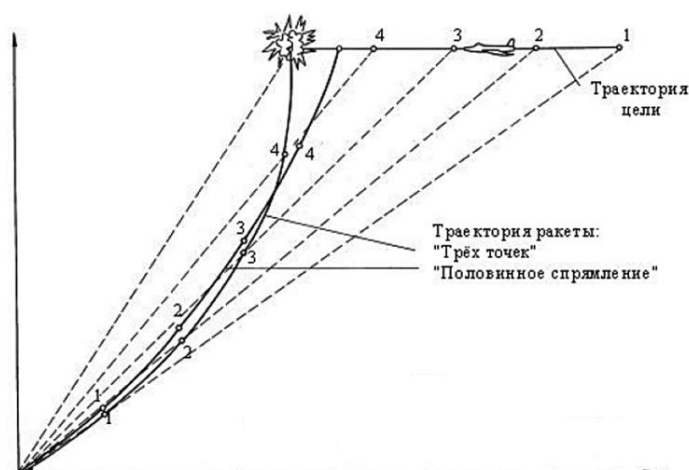


Рис. 1. Схема наведения методов телеуправления

Для исследования был выбран летательный аппарат со следующими параметрами, приведенными в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры и начальные условия ЛА

Параметр	Значение
$V, \text{ м/с}$	300
$\theta, ^\circ$	0
$\omega, ^\circ/\text{с}$	0

$\vartheta, ^\circ$	0
$r, \text{ м}$	120004
$x_0, \text{ м}$	0
$y_0, \text{ м}$	8000
$L, \text{ м}$	3,66
$m, \text{ кг}$	158,6
$R, \text{ Н}$	22000

Условия для моделирования для цели: скорость 600 м/с, высота 9000 м.

На рис. 2 приведено сравнение траекторий с разными методами телеуправления, полученные с помощью математического моделирования.

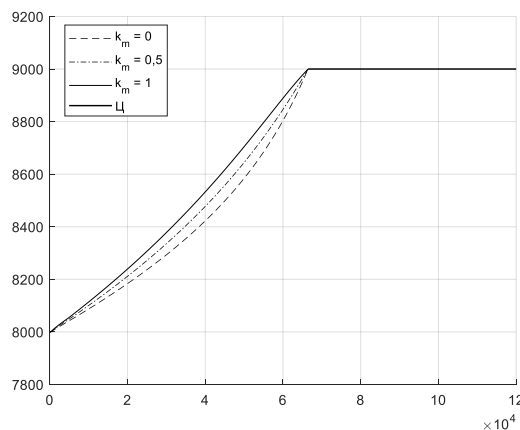


Рис. 2. Сравнение траекторий ЛА с разными типами телеуправления

k_m – коэффициент, отвечающий за метод наведения: 0 – метод трех точек; 0,5 – метод половинного спрямления; 1 – метод полного спрямления.

В таблице 2 приведен промах для всех рассмотренных методов.

Таблица 2 – Промах в момент встречи ЛА и цели

Коэффициент k_m	Промах, м
0	0,5578
0,5	0,5722
1	0,5197

По результатам моделирования можно сказать, что при наведении ЛА на приближающуюся цель все 3 метода в момент встречи имеют промах менее 1 метра. Однако на рис. 2 видно кривизну траекторий ЛА, наименьшую из которых обеспечивает метод полного спрямления, также этот метод обеспечивает лучшую точность наведения. В связи с этим, при использовании чистого метода телеуправления, целесообразно использование метода полного спрямления для наведения ЛА на цель.

Далее проводилось исследование комбинированного метода наведения, в котором на первом этапе происходит наведение ЛА на цель при помощи телеуправления, а на втором (за 16 км до цели) при помощи метода самонаведения, а также была проведена оценка, как влияет выбор метода самонаведения на конечном участке движения ЛА на поражение цели.

Рассмотрим методы самонаведения – погони, пропорциональной навигации и метод параллельного сближения.

$k_{пн}$ – коэффициент пропорциональности, в зависимости от его значения могут быть реализованы различные методы самонаведения.

Методом погони называется такой метод наведения, при котором в каждый момент времени вектор скорости ЛА направлен на цель ($k_{пн}=1$) [3].

При методе пропорциональной навигации в течение всего времени полета ЛА к цели угловая скорость поворота вектора скорости ЛА остается пропорциональной угловой скорости линии визирования «ЛА — Цель» ($k_{пн}=2..6$) [2]. На рис. 3 представлена схема наведения по методу пропорциональной навигации.

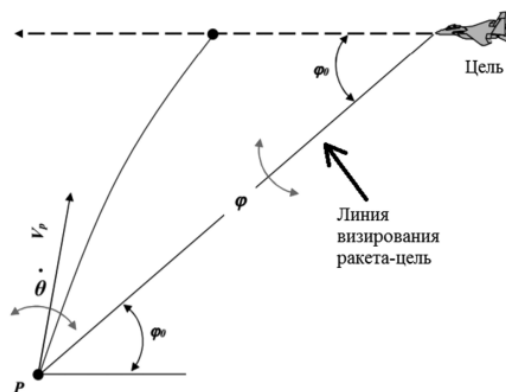


Рис. 3. Схема наведения методом пропорциональной навигации

Метод параллельного сближения применяется, если в течение всего полета ЛА до встречи с целью угол линии визирования «ЛА — Цель» не меняет своего численного значения ($k_{\text{пн}} > 7$) [2].

Стоит отметить, что метод параллельного сближения не применяется на практике в чистом виде, поскольку при его использовании могут возникать переколебания, в следствие больших значений коэффициентов пропорциональности. Также появляются шумы в системе управления, которые могут ухудшить точность наведения. В связи с этим метод параллельного сближения применяется в основном на конечном участке траектории.

На рис. 4 представлена схема наведения по методу параллельного сближения.

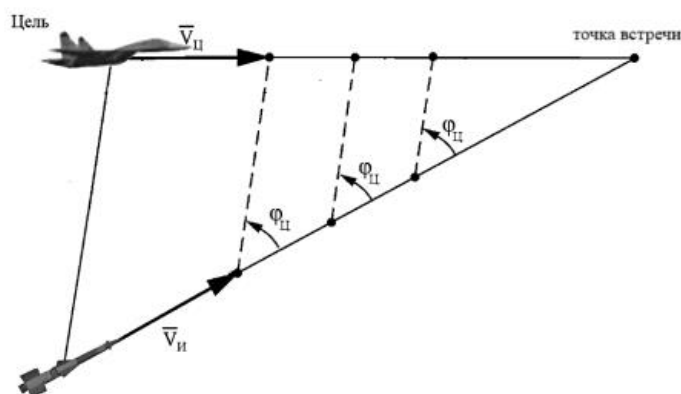


Рис. 4. Схема наведения методом параллельного сближения

Начальные условия для моделирования были взяты следующие: дальность до цели ~61 км, начальная скорость 600 м/с (характерная скорость истребителя), скорость цели 600 м/с, включение головки самонаведения происходит при дистанции до цели в 16 км.

На рис. 5 приведено сравнение траекторий, где начальный и средний участок реализуются методом телеуправления, а конечный (за 16 км до цели) разными методами самонаведения, полученными с помощью математического моделирования.

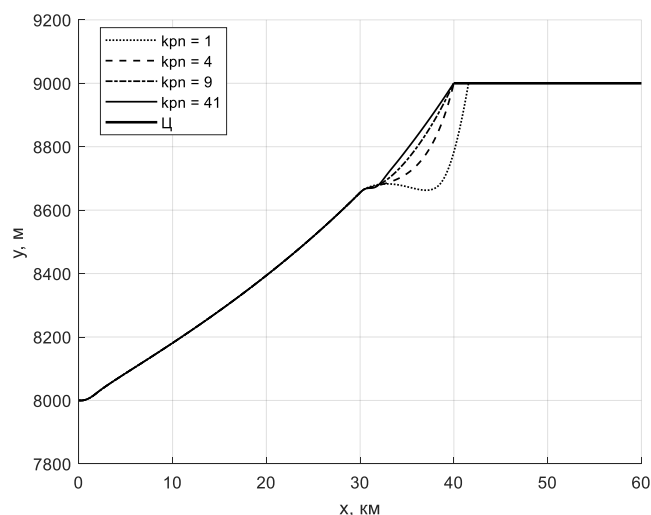


Рис. 5. Сравнение траекторий ЛА при комбинированном управлении

В таблице 3 приведен промах для всех рассмотренных траекторий.

Таблица 3 – Промах в момент встречи ЛА и цели

Коэффициент $k_{\text{пн}}$	Промах, м
1	219,6872
4	2,4374
9	0,3725
41	0,0861

По результатам моделирования можно сказать, что при включении головки самонаведения (ГСН) траектория претерпевает характерный скачок, в следствие чего ЛА испытывает перегрузки. При использовании метода 3 точек они незначительны, головная часть летательного аппарата направлена в область цели. Если использовать метод полного спрямления на участке телеуправления, перегрузки резко возрастают, поскольку ЛА направлен не на цель, а в упрежденную точку. В связи с этим при использовании комбинированного типа управления: телеуправления на начальном и среднем участках и самонаведения на конечном, было принято решение использовать метод трех точек.

Также стоит отметить, что при наведении ЛА на приближающуюся цель только метод параллельного сближения в момент встречи имеет промах менее 1 метра. Можно заметить, что при $k_{\text{пн}}=41$ точность значительно лучше, чем при $k_{\text{пн}}=9$, в следствие чего целесообразно использовать метод параллельного сближения с коэффициентом равным 41.

В заключении отметим, что беспилотные летательные аппараты используются в широком спектре задач, для которых могут применяться разные методы управления. Если рассматривать задачу о минимальном промахе, то безусловно использование комбинированного типа управления даст высокую точность, в несколько раз превышающую точность наведения по чистому методу телеуправления, но для этого потребуется дополнительное оборудование и значительное усложнение конструкции ЛА.

Библиографический список

1. Системы наведения ракет [Электронный ресурс] // *StudFiles*; URL: <https://studfile.net/preview/9901416/page:3/> (дата обращения: 13.02.2025).
2. И.А. Соловатов, Н.В. Митюков. Выбор метода наведения для перехвата маневренных и высокоскоростных целей/И.А. Соловатов, Н.В. Митюков // *Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук*. Ижевск: ИГТУ им. М.Т. Калашникова, 2022. С. 3.
3. Метод самонаведения погони [Электронный ресурс] // АПНИ: научное издательство; URL: <https://apni.ru/article/4672-metod-samonavedeniya-pogoni> (дата обращения: 13.02.2025).

УДК 004.045

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПОИСКА ПО ЗАДАНЫМ ПАРАМЕТРАМ (ТЕГАМ)

А.О. Штурнев

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Не редкими бывают случаи, когда в ходе решения задачи применяется ведение каких-либо записей для отслеживания поведения и выявления закономерностей. Такие данные могут храниться как в текстовом виде, так и в виде конкретных форм. В случаях, когда среди этого массива информации нужно уточнить некоторые детали, появляются проблемы в связи с его величиной.

Поисковая система подразумевает алгоритмы:

- алгоритм индексирования;
- алгоритм поиска;
- алгоритм ранжирования.

Индексирование информации включает в себя ряд морфологических преобразований текста для более быстрого поиска в массиве текстовых данных. Таким образом, программа подготавливает информацию для дальнейшего поиска без затрат дополнительных ресурсов. В случае описываемой системы, индексирование будет включать в себя подбор тегов и запись формы в базу данных. Индексирование в поисковой системе может подразумевать процесс лемматизации [1] (процесс приведения слов к нормальной форме), удаление стоп-слов и сохранение записи в базу данных. Стоп-словом можно считать слово, которое не несет какой-либо смысловой нагрузки. Алгоритм индексирования в описываемой системе принимает форму, содержащую блоки. Блок – это текстовая часть, имеющая тему и ряд присвоенных тегов. Тег – это ключевое слово или образ, который отсылает на контекст закреплённого за ним текстового фрагмента. Форма содержит внутри себя название и список блоков. Каждый блок содержит в себе текстовый контент, тему и список тегов. Алгоритм анализирует форму, выстраивая структуру преобразованной формы, разделяя блоки на фрагменты и присваивая им теги. Форма предполагает наличие определенных таблиц в базе данных. Схема базы представлена на рис. 1.

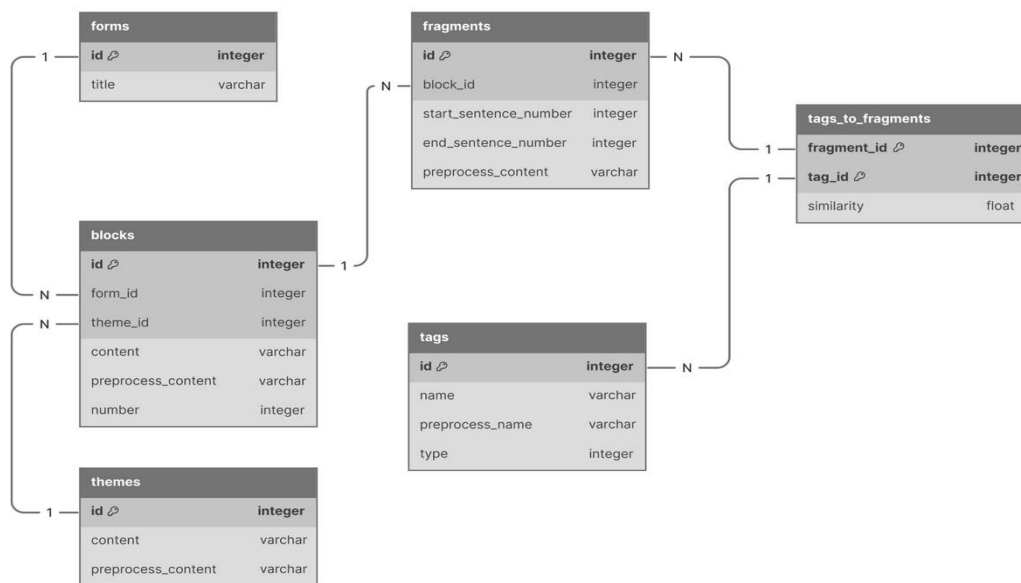


Рис. 1. Схема базы данных

База данных определяет таблицу форм, которая содержит название формы. Также определяется таблица блоков, которая содержит внешний ключ формы и темы. Под блоком определяются текстовые данные в таблице, которые имеют свою тему. Таблицы фрагментов содержат внешний ключ блока. Фрагмент — это некоторая часть текста, отделенная от других по смыслу. Каждый фрагмент имеет за собой закреплённые теги. Теги и связи тега с фрагментом хранятся в соответствующих таблицах. Система поиска реализована на языке программирования Python в классе SearchSystem. Python предоставляет широкий выбор инструментов для решения задач подобного типа [2]. Сформирована диаграмма классов анализа, представленная на рис. 2.

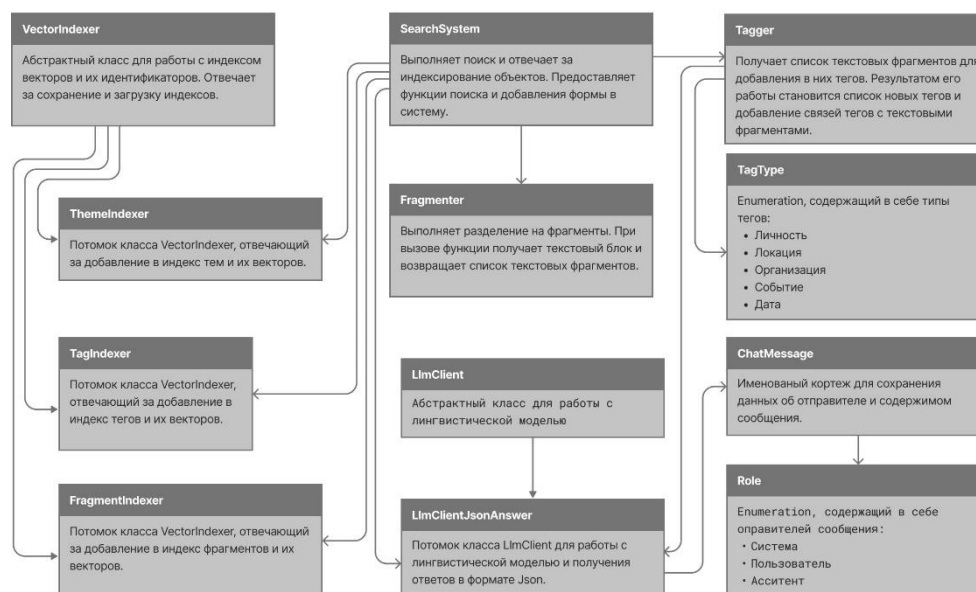


Рис. 2. Схема базы данных

Каждый из классов в системе отвечает за свои задачи. SearchSystem предоставляет интерфейсы для добавления формы и поиска. Fragmenter выполняет разделение текстовых блоков на фрагменты. Tagger отвечает за подбор тегов к фрагментам. ThemeIndexer, FragmentIndexer и TagIndexer отвечают за добавление тем, фрагментов и тегов соответственно.

В разрезе описываемой системы индексирование включает в себя следующие этапы:

- лемматизация и удаление стоп-слов в блоках;
- разбиение текста блока на фрагменты по степени схожести;
- присвоение фрагментам новых тегов с помощью лингвистической модели;
- добавление в индекс;
- присвоение существующих тегов к фрагментам.

Лемматизация и удаление стоп-слов в блоках относится к задачам, подразумевающим обработку естественного языка (NLP) [3]. Инструменты для обработки естественного языка предоставляет Python библиотека spaCy [4]. Библиотека spaCy даёт возможность преобразовать текст в ряд токенов. Токен — это слово или символ в тексте, у которого есть позиция: глагол, существительное и т. д. В токене имеются вспомогательные методы, которые позволяют проверять, является ли он стоп-словом или частью пунктуации [5]. Для обработки текста производится итерирование последовательности токенов, которые отбираются по принципу важности. Стоп-слова и пунктуация отсеивается, после чего получается обработанный текст, который приспособлен для выполнения простейшего поиска по лемме.

Разбиение тегов на фрагменты производится для обхода ограничения размера контекстного окна модели. Для это и предназначен этап разделения на фрагменты схожих по своему содержанию. Как правило, в схожих темах употребляется схожие слова или синонимы. Эту закономерность можно отследить с помощью spaCy. Для определения фрагментов текст разделяется на предложения с помощью функционала spaCy. После этого, для каждого предложения рассчитывается вектор. В случае использования spaCy-модели ru_core_news_lg, вектор будет трёхсотмерным. Для получения степени схожести у предложений рассчитывается косинусная схожесть. В случае если возвращаемый коэффициент схожести преодолел минимальный предел, предложение добавляется в фрагмент, в противном случае предложение добавляется в новый фрагмент. Далее считается вектор фрагмента с помощью вычисления среднего от входящих в него предложений и вычисляется схожесть фрагмента и следующего предложения. Процесс расчёта вектора сводится к усреднению всех слов в тексте. Подобный подход хорошо показывает себя на словах, которые имеют векторы. Для неизвестных слов подобный подход не покажет результатов. Модель ru_core_news_lg была обучена на большом массиве новостных данных на русском языке с помощью алгоритма FastText. Процесс получения вектора слова содержит разбиение на токены, на n-граммы и подсчёт контекста для дальнейшего анализа.

Присвоение тегов фрагментам эта задача, которая может быть решена с помощью подбора ключевых слов, но в то же время инструментария spaCy и других NLP библиотек будет недостаточно, чтобы получить желаемый результат. Таким образом задачу можно решить комбинированным методом, а именно воспользоваться инструментарием spaCy для нахождения в тексте сущностей, таких как: локация, организация, дата, личность и использовать лингвистическую модель для нахождения в контексте более сложных образов. Тег будет содержать название, обработанное название и тип тега. Тип тега – это заданное значение, по которому тег определяет контекст для описания. Тип тега выступает как связующий элемент,

позволяющий использовать инструментальный spaCy и лингвистическую модель. spaCy может находить в тексте места, личности и организации, в то время как лингвистическая модель будет работать с образами сложнее. Для осуществления общения с моделью будет использоваться библиотека llama_index в которой будет использоваться Ollama [6]. Библиотека предоставляет набор интерфейсов для общения с моделью. Для детального понимания контекста будет использоваться модель, которая была до обучена понимать русский язык, а именно saiga-llama3. Классы, созданные для общения с моделью, позволяют обращаться к модели с помощью сообщений и получать ответ. Чтобы обеспечить корректность возвращаемых данных будет использоваться формат JSON. Модель будет отправлять JSON в качестве своего ответа. Для этих задач был создан класс LlmClientJsonAnswer, который позволяет обратиться к модели и получить корректный JSON. Модель должна отправлять JSON, соответствующий шаблону, представленному на рис. 3.

```
{
  "data": [
    {
      "tag_name": (строка),
      "type": (идентификатор типа тега)
    },
    {
      "tag_name": (строка),
      "type": (идентификатор типа тега)
    },
    {
      "tag_name": (строка),
      "type": (идентификатор типа тега)
    }
  ]
}
```

Рис. 3. Шаблон ожидаемого JSON

Ответ модели должен содержать в себе информацию о выданных тегах для текстового фрагмента. После получения корректного объекта JSON от модели, будет производиться его проверка на соответствие шаблону с помощью инструментов библиотеки Pydantic [7]. Таким образом осуществляется получение списка тегов, которые потом сохраняются в базу данных и закрепляются за фрагментом.

Чтобы добавить информацию в индекс, создан класс VectorIndexer. Его задача заключается в предоставлении интерфейсов для добавления и получения векторов. В случае получения векторов из индекса происходит поиск по заданному вектору. Результатом является заданное число идентификаторов, отсортированных по степени косинусной схожести. Поиск будет выполняться по тегам, фрагментам и темам, поэтому VectorIndexer является родителем классов: TagIndexer, ThemeIndexer, FragmentIndexer. Каждый из них отвечает за индексирование тегов, тем и фрагментов соответственно. Для добавления связанных друг с другом вектора и идентификатора используется Python библиотека faiss [8]. Библиотека также предоставляет возможность сохранения и чтения индексов, что поможет при сохранении векторов без использования базы данных. Для выполнения индексирования будет использоваться faiss.IndexFlatIP, который создаёт полный перебор индекса для поиска ближайших соседей. Этот индекс проходит по всем векторам и рассчитывает у них скалярное произведение. В случае, если векторы нормализованы, скалярное произведение эквивалентно косинусной схожести, которая использовалась для создания фрагментов. Проблема faiss.IndexFlatIP в том, что он не позволяет назначать пользовательские идентификаторы, что может вызвать проблемы при совместной работе индекса и базы данных. Для того чтобы добавить идентификаторы будет использоваться faiss.IndexIDMap, который оборачивает faiss.IndexFlatIP и позволяет добавлять идентификатор [9, 10]. При выполнении поиска будут получены идентификаторы, связанные с базой данных.

Заключительная стадия — это присвоение тегов к фрагментам. Процесс присвоения крайне прост, так как VectorIndexer имеет метод search, который выполняет поиск по индексу и возвращает наиболее близкие результаты. Результаты представляют из себя список кортежей, состоящих из идентификатора тега и коэффициента схожести векторов. После этого связь тега с конкретным текстовым фрагментом и коэффициентом схожести добавляется в таблицу связей тегов и фрагментов.

Поиск производится классом SearchSystem в методе search. Метод принимает в себя текстовый запрос от пользователя и начинает его анализировать. Процесс поиска можно разделить на части:

- поиск по вектору запроса;
- поиск по подобранным тегам к запросу.

Поиск по вектору запроса подразумевает, что от запроса будет взят вектор и передан методам поиска индексов тегов, фрагментов и тем. В свою очередь, поиск по подобранным тегам к запросу заключается в сравнении степеней сходства подобранных тегов и подбор к ним фрагментов. Таким образом запрос пользователя проходит процедуру подбора тегов с помощью spaCy и лингвистической модели, которая выберет теги к поисковому запросу. Результатом обеих частей является получение списков фрагментов,

тем и тегов. Дополнительная обработка потребуется только для тегов и тем, так как система подразумевает, что пользователь будет получать фрагменты или блоки текста. В случае тем, в качестве возвращаемого множества будут блоки, закрепленные за темой. Если брать во внимание тег, то ситуация становится сложнее, так как тег закреплён за разным количеством фрагментов. Поэтому по каждому тегу выбирается множество фрагментов и их схожестей с тегом, после чего сохраняются для последующего алгоритма ранжирования, а также сохраняется степень схожести вектора запроса с тегом.

Алгоритм ранжирования заключается в распределении всех списков в один по степени соответствия запросу. Для этого, подходящим к тега, подобранным к запросу следует получить список всех элементов, в котором так или иначе упоминаются эти теги. По итогам получается список кортежей фрагментов и степеней схожести. Чтобы распределить фрагменты вперед выставляются те, у которых степень схожести полученного выражения больше, чем у остальных. Степень схожести равна сумме произведений сходств тегов запроса и сходств тегов фрагмента. По итогу список фрагментов, подобранных к тегам запроса, трансформировался в список, содержащий кортеж из идентификатора фрагмента и значение степени соответствия. Далее создаётся список из списков фрагментов, тегов и блоков. После чего список складывается со списком, полученным в результате вычисления значения степени соответствия фрагмента тега запроса. Далее выполняется сортировка по второму элементу, а именно степени схожести. Итогом является список результатов поиска, который отправляется пользователю для просмотра. Таким образом система поиска выполняет ранжирование запросов из базы данных используя индексы и дополнительную генерацию тегов с помощью лингвистической модели и инструментов spaCy.

В результате была создана система, которая частично решает вопросы поиска в больших массивах данных. Система нацелена, в большей степени, на поиск не по ключевому слову, а по образу. Помимо осуществления поиска система добавляет к каждому текстовому фрагменту теги, что в будущем может облегчить работу с информацией при её организации или чтении. Изначальная задача была выполнена и реализована доступными на данный момент средствами.

Научный руководитель – Преподаватель факультета СПО Н. А. Косякина.

Библиографический список

1. Hobson Lane, Hannes Napke, Cole Howard. Natural Language Processing in Action: Understanding, analyzing, and generating text with Python // Manning Publications CO, 2019 С. 544.
2. Билл Любанович. Простой Python. Современный стиль программирования 2-е изд. // Питер, 2023, С. 592.
3. Zhenya Antić. Python Natural Language Processing Cookbook: Over 50 recipes to understand, analyze, and generate text for implementing language processing tasks // Packt Publishing Ltd, 2021, С. 284.
4. SpaCy API [Электронный ресурс] URL: <https://spacy.io/api> (дата обращения: 16.02.2025)
5. SpaCy Token [Электронный ресурс] URL: <https://spacy.io/api/token> (дата обращения: 17.02.2025)
6. LlamaIndex Ollama API Reference [Электронный ресурс] URL: https://docs.llamaindex.ai/en/stable/api_reference/lms/ollama/ (дата обращения: 12.02.2025)
7. Pydantic docs [Электронный ресурс] URL: <https://docs.pydantic.dev/latest/> (дата обращения: 18.02.2025)
8. Faiss [Электронный ресурс] URL: <https://faiss.ai/> (дата обращения: 22.02.2025)
9. Faiss IndexFlatIp [Электронный ресурс] URL: https://faiss.ai/cpp_api/file/IndexFlat_8h.html#file-indexflat-h (дата обращения: 23.02.2025)
10. Faiss IndexIdMap [Электронный ресурс] URL: https://faiss.ai/cpp_api/file/IndexIDMap_8h.html#file-indexidmap-h (дата обращения: 23.02.2025)

УДК 004.4'23

МЕТОДЫ АНАЛИЗА ИСХОДНЫХ ТЕКСТОВ ПРОГРАММ

Н.Е. Дисенко, А.И. Фарамазян

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

Современные информационные технологии быстро развиваются, из-за чего происходит усложнение процесса разработки программного обеспечения. Сейчас для создания подавляющего большинства программных продуктов требуются целые команды разработчиков, что влечёт за собой увеличение требований к формализации и качеству кода. Всё это приводит к появлению новых инструментов для оптимизации и диагностики программного обеспечения.

В данной статье будут рассмотрены инструменты, которые помогают анализировать код с целью последующей оптимизации и выявления ошибок – статические анализаторы и профайлеры.

Однако перед тем, как перейти к рассмотрению данных инструментов, необходимо подробнее ознакомиться с видами анализа кода, их различиями, преимуществами и недостатками. Выделяют два основных вида анализа кода – статический и динамический.

Статический анализ кода (static code analysis) – анализ программного кода, производимый без его реального выполнения. Этот подход позволяет выявить ошибки в коде ещё до его выполнения, что даёт ему значительное преимущество перед динамическим анализом. Помимо этого, он позволяет поддерживать однородность кода и его соответствие стандартам и лучшим практикам.

Данный метод имеет свои преимущества: экономия ресурсов, так как позволяет выявлять проблемы на ранних стадиях, что снижает затраты на их исправление; автоматизация, не требует больших человеческих ресурсов; полное покрытие кода, включая части, которые могут не выполняться при динамическом тестировании. Однако и недостатки тоже имеются: ложные срабатывания, которые требуют

дополнительного анализа; некоторые анализаторы могут не поддерживать определённые языки или сложные и высокоуровневые случаи [1].

Таким образом, статический анализ является незаменимым помощником в устранении проблем на ранних этапах разработки программного обеспечения, что помогает сэкономить ресурсы для устранения этих проблем. Использовать такой метод максимально комфортно и эффективно помогают статические анализаторы кода, которые будут рассмотрены ниже.

Динамический анализ кода (dynamic code analysis) производится непосредственно во время работы программы. Этот подход позволяет наблюдать за её поведением в разных условиях, таких как высокая нагрузка или нестабильное соединение. Такой анализ позволяет выявлять ошибки и уязвимости, которые могут возникнуть в условиях непосредственной эксплуатации кода - утечки памяти, исключения и проблемы производительности.

Этот метод имеет определённые преимущества, такие как: отсутствие ложных срабатываний, поскольку код проверяется в реальных условиях; выявление ошибок на достаточно высоком уровне; возможность тестирования без исходного кода; а также возможность выявлять уязвимости, которые могут быть использованы злоумышленниками. Однако он также имеет и недостатки: существенная трата времени, так как требует выполнения кода; сильная зависимость эффективности от качества и количества входных данных [2].

Таким образом, данный метод является незаменимым в тех случаях, когда требуется найти ошибки, которые можно обнаружить только при эксплуатации программного продукта. Такой тип анализа помогают проводить определённые инструменты – профайлеры.

После того, как были рассмотрены виды анализа программного кода и установлено соответствие между видом анализа и инструментом, который помогает его проводить, можно рассмотреть сами инструменты. Начнём со статических анализаторов кода.

Статический анализатор кода – это инструмент, который позволяет программистам автоматически проверять качество и безопасность их кода, а также его соответствие стандартам, и всё это посредством статического анализа, без выполнения программы. Такой анализатор работает, как некий парсер, который сверяет код с общепринятыми или персональными правилами и формирует на основании такого анализа отчёты и предупреждения, которые помогают выявить и исправить несоответствия.

Основные функции статического анализатора кода: выявление потенциальных ошибок, таких как некорректное использование переменных или незакрытые файлы; обнаружение уязвимостей, например, к SQL-инъекциям и межсайтовому скриптингу (XSS); предоставление рекомендаций по оптимизации кода, указывая на неэффективное использование памяти или излишние вычисления; помощь в поддержке однородности кода при его проверке на соответствие стандартам и соглашениям [3].

Далее будут рассмотрены конкретные инструменты.

SonarCube – это популярная платформа с открытым исходным кодом, предназначенная для статического анализа кода. Она поддерживает более 20 языков программирования, включая Java, C, C++, C#, JavaScript, Python и др. Из особенностей можно выделить возможность оценки времени, необходимого для устранения проблем в коде, а также оценка кода по семи основным показателям: стиль программирования, потенциальные ошибки, комментарии, тестирование, дублирование кода, сложность и архитектура. Помимо этого, данный инструмент поддерживает интеграцию с CI/CD-системами, и поддерживает расширение функциональности с помощью плагинов в популярных IDE [4].

Cppcheck – это статический анализатор кода для языков C и C++, предназначенный для обнаружения ошибок, которые не выявляются компиляторами. Данный анализатор может работать на различных операционных системах и имеет как консольный, так и графический интерфейс. Из особенностей можно выделить то, что он позволяет создавать собственные правила и конфигурационные файлы, учитывающие специфику проектов [5].

ESLint – это популярный инструмент статического анализа кода для языков JavaScript и TypeScript. Он предназначен для обнаружения потенциальных проблем, стилевых нарушений и ошибок. Данный анализатор легко интегрируется с различными CI/CD, поддерживает гибкие настройки через файлы конфигурации, имеет много плагинов для расширения функциональности, а также поддерживает различные фреймворки и библиотеки. Из особенностей можно выделить, что он обеспечивает соблюдение стилевых и кодовых стандартов, повышает читаемость кода, что важно при работе в команде, а также имеет возможность автоматической коррекции кода [6].

Далее будет рассмотрен пример использования статических анализаторов. Было проверено несколько открытых проектов на наличие ошибок и мест в коде, которые стоит проверить. Программистами было найдено 965 уникальных фрагментов кода, которые заслуживали внимания. Из них некоторыми анализаторами было выявлено 742 фрагмента. Если перевести данные результаты в процентное соотношение, то можно сказать, что анализаторы нашли около 77% ошибок. При этом время, которое было потрачено, существенно меньше, чем время, потраченное людьми. Анализатор справился меньше, чем за 2 часа в то время, как у команды людей ушло несколько дней [7].

Данный пример показывает, насколько эффективным может быть использование статических анализаторов в проектах. Особенно это становится заметным при сравнении с человеческими возможностями. Однако стоит обратить внимание, что 23% опасных мест в коде так и остались не найденными. Это говорит о том, что не стоит полагаться только на анализаторы. Программист должен уметь находить места в коде, которые может пропустить анализатор.

Профайлер – это инструмент, наблюдающий за работой программы в реальном времени и выполняющий сбор данных о её работе. С помощью профайлера можно определить время выполнения функций, построить граф их вызовов, просмотреть как программа использует память, выявить участки кода, которые уже не используются программой и многое другое. Благодаря информации, собранной

профайлером, разработчики могут принять необходимые меры по оптимизации кода, например изменить использованный алгоритм на более эффективный или устранить утечку памяти и т. д. [8]

Профайлеры можно классифицировать по разным критериям. Далее будут рассмотрены некоторые типы профайлеров, а также приведены примеры конкретных инструментов, которые им соответствуют.

Виды профайлеров по методу сбора данных

Говоря об **инструментальных профайлерах** следует отметить, что называются они так из-за одноименного метода профилирования – инструментирования. Данный метод заключается в добавлении компилятором дополнительного кода (инструментации) при каждом вызове функции, чтобы подсчитать, сколько раз функция вызывается и сколько времени она затрачивает [9]. Наиболее известным инструментальным профайлером считается Gprof и используется в таких языках программирования, как C и C++. Gprof – это профайлер, добавляющий инструментацию на этапе компиляции и генерирующий отчёты о времени выполнения функций и их зависимостях [10].

Выборочные или статистические профайлеры собирают данные с помощью периодического сэмплирования её состояния. Главное их отличие от инструментальных профайлеров в том, что они не изменяют код, а анализируют его с помощью «мгновенных снимков» (samples) процесса, что позволяет оценивать производительность программы в реальных условиях с минимальными изменениями. В то же время метод сэмплирования дает менее детальные данные из-за периодичности проверки процесса и возможной потери мелких функций, которые быстро выполняются [9]. Ярким представителем статистического профайлера является Perf. «Perf – это инструмент для профилирования, предназначенный для систем на базе Linux 2.6 и выше. Он абстрагируется от различий в аппарате обеспечения процессоров при измерении производительности в Linux...» - пишет компания Linux о своём продукте [11].

Трассирующие профайлеры записывают последовательность выполнения команд, это позволяет анализировать динамику работы программы, взаимодействие компонентов программы, а также выявлять скрытые недостатки и проблемы. Существует несколько уровней трассировки, такие профайлеры могут отслеживать вызовы методов не только в коде приложения, но и анализировать взаимодействие приложения с операционной системой [12]. Например, в Linux данную функцию выполняет инструмент Strace. Он используется для мониторинга и изменения взаимодействия между процессами и ядром Linux, включая системные вызовы, передачу сигналов и изменения состояния процессов [13].

Виды профайлеров по уровню анализа

По уровню анализа различают два вида профайлеров: **прикладные** и **системные**. Прикладные анализируют код конкретного приложения, в то время как системные профайлеры анализируют взаимодействие приложения с операционной системой и оборудованием. Они отслеживают ресурсы на уровне ядра операционной системы: CPU, память, сеть, драйверы и т.д. Таким образом комбинируя 2 данных типа можно достичь максимальной эффективности в оптимизации кода, ускорении алгоритмов и устранении неполадок в узких местах программы.

Виды профайлеров по типу отслеживаемых ресурсов

По типу отслеживаемых ресурсов можно выделить несколько основных профайлеров.

Профайлеры, которые определяют степень нагрузки на процессор при выполнении функций во время работы программы. Например, профайлер Intel VTune – это инструмент для анализа производительности, предназначенный для оценки работы одноядерных и многопоточных приложений [14].

Также можно выделить профайлеры, выявляющие утечку памяти и неэффективное управление ресурсами. Valgrind - один из представителей таких профайлеров. Это инструмент для создания средств динамического анализа, автоматического поиска многих ошибок, связанных с управлением памятью и потоками, а также детального профилирования программ [15].

Далее рассмотрим профилирование на конкретном примере – вычислении приближенного значения синуса, чтобы убедиться в необходимости его использования.

Для этого будут созданы две функции, выполняющие одно и то же действие, но с различным математическим способом вычисления. В первой функции для получения куба числа будет использовано трехкратное перемножение, а во втором – программное возведение в степень. Также будет измерено время выполнения программы с использованием различных методов (рисунок 1).

```

In [1]: import numpy as np

In [2]: def sin_multi(x):
        return x - x * x * x / 6

        def sin_power(x):
            return x - x ** 3 / 6

In [3]: n = 1000000
        x = np.random.random(n)

In [4]: %timeit -r15 y_multi = np.apply_along_axis(sin_multi, 0, x)
        21.1 ms ± 637 µs per loop (mean ± std. dev. of 15 runs, 10 loops each)

In [5]: %timeit -r15 y_power = np.apply_along_axis(sin_power, 0, x)
        64 ms ± 876 µs per loop (mean ± std. dev. of 15 runs, 10 loops each)

```

Рис. 1. Пример работы профайлера

Программа показала, что в случае использования трехкратного перемножения переменной x поставленная задача была выполнена за 21.1 миллисекунду, во втором же случае выполнение программы заняло 64 миллисекунд, что почти в 3 раза превышает первый способ. Без профилирования невозможно было бы понять, насколько сильно время выполнения функции возведения в степень превышает время выполнения функции перемножения и соответственно невозможно было бы выбрать наиболее быстрый алгоритм [16].

В статье были подробно рассмотрены инструменты, которые помогают разработчикам создавать программные продукты, отвечающие требованиям современного мира. Эти инструменты стали неотъемлемой частью процесса написания и отладки программ, что особенно заметно при работе в команде.

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры О7, К.В. Вальштейн.

Библиографический список

1. Давайте писать качественный код: важность статического анализа кода – habr.com/ru/companies/lanit/articles/823878/
2. Анализ кода: статический и динамический. – URL: <https://sky.pro/wiki/javascript/analiz-koda-staticheskij-i-dinamicheskij/> (дата обращения 04.03.2025).
3. Развитие инструментария C++ программистов: статические анализаторы кода – habr.com/ru/companies/pvs-studio/articles/583114/
4. Контролируем качество кода с помощью платформы SonarQube – habr.com/ru/companies/pvs-studio/articles/315422/
5. Анализируем исходный код с помощью cppcheck – habr.com/ru/articles/210226/
6. ESLint и как он поможет улучшить код - result.school/roadmap/frontend/article/eslint-i-kak-on-pomozhet-uluchshit-kod
7. Сравнение анализаторов кода: CppCat, Cppcheck, PVS-Studio, Visual Studio - habr.com/ru/companies/pvs-studio/articles/215469/
8. Лучшие Инструменты Профилирования для .NET Приложений: Глубокий Анализ и Сравнение. – URL: <https://ci-sharp.ru/obuchenie/oshibki-i-ih-resheniya/kakie-sushchestvuiut-khoroshie-profailery-net/> (дата обращения 04.03.2025).
9. Основы параллельного программирования. Профилирование MPI программ. МО ВВС ИВМиМГ СО РАН, 2013 г. (дата обращения 05.03.2025).
10. Profiling a Program: Where Does It Spend Its Time? - URL: <https://www.sourceware.org/binutils/docs/gprof.html> (дата обращения 05.03.2025).
11. Linux kernel profiling with perf. – URL: <https://perfwiki.github.io/main/tutorial/> (дата обращения 05.03.2025).
12. Как работают профайлеры в Ruby и Python? – URL: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/514132/> (дата обращения 05.03.2025).
13. Strace. – URL: <https://www.strace.io/> (дата обращения 05.03.2025).
14. Intel VTune Profiler. – URL: <https://docs.csc.fi/apps/vtune/> (дата обращения 06.03.2025).
15. Valgrind Home. – URL: <https://valgrind.org/> (дата обращения 06.03.2025).
16. Профилирование программ. – URL: <https://habr.com/ru/articles/586250/> (дата обращения 07.03.2025).

УДК 661.961.62

ПОДХОДЫ К КЛАСТЕРИЗАЦИИ ВЕКТОРНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ В КОНТЕКСТЕ АНАЛИЗА ВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

М.А. Комардин, Р.М Бритвин, Д.А Проценко

Московский Государственный Технический Университет им. Н. Э. Баумана

Ключевые слова: кластеризация, пространство RGB, усечённый конус, угловые характеристики, ядровая оценка плотности, алгоритм KMeans, алгоритм ближайших соседей, устойчивость кластеров, визуальная информация, коррекция изображений

В данной работе представлена методология кластеризации цветowych изображений, основанная на векторном представлении каждого пикселя в трёхмерном цветовом пространстве RGB. Исходя из данного подхода, каждый пиксель характеризуется не только интенсивностями по каналам, но и дополнительными параметрами, такими как длина вектора цвета, отражающая общую яркость, а также угловыми характеристиками, полученными посредством преобразований (α – через арктангенс отношения синего и красного каналов, и ϕ – через аркосинус отношения зелёного канала к длине вектора). Такой подход позволяет преобразовать исходное пространство в двумерное угловое представление, где данные группируются по сходству цветовых признаков. Основное внимание уделено представлению кластеров в виде усечённых конусов, что позволяет учитывать не только центральное направление группы пикселей, но и их дисперсию, выраженную через угол раскрытия конуса и его объём, являющийся показателем компактности и внутренней гомогенности выделенной группы. Для первичного выделения кластеров применяется алгоритм KMeans, дополненный предварительным поиском локальных экстремумов в распределении угловых характеристик, что служит ориентирами для дальнейшей кластеризации. Для уточнения границ кластеров реализуется метод локального анализа с использованием алгоритма ближайших соседей, что способствует уменьшению влияния выбросов и аномальных точек, возникающих под воздействием внешних факторов, таких как условия освещения, фон съёмки и особенности фотосенсоров. Подход, основанный на сочетании геометрического анализа и векторного представления, демонстрирует высокую точность и воспроизводимость выделения устойчивых кластерных структур, что имеет существенное значение для последующей интерпретации визуальных данных и коррекции изображений в реальных условиях.

Принципы кластеризации в пространстве RGB базируются на представлении каждого пикселя как трехмерного вектора, где компоненты, соответствующие интенсивностям красного, зелёного и синего каналов, определяют его положение в цветовом пространстве. При этом задача кластеризации сводится к группированию подобных векторов, что позволяет выделить области с однородными цветовыми характеристиками, отражающими физические или функциональные особенности исходного изображения.

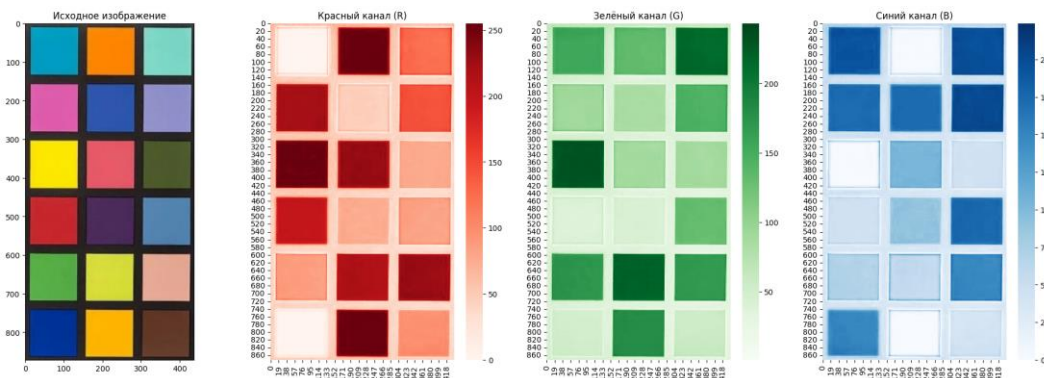


Рис. 1. Исходное изображение и его красный, зеленый и синий канал

Использование модели усечённого конуса для представления кластеров позволяет не только определить центральное направление, соответствующее среднему вектору кластера, но и учесть пространственную дисперсию данных, выражаемую через угол раскрытия конуса. Угол раскрытия характеризует степень вариаций векторов относительно оси кластера и является показателем внутренней неоднородности, а длина кластера, определяемая расстоянием от вершины до базового сечения, указывает на концентрацию значений, что позволяет оценить компактность цветовой группы. Объём кластера, вычисляемый с учетом длины и угла раскрытия, отражает общую занимаемую область в RGB-пространстве и служит метрикой для количественной оценки стабильности и инвариантности кластерных структур. Такой подход способствует снижению влияния шумовых искажающих факторов и повышает точность корреляционного сравнения, что является критически важным, например, для оптических корреляционно-экстремальных систем навигации, где необходимо обеспечить высокую точность сопоставления эталонных и текущих изображений. Применение усечённых конусов как геометрической модели позволяет проводить детальный анализ параметров кластера с использованием таких метрик, как длина, угол раскрытия и объём, что в совокупности предоставляет исчерпывающую характеристику внутренней структуры и устойчивости выделенных групп. Такой метод кластеризации, интегрирующий векторное представление с геометрическим анализом, является эффективным инструментом для интерпретации визуальной информации и может быть использован для адаптивной коррекции изображений в зависимости от условий съёмки, что подтверждается современными исследованиями в области кластеризации цветowych данных [1,2]

В условиях реальной фотосъёмки влияние освещения, фона и типа фотоприемника является критически важным для формирования пространственных характеристик кластеров, выделяемых в процессе анализа векторных представлений изображений. Различные источники освещения, будь то

искусственное или естественное, влияют на распределение интенсивности по каналам цвета, что приводит к смещению центров кластеров, изменению их протяженности и объёма. При изменении уровня освещенности наблюдаются флуктуации яркости и контрастности, что отражается на евклидовой норме цветовых векторов, используемой для расчёта длины вектора (L).

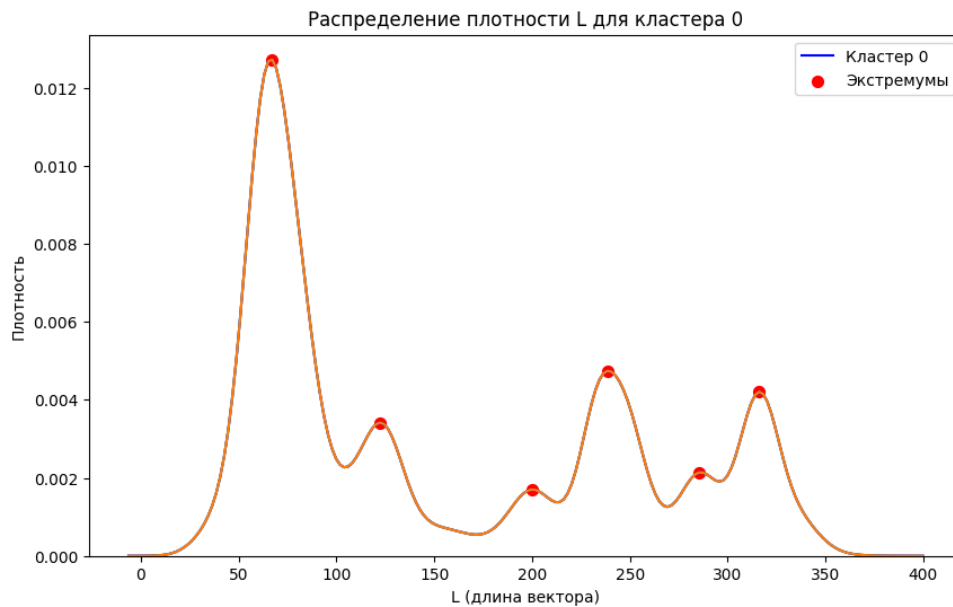


Рис. 2. График плотностного распределения RGB векторов по их длинам

Это, в свою очередь, может вызвать изменение угловых характеристик, таких как α и ϕ , определяющих пространственное расположение кластеров в угловом представлении, что требует дополнительной корректировки кластерных границ. Фон, на котором проводилась съёмка, вносит дополнительные шумовые компоненты, способствуя появлению нежелательных локальных вариаций, которые могут искажать первоначальное распределение пикселей в цветовом пространстве. Такие вариации усложняют выделение устойчивых кластеров, поскольку смещение сигналов от целевых объектов и фона приводит к ухудшению качества разделения классов, что требует более тщательной предобработки и фильтрации данных. Тип фотоприемника оказывает значительное влияние на динамический диапазон и чувствительность регистрируемого сигнала, что отражается на точности измерения цветовых характеристик пикселей. Различия в оптических характеристиках сенсоров, такие как шум, квантовая эффективность и особенности оптической системы, приводят к вариациям в распределении значений RGB и, как следствие, к изменению параметров кластеров, таких как угол раскрытия и расположение центров кластеров в пространстве. Для компенсации этих факторов в алгоритме уточнения кластеризации используется методика локального анализа с применением алгоритма ближайших соседей. Этот метод позволяет пересмотреть первоначальное разбиение, выделив те пиксели, которые в силу локальной плотности распределения принадлежат к одному кластеру, даже если их исходные характеристики могли быть искажены внешними условиями. Применение алгоритма ближайших соседей позволяет скорректировать смещения центров кластеров, уменьшить влияние аномальных точек и добиться большей устойчивости итогового разбиения, что особенно важно при анализе изображений, полученных в условиях переменного освещения или при наличии сложного фона.

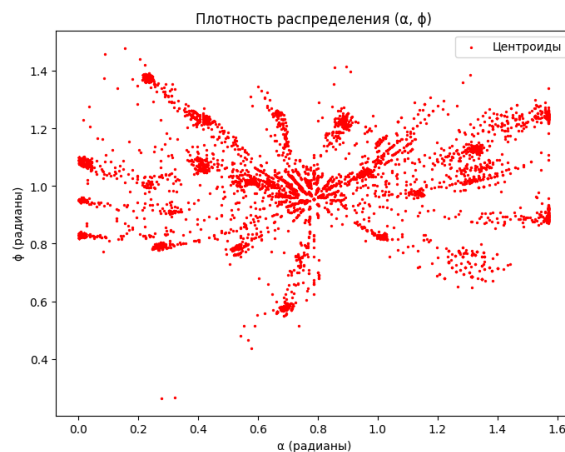


Рис. 3. График распределения RGB векторов по α и ϕ

Таким образом, интеграция методов уточнения кластеризации с учётом локальной структуры данных способствует более точному выделению существенных визуальных характеристик, что находит отражение в современных исследованиях оптических корреляционно-экстремальных систем навигации, где подобные подходы доказали свою эффективность в условиях изменяющихся параметров съёмки [3,4]

Анализ зон расположения кластеров в пространстве углов (α , ϕ) позволяет оценить пространственную организованность векторных представлений, извлекаемых из изображений, и выявить области наибольшей концентрации характеристических угловых значений. В данной парадигме центры кластеров определяются как точки максимальной плотности распределения в угловом пространстве, что обеспечивает представление об усреднённом направлении, характерном для группы пикселей с аналогичными цветовыми свойствами. Вокруг этих центров формируются так называемые зоны расположения, границы которых задаются радиусами, отражающими разброс угловых значений (α , ϕ) среди пикселей, принадлежащих к конкретному кластеру.

Таким образом, область, в которой сосредоточены векторы, характеризующие центральное направление кластера, определяется как пространственная огибающая, учитывающая максимальные отклонения от центрального значения, что позволяет учесть вариативность при изменении внешних условий, таких как освещение или особенности съёмки.

В реализованном алгоритме, критерии выделения основных кластеров основываются на анализе угловых характеристик пикселей, извлечённых из цветового представления изображения, что позволяет трансформировать исходное трёхмерное RGB-пространство в более информативное двумерное пространство угловых показателей.

Прежде всего, для каждого пикселя вычисляется евклидова норма, которая представляет собой длину вектора цвета, а также два угловых параметра: альфа, получаемая через арктангенс отношения интенсивностей синего и красного каналов, и фи, вычисляемая через арккосинус отношения зелёного канала к длине вектора. Эти параметры служат характеристиками направления и соотношения цветовых компонент, что позволяет перейти к анализу распределения значений в угловом пространстве.

Для выделения кластеров применяется алгоритм KMeans, который, будучи одним из наиболее распространённых методов кластеризации, оптимизирует внутрикластерное расстояние, минимизируя сумму квадратов расстояний между точками и их соответствующими центроидами. Выделение кластеров осуществляется посредством предварительного анализа распределения угловых характеристик с использованием методов поиска локальных экстремумов, таких как функция `find_peaks` из библиотеки `scipy` [5,6]. Обнаруженные пики в распределениях служат предварительными ориентирами, указывающими на потенциальные области концентрации данных в пространстве (α , ϕ).

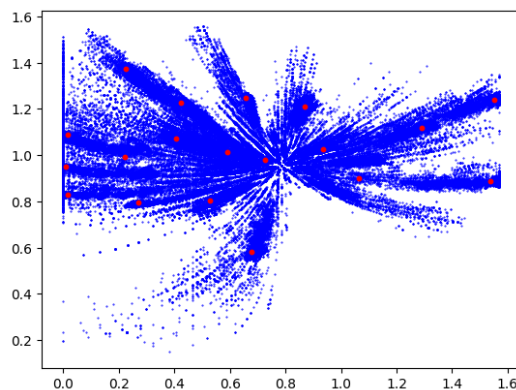


Рис. 4. Центроиды кластеров RGB векторов

Пользовательским образом задаётся число кластеров, что позволяет алгоритму KMeans распределить точки по группам, где каждая группа характеризуется схожестью угловых параметров, отражающих однородность цветовых свойств в исходном изображении.

Помимо стандартной кластеризации, реализован дополнительный этап уточнения, где алгоритм NearestNeighbors применяется для корректировки первоначальных кластерных границ. Для каждого полученного центроида в пространстве углов определяется окрестность с фиксированным радиусом, внутри которой выделяются все точки, соответствующие данному кластеру.

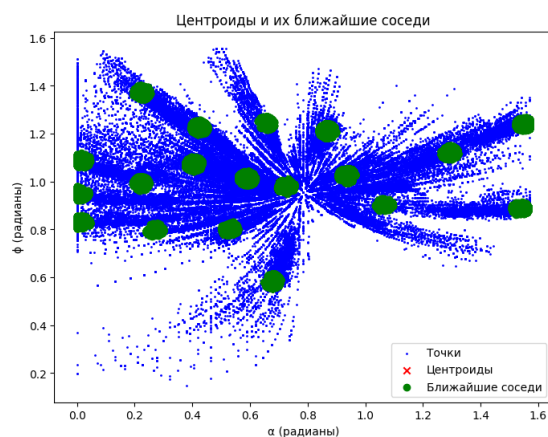


Рис. 5. Кластеры RGB векторов по α и ϕ

Такой подход позволяет уменьшить влияние выбросов и обеспечить более точное распределение пикселей по кластерам, что особенно важно при наличии неоднородностей в исходном изображении. В итоге, комбинирование методов поиска пиков, KMeans-кластеризации и уточнения с использованием ближайших соседей формирует надёжную и воспроизводимую схему выделения основных кластеров, что является фундаментальным этапом анализа векторных представлений в контексте визуальной информации. Эта методология способствует выделению групп пикселей с общими цвето-угловыми характеристиками, обеспечивая тем самым основу для дальнейшего анализа распределения, оценки устойчивости кластеров и последующей интерпретации визуальных данных в научных исследованиях.

3D-визуализация векторов по кластерам (1-19)

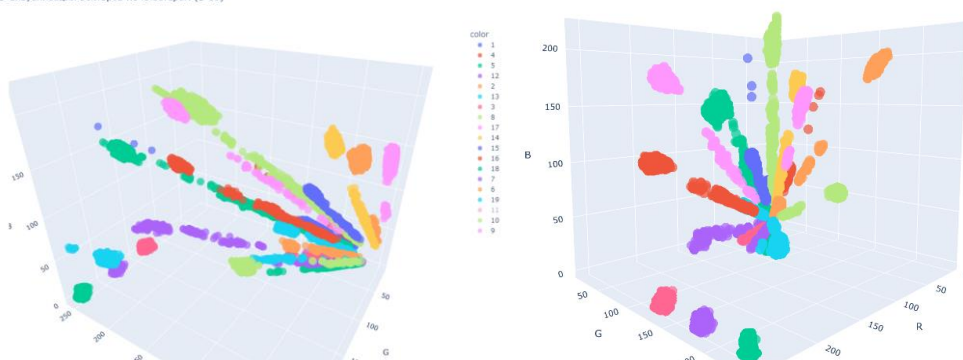


Рис. 6. Визуализация кластеров в 3D пространстве значений R, G и B

В реализованном алгоритме критерии выделения подкластеров, интерпретируемых как усечённые конусы, базируются на дополнительном разделении основного кластерного множества с использованием параметра L , который представляет собой длину вектора цвета, характеризующую интенсивность или яркость пикселя. При этом изначально данные распределяются в угловом пространстве, определённом параметрами α и ϕ , отражающими соотношения цветовых компонент, а затем внутри каждого основного кластера проводится дальнейшая кластеризация по величине L , что позволяет выделить подмножества пикселей с однородными характеристиками яркости.

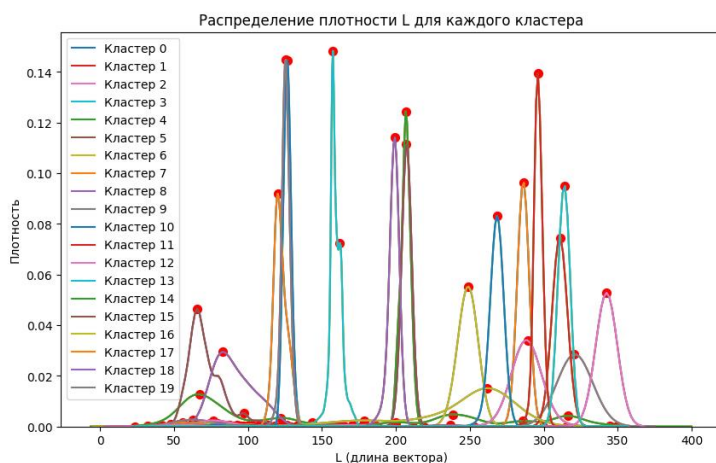


Рис. 7. График плотностного распределения векторов в кластерах по их длине

Этот процесс подкластеризации реализуется посредством применения алгоритма KMeans, который сначала фиксированно делит данные на два подкластерных сегмента, а затем с помощью итеративного перебора различных вариантов числа подкластеров и вычисления коэффициента *silhouette_score* определяется оптимальное их число. *Silhouette_score* служит мерой компактности внутри кластеров и различимости между ними, что позволяет объективно оценить качество разделения.

На этапе анализа распределения величины *L* используется ядровая оценка плотности (KDE), которая позволяет построить гладкую аппроксимацию эмпирической плотности распределения яркости внутри основного кластера. По кривой плотности посредством алгоритмов для поиска локальных экстремумов, таких как *argrelextrema* или *find_peaks*, выявляются модальные значения, соответствующие наиболее характерным диапазонам интенсивности. Эти диапазоны можно интерпретировать как основания усечённых конусов, где ось конуса задаётся направлениями, определёнными угловыми характеристиками, а сам конус ограничен диапазоном значений *L*.

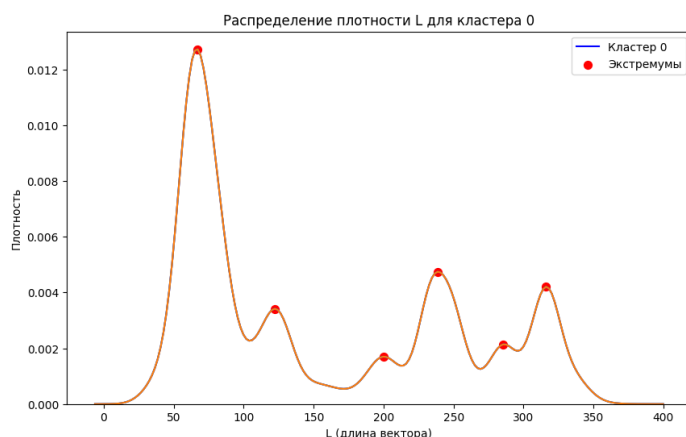


Рис. 8. График плотностного распределения векторов в одном из кластеров

Таким образом, подкластеризация, основанная на анализе распределения яркости, позволяет выделить внутри каждого основного кластера группы пикселей, обладающие как сходной ориентацией в угловом пространстве, так и однородностью по интенсивности.

Комбинация методов KMeans для первичного разбиения и дальнейшей оптимизации числа подкластеров через оценку *silhouette_score*, а также анализ распределения с использованием KDE, обеспечивает высокую точность и воспроизводимость выделения подкластеров.

3D-визуализация по кластерам (цвета) и подкластерам (длина)

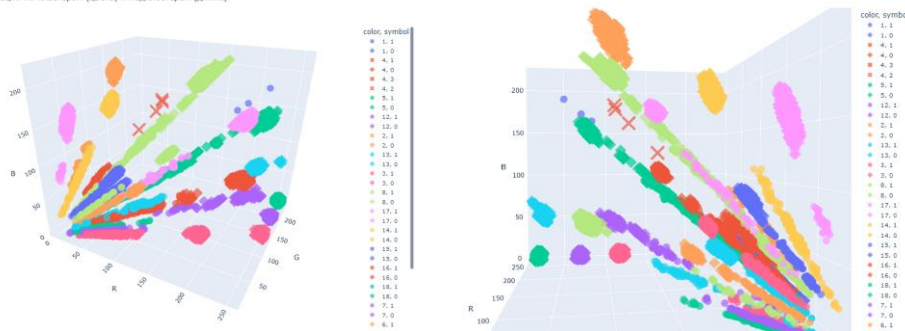


Рис. 9. Визуализация кластеров и подкластеров векторов в 3D пространстве значений R, G и B, цвет – кластер, символ – подкластер

Такой подход позволяет формировать геометрически интерпретируемые структуры, представляемые в виде усечённых конусов, где параметры конуса – его высота, основание и угол раскрытия – напрямую соотносятся с характеристиками распределения яркости и цветовой гомогенности пикселей, что критически важно для глубокого анализа визуальной информации в научных исследованиях.

Проведённое исследование демонстрирует, что интеграция методов векторного представления и геометрического анализа позволяет эффективно выделять кластерные структуры в пространстве RGB, что реализуется через модель усечённого конуса, характеризующую центральное направление, угол раскрытия и объём группы пикселей. Применение алгоритма KMeans для первичного разбиения, в сочетании с локальным уточнением на основе алгоритма ближайших соседей, обеспечивает высокую устойчивость кластеров к внешним возмущениям, таким как вариации освещения и шумовые эффекты, связанные с характеристиками фотоприёмных устройств. Полученные результаты подтверждают, что предложенный подход позволяет не только качественно сегментировать визуальные данные, но и адаптивно корректировать алгоритм кластеризации под изменяющиеся условия съёмки, что особенно актуально для систем оптической навигации и других приложений, требующих высокой точности обработки

изображений. Данный метод является эффективным инструментом для глубокого анализа визуальной информации и может служить базой для разработки дальнейших алгоритмов адаптивной коррекции и автоматизированного распознавания образов.

Научный руководитель – ассистент П.А. Панилов

Библиографический список

1. Безрукова К. А., Алгоритм кластеризации изображений цветных оптических корреляционно-экстремальных систем навигации летательных аппаратов / К. А. Безрукова, Е. В. Шевцова, В. В. Щербинин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 6. – С. 3-11.
2. Щербинин В. В., Кветкин Г. А., Дегтярев И. О., Шевцова Е. В., Исследование характеристик цветной корреляционно-экстремальной системы навигации и наведения летательного аппарата // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2016. – № 6. – С. 103-112.
3. Безрукова К. А., Шевцова Е. В., Щербинин В. В., Исследование вариаций зон размещения векторов для алгоритма кластеризации цветной оптической КЭСН // Известия Тульского Государственного университета. Сер. Технические науки. - 2024. - № 11. - С. 3-9.
4. Жуйкова, Е. Г. Улучшение адаптивного метода кластеризации К-средних с использованием методов самообучения / Е. Г. Жуйкова // Вопросы технических и физико-математических наук в свете современных исследований : Сборник статей по материалам LXXV международной научно-практической конференции, Новосибирск, 22 мая 2024 года. – Новосибирск: Общество с ограниченной ответственностью "Сибирская академическая книга", 2024. – С. 22-29.
5. Гренкин, Г. В. Методы вычислительной реализации рангового метода кластеризации / Г. В. Гренкин // Информатика и системы управления. – 2012. – № 1(31). – С. 71-79.
6. Пашковская, О. В. Структурирование исследуемого объекта методами кластеризации / О. В. Пашковская, И. А. Потапенко // Актуальные проблемы авиации и космонавтики : сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции, посвященной Дню космонавтики : в 3 т., Красноярск, 11–15 апреля 2022 года. Том 2. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева", 2022. – С. 462-464.

УДК 62.001.5

УПРАВЛЕНИЕ ЗНАНИЯМИ АВИАКОСМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Д.А. Комаров

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

При выборе способов построения и организации корпоративной базы знаний требуется особо скрупулезный подход из-за коммерческих требований предприятия, в том числе в области безопасности [1]. Перед определением инструментов опишем основные определения и требования баз знаний.

База знаний – это инструмент, который позволяет собирать, организовывать, искать и делиться полезной информацией.

База знаний компании или предприятия может включать в себя:

- справочную, юридическую и финансовую документацию;
- информацию о корпоративных стандартах, процедурах и правилах;
- знания различных технологий;
- информацию о конкурентах и клиентскую базу данных;
- производственно-технологическую информацию;
- знания и личный опыт сотрудников.

Важное значение имеют механизмы контроля версий документа и совместного редактирования документа несколькими пользователями. Основная цель применения баз знаний в компании или на предприятии – увеличение эффективности работы за счет уменьшения издержек на поиск и обработку необходимой информации.

База знаний, как программный комплекс, состоит из нескольких модулей:

- система хранения данных;
- модуль управления документами;
- модуль индексации данных;
- модуль поиска;
- система управления правами доступа к данным;
- модуль визуализации.

В качестве системы хранения данных для баз знаний могут использоваться файловые системы, СУБД или их совместимость. Эти системы могут использовать для хранения своих данных дисковые хранилища DAS, SAN или NAS.

Модуль управления документами реализует бизнес-логику обработки документов. Он отвечает за цикл жизни документа в системе: создание документа, перемещение документа по конвейерам обработки (конвертация, индексация, визуализация и т. п.), внесение изменений, контроль версий, удаление.

Из современных инструментов для построения базы знаний наилучшим образом подходит CMS – Content Management System, Система Управления Содержанием живым.

В общем случае системы управления содержимым делятся на:

- систему управления веб-содержимым (англ. Web Content Management System);
- систему управления содержанием масштабных предприятий (англ. Enterprise Content Management System).

Помимо определения задач по основным параметрам требуется решить вопрос с обработкой текстовой информации [2]. Концепция представлена на рис. 1.



Рис. 15. Алгоритм обработки текстовой информации

К способам решения лексической многозначности можно отнести WSD (word-sense disambiguation) на основе нейронных сетей, построенных по данным машиночитаемых словарей [3].

Не забудем про методы синтаксического анализа [4] - Их разделяют на две группы: методы с фиксированным, заранее заданным набором правил и самообучающиеся методы. Специально для задания синтаксических правил построения предложений были разработаны трансформационные грамматики. Однако их построение требует больших усилий, и они неприменимы для анализа неправильно построенных предложений. Это привело к появлению вероятностных подходов к синтаксическому разбору предложений.

В настоящее время существует множество программных средств для проведения синтаксического анализа текста. Отечественным способом является Russian Context Optimizer (RCO) — комплекс программ для синтаксического и морфологического анализа русскоязычных текстов. Набор средств разработки доступен для Windows и систем UNIX.

Анализ и обработка данных в базах знаний может осуществляться множеством математических способов [5].

Для обеспечения высокого качества работы модуля поиска информации в базе знаний рассматриваются основные методы поиска информации. Необходимо выделить преимущества и недостатки каждого метода и определить наиболее оптимальный метод для решения поставленной задачи поиска инструкций по базе знаний.

Полнотекстовый индекс — это специализированный индекс для больших объемов текстовых данных, которые хранятся в столбцах строкового типа VARCHAR или TEXT. Для относительно небольших типов данных используется обычный индекс. Суть работы алгоритма заключается в том, что из каждой ячейки извлекается текст, разбивается на слова, и для каждого слова создается отдельная таблица индекса. Появляется связь конкретного слова и ячеек, в которых это слово встречается. Если задаваться вопросом, как же работают поисковые системы, то в них есть подобный механизм.

Полнотекстовый индекс может включать в себя одновременно несколько столбцов таблицы, в этом случае содержимое склеивается в одно единое, и создается полнотекстовый индекс по алгоритму, который уже был описан выше. Кроме того, он поддерживает морфологию языков, стоп-слова, а также перестановки в словосочетаниях. Также существует минимальное значение длины слова, равное 4 символам, то есть если длина слова меньше 4, то слово не попадает в индекс.

Поиск по заголовкам инструкций происходит с использованием полнотекстового индекса. При таком поиске обязательно однозначное совпадение, важно только, чтобы отдельные слова из входной формулировки входили в состав реального заголовка. К сожалению, для получения результата нужно предположить, какое слово может быть в заголовке нужной инструкции, иногда пользователю тяжело сделать верное предположение, также не находятся инструкции, если слово использовано в другом падеже. Поэтому актуальной проблемой является поиск инструкций по смыслу заголовка. В нашей ситуации применимо использование таких простых алгоритмов машинного обучения, как word2vec.

В данной ситуации [6]. word2vec позволила ускорить поиск информации в базе знаний и исходя из проведенного исследования методов поиска информации в базе знаний, можно сделать вывод, что поиск через индекс не столь применимый для крупных систем, поскольку требует достаточного количества ресурсов и проблематичный в использовании не крупных предприятий. Поиск по полнотекстовому индексу проявил себя удовлетворительно, поэтому пришлось, в ходе исследований, отказаться в его использовании. Зато технология word2vec проявила себя достаточно положительно и данное применение технологии word2vec в этом случае является вполне оправданным. Метод является самым эффективным и по результатам проведенных исследований быстрым из всех рассмотренных. Именно эта технология оптимизирует поиск информации в базе знаний.

Knowledge management, как один из относительно новых видов менеджмента, вызывает интерес со стороны представителей научного и делового сообщества, а также скептическое отношение к своей уникальности, необходимости и смысловой составляющей. Это особенно заметно в работах ученых, занимающихся вопросами управления информацией. Однако исследователи в области инноваций связывают управление знаниями в компаниях с возможностью получения конкурентного преимущества.

Управление знаниями помогает компаниям принимать быстрые и эффективные решения. В эпоху цифровизации и жесткой конкуренции прогрессивные организации стремятся иметь единую базу знаний, которая складывается из предыдущего опыта и текущих наработок сотрудников. Обеспечение доступа к единой базе знаний дает компании неоценимые преимущества — более компетентных и квалифицированных работников, способных действовать быстро и эффективно на основе доступной информации, принося организации существенную пользу.

Для достижения эффективных результатов организации необходима прочная теоретическая основа. В этой связи актуальность данного исследования заключается в написании теоретической части сферы управления знаниями, на которой может строиться стратегия менеджмента знаний. В случае игнорирования этих основ процессы управления знаниями в организации не будут должным образом скоординированы, и она не получит ожидаемую выгоду.

Управление знаниями делает организацию более гибкой и позволяет быстрее реагировать на изменения и инновации, возникающие в цифровом мире. Накопленная база знаний облегчает процесс внедрения новых технологий, помогает выявлять потенциальные проблемы и извлекать максимальную выгоду из новой информации. Согласно исследованиям, управление знаниями способствует повышению конкурентоспособности компании [7]. Применять можно несколько моделей управления - SECI, Choo, Wiig. Все они построены на разных семантиках, но перекрывают друг-друга и все хорошо себя зарекомендовали.

Выбор функционала корпоративной информационной системы (КИС) и технико-технологической платформы информационной инфраструктуры являются критически важными задачами в условиях цифровых трансформаций.

Современный рынок КИС перенасыщен предложениями разработчиков. Если несколько лет назад на рынке доминировали продукты крупных вендоров, то сейчас появились и другие КИС, разработчики которых активно борются за клиентов. Основные критерии выбора КИС, выдвигаемые пользователями и ИТ-специалистами, включают масштабируемость, открытость, гибкость, интегрируемость, нацеленность команды на успех, возможность доработки функционала, единое информационное пространство и другие.

Главное при выборе КИС — это понимание, какие новые преимущества даст предприятию внедрение системы, насколько это будет затратно, и какое влияние это окажет на прибыльность и стоимость продукции. Необходимо оценить аналитические возможности пакета и наличие встроенных инструментальных средств. Внедряемая КИС должна соответствовать технологическому уровню предприятия.

Чрезвычайно важным моментом является правильный выбор разработчика ERP-системы, который должен стать долгосрочным партнером, обеспечивающим сервисное обслуживание. Компания-клиент должна быть уверена в высоком качестве и своевременности будущих модернизаций, решении всех проблем, касающихся гибкости и масштабируемости системы. Однако большинство КИС имеют проблемы с онтологическими и поисковыми аспектами, а также безопасностью [8]. Помимо стоимости, лица, принимающие решения, должны изучить характеристики программного обеспечения, оценить его возможности и выбрать ПО, которое удовлетворит потребности компании, не требуя чрезмерных затрат. Выбор также делается между различными вариантами размещения информационной системы, например, в вычислительном облаке или локально на серверах организации.

На крупных предприятиях большую часть подготовительной работы может выполнять собственный ИТ-персонал, а затраты распределяются на большую базу, чтобы минимизировать их влияние на компанию. Однако для небольших компаний с 10–200 сотрудниками эти проблемы усложняются. Небольшие компании часто находятся в невыгодном положении, и ИТ-специалистов может не быть в штате. Кроме того, крупные капиталовложения в новые системы могут оказаться невыполнимыми для небольших организаций.

В результате владелец бизнеса или лицо, принимающее решения, рискует выбрать систему, которая будет либо слишком малофункциональной, либо, наоборот, обладать избыточным функционалом. Кроме того, могут возникнуть вопросы, связанные с информационной безопасностью такого решения.

[9]. Указанные особенности становятся ещё более критичными при выборе ключевых решений для цифровизации, таких как серверное аппаратное и программное обеспечение, программные платформы или даже информационные системы в целом [10]. Для промышленных предприятий и крупных организаций, занимающихся производством одной из таких платформ, являются ERP-системы [11–12]. Для использования одной и той же ERP-системы в разных регионах мира требуется локализация и гармонизация с местным законодательством и нормами.

Анализ распределения рыночных долей показывает, что помимо нескольких крупных международных решений значительную часть рынка занимают локальные решения от различных производителей программного обеспечения, представлено на рис. 2. Из этого следует, что выбор конкретного решения будет зависеть прежде всего от региона, в котором находится организация.

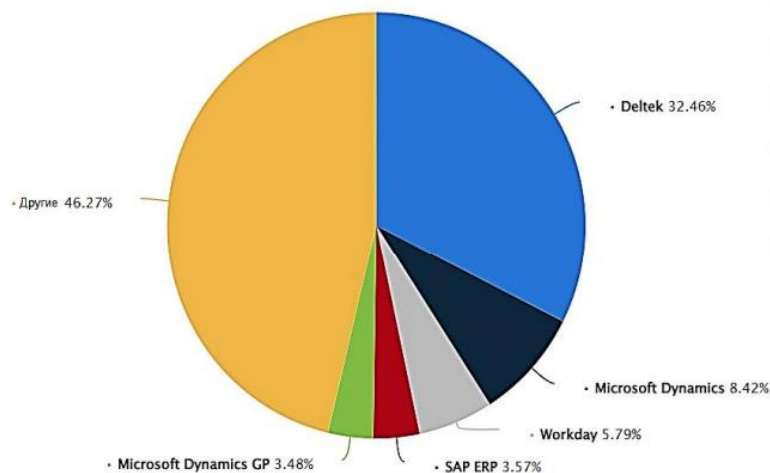


Рис. 16. Разделение разработчиков корпоративных систем по производителям

Как правило, заказчики Business Intelligence (BI) узнают этот технический термин уже в процессе обсуждения бизнес-проекта. Более понятное русское определение — системы методов и инструментов для бизнес-анализа. В любом случае, речь идет о получении и анализе данных, без которых сложно эффективно использовать большие объемы информации. Ирония так называемых Big Data (больших данных) заключается в том, что их легче получить, чем использовать.

Любая автоматизация учета, даже частичная, создает точки для ввода и накопления различной информации. Постепенно базы данных разрастаются, дополняются различными таблицами, файловыми архивами, почтовой перепиской, отчетами и многочисленными бухгалтерскими документами. Маркетинговые сведения, статистика производства и продаж, финансы, кадровые вопросы — по всем существенным аспектам работы ведется учет, накапливаются данные. Однако по среднестатистическим данным руководство компании не имеет доступа к этим данным [13].

Рекомендательные системы в корпоративной базе знаний помогают сотрудникам быстро находить нужные документы, повышают качество решений, упрощают обучение новичков, способствуют оптимизации рабочих процессов, поддерживают инновации, предсказывают потребности и снижают нагрузку на техподдержку. В данном случае наиболее подходящими будут методы, основанные на знаниях. [14].

Большая часть информации на предприятиях представлена в виде документов. Деятельность, обеспечивающая документирование, документооборот, оперативное хранение и использование документов, называется делопроизводством и описана в ГОСТ Р 7.0.8-2013. Делопроизводство делится на три стадии:

1. Создание документов (документирование)
2. Организация движения и учёта документов (документооборот)
3. Хранение документов (архивное дело)

Основным этапом по работе с документами на делопроизводстве, описывающим и контролирующим их движение, является документооборот. В условиях постоянного роста объемов документов и необходимости их контроля возникла необходимость в создании автоматизированных систем контроля документов. Первые такие системы электронного документооборота начали появляться на рубеже 1980-х и 1990-х годов и предназначались для правительственных канцелярий и крупных предприятий. Их функционал сводился к электронному журналу документов.

Стоит отметить, что в данном контексте под документом подразумеваются не привычные нам файлы Word, Excel или другие форматы текстовой информации. В электронном документообороте документ может быть представлен как изображение, аудио или видеofайл. В общем, под документом здесь понимается любая неструктурированная информация (контент).

Все документы сопровождаются своими статусами и атрибутами, имеют автора и определенный уровень доступа, что позволяет ускорить поиск необходимого документа и обеспечить должный уровень безопасности [15].

Научный руководитель – старший преподаватель Ю.В. Берчун

Библиографический список

1. Булгакова И. В. Обзор средств Business Intelligence применяемых в современных корпоративных системах // Политехнический молодежный журнал. 2017. №. 12 (17). С. 3.
2. Ворожцова Н. А. Аналитический обзор методов и систем синтаксического анализа текстов // Закономерности и тенденции инновационного развития. 2017. С. 30.
3. Галиуллина Н. А. Сравнительный обзор методов поиска информации в базе знаний // Редакционный совет. 2021. С. 1171.
4. Гомзин А. Г., Коршунов А. В. Системы рекомендаций: обзор современных подходов // Труды Института системного программирования РАН. 2012. Т. 22. С. 401-418.

5. ГОСТ ISO/IEC 17788-2016 Информационные технологии (ИТ). Облачные вычисления. Общие положения и терминология / ГОСТ от 10 ноября 2016 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200141425> (дата обращения 01.02.2022).
6. Иванова А. В. и др. Исследование методов обработки текстовой информации и обзор этапов создания модели искусственного интеллекта при создании чат-ботов // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2021. № 2 (12). С. 19-23.
7. Каушинис Т. В. и др. Обзор методов и алгоритмов разрешения лексической многозначности: Введение // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2015. № 10. С. 69-98.
8. Кравцов А. А. Обзор инструментов создания электронной базы знаний // Студенческая наука: современные реалии. 2017. С. 90-95.
9. Лядова Ю. О., Брусакова И. А. Обзор по корпоративным информационным системам: платформа, функционал, сервисы // Оргкомитет конференции. 2021. С. 109.
10. Макшанов А. В. Современные технологии интеллектуального анализа данных: учебное пособие для СПО / А. В. Макшанов, А. Е. Журавлев, Л. Н. Тындыкарь. Санкт-Петербург: Лань, 2020. 228 с.
11. Минаков В. Ф., Шепелева О. Ю., Лобанов О. С. Многофакторная модель обеспечения безопасности конфиденциальных данных // Правовая информатика. 2020. № 1. С. 40-46. DOI: 10.21681/1994-1404-2020-1-40-46.
12. Панкратова А. В., Никифорова Н. В., Хан И. Г. Управление знаниями как основа для современных инноваций // Central Asian Economic Review. 2023. № 2. С. 56-71.
13. Хобта С. С. Обзор технологий и компонентов электронного документооборота // Традиции и инновации в образовательном пространстве России, ХМАО–Югры и НВГУ. 2016. С. 91.
14. Silkina G., Barabanova M., Gazul S., Kiyayev V. Using Blockchain-based approach for building the system events logging service // Journal of Physics: Conference Series: International Scientific Conference "Conference on Applied Physics, Information Technologies and Engineering - APITECH-2019", Krasnoyarsk, 25–27 сентября 2019 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations; Polytechnical Institute of Siberian Federal University. Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019. P. 33075. DOI 10.1088/1742-6596/1399/3/033075.
15. Казакова И.А., Спиридонов М.А. Обзор современного рынка корпоративных информационных систем // cyberleninka. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-sovremennogo-rynka-korporativnyhinformatsionnyh-sistem/viewer> (дата обращения: 15.10.2020 г.).

УДК 629.05

ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ МНОГОЦЕЛЕВОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Е.П. Морозов

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Современные автоматизированные системы и мобильные роботы играют ключевую роль в обеспечении надёжного функционирования предприятий, а также в решении нестандартных задач, возникающих в процессе эксплуатации промышленных объектов.

Большинство современных роботов являются ограниченными в плане адаптивности решениями, любой изменяющийся фактор или среда ведёт не номинальному использованию изделия, что не позволяет менять их функционал под быстроменяющиеся условия рынка и адаптировать под новые, более выгодные, технологии.

Всё чаще в ходе различных процессов, современные технологии исключают на тех или иных операциях человека, но их части этого сделать невозможно, например многие считают, что исключить человека из процесса проектирования попросту невозможно, и действительно если мы рассмотрим большинство современных методов расчётов, то получим следующую картину.

1. Современные методы расчёта и составление технического описания для системы

Современные методы проектирования и инженерных расчетов представляют собой комплексный подход, который включает использование новейшего программного обеспечения, математического моделирования, цифровых технологий и методов анализа данных. Эти методы позволяют инженерам разрабатывать и тестировать проекты до их реализации, минимизируя риски и увеличивая точность конечного результата. Рассмотрим ключевые аспекты этих методов.

1.1. Компьютерное проектирование (CAD)

CAD-системы (Computer-Aided Design) – это программное обеспечение, которое используется для создания двумерных чертежей и трехмерных моделей. Современные CAD-программы позволяют создавать высокоточные модели, визуализировать проект и проводить анализ конструкции еще до начала физического изготовления. Примеры популярных программ: AutoCAD, SolidWorks, CATIA.

Преимущества CAD:

- Высокая точность и детализация проектов.
- Возможность многократного редактирования и внесения изменений.
- Автоматическое создание спецификаций и чертежей.
- Совместная работа над проектом несколькими специалистами одновременно.

1.2. Инженерные расчеты (CAE)

CAE (Computer-Aided Engineering) – это программы, предназначенные для проведения инженерных расчетов и анализа конструкций. Это может включать статический и динамический анализ, анализ напряжений, тепловых потоков, аэродинамических характеристик и многое другое. Популярные программы: ANSYS, Abaqus, Nastran.

Основные виды анализа:

- Анализ методом конечных элементов (МКЭ) – используется для расчета деформаций, напряжений и температурных полей в конструкциях.
- Гидродинамические расчеты (CFD) – применяются для анализа течений жидкостей и газов вокруг конструкций.
- Динамический анализ – помогает оценить поведение конструкции под воздействием внешних нагрузок, вибраций и ударов.

1.3. Виртуальное прототипирование и симуляция

Современные технологии позволяют создавать виртуальные прототипы изделий и проверять их работоспособность в реальных условиях. Это дает возможность выявить потенциальные проблемы и внести изменения до запуска производства. Виртуальная реальность (VR) и дополненная реальность (AR) становятся все более популярными инструментами для тестирования продуктов.

Примеры использования:

- Тестирование автомобилей в виртуальных условиях (различные погодные условия, дороги).
- Проверка эргономичности изделий с помощью VR/AR-технологий.
- Моделирование процессов сборки и разборки изделий.

1.4. Машинное обучение и искусственный интеллект

Машинное обучение и алгоритмы искусственного интеллекта начинают играть важную роль в инженерном проектировании. Они помогают анализировать большие объемы данных, предсказывать возможные сценарии развития событий и находить оптимальные решения.

Применение машинного обучения:

- Оптимизация параметров конструкции на основе исторических данных.
- Прогнозирование отказов оборудования и планирование технического обслуживания.
- Анализ больших объемов данных для улучшения производительности и надежности систем.

1.5. Цифровое двойничество

Цифровые двойники – это цифровые копии физических объектов или систем, которые создаются на основе данных о реальном объекте. Эти данные собираются с датчиков и сенсоров, установленных на оборудовании. Цифровой двойник позволяет отслеживать состояние реального объекта в режиме реального времени и прогнозировать его поведение.

Использование цифрового двойника:

- Мониторинг состояния оборудования и предотвращение поломок.
- Оптимизация рабочих процессов и повышение эффективности производства.
- Проведение экспериментов и тестов без риска повреждения реального оборудования.

Таким образом, современные методы проектирования и инженерных расчетов основываются на интеграции передовых технологий и программного обеспечения. Использование CAD, CAE, виртуального прототипирования, машинного обучения и других инструментов позволяет инженерам создавать более надежные и эффективные продукты, минимизировать риски и сократить сроки разработки.

Касаясь предыдущих выводов и исходя из вышеизложенного текста, мы можем заметить, что все данные методы, за исключением машинного обучения, цифрового двойничества, жестко зависят от человека и любая его ошибка в расчетах, в подходах проектирования носит фатальный характер. Рассматривая современные CAD и CAE системы, разработчики максимально стараются отстранить человека, проводя все возможные алгоритмы, оставляя за ним только генерацию идей и исправление. Все они построенные на разных алгоритмах, включая и математическое моделирование и создание оптимизированного решения методом приближения различными сплайнами. Рассматривая задачи мобильной робототехники, можно выявить большинство стандартных решений, которые на данный момент может в некоторых компаниях иметь уникальную цифровую платформу по построению наиболее простых из них, но даже там нет уже встроенной системы подбора компонентов, создания смет, конструкторской документации и многого другого, то есть данные системы опять же инструмент-подсказка для конструктора.

Таким образом, возникает предложение, а почему не создать универсальную цифровую платформу, которая не только позволяет давать инженеру конструктору подсказки, а делать полноценную базу для дальнейшего «творчества» и расстановки различных робототехнических средств, в том числе изменение дизайна.

В современном мире это стало возможным благодаря стремительно развившейся математической базе и накопленному опыту в областях CAD, CAE расчетов, а также регрессионных методов в глубоком

обучении, опять же касаясь специфики все они носят общий характер и для генерации конкретной и чёткой задачи не очень подходят, банально большинство алгоритмов будут работать медленнее, чем это предполагает само проектирование. По этой причине было принято решение о создании универсальной цифровой платформы, которая сможет генерировать решения конкретных многоцелевых робототехнических комплексов, со всей проектной документацией, чертежами, 3д моделями, а также готовой к заказу сметой и рассчитанной стоимостью, грузоподъёмностью, последние из которых пользователь или заказчик могут указать и им сгенерируется максимально подходящая модель под их запрос.

Помимо самих алгоритмов генерации, решения обратных задач и методов оптимального численного или аналитического расчёта, также надо учесть и саму конструкцию, которая должна быть высоко-адаптивной, функциональной, с возможностью замены компонентов «на горячую», а также универсальностью поведения для различных задач и дополнительных компонентов.

В ходе первичного анализа и проектирования были предложены инновационные инженерные решения, которые позволили не только повысить основные характеристики мобильного робота (макс. Скорость, устойчивость к вибрациям, масса полезной нагрузки, проходимость), но и возможностью их качественного и быстрого исполнения. Как для любого мобильного комплекса, если мы будем рассматривать механическое и компонентное исполнение, то основными компонентами будут:

- Специализированная система колёс [1]
- Силовая рама робота
- Система «Сход-развал» [3]
- Подвеска и рессорная система [2]
- Системы передачи крутящего момента

Как писалось ранее данная цифровая платформа должна иметь возможность не только вести автоматизированный расчёт основных компонентов, но и их автоматизированное проектирование, подбор компонентов, составление сметы, конструкторской документации, электрических схем и иметь возможность удалённого управления не только одним многоцелевым мобильным робототехническим комплексом, а целой группой таких комплексов.

Перейдём к созданию цифровой платформы. Как и для создания любого программного обеспечения первым шагом будет выбор платформы и языков программирования. Так для нашей системы ввиду большого обилия инструментов и гибкости существующих библиотек, система будет базироваться на UNIX системах таких как Linux и Windows, а сама реализация будет вестись на 2 языках программирования, таких как Python3.10 и C++, ведь если выделять особенности, то благодаря Python можно сделать качественный и функциональный интерфейс, а также графическое отображение и работу многих систем, а благодаря C++ возможно быстрая генерация математических моделей с применением численных методов, где для ускорения расчётов многие алгоритмы были переписаны. В том числе так как будет вестись генерация различных компонентов не только для одного комплекса и большой группы, то необходимо вести систему баз данных, причём для ускорения поиска и работы алгоритмов саму СУБД надо делать в 3 нормальной форме.

2. Генерация и расчёт математических моделей

Начальный угол в подвеске Кристи (рад): 0
Толщина звена в подвеске Кристи (м): 0.04
Масса звена в подвеске Кристи (кг): 5
Радиус звена в подвеске Кристи (м): 0.5
Угол наклона пружины в подвеске Кристи(tan): 7.5
Нагрузка на одно колесо (кг): 20.0
Радиус первого диска в адаптивном колесе (м): 0.3
Начальный угол раздвижения в адаптивном колесе (рад*пи): 0.125
Начальная угловая скорость в адаптивном колесе (рад/с): 20.0
Начальное угловое ускорение в адаптивном колесе (рад): 2.0
Масса стержня в адаптивном колесе (кг): 6.569710933333333
Масса ползуна с наконечником в адаптивном колесе (кг): 8.8804224
Масса начального диска в адаптивном колесе (кг): 22.201056000000005
Длина звена системы развал (м): 0.15
Начальный угол в системе развал (рад*пи): 0.25
Начальная угловая скорость в системе развал (рад/с): 20
Начальное угловое ускорение в системе развал (рад): 100

Рис. 1. Вид начальных параметров генерации математической модели

Главной особенностью данной системы является параметрическая зависимость математической модели, на основе которой будет происходить последующая генерация. Рассматривая саму структуру расчёта и представления данных, а также проектирую систему промежуточных отчётов, то начальные параметры для генерации конкретной версии робота на основе математической модели будет удобнее вести в виде файла с наличием всех характеристик. Сам файл имеет следующий вид (Рис. 1)

Где программа генерации может брать значение файлов, причём, если рассматривать каждую строчку, то она структурно выглядит

следующим образом: {текст}: {дробное число}, то есть для считывания только численных значений параметров системы мы можем использовать итерирование, где в роли итераторов будут выступать следующие символы: (, [, \n, :,], +,). Где используя следующий листинг программы мы можем получить вектор параметров робота (Табл. 1).

Сама генерация модели выглядит просто как подставление параметров в уравнения, выведенные ранее для математической модели, но сам подбор компонентов для модели

```
const char* model_params = "PARAM.txt";
std::ifstream model_paramtr(model_params, std::ios_base::binary |
std::ios_base::in);
std::string
str{std::istreambuf_iterator<char>(model_paramtr),std::istreambuf_iterator<char>
() };
std::regex reg{ R"([\\n:]+)" };
std::regex_token_iterator{ str.begin(), str.end(), reg, -1 };
```

```
std::vector<std::string> model_params_{ iterator,{ } };
std::vector<float> float_model_params_raw;
float flo;
for (auto i : model_params_) {
    std::istringstream iss(i);
    iss >> flo;
    float_model_params_raw.push_back(flo);
}
int k = 0;
std::vector<float> float_model_params;
for (auto i : float_model_params_raw) {
    if (k % 2 == 1) {
        float_model_params.push_back(i);
    }
    k++;
}
```

В обычном проектировании оптимальным подбором занимается человек, но используя следующий алгоритм это может происходить автоматически (Рис. 2.). Отличием данного метода от стандартного метода наискорейшего спуска заключается в том, что мы введём разные, но постоянные веса для по разным переменным. Это позволит более точно и быстрее вычислять наши значения. То есть мы по сути «сожмём» пространство по одной из осей в фиксированное количество раз.

[illegible]

3. Общая архитектура системы и автоматическая генерация 3Д моделей.

Говоря об общей архитектуре системы, то она представляет из себя распределённую систему, состоящую из модулей для вычисления, генерации моделей. А интерфейс программы, наоборот является централизованным, то есть у него специальная навигационная панель и главный связующий модуль. Для наглядности рассмотрим начальную страницу программного комплекса (Рис. 3.)

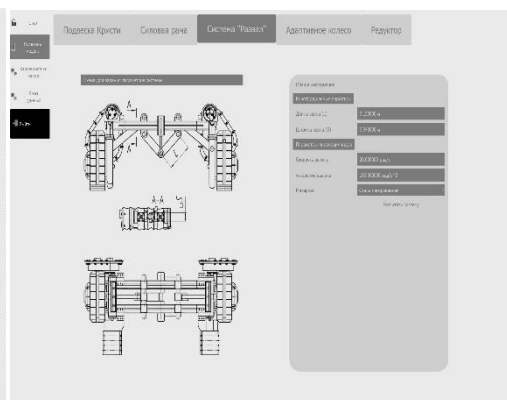


Рис. 4. Экран расчёта характеристик

Обобщая результаты, можно сказать, что мы разработали универсальную цифровую систему, значительно облегчающую труд инженера-конструктора путем автоматизации рутинных операций, таких как создание базовой структуры изделия. В данном случае речь идет об автоматизированном проектировании мобильных комплексов, однако разработанные методы могут быть применены и к другим устройствам. Это существенно снижает влияние человеческого фактора на производство и проектирование, предоставляя инженерам больше возможностей для творческой и научно-исследовательской деятельности. Такой подход способствует повышению производительности предприятий, улучшению качества продукции и унификации изделий, делая конечные продукты удобнее для пользователей. Ярким примером внедрения подобного подхода является стандартизация разъемов для питания и передачи данных через интерфейс USB-C.

Таким образом, наша работа открывает новые горизонты для оптимизации производственных процессов и повышения эффективности инженерной деятельности.

Библиографический список

1. Морозов Е.П., Комаров Д.А., Сашенко Д.В. Проектирование и первичный расчет многоцелевого мобильного робототехнического комплекса КДМЕ 23 — адаптивные колёса. Материалы II Весенней научной сессии СНО НИЯУ МИФИ. Москва, 2024.
2. Морозов Е.П., Комаров Д.А., Сашенко Д.В. Проектирование и первичный расчёт многоцелевого мобильного робототехнического комплекса КДМЕ-23 подвеска Кристи. Виттевские чтения – 2024: материалы XXIV Международного конгресса молодой науки. Под ред. Атанасовой В.М., Баранова Д.Н., Жидкова А.С., Клеммера П.С. Электронное издание. Москва: ЧОУВО «Московский университет имени С.Ю. Витте», 2024. С. 1707.
3. Морозов Е.П., Комаров Д.А., Сашенко Д.В. Проектирование и первичный расчёт многоцелевого мобильного робототехнического комплекса КДМЕ-23 система «Развал». Международный журнал «Наука Плюс». Отв. ред. Смирнова Ю.В. Саратов, 2024. № 25. С. 249. URL: https://www.naukaplusj.ru/nauchny_zhurnal
4. Робот. Компьютер. Гибкое производство / АН СССР. Серия "Кибернетика - неограниченные возможности и возможные ограничения". - М.: "Наука", 1990. - 168 с.
5. Тюрин А. И., Гасников А. В. Быстрый градиентный спуск для задач выпуклой минимизации с оракулом, выдающим (δ, L) -модель функции в запрошенной точке //arXiv preprint arXiv:1711.02747. – 2017.
6. 16. Герасимов Н. Д. Сравнение методов Ньютона и наискорейшего спуска //Наука XXI века: проблемы, поиски, решения. – 2019. – С. 49-54.
7. Численные методы : учебное пособие для вузов / А. В. Зенков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 136 с.
8. Макаров И.М. Робототехника: история и перспективы / И.М.Макаров, Ю.И.Топчеев; Рос. акад. наук. - Москва: Наука; МАИ, 2003. - 349 с.: ил.
9. Гончаров А. С., Саклаков В. М. Цифровой двойник: обзор существующих решений и перспективы развития технологии //Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2018. – С. 24-26.

УДК 004.896

ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ ОБЪЕКТОВ

К. Д. Волков, К. С. Николаев, К. Д. Фролов, А. В. Шендаров
Московский государственный университет имени Н.Э. Баумана

В настоящее время поисковые операции в сложных природных условиях, таких как горные массивы, лесные массивы, пустынные территории и водные акватории, выполняются преимущественно людьми. Однако этот подход не только неэффективен, но и сопряжен с высоким риском для жизни спасателей. В связи с этим возникает необходимость разработки системы, способной осуществлять поиск с минимальными затратами, высокой скоростью и низким уровнем вмешательства человека.

Целью данной работы является проектирование устройства, обладающего низкой стоимостью и возможностью функционирования в составе группы идентичных автономных агентов. Эти устройства должны эффективно исследовать территорию, минимизируя вероятность сбоев, таких как потеря связи или выход из строя центрального узла управления.

С учетом требования о снижении стоимости, предполагается использование маломощных передатчиков, что накладывает ограничения на дальность связи. Для сохранения эффективности работы группы необходима координация между отдельными агентами, обеспечивающая плотное покрытие исследуемой территории и предотвращающая разрозненность системы [1,2].

Механизм координации основан на обмене данными между агентами, что позволяет каждому из них ориентироваться на области с наименьшей плотностью покрытия. Каждый объект передает и получает информацию от ближайших соседей, анализирует расположение других агентов и, на основе этих данных, прогнозирует их движение, выбирая оптимальный маршрут. Решения принимаются с учетом расстояния до ближайшего и наиболее удаленного агента в сети.

Функционирование каждого устройства предполагает получение данных от соседних агентов, их хранение и обработку. Сохраненная информация передается в систему коммуникации, а затем поступает в управляющий модуль, где обновляется и возвращается в память. После этого актуализированные данные передаются ближайшим агентам в пределах зоны связи, обеспечивая коллективную адаптацию системы [3,4].

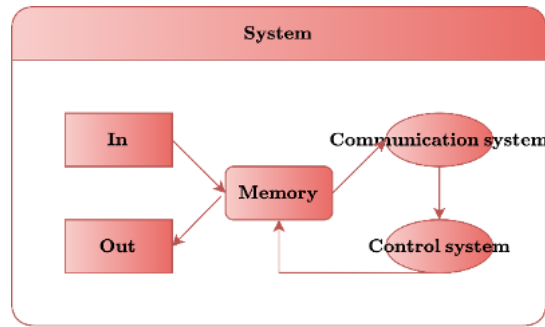


Рис. 1 Архитектура объекта

Обратимся к архитектуре объекта (Рис. 1). Память играет ключевую роль в его проектировании, обеспечивая хранение и обработку данных, необходимых для эффективного функционирования системы.

В памяти агента содержится массив значений с ключами-индексами, а также координаты его текущего местоположения в исследуемой среде и карта покрытия территории [5]. Кроме того, каждый элемент словаря соседей включает информацию обо всех объектах внутри децентрализованной системы, что позволяет агенту координировать свои действия, прогнозировать перемещения других участников и корректировать собственную стратегию исследования.

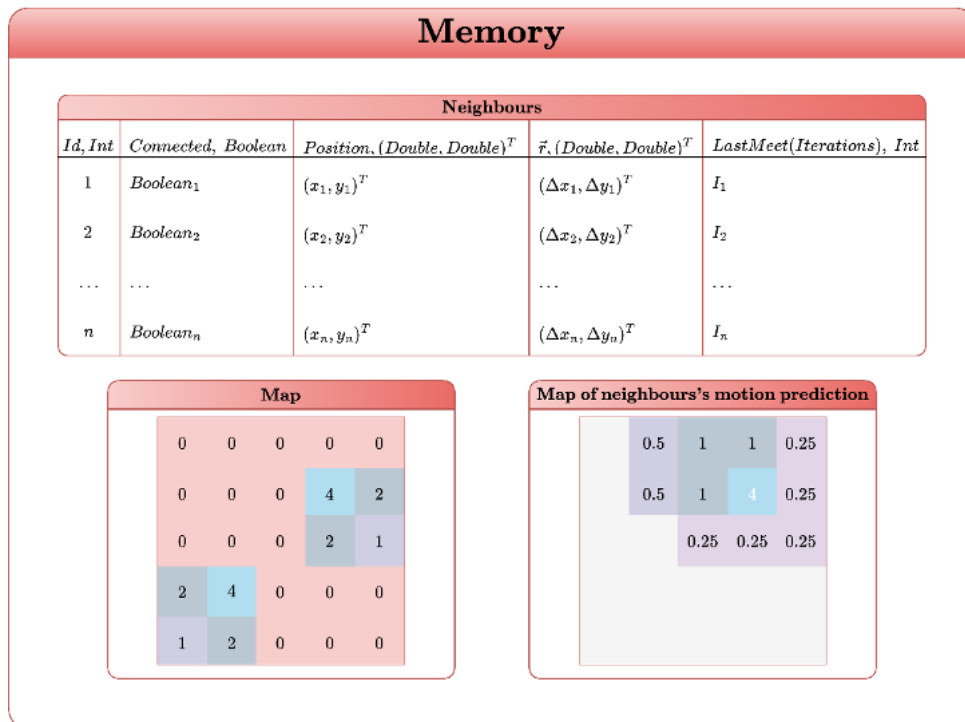


Рис. 2 Блок памяти агента

Запоминаются пять ключевых параметров агента (Рис. 2):

- connected – булева переменная, указывающая, установлена ли связь с данным соседом;
- position – координаты агента, либо текущие, либо последние зафиксированные;
- vector – направление движения;
- last meet – момент времени последнего установления связи с объектом;
- planning maps – карты планирования, содержащие информацию об исследованных участках соседних агентов.

Агенты обладают одинаковыми возможностями передачи данных. Прием информации осуществляется без ограничений по расстоянию, однако передача возможна только в пределах установленного радиуса.

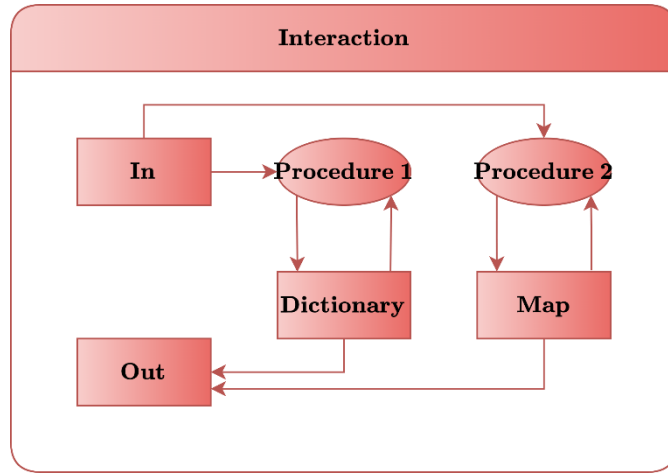


Рис. 3 Схема взаимодействия объектов

На каждой итерации объект анализирует текущую информацию, полученную от соседей, и при необходимости обновляет свои данные, выбирая наиболее актуальные значения [6]. На выходе агент передает свою таблицу состояний и актуальную карту исследованной местности, обеспечивая обмен данными с соседями. Взаимодействие объектов организовано в соответствии со схемой Рис. 3.

Алгоритм планирования отвечает за преобразование вектора последнего известного движения объекта в карточный формат. Поскольку данные со временем теряют актуальность, процесс наложения информации на карту реализуется по принципу расширения области покрытия и постепенного уменьшения значений наложения по мере продвижения агента.

Система управления в данной архитектуре выполняет роль связующего звена между системой коммуникации и памятью. После вычисления оптимального вектора движения системой коммуникации агент перемещается по соответствующей траектории. В ходе движения система управления анализирует охваченную территорию, фиксирует количество исследованных участков и передает обновленные данные в память.

Система коммуникации представляет собой нейронную сеть, основная задача которой — определение оптимального вектора движения агента на основе входных данных.

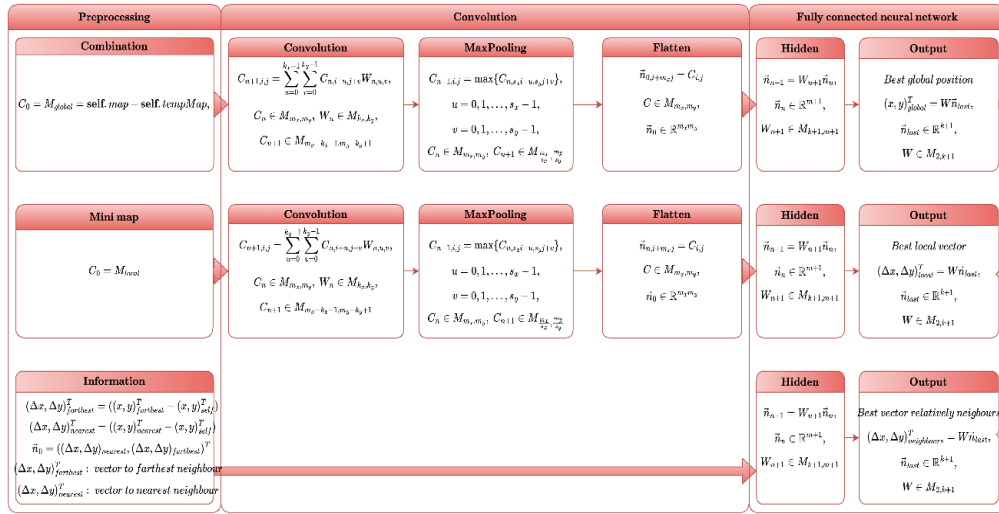


Рис. 4 Архитектура нейронной сети

Нейросеть состоит из одного основного потока, который обрабатывает данные, полученные от трех независимых потоков. Иными словами, реализуется так называемый ансамбль нейронных сетей. Такой подход обеспечивает более эффективное разделение аспектов входных данных и их последовательную обработку, что позволяет нейросети лучше адаптироваться к сложной динамике среды. (Рис. 4, Рис. 5).

Данные, извлеченные из памяти, включая общую карту заполненности и карту планирования, объединяются в единую карту. Это улучшает способность нейросети к определению оптимального направления движения, что повышает эффективность выполнения задачи. Полученная карта и собственные координаты объекта поступают на вход первого потока нейросети.

Кроме того, общая карта заполненности и координаты динамического объекта используются для формирования локальной карты заполненности, отражающей ближайшее окружение агента, где он находится в центре. Эта локальная карта передается во второй поток.

Архитектура нейросети основана на сверточной нейронной сети (CNN) с последующей обработкой через полносвязную нейронную сеть (FCNN). Последовательность обработки включает сверточные

операции (Convolution) для выделения признаков, субдискретизацию (MaxPooling) для уменьшения размерности, преобразование матричных данных в вектор (Flatten), а затем обработку скрытыми слоями полносвязной сети. Такая структура позволяет эффективно анализировать пространственные данные и принимать обоснованные решения.

Исходная карта общей заполненности, пройдя через сверточную нейронную сеть, объединяется с координатами объекта. Далее она обрабатывается полносвязной сетью, в результате чего формируется оптимальный глобальный вектор движения. Этот вектор направляет объект в сторону наименее исследованной области, обеспечивая максимальную эффективность разведки территории. (Рис. 4, верхняя цепочка диаграмм)

Локальная карта окружающей среды обрабатывается отдельной сверточной сетью, результатом чего является оптимальный локальный вектор движения. Если рядом обнаружена территория, уже исследованная другим объектом, корректировка направления позволяет избежать дублирования обследования и способствует равномерному распределению ресурсов. (Рис. 4, средняя цепочка диаграмм)

Этот поток анализирует векторы движения, полученные в результате взаимодействия с другими динамическими объектами. Входными данными являются собственные координаты объекта, а также координаты ближайшего и самого удаленного агентов. Полносвязная сеть генерирует корректирующий вектор, обеспечивающий адаптивное роевое поведение и предотвращающий излишнюю концентрацию объектов в одной зоне. (Рис. 5, нижняя цепочка диаграмм)

Три вектора движения, полученные из отдельных потоков, объединяются в единый вектор данных (Рис. 5, Concatenate). Затем он проходит обработку в полносвязной сети, в результате чего формируется итоговый вектор движения объекта. Глобальный вектор задает основное направление, а локальные корректировки улучшают траекторию с учетом уже исследованных областей и положения других агентов.

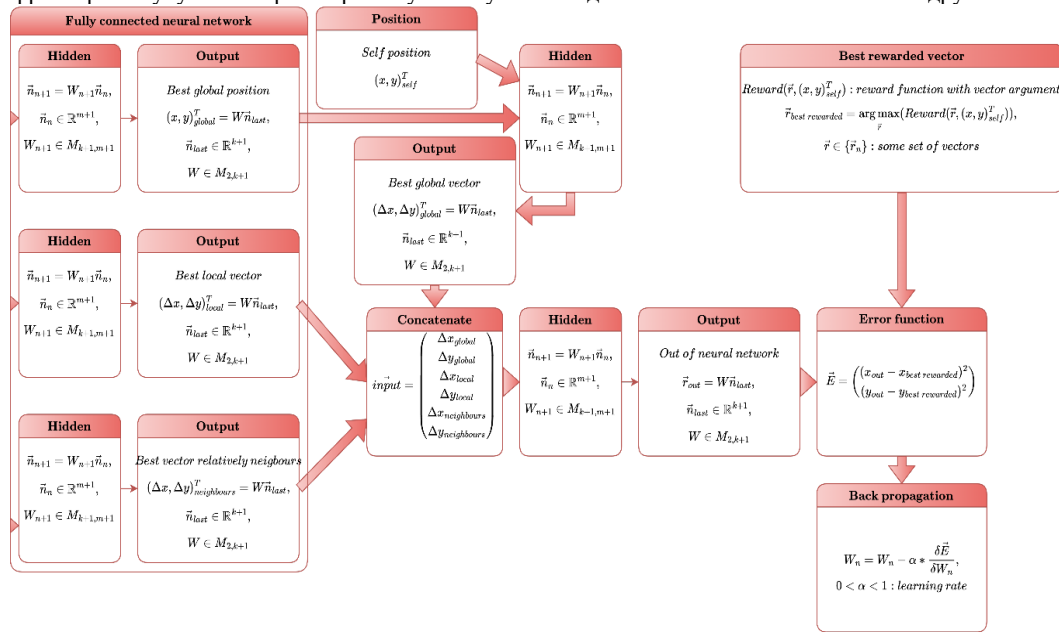


Рис. 1 Архитектура нейронной сети 2

Для разработки эффективной системы коммуникации агента, представленной в виде нейронной сети, требуется соответствующий алгоритм обучения. В связи с тем, что классическое обучение с учителем сложно применимо в данном случае, а генетический алгоритм требует значительных вычислительных ресурсов и не всегда обеспечивает стабильный результат, альтернативным подходом является использование оценочной функции вместо традиционного «учителя».

Обучение и тестирование всех систем будет происходить в специально разработанной среде, представляющей собой абстрактную модель взаимодействия агентов.

Среда обладает следующими ключевыми свойствами:

- Наличие агентов, каждый из которых функционирует в рамках разработанной архитектуры;
- Доступ ко всем данным, используемым агентами, что позволяет эффективно анализировать их поведение;
- Встроенный блок коммуникации, включающий нейронную сеть, оценочную функцию (далее — функция награды) и память для хранения тренировочных данных, необходимых для обучения.

Использование данной среды позволит формировать оптимальные стратегии взаимодействия агентов и совершенствовать нейросетевую модель системы коммуникации.

Функция награды играет ключевую роль в обучении системы коммуникации агента, так как она определяет, какие положения в пространстве являются предпочтительными. После оценки возможных позиций, в которые может переместиться объект, функция награды позволяет выбрать оптимальное положение агента в заданный момент времени.

Основной принцип заключается в том, что из наилучшей найденной позиции можно вычислить вектор движения, который привёл к ней. Этот вектор считается наиболее эффективным направлением движения на предыдущем шаге.

При разработке функции награды учитываются следующие критерии:

- Связность сети: агент должен поддерживать связь с соседями, находясь в пределах радиуса коммуникации, но не приближаясь слишком близко, чтобы обеспечить покрытие большей области.
- Максимизация покрытия: агенты должны стремиться к увеличению дистанции между наиболее удалёнными соседями для более равномерного распределения.
- Минимизация повторного исследования: агенту следует избегать перемещения по уже исследованным территориям, чтобы повысить эффективность разведки.
- Поиск неизведанных областей: агент должен двигаться в направлении, где плотность изученных точек минимальна, тем самым расширяя зону исследования.

Исходя из вышеуказанных ожиданий, функция награды может быть представлена в следующем виде:

$R(r, d, n, position, R) = f(r) + g(n, d) + z(n, position) + m(n, position, R)$, где $f(r) = -ar^{*2} + br + c$, где r – расстояние до ближайшего соседа. r_0 – значение точки, в которой достигается максимальное значение частной награды, r_0 – радиус связи объектов. Такая функция даёт максимальную награду за нахождение объектов в радиусе связи (ожидание 1).

$g(n, d) = a * \sqrt{d} * (b * 2 / n)$, где n – количество исследованных квадратов, d – расстояние до дальнейшего соседа, n – количество исследованных квадратов. Функция выдаёт большую награду за разрыв дистанции с дальнейшим соседом, но она нивелируется по мере исследования карты. Из данной функции можно предположить, что объекты будут выстраиваться фронтом (ожидание 2).

$z(position) = a * new_S(r_0, position) / S(r_0, position)$, где r_0 – радиус обзора, $position$ – позиция объекта в пространстве, $new_S(args)$ – количество ново-исследованных квадратов, $S(args)$ – квадратов в области обзора, $position$ – текущая позиция объекта. Задача этой функции дать максимальную награду за лучшее максимально исследованную область (ожидание 3).

$m(n, position, R) = a * new_S(r(n), position(R(n) + position)) / S(r(n), position(R(n) + position))$, где n – количество исследованных квадратов, $r(n)$ – радиус исследования в зависимости от уровня исследования карты, $position$ – позиция объекта в пространстве, $position(args)$ – функция возвращающая точку в пространстве, зависящую от текущего положения объекта и вектора движения, который привёл агента в эту точку, $R(n)$ – вектор, зависящий от уровня заполненности карты, который привёл объект в текущую точку. Данная функция должна выдавать максимальное значение при движении объекта в более неизведанную область (ожидание 4).

На каждом шаге работы нейронной сети происходит предсказание вектора движения агента. Однако, чтобы скорректировать это предсказание, необходимо сравнить его с потенциально лучшими направлениями, которые могли быть выбраны из той же позиции.

Алгоритм исправления ошибки включает:

- Генерацию нескольких возможных векторов движения (случайных или созданных по определённым правилам);
- Оценку каждой возможной траектории с использованием функции награды;
- Выбор наилучшего направления среди предложенных вариантов;
- Запись наилучшего вектора в обучающую выборку как ожидаемый выход;
- Запись входных данных, поданных в нейросеть, в обучающую выборку входных данных;
- Коррекцию нейросети с использованием алгоритма обратного распространения ошибки (backpropagation), где разница между предсказанным вектором и выбранным наилучшим направлением служит основой для обновления весов.

Функция награды является глобальным инструментом оценки позиций агентов, тогда как нейросеть функционирует в условиях ограниченной информации.

Основные ограничения, не позволяющие заменить нейросеть функцией награды:

- Различие в доступе к данным:
 1. Среда обладает глобальной информацией: местоположение всех агентов, полная карта заполненности.
 2. Агент видит только локальную картину: актуальные данные о ближайших соседях, устаревшие данные о дальних агентах, предполагаемая карта исследований.
- Необходимость быстрого принятия решений: функция награды не подходит для моментального предсказания движения, так как требует глобальной оптимизации.
- Обучаемость и адаптация: нейросеть позволяет динамически адаптироваться к изменениям среды на основе частичной информации, в то время как функция награды лишь оценивает качество уже совершённых действий.

Таким образом, нейросеть остаётся необходимым компонентом для работы агентов в условиях неполной информации.

Научный руководитель – ассистент П.А. Панилов

Библиографический список

1. Бабиченко А.В., Пролетарская В.А., Селезнева М.С., Неусыпин К.А., Пролетарский А.В. Интеллектуальные системы управления беспилотными летательными аппаратами // Инженерная физика. 2018. № 5. С. 94-102.
2. Неусыпин К.А., Селезнева М.С. Измерительный комплекс с интеллектуальной компонентой для летательного аппарата // Автоматизация. Современные технологии. 2016. № 9. С. 27-30.
3. Вострых А.В. Модель описания элементов информационных систем, ориентированных на человеко-машинное взаимодействие // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2021. № 11. С. 23-30.
4. Пролетарский А. В., Скворцова М. А., Терехов В. И. Гибридная интеллектуальная система оценки рисков на основе неструктурированной информации. Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2017. № 1. С. 66-74.
5. Беляева О.Н., Степанова Е.В. Нейронные сети в задачах прогнозирования и классификации // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2018. Т. 3. № 275. С. 144-148.
6. Панилов, П. А. Когнитивные рефрейминги в предвидении и предотвращении мультиплексных угроз критической инфраструктуре / П. А. Панилов // Виртуальная коммуникация и социальные сети. – 2024. – Т. 3, № 4(12). – С. 316-325.

УДК 681.5

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОСАДКИ

Е.К. Гончарова, А.А. Горелов

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

В последние годы наблюдается повышение интереса к использованию беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) вертолетного типа, и, как следствие, актуальными становятся вопросы управления ими. Самым сложным этапом в управлении является посадка, которая осуществляется оператором и требует предсказуемых погодных условий. Чтобы расширить возможность использования БПЛА и упростить посадку предлагается использовать автоматическую оптическую малоканальную систему посадки (АОМС).

АОМС позволяет осуществить вертикальный заход на ограниченную площадку в автоматическом режиме. Её принцип работы основан на методе триангуляции. Он заключается в построении треугольников в пространстве (при помощи сигналов оптического приемника и передатчиков), рассчитав стороны и углы которых можно определить местоположение БПЛА и его высоту.

Свет, испускаемый бортовым оптическим передатчиком, проходя через собирающую линзу диаметром D , формирует на квадратной площадке длиной a световое пятно диаметром d (Рис.1). Площадка состоит из четырех секторов в каждом из которых находится фотодиод. Световое пятно перемещается по площадке зеркально, перемещению бортового передатчика. Следовательно, на каждом из секторов выделяется разное напряжение, амплитуда которого прямо пропорционально площади пересечения светового пятна и фотодиода. Зная отношения этих напряжений, можно определить координаты центра светового пятна, а значит и координаты бортового оптического приемника.

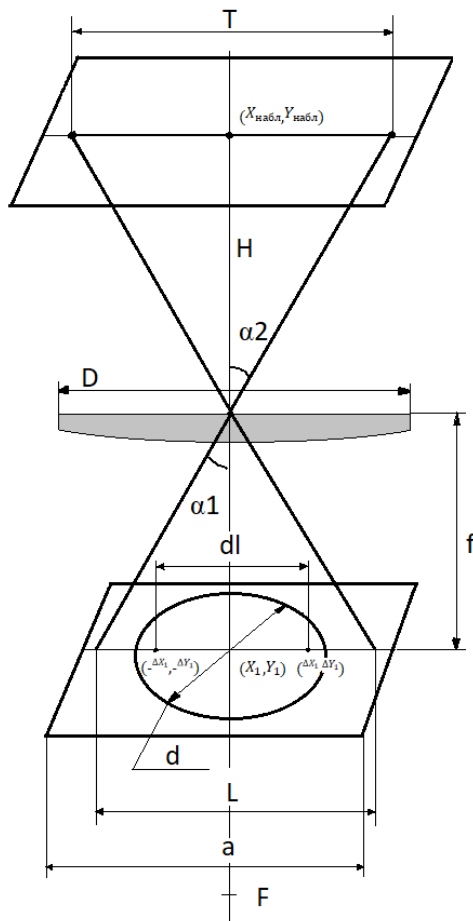


Рисунок 1 – Формирование светового пятна на площадке

Для успешной посадки БПЛА в автоматическом режиме АОМС должна иметь погрешность в $\pm 2,5$ см. Такие требования к проекту были выдвинуты заказчиком. Сигнал, выделяемый на фотодиодах мал по амплитуде, поэтому, перед дальнейшей обработкой, его усиливает операционный усилитель. У него есть собственные шумы, которые будут вносить некоторые погрешности при определении координат. Также, погрешность возникает из-за сложности определения тангенса острых углов при большом отдалении от приемников. За это отвечает база посадочной площадки — расстояние, на которое разнесены приемники друг от друга. Задачей является подобрать оптимальный размер базы посадочной площадки, при которых погрешность будет не выходить за пределы допустимого значения.

Для решения этой задачи были построены проекции конуса возможностей на плоскостях ZX и ZY (Рис.2 и Рис.3).

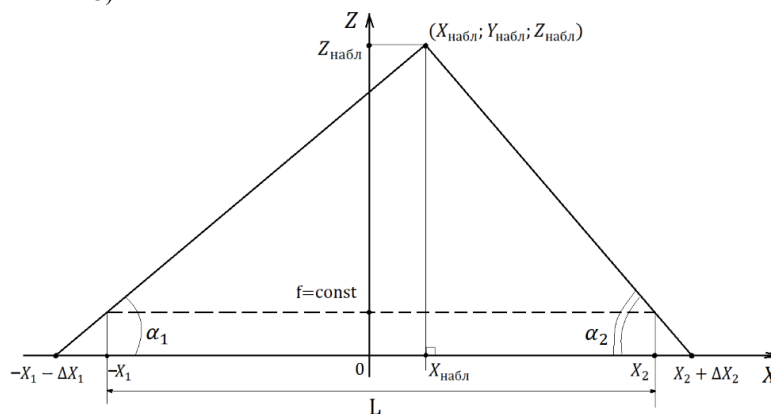


Рисунок 2 — Проекция конуса возможностей на плоскость ZX.

В результате расчетов, были получены следующие зависимости координат БПЛА от базы посадочной площадки L и отклонение на плоскости XY: ΔX_1 и ΔY_1 :

$$\begin{cases} Z_{\text{набл}} = f \left(1 + \frac{L}{\Delta X_1 + \Delta X_2} \right) = f \left(1 + \frac{L}{\Delta \hat{X}_1 + \Delta \hat{X}_2 + \xi_1 + \xi_2} \right) \\ X_{\text{набл}} = \frac{\Delta X_1 - \Delta X_2}{2(\Delta X_1 + \Delta X_2)} L = \frac{\Delta \hat{X}_1 - \Delta \hat{X}_2 + \xi_1 - \xi_2}{2(\Delta \hat{X}_1 + \Delta \hat{X}_2 + \xi_1 + \xi_2)} L \\ Y_{\text{набл}} = \frac{\Delta Y_{1,2}}{\Delta X_1 + \Delta X_2} L = \frac{\Delta \hat{Y}_{1,2} + \tau_{1,2}}{\Delta \hat{X}_1 + \Delta \hat{X}_2 + \xi_1 + \xi_2} L \end{cases} \quad (1)$$

В ходе измерения отклонения луча будут не точными, поэтому введем коэффициенты ошибок ξ_1 и ξ_2 , τ_1 и τ_2 по координатам x и y . Так как коэффициенты ошибок будут значительно меньше отклонений на плоскости XY ($\xi_{1,2} \ll \Delta X_{1,2}$; $\tau_{1,2} \ll \Delta Y_{1,2}$), можно записать следующие выражение реальных измерений, которое даёт значение координат с некоторой точностью:

$$\begin{cases} \hat{Z}_{\text{набл}} = f \left(1 + \frac{L}{\Delta \hat{X}_1 + \Delta \hat{X}_2} \right) \\ \hat{X}_{\text{набл}} = \frac{\Delta \hat{X}_1 - \Delta \hat{X}_2}{2(\Delta \hat{X}_1 + \Delta \hat{X}_2)} L \\ \hat{Y}_{\text{набл}} = \frac{\Delta \hat{Y}_{1,2}}{\Delta \hat{X}_1 + \Delta \hat{X}_2} L \end{cases} \quad (2)$$

Далее получим абсолютные и относительные значения погрешности измерений по 3-м координатам:

$$\begin{cases} \Delta Z_{\text{набл}} = \frac{Lf}{(\Delta \hat{X}_1 + \Delta \hat{X}_2) \left(1 + \frac{\Delta \hat{X}_1 + \Delta \hat{X}_2}{\xi_1 + \xi_2} \right)} \leq 0,025\text{м} \\ \Delta X_{\text{набл}} = \frac{L}{2} \frac{\xi_1 \Delta \hat{X}_2 - \xi_2 \Delta \hat{X}_1}{(\Delta \hat{X}_1 + \Delta \hat{X}_2)^2 + (\xi_1 + \xi_2)(\Delta \hat{X}_1 + \Delta \hat{X}_2)} \leq 0,025\text{м} \\ \Delta Y_{\text{набл}} = \frac{\tau_{1,2}(\Delta \hat{X}_1 + \Delta \hat{X}_2) - (\xi_1 + \xi_2)\Delta \hat{Y}_{1,2}}{(\Delta \hat{X}_1 + \Delta \hat{X}_2)^2 + (\xi_1 + \xi_2)(\Delta \hat{X}_1 + \Delta \hat{X}_2)} L \leq 0,025\text{м} \end{cases} \quad (3)$$

Где $\xi_1 = |\Delta X_1 - \Delta \hat{X}_1|$; $\xi_2 = |\Delta X_2 - \Delta \hat{X}_2|$; $\tau_{1,2} = |\Delta Y_{1,2} - \Delta \hat{Y}_{1,2}|$.

$$\begin{cases} \delta_{\Delta Z_{\text{набл}}} = \frac{L(\xi_1 + \xi_2)}{(\Delta \hat{X}_1 + \Delta \hat{X}_2)(\Delta \hat{X}_1 + \Delta \hat{X}_2 + \xi_1 + \xi_2 + L)} \cdot 100\% \\ \delta_{\Delta X_{\text{набл}}} = \frac{\xi_1 \Delta \hat{X}_2 - \xi_2 \Delta \hat{X}_1}{(\Delta \hat{X}_1 + \Delta \hat{X}_2)(\Delta \hat{X}_1 - \Delta \hat{X}_2 + \xi_1 - \xi_2)} \cdot 100\% \\ \delta_{\Delta Y_{\text{набл}}} = \frac{\tau_{1,2}(\Delta \hat{X}_1 + \Delta \hat{X}_2) - (\xi_1 + \xi_2)\Delta \hat{Y}_{1,2}}{(\tau_{1,2} + \Delta \hat{Y}_{1,2})(\Delta \hat{X}_1 + \Delta \hat{X}_2)} \cdot 100\% \end{cases} \quad (4)$$

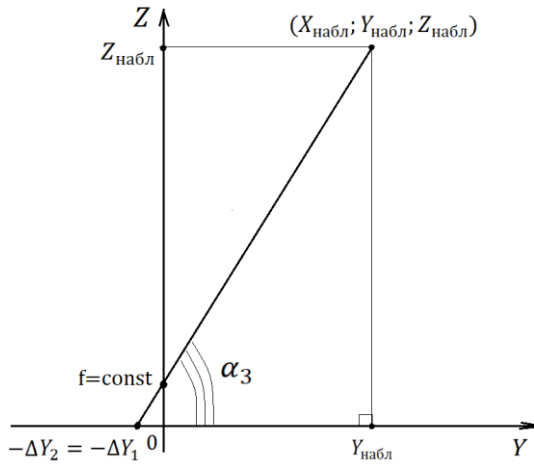


Рисунок 3 — Проекция конуса возможностей на плоскость ZY .

В реальных условиях погрешность определения координат БПЛА обусловлена факторами внешнего воздействия. Сторонние источники света, при попадании на оптический приемник также формируют световое пятно. Система посадки не избирательна к поступающему свету и не способна определить полезный сигнал. Из-за этого определение координат происходит с существенными ошибками.

Дым, туман, пыль и загрязнение линзы – препятствуют формированию пятна на площадке фотодиодов, вследствие этого ослабляется выходной сигнал приемника. В случае дождя на линзе формируются капли, в которых свет переотражается и формируются помеховые световые пятна. Они накладываются на

истинное пятно и координаты определяются с ошибкой. Также, подобная погрешность появляется из-за бликов, отражения света от других поверхностей.

Для того чтобы проверить точность определения координат в реальных условиях, на базе СКБ-4 «Сигнал» был сконструирован опытный образец АОМС. Он состоит из оптического приемника и оптического передатчика, мерцающего с частотой 32.768 кГц в инфракрасном диапазоне. Внешние воздействия создавались искусственно, при этом снималось выходное напряжение оптического приемника, и строился график погрешности. Задача эксперимента – показать предел, при котором система выйдет за допуск.

Погрешности, получаемые при использовании АОМС в идеальных условиях можно свести к минимуму путем калибровки приемника и выбора оптимальной базы системы посадки. Ошибки в измерениях координат, получаемые при эксплуатации, нельзя исправить математически, вследствие их непредсказуемости.

Для того чтобы устранить погрешность, возникающую из-за влияния внешних световых источников в лаборатории СКБ-4 «Сигнал» был сконструирован опытный образец АОМС. Он состоит из оптического передатчика и оптического четырех канального приемника. Для решения проблемы предлагается использовать метод СМЦ (селекции мигающих целей). Он заключается в том, что оптический передатчик излучает сигнал с частотой 32.768 кГц. В приемнике находятся резонансные фильтры, настроенные на эту же частоту, которые отсекают все помехи и приемник производит дальнейшую обработку только полезного сигнала.

Эксперимент заключался в измерении амплитуды выходного сигнала в реальных накаливания и идеальных условиях. Засветка создавалась при помощи лампы накаливания, которая имеет широкий спектр излучения в инфракрасном диапазоне в 285 раз мощнее оптического передатчика.

Эксперимент показал, что амплитуда сигнала не изменилась в условиях различной засветки, метод СМЦ подтвердил свою работоспособность.

Научный руководитель: старший преподаватель В.В. Егоров.

Библиографический список

1. Гончарова, Е. К. Разработка конструкции и облика оптической системы автоматической посадки БПЛА на площадку малого размера / Е. К. Гончарова, В. В. Егоров // Сборник научных трудов XVI международной молодежной научно-технической конференции «Молодежь. Техника. Космос.», том 2. — Издательство Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова Санкт-Петербург. 2024. — С. 214 — 218
2. Гончарова, Е. К. Метод повышения избирательности малоканального оптического приемника/ Е. К. Гончарова, В. В. Егоров // Сборник научных трудов международной молодежной научно-технической конференции «Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций». — Издательство РНТОРЭС им. А.С. Попова, СевГУ, 2024. — С. 129

УДК 004.942

МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ОБЪЕКТА В СРЕДЕ SIMULINK

А.Н. Егоров

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Ключевые слова: ЛА, моделирование динамики, программная среда, Simulink

Введение

Моделирование реальных динамических объектов в программах, например, моделирование динамики летательного аппарата (ЛА), помогает отрабатывать сценарии, которые в реальности воспроизвести достаточно сложно. Например, обледенение крыла: чтобы воспроизвести его физически, нужно точно контролировать температуру, влажность и скорость встречных воздушных потоков, а в хорошо воссозданной модели можно задать аэродинамические параметры или же вообще толщину и площадь покрытия льдом и увидеть, как изменится подъемная сила или управляемость.

Обучение операторов или пилотов – еще одно направление для технологий моделирования. В компьютерном симуляторе можно отрабатывать нештатные ситуации (отказ датчиков, сдвиг ветра, выход на критический угол атаки), которые сложно или опасно воссоздать в реальности.

Эффективной программной платформой для моделирования динамики объектов является Matlab/Simulink.

Simulink выбирают из-за визуального подхода к проектированию систем. Вместо написания тысяч строк кода на языке низкого уровня можно собрать модель из блоков, автоматически генерирующих код. При этом всё равно возможно, как интегрировать алгоритмы, написанные на других языках, при помощи S-функций, так и экспортировать код модели при помощи генератора кода, после чего встроить её в свой проект.

Компания Lockheed Martin открыто заявила, что использует Matlab/Simulink для проверки своей продукции. Конкретные детали их проектов засекречены, но сам факт применения платформы подтверждает эффективность этого инструмента.

Выбор программной среды

При сравнении с другими платформами (C++, Python, Gazebo + ROS2, X-Plane), следует отметить такие

преимущества **Matlab/Simulink**:

- готовые блоки для большинства систем управления и отказов, возможность автоматического тестирования устойчивости, возможность автоматической оптимизации параметров;
- возможность детальной настройки параметров модели и аэродинамических коэффициентов через специальные расширения по типу Aerospace Blockset или ручной ввод уравнений, в том числе нестандартных конфигураций;
- возможность тестирования влияния обледенения, ветра, отказов двигателей, полета с деформированным крылом;
- возможность включения режима Hardware-in-the-Loop для подключения реальной аппаратуры управления (полунатурное моделирование);
- генерация кода на C/C++ для встраивания модели в стенды;
- оперативность разработки модели;
- нестрого критичные требования к высокой квалификации программистов.

Основным недостатком Matlab/Simulink является повышенная загрузка вычислительных ресурсов по сравнению с языками более низкого уровня, что может существенно снизить быстродействие при реализации сложных моделей или при наборе статистик [1].

C++ с библиотеками (например, Bullet Physics или Eigen).

Преимущества:

- полный контроль над структурой модели, ручной ввод уравнений динамики и параметров модели;
- возможность минимизировать трудоемкость вычислений при достаточно высокой квалификации программиста.

Недостатки:

- требует глубоких знаний программирования и численных методов;
- большая трудоемкость программирования.

Важно отметить, что в ходе моделирования в данной работе применялся язык C#, основанный на C++ и более защищенный от ошибок. Большинство функций C++ легко реализуемы в C# благодаря практически аналогичному синтаксису, хоть и немного теряют в производительности, а для C++ библиотек возможно использовать специальные «обертки», переносящие их функционал на .NET [2]. При этом разработка демонстрационных приложений становится намного быстрее из-за простоты работы с графической составляющей через Windows Forms.

Python (PyBullet, NumPy).

Преимущества:

- те же преимущества, что у C++, но теоретически более простая разработка;
- простая интеграция машинного обучения.

Недостатки:

- худшая производительность, чем у C++, что может быть критично для сложных систем.

Gazebo + ROS2.

Преимущества:

- как симулятор робототехники, эта среда хорошо адаптирована для тестирования автономных систем с навигационными алгоритмами;
- возможность тестирования влияния обледенения, ветровых возмущений, отказа двигателей;
- эмуляция реалистичных сред с препятствиями и динамическим ландшафтом;
- возможность включения режима Hardware-in-the-Loop для подключения реальной аппаратуры управления.

Недостатки:

- ограничен перечень моделируемых объектов;
- менее удобен для инженерных расчетов, таких как анализ устойчивости.

X-Plane.

Преимущества:

- готовая реалистичная аэродинамика не требует ручной настройки базовых параметров полета;
- возможность базовых изменений в описаниях условий полета;
- совместимость с профессиональными авиационными тренажерами и периферией.

Недостатки:

- не подходит для моделирования ЛА с нестандартной аэродинамикой;
- трудности с эмуляцией изменения аэродинамики во время полета.

В итоге при рассмотрении различных программных платформ можно сделать следующие выводы:

- MATLAB/Simulink – оптимален для уникальных ЛА: сочетает кастомизацию, скорость разработки и точность;
- C++/Python – для низкоуровневых задач с полным контролем над кодом;
- Gazebo/X-Plane – для стандартных конфигураций со слабой гибкостью.

Для моделирования на Matlab/Simulink используются как математические уравнения через отдельные блоки, так и готовые решения (например, Aerospace Blockset с шаблонами аэродинамики).

Aerospace Blockset расширяет функционал Simulink, предлагая специализированные блоки для разработки динамических моделей ЛА. Библиотека позволяет описывать аэродинамику аппарата через коэффициенты DATCOM, интегрировать уравнения движения, а также учитывать атмосферные изменения. Готовые шаблоны, существующие в Aerospace Blockset, значительно повышают оперативность разработки моделей [3].

Через интеграцию с FlightGear возможно визуализировать полет и в реальном времени наблюдать траекторию и поведение модели.

Библиотека GNC (Guidance, Navigation, Control) поддерживает настройку множества различных параметров для управления. Интеграция с Simulink Control Design и Real-Time позволяет проводить тестирование алгоритмов через HIL-симуляции.

Таким образом, Aerospace Blockset объединяет инструменты для сквозного цикла разработки ЛА — от моделирования динамики до аппаратной отладки, и практически любую задачу аэрокосмического моделирования возможно решить с помощью его инструментов.

Реализация модели

В качестве тестовой использовалась модель, описанная в [4].

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= -g \sin x_2 + \frac{p - a c_x x_1^2}{m - ut}; \\ \dot{x}_2 &= \frac{-g + \frac{p \cdot \sin(x_5 - x_2) + a c_y x_1^2}{m - ut}}{x_1}; \\ \dot{x}_3 &= \frac{m_1 a (x_2 - x_5) x_1^2 - m_2 a x_1^2 x_3}{m - ut}; \\ \dot{x}_4 &= x_1 \sin x_2; \\ \dot{x}_5 &= x_3;\end{aligned}\tag{1}$$

где $V(x_1)$ – скорость центра масс ЛА, м/с;

$\Theta(x_2)$ – угол наклона траектории к горизонту, рад;

$\omega_z(x_3)$ – угловая скорость ЛА относительно поперечной оси, рад/с;

$y(x_4)$ – высота полета, м;

$\vartheta(x_5)$ – угол тангажа, рад;

a – угол атаки, рад, при этом $a = \vartheta - \Theta$;

p – сила тяги реактивного двигателя, Н;

g – ускорение силы тяжести, м/с², $g = 9,80665 \text{ м/с}^2 \approx 9,81 \text{ м/с}^2$ – значение ускорения свободного падения на широте 45° и на уровне моря;

c_x, c_y – коэффициент лобового сопротивления и частная производная коэффициента подъемной силы ЛА по углу атаки, рад⁻¹;

m_1, m_2 – частные производные коэффициента аэродинамического момента тангажа, рад⁻¹;

m – масса ЛА, кг;

u – секундный расход массы реактивного двигателя (расход топлива), кг/с.

Моделирование производилось на интервале времени $T=15$ с.

Общая блок-схема моделирования динамики ЛА с помощью системы дифференциальных уравнений (1) в среде Simulink представлена на рисунке 1. На рисунках 2 – 5 показана детализация блоков.

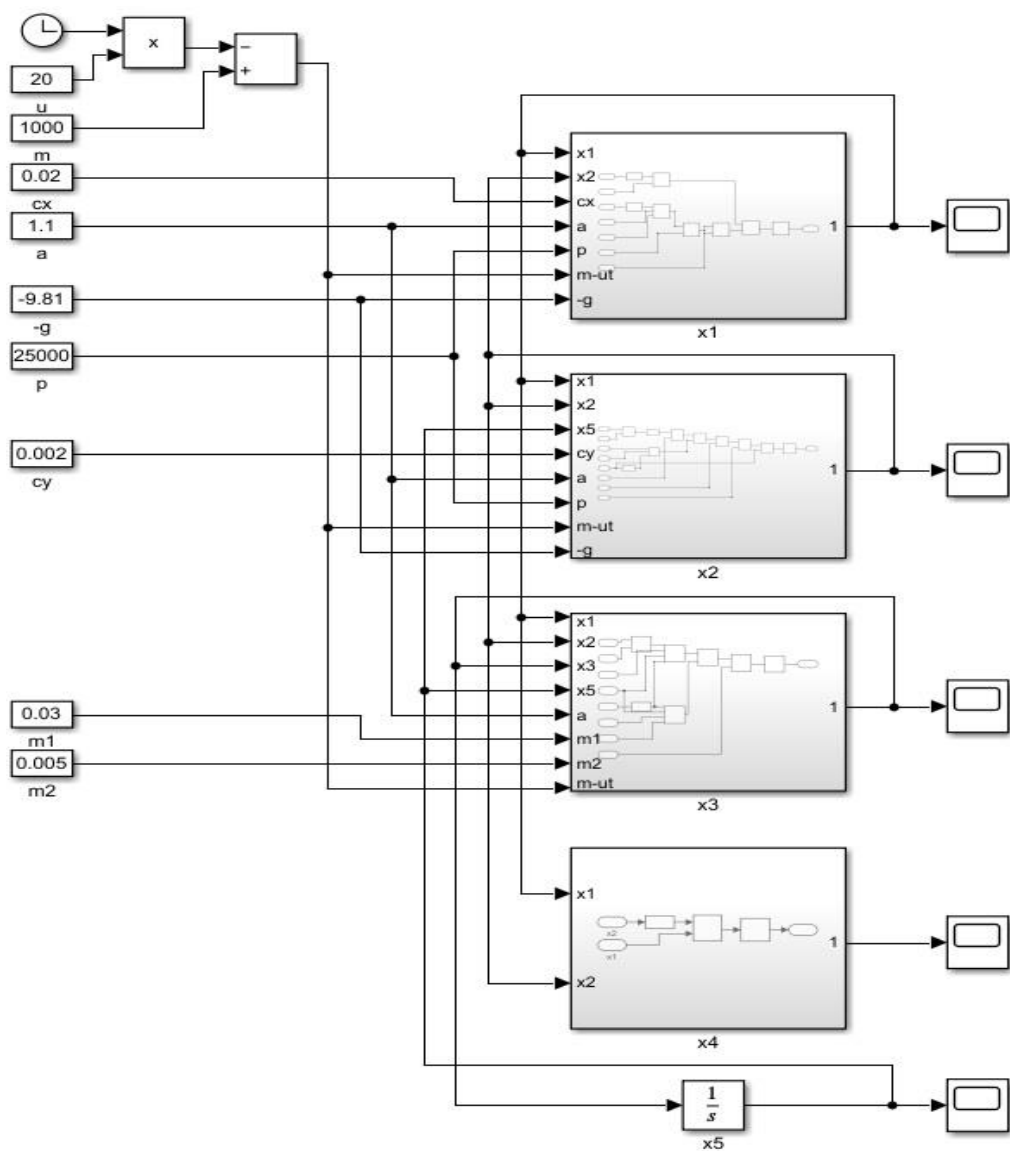


Рисунок 1 – Общая блок-схема моделирования системы в Simulink

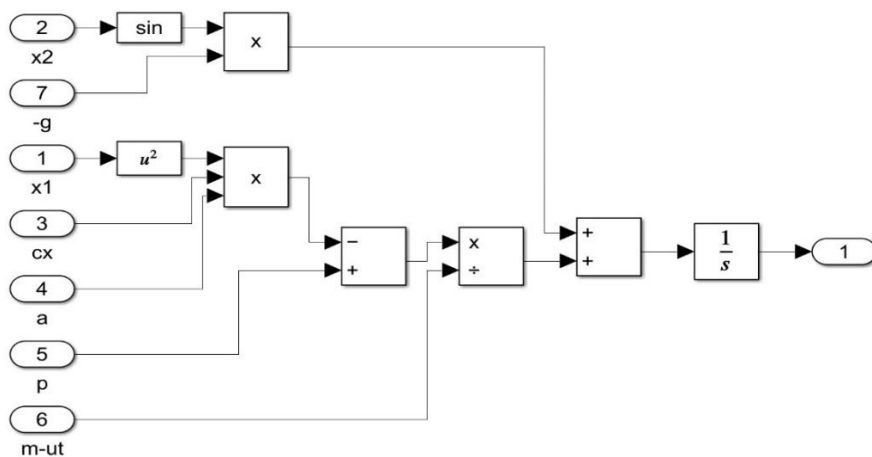


Рисунок 2 – Блок x1

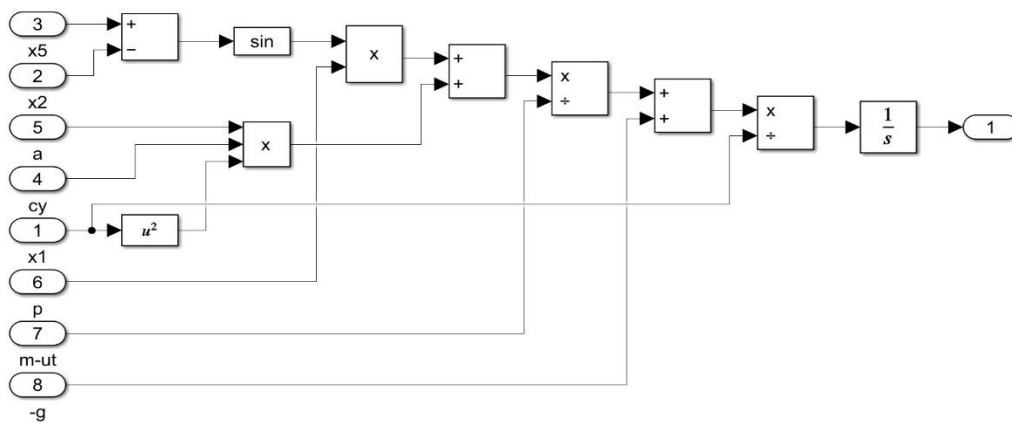


Рисунок 3 – Блок x2

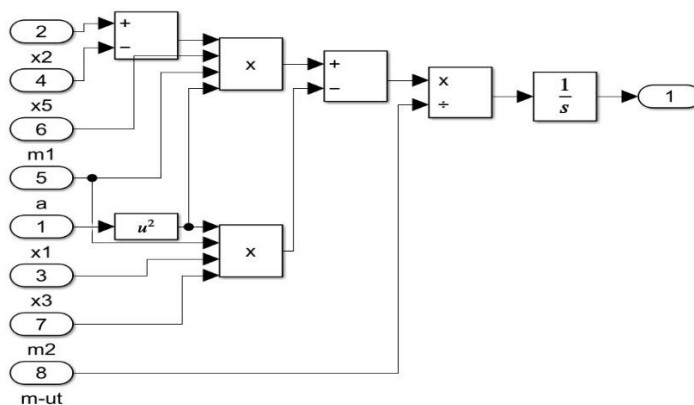


Рисунок 4 – Блок x3

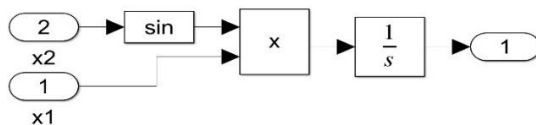


Рисунок 5 – Блок x4

Результаты вычислений с использованием Simulink и на языке C# представлены на рисунках 6 – 10.

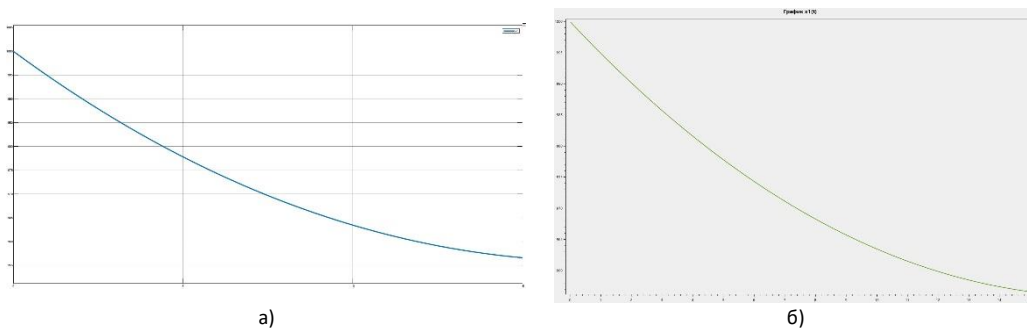


Рисунок 6 – Результаты вычислений параметра x1 (а) – с использованием Simulink, б) – на языке C#)

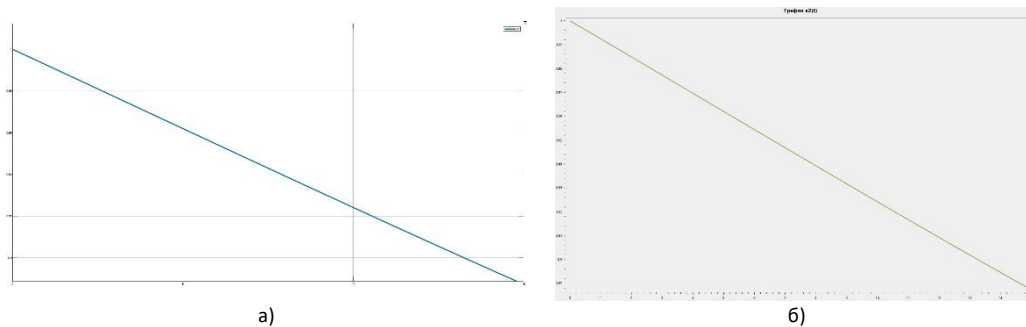


Рисунок 7 – Результаты вычислений параметра x2 (а) – с использованием Simulink, б) – на языке C#)

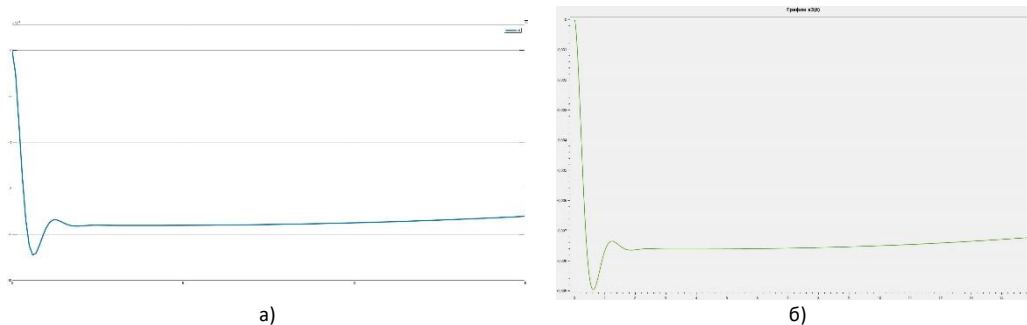


Рисунок 8 – Результаты вычислений параметра x_3 (а) – с использованием Simulink, б) – на языке C#)

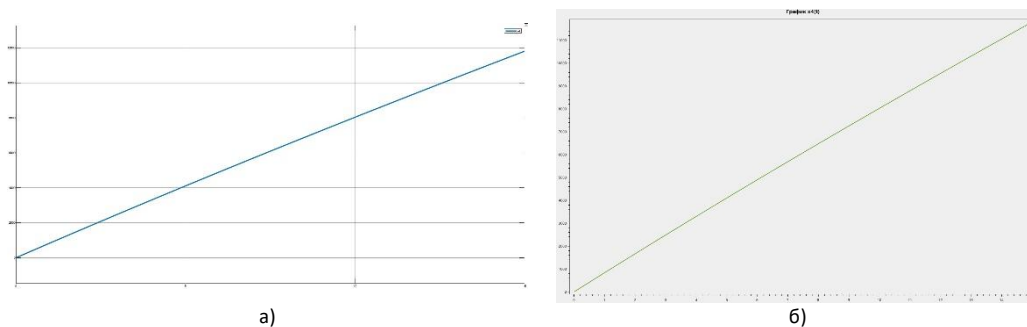


Рисунок 9 – Результаты вычислений параметра x_4 (а) – с использованием Simulink, б) – на языке C#)

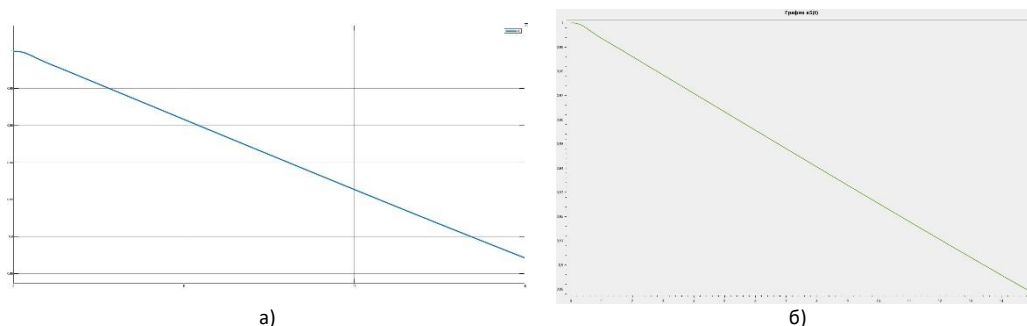


Рисунок 10 – Результаты вычислений параметра x_5 (а) – с использованием Simulink, б) – на языке C#)

Выводы

В ходе выполнения задачи в двух средах стало отчетливо ясно, насколько в них отличаются подходы к моделированию.

Simulink, благодаря визуальному интерфейсу, позволяет быстро собрать модель из готовых блоков, не требуя написания никаких функций для работы с интегрированием дифференциальных уравнений, а наглядная структура системы упрощает проверку логики взаимодействия компонентов и дает возможность легко добавить дополнительные параметры в уравнения. Однако зависимость от Matlab ограничивает гибкость настройки параметров самого интегрирования.

Решение на C#, напротив, использует свою реализацию метода интегрирования (в частности, в данном примере был использован метод Эйлера) и представления уравнений в виде математических выражений, которые может быть сложно проверять и быстро изменять. Но это обеспечивает полный контроль над алгоритмом расчета с возможностью подвести его под любые требования. Код, решающий уравнения, может быть легко перенесен в проект, который изначально создавался без учета создания модели конкретно на C#, а вот модель на Simulink потребует дополнительных затрат на встраивание в проект, не рассчитанный под работу с этой средой. Визуализация в C#, например, на Oxyplot, в отличие от стандартных графиков Simulink, позволяет легко изменять стили линий, добавлять аннотации или комбинировать данные на одном графике, что может быть крайне важно для заказчика. Кроме того, C# и библиотеки для него в большинстве случаев не требуют лицензии.

Таким образом, выбор между подходами зависит от контекста: Simulink идеален для моделирования внутри единой среды с доступом ко всем параметрам, где важна визуальная интерпретация системы и не так важны методы получения результатов, а C++/C# предпочтителен для проектов, требующих гибкой доработки, интеграции или нестандартной обработки данных без привязки к конкретной среде.

Научный руководитель – старший преподаватель А.Ю. Захаров.

Библиографический список

1. Модельно-ориентированное проектирование: от концепции к коду. - URL: <https://exponenta.ru/simulink> (дата обращения 28.02.2025).

2. Bachaalany E. Quick C++/CLI - Learn C++/CLI in less than 10 minutes. - URL: <https://www.codeproject.com/Articles/19354/Quick-C-CLI-Learn-C-CLI-in-less-than-10-minutes> (дата обращения 28.02.2025).
3. What Is Aerospace Blockset? URL: <https://www.mathworks.com/videos/what-is-aerospace-blockset--1539869697000.html> (дата обращения 28.02.2025).
4. Александров А.А., Емельянов В.Ю., Юрескул А.Г. Моделирование систем: лабораторный практикум. – СПб.: БГТУ, 2013. – 79 с.

УДК 654.073.3

ПРОГРАММА КОММУТАЦИИ ПОТОКОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

А.В. Лященко

Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского

Программа предназначена для оперативного отображения качества, а также для коммутации потоков телеметрической информации. Программа позволяет принимать по ЛВС и отображать на экране телеметрическую информацию в виде динамически изменяющейся матрицы

Вывод телеметрической информации программой осуществляется прямым доступом в видеопамять ПК. Для каждой матрицы отображение информации осуществляется отдельным программным потоком, поэтому выход из строя одного из источников ТМИ не приводит к сбою как программы, так и программного комплекса обработки ТМИ в целом.

Описание программы

1. Запустить программный код.
2. Откроется новое окно с программным приложением «Программный комплекс для работы с источниками ТМИ».

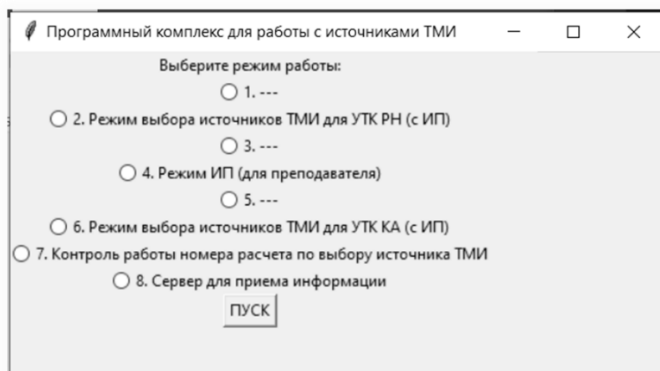


Рисунок 1 - Главное окно программного приложения
«Программный комплекс для работы с источниками ТМИ»

2. Выбрать режим ИП (для преподавателя) и нажать кнопку пуск. Запустится следующее окно.

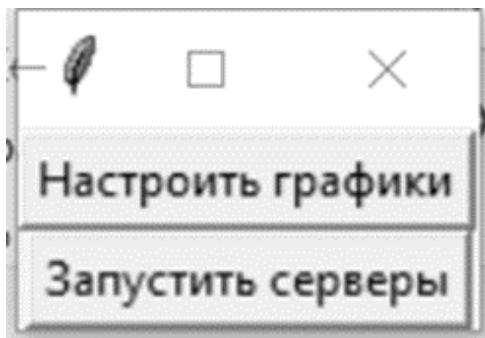


Рисунок 2 - Окно для настройки матрицы графиков и запусков серверов

3. Нажать кнопку настроить графики для появления следующего окна. Необходимого для формирования матрицы графиков.

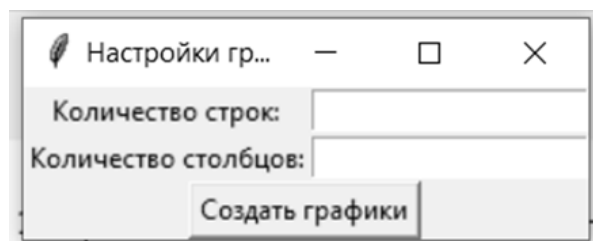


Рисунок 3 - Окно для настройки матрицы графиков и запусков серверов

4. Следующим шагом будет ввод параметров матрицы графиков и нажатие на кнопку «Создать графики»

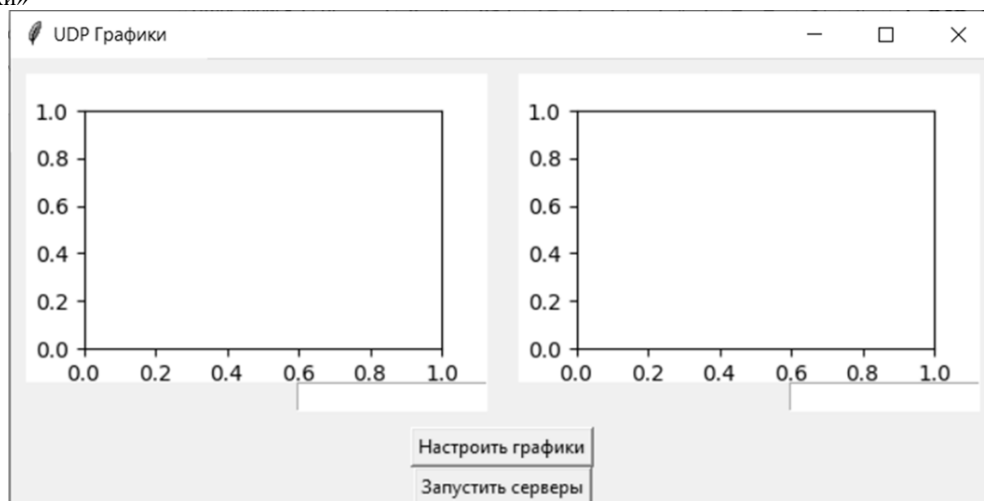


Рисунок 4 - Пример поля с графиками по введенным параметрам

5. Вводим необходимые номера портов, на которые хотим принять ТМИ и нажимаем кнопку «Запустить серверы».

6. Выбираем режим выбора источников ТМИ для УТК РН (с ИП), нажимаем кнопку «ПУСК» и появляется следующее окно

Рисунок 5 – Окно имитации источников ИП (режим для преподавателя)

7. Вводим необходимое количество источников ТМИ для создания окон ввода IP-адресов и ввода портов

8. Нажимаем кнопку «Выбрать файл» и выбираем подготовленные ГТС

	ГТС1	21.11.2024 22:12	Текстовый докум...
	ГТС2	16.08.2017 12:25	Текстовый докум...
	ГТС3	16.08.2017 12:23	Текстовый докум...

Рисунок 6 – подготовленные ГТС

9. Введя необходимые IP-адреса и порты, на которые хотим передать файл ГТС нажимаем кнопку «Начать передачу». При ошибке введенных данных, нажимаем кнопку «Сбросить» и вводим параметры заново.

Результаты экспериментальных исследований

Выбрав необходимые файлы, мы получаем отображение на графиках переданных параметров, изменяющихся в реальном времени с интервалом в 0.1 секунду.

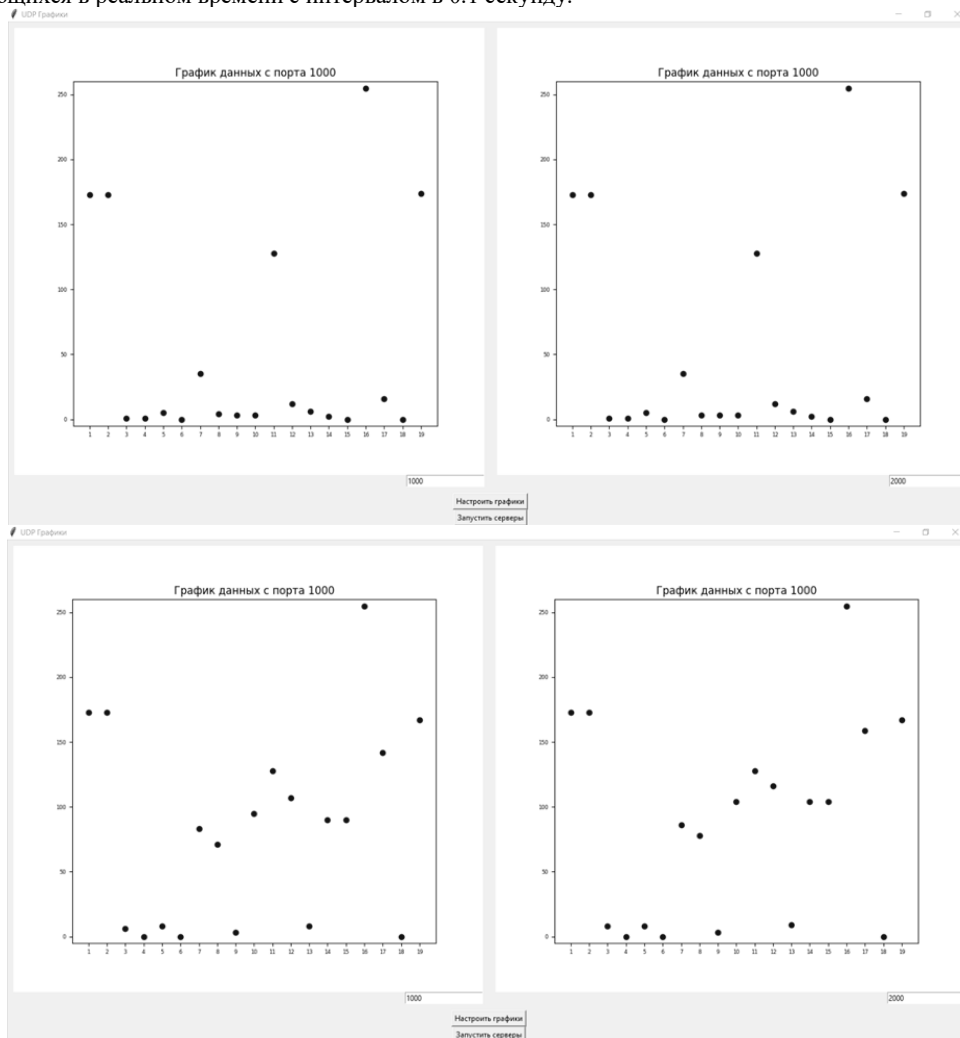


Рисунок 7 – результаты работы программы с выбором разных файлов ГТС

Научный руководитель – к.т.н. В.В. Ткаченко

Библиографический список

1. Автоматизированная обработка телеметрической информации: учебник / В.А. Чикуров, В.В. Шмелев, В.Г. Зиновьев и др. – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2013. – 470 с.
2. Методы и алгоритмы первичной обработки телеметрической информации: учебное пособие / В.В. Шмелев, В.В. Казаков, А.Н. Кравцов, В.В. Ткаченко; – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2013. – 130 с.
3. Технология телеметрического контроля бортовых систем и конструкции космического аппарата: учебное пособие / Мануйлов Ю.С., Новиков Е.А., Зиновьев В.Г., Мышко В.В., Зиновьев С.В. – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2006. – 124 с.
4. Калиниченко С.В. Базы данных: учебное пособие. – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2014. – 149 с.
5. Майданович О.В. Теория и практика построения автоматизированных систем мониторинга технического состояния космических средств: Монография / О.В. Майданович; ВКА им. А.Ф. Можайского. - СПб., 2011. – 219с.

УДК 004.01

АЛГОРИТМ ВЫБОРА И ВНЕДРЕНИЯ МЕТОДОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ВЕБ-РАЗРАБОТКИ

Д. Зиновьев, Е.И. Кедрова

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Современная веб-разработка требует эффективного управления качеством, что невозможно без выбора подходящей методологии разработки. Методология определяет структуру процесса, распределение ролей в команде, частоту поставки функционала и подход к тестированию. Однако выбор методологии не является универсальным, так как зависит от множества факторов, включая размер команды, динамику требований заказчика, сроки отчетности и критичность задач. В связи с этим особую значимость приобретает изучение выбора методологий и инструментов разработки, направленных на обеспечение качества проектов веб-разработки. Высокий уровень конкуренции и сложность современных веб-проектов требуют использования системного подхода к управлению качеством, включая процессы планирования, тестирования, мониторинга и постоянного улучшения продукта [1].

Выбор методологии разработки влияет на организацию работы команды, взаимодействие с заказчиком и конечное качество продукта. Разработчики, менеджеры проектов и заказчики сталкиваются с проблемой выбора, так как различные методологии подходят для разных условий. Некоторые методы предполагают строгий контроль всех этапов, другие – гибкость и адаптивность. Нужно отметить, что не бывает универсального набора условий для всех ситуаций при выборе той или иной методологии. В каждом случае нужно ориентироваться на специфику своего проекта.

Исследование методов и инструментов управления качеством в веб-разработке является актуальным и востребованным направлением, которое способствует повышению эффективности и конкурентоспособности разрабатываемых продуктов.

Модель жизненного цикла разработки программного обеспечения – общее описание процесса разработки, включающее ключевые этапы: анализ требований, проектирование, реализация, тестирование и сопровождение. Методология разработки – детализированный набор правил, практик и принципов, реализующих конкретную модель жизненного цикла. Например, методология Scrum базируется на итеративной модели разработки.

Проанализируем основные этапы веб-разработки (жизненный цикл веб-разработки). Процесс веб-разработки включает несколько ключевых этапов, каждый из которых имеет свои особенности и требует применения специализированных методов управления качеством [2].

1. Формирование требований и проектирование – анализ бизнес-целей, сбор функциональных и нефункциональных требований, определение технических параметров будущего веб-ресурса.
2. Дизайн и прототипирование – разработка пользовательских сценариев, создание интерактивных прототипов для обеспечения удобного и интуитивного интерфейса.
3. Разработка – программирование, включая фронтенд- и бэкенд-разработку, настройку баз данных, интеграцию с внешними сервисами и системами.
4. Тестирование – автоматизированное и ручное тестирование, включая функциональное, нагрузочное, безопасность и UX/UI-тестирование.
5. Развертывание и запуск – деплой на продакшен-сервер, финальное тестирование и оптимизация перед запуском.
6. Поддержка и развитие – мониторинг работы сайта, исправление ошибок, обновление контента и внедрение новых функций.

Проекты веб-разработки обладают рядом особенностей, которые необходимо учитывать при управлении качеством:

- высокая зависимость от пользовательского опыта (UX/UI) – удобство и интуитивность интерфейса играют ключевую роль в конверсии и удержании клиентов;
- интеграция с платежными и логистическими сервисами – надежная и безопасная интеграция с различными платежными системами, службами доставки и CRM;
- необходимость высокой производительности и масштабируемости – сайт должен выдерживать высокие нагрузки, обеспечивать быструю загрузку страниц и адаптивность к различным устройствам;
- обеспечение безопасности данных – защита персональных данных пользователей и конфиденциальной информации, соблюдение стандартов безопасности;
- постоянное обновление и развитие – регулярное обновление контента, функционала и маркетинговых инструментов в условиях динамичного рынка.

Теперь проанализируем обзор основных методологий веб-разработки [3].

1. Agile – гибкая методология, основанная на итеративной разработке, тесном взаимодействии с заказчиком и способности адаптироваться к изменениям [4].

2. Waterfall (Каскадная модель) – линейная модель, где каждый этап выполняется последовательно. Подходит для проектов с фиксированными требованиями, но плохо адаптируется к изменениям.

3. V-Model – усовершенствованный Waterfall, совмещающий разработку с тестированием. Используется в государственных проектах и системах с фиксированными требованиями. Используется в системах с детальным проектированием.

4. Spiral (Спиральная модель) – итеративный подход, ориентированный на проекты с высокими рисками. Включает прототипирование и анализ рисков на каждой итерации.

5. Scrum – гибкая методология, основанная на коротких спринтах, ежедневных встречах и четком распределении ролей. Фокусируется на постоянном обновлении и доработках разрабатываемого продукта.

6. Extreme Programming (XP) – методология, ориентированная на качество кода, частые релизы и тесное взаимодействие с заказчиком.

7. Kanban – визуальное управление задачами с фокусом на управление непрерывным потоком задач. Используется в небольших командах (до 10 человек) или индивидуально.

8. RAD (Rapid Application Development) – ускоренная разработка с использованием готовых компонентов, подходит для краткосрочных проектов. Включает быстрые циклы прототипирования и минимизацию времени на проектирование.

9. CPM (Critical Path Method) – это метод планирования и управления проектами, который позволяет выявить критические задачи, от которых зависит завершение проекта в срок. Он помогает оптимизировать использование ресурсов и управлять сроками.

В ходе анализа методологий разработки и этапов и особенностей веб-разработки были выявлены основные факторы, влияющие на выбор методологии разработки. Выбор методологии зависит от следующих факторов:

- размер команды, разрабатывающей продукт;
- частота изменений требований в техническом задании (далее ТЗ) от заказчиков и стейкхолдеров;
- наличие критических задач, которые должны быть выполнены как приоритетные задачи;
- сроки отчетности о проделанной работе;
- продуктивная разработка, если требуется минимально заданное время на реализацию продукта (под продуктивностью понимается наиболее быстрый процесс добавления функционала в приложение);
- постоянные доработки разработанного функционала для аудитории пользователей [5];
- сложные требования (под сложностью понимается успешность выполнения этапов разработки относительно введенных требований в ТЗ).

На основе данных, проанализированных выше, был составлен алгоритм выбора методологии разработки, который представлен на схеме 1.

Тенденции научно-технического развития России определяют направления по созданию техники и информационно-измерительных систем к ним для различных отраслей и областей применения. Для решения задач по созданию в настоящее время собственного отечественного оборудования или устройств, в том числе программного обеспечения требуется высокопроизводительные микроконтроллеры. На сегодняшний день разработчиками рассматриваются отечественные 32-разрядные микроконтроллеры 1921BK028, K1921BG015 или 64-разрядные микроконтроллеры K5500BK018. Однако данные решения не могут быть в кратчайшие сроки внедрены в опытные образцы разрабатываемых отечественных изделий ввиду сроков изготовления, стоимости, отработки технических решений и возможности применения программного обеспечения.

Существующие зарубежные прототипы, которые ранее имели широкое применение, это известные микроконтроллеры STM32. Наиболее близкие дешевые китайские аналоги данного микроконтроллера являются микроконтроллеры GD32. Поэтому в данной статье рассматриваются микроконтроллеры STM32 и GD32 для оценки возможности применения GD32 в данных реалиях состояния научно-технического развития страны и санкционного давления.

Применение микроконтроллеров позволяет создать миниатюрное перепрограммированное устройство, способное увеличить функциональность конечного продукта. Микроконтроллер (МК) – это микросхема для программного управления электронными устройствами. Обычно изготавливается в виде единого кристалла с функциями ядра микропроцессора, шин команд и данных, периферийных устройств, ОЗУ и ПЗУ.

Микроконтроллеры STM32 и GigaDevice GD32 часто сравнивают из-за схожей архитектуры и совместимости. GD32 является своеобразным «клоном» STM32, использующим такое же ядро ARM Cortex-M. В связи с необходимостью анализа программирования микроконтроллеров, произведен обзор аналогов.

Ключевые преимущества:

- Широкий ассортимент. Существует множество серий (F0, F1, F3, F4, F7, H7 и т.д.), что позволяет подобрать оптимальное решение для различных задач – от простых до высокопроизводительных.

- Развитая экосистема. Обширная документация, официальные библиотеки (STM32Cube), инструменты (STM32CubeMX, STM32CubeIDE) и активное сообщество разработчиков способствуют быстрому прототипированию и отладке.

- Надёжность и качество. Продукты от STMicroelectronics зарекомендовали себя в промышленном и коммерческом использовании, что особенно важно для критичных к надежности приложений.

Недостатки:

- Стоимость. Некоторые модели могут быть дороже аналогичных решений, что сказывается на бюджете проекта.

- Переизбыток функционала. Для простых приложений избыточные возможности некоторых моделей могут привести к увеличению энергопотребления или стоимости без явной необходимости.

Микроконтроллеры серии GD32 основаны на ядре ARM Cortex-M3. Впервые были представлены в 2013 году из шести линеек продуктов: Basic, Mainstream, Value, Connectivity, Performance и Extend. Тактовая частота находится в диапазоне 48-120 МГц. Некоторые микросхемы GD32 совместимы по выводам с серией STM32 компании STMicroelectronics.

Ключевые преимущества:

- Конкурентоспособная цена. Микроконтроллеры GD32 часто позиционируются как более экономичная альтернатива, что привлекает проекты с ограниченным бюджетом.

- Совместимость с STM32: Многие модели GD32 имеют схожую архитектуру и периферийные устройства, что позволяет относительно просто портировать проекты, изначально разработанные для STM32.

- Подходящие характеристики для базовых задач: Для ряда приложений, не требующих самых высоких производственных показателей, GD32 могут быть вполне достаточными. Микроконтроллеры GigaDevice отличаются высокой тактовой частотой и большим объемом памяти;

Недостатки:

- Слабо развитая техническая поддержка по сравнению с STM32.

- Ограниченная экосистема. По сравнению с STM32, документация, примеры и поддержка сообщества у GD32 менее обширные.

- Меньшая проверенность в критичных приложениях. Хотя GD32 активно развиваются, они пока не столь широко используются в высоконадежных или сертифицированных системах, как STM32.

- Инструменты разработки: Несмотря на совместимость с некоторыми инструментами для STM32, специализированные решения и оптимизации могут отсутствовать.

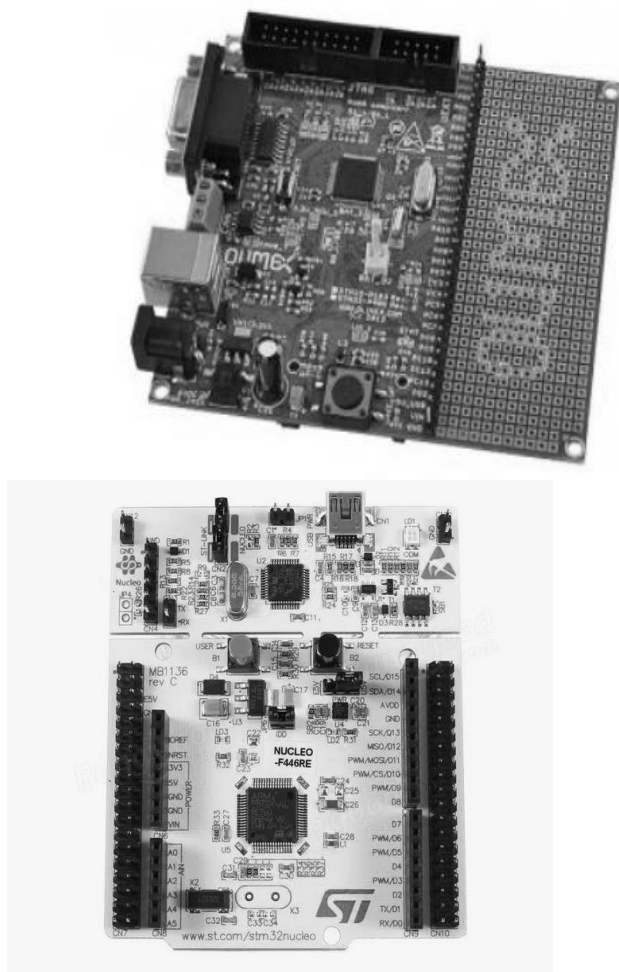


Рисунок 17 – Используемые отладочные платы в проекте

Особенности программирования микроконтроллера GIGADEVICE в отличие от STM32

МК GD32 совместим с библиотеками компании STM, например, HAL, LL и CMSIS. Однако есть нюанс в виде FLASH-памяти, которая по своей структуре не полностью идентична памяти МК STM32. Из-за этого возникают тонкости в настройке регистров, особенностях работы таймеров, АЦП и других модулей. Поэтому при использовании сторонних библиотек стоит обратить внимание на регистры, в которые записываются байты.

Для проверки работы МК GD32, собраны макеты с использованием отладочных плат.

Отладочные работы

Собран макет для проверки совместной работы двух МК разных производителей: GD32F405RGT6 и STM32F446RET6. Обе платы были настроены на приём передачу по CAN. На рисунке 1 показан собранный макет. Используется один внешний CAN-трансивер, так как на плате STM он отсутствует в отличие от платы GD.

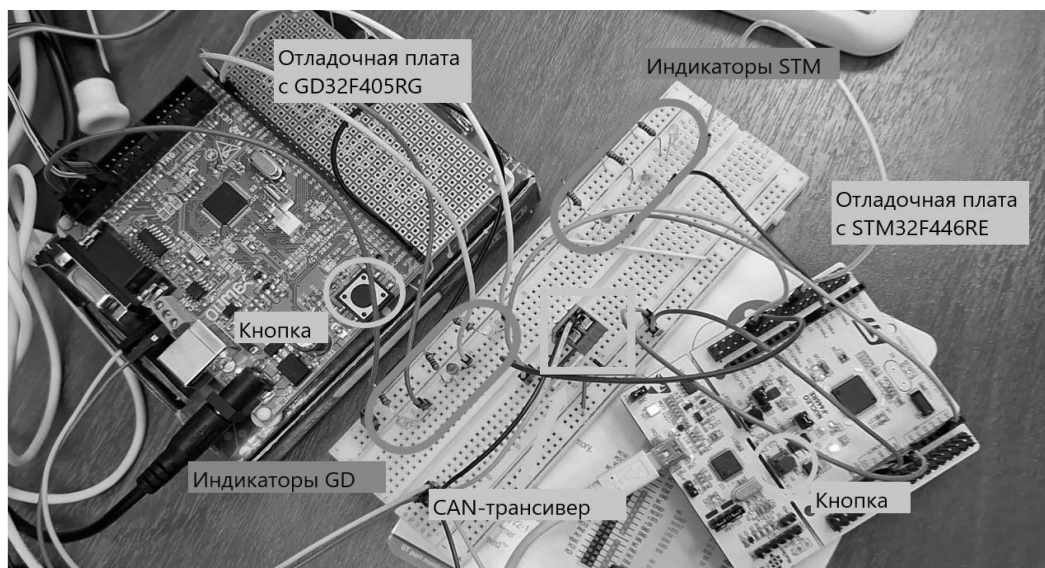


Рисунок 2 – Сборочный макет плата-плата

Платы запрограммированы на приемопередачу. По кнопке выполняется команда на передачу кадра с одной платы на другую. Состояние о передаче кадра отображается с помощью трех светодиодных индикаторов: зеленый отвечает за отправку кадра, желтый – за прием кадра, красный – за ошибку за время передачи кадра.

На рисунке 2 показан макет для проверки работы МК GD32 с ПК по CAN.

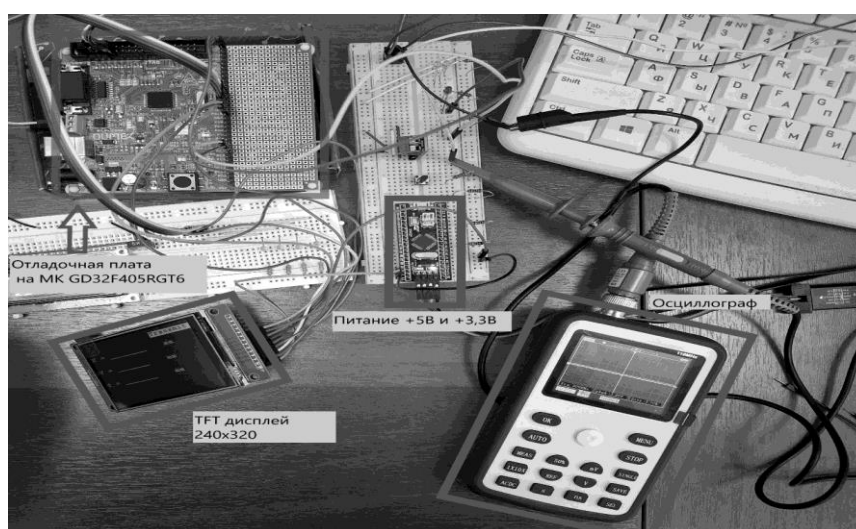


Рисунок 3 – Сборочный макет плата-ПК

На отладочную плату поступают кадры с компьютера. Дисплей требует 5В (основное питание) и 3,3В для подсветки экрана. Также он соединен с МК по шине SPI. Данный макет работает следующим образом: с ПК посылается кадр, который содержит информацию о координате и оси. Внутри GD32 включены прерывания, которые срабатывают при наличии новых сообщений в почтовом ящике. Далее программа определяет ID кадра и в зависимости от принятого ID происходит считывание определенного количества байт-данных и установка флага наличия новых данных. В основном теле программы происходит проверка флага. Если флаг отличен от нуля, то в зависимости от его значения выводится соответствующая координата в заданном месте экрана дисплея.

В процессе разработки была использована возможность передачи данных с помощью DMA (DATA MEMORY ACCESS). Было замечено визуальное увеличение скорости обновления «картинки» дисплея. Так как DMA использовалось для передачи большого количества команд, позволяя распределить нагрузку по всему МК, то с его помощью передавалась только заливка экрана или его сектора. При последовательной заливке нескольких секторов, передача осуществлялась без потерь и визуально казалась моментальной. Однако в ходе тестирования при заливке всего экрана передача данных прерывалась и дисплей переставал

реагировать на новые команды. В данном случае частичное решение проблемы достигалось с помощью перезагрузки дисплея.

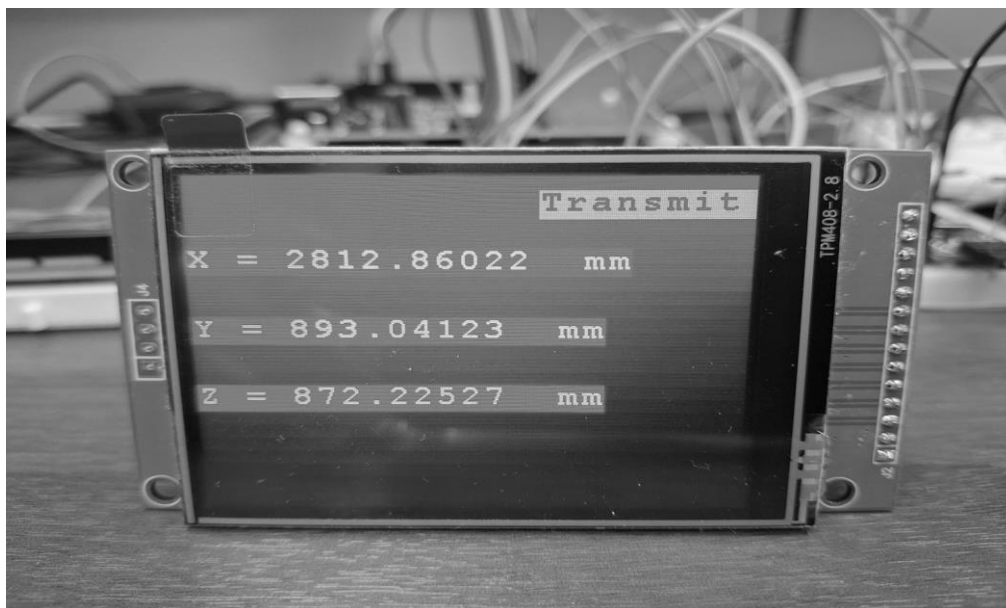


Рисунок 4 – Отображение координат на дисплее

В процессе разработки была использована возможность передачи данных с помощью DMA (DATA MEMORY ACCESS). Было замечено визуальное увеличение скорости обновления «картинки» дисплея. Однако в ходе тестирования было замечено, что при поточном выводе команды на дисплей передача прерывалась.

Так как DMA использовалось для передачи большого количества команд, позволяя распределить нагрузку по всему МК, то с его помощью передавалась только заливка экрана или сектора. При последовательной заливке нескольких секторов, передача осуществлялась без потерь и визуально казалась моментальной. Однако при заливке всего экрана передача данных прерывалась.

В результате отладки был сделан вывод об отличительной работе МК с flash-памятью. На МК STM32 данная проблема не возникла при тестировании.

Заключение

В ходе работы была оценена возможность перехода с западных микроконтроллеров на их аналоги. Были собраны макеты плата-плата, ПК-плата и проведено тестирование двух микроконтроллеров GD32 и STM32. По результатам работы определено, что МК GD32 программируется аналогично STM32 и может быть его аналогом.

Для тестирования были написаны программа для осуществления приемопередачи по CAN с индикацией состояния трансивера и программа по приему-передаче данных (в виде координат) между ПК и платой с GD32. Рассмотрена возможность и особенность использования DMA в проекте и сделан вывод о его использовании: возможна передача ограниченного блока данных, так как при частом использовании flash-памяти возникают ошибки, которые проблематично обнаружить в связи с большим потоком данных, поэтому стоит сегментировать передаваемый блок данных и последовательно отправлять, тем самым снизив скорость отображения информации на дисплей, но при этом работа МК стабилизируется.

Данная работа может использоваться для настройки микроконтроллера при использовании двух протоколов (CAN и SPI) при создании информационно-измерительных систем для новых отечественных измерительных приборов и аппаратов.

Научный руководитель – к.т.н., доцент О.Н. Ильина

Библиографический список

1. Ильина О.Н., Кругликов В.Я. «Северный пресс» работает над созданием приводной техники для российской промышленности. – Москва: Издание АО «Корпорация «Тактическое ракетное вооружение» Точно в цель, № 4 (40) 2024. – 38 – 41 с.
2. Новиков А.К., Горячев Н.В., Кочегаров И.И., Трусков В.А., Бростилова Т.Ю.//Обзор микроконтроллеров общего назначения // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2018. Т. 2. С. 319-324.
3. Васильев А.С., Лашманов О.Ю., Пантюшин А.В. Основы программирования микроконтроллеров. – СПб: Университет ИТМО, 2016. – 95с.

4. Васильев, И. М. Применение микроконтроллеров архитектуры ARM для сопряжения узлов аппаратуры робототехнических систем с помощью протоколов последовательной связи: Методические указания к лабораторным работам / И. М. Васильев. — Томск: ТУСУР, 2024. — 36 с.
5. Eltech.spb [Электронный ресурс] Микроконтроллеры GIGADEVICE. Инструкция по освоению (дата обращения: 19.12.2024)

УДК 661.961.62

МЕТОДИКА ФИЛЬТРАЦИИ НЕКАЧЕСТВЕННОГО ФОТОМАТЕРИАЛА В СИСТЕМЕ ВИДЕОАНАЛИТИКИ

Д.В. Казубович, Е.А. Мажайцев

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

В условиях роста автомобильного трафика в Российской Федерации [1] системы автоматической фотовидеофиксации нарушений ПДД приобретают все большее значение для обеспечения безопасности дорожного движения и повышения дисциплины водителей.

Одновременно с расширением сети комплексов фотовидеофиксации, устанавливаемых на дорогах страны [2], растёт и количество фиксируемых ими нарушений [3]. В связи с этим, к точности работы таких систем предъявляются высокие требования.

Существующие алгоритмы детекции объектов, лежащие в основе систем видеоаналитики, нередко захватывают некачественные изображения (размытые, частично перекрытые или имеющие низкое разрешение), что приводит к необоснованной нагрузке на систему, а также снижению точности её работы.

Таким образом, фильтрации некачественного фотоматериала в системах видеоаналитики является актуальной задачей.

В рамках исследования требуется составить методику фильтрации некачественных изображений людей, получаемых детектором объектов в системе автоматической фотовидеофиксации нарушений. Пример такого изображения представлен на рис. 1.



Рис. 18. Пример некачественного изображения

Необходимость фильтрации обусловлена дальнейшей передачей представленного изображения в глубокие нейронные сети, анализирующие его на наличие нарушений использования ремней безопасности и телефона. Сокращение числа обращений к нейронной сети позволит уменьшить загруженность GPU устройства и повысит точность работы системы.

Качественным признаётся изображение, на котором контуры человека отчётливо видны. Пример такого изображения представлен на рис. 2.

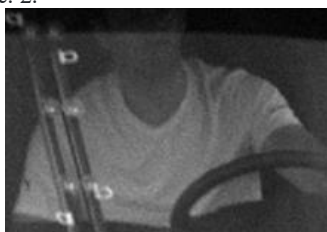


Рис. 19. Пример качественного изображения

Был сформирован набор данных с дорожных комплексов автоматической фиксации нарушений в разное время суток за несколько дней наблюдений. Он состоит из 2300 изображений. Из них 1472 высокого качества, а 822 – низкого.

Рассмотрим применимость классических методов машинного обучения для фильтрации изображений [4, 5]. Их выбор обусловлен простотой решаемой задачи и необходимостью уменьшить нагрузку на GPU выполнением фильтрации на CPU. Таблица с результатами приведена в табл. 1.

Табл. 5. Результаты применения классических ML методов

	accuracy	precision	recall	f1-score
SGD	0.84	0.89	0.85	0.87
Logistic Regression	0.87	0.93	0.86	0.90
SVM	0.91	0.93	0.94	0.93
Bayes Bernoulli	0.71	0.77	0.78	0.77
Bayes Gaussian	0.66	0.69	0.85	0.76

Decision Tree	0.79	0.85	0.81	0.83
Random Forest	0.91	0.91	0.94	0.93

Метрика качества accuracy отражает долю корректно классифицированных объектов относительно общего числа классификаций. Precision позволяет оценить точность положительной классификации (изображение признано качественным). Recall, в свою очередь, определяет полноту выявления положительного класса, а f1-score представляет из себя гармоническое среднее между precision и recall, учитывая как ложноположительные, так и ложноотрицательные ошибки.

Как можно заметить, лидерами стали метод опорных векторов (SVM) и случайный лес (Random Tree) с точностью 91%. Рассмотрим подходы для повышения точности работы этих методов.

Так как критерием качества изображений является различимость контуров объектов, имеет смысл рассмотреть метод HOG (гистограмма направленных градиентов), выделяющий границы объектов на изображении [6, 7]. На рис. 3 и представлены результаты его работы для качественного и некачественного изображения соответственно.



Рис. 20. HOG для качественного изображения

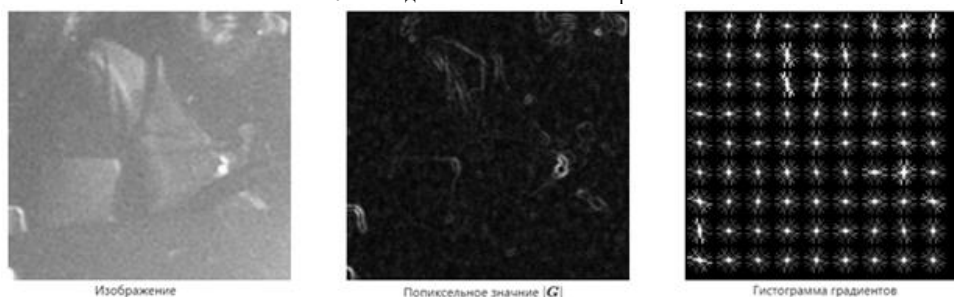


Рис. 21. HOG для некачественного фотоматериала

Для демонстрации, обучение классических ML моделей проведется не на исходных изображениях, а на их гистограммах градиентов. Результаты приведены в таблице 2.

Табл. 6. Результаты применения классических ML методов в связке с HOG

	accuracy	precision	recall	f1-score
SGD	0.88	0.87	0.95	0.91
Logistic Regression	0.89	0.92	0.90	0.91
SVM	0.92	0.95	0.94	0.94
Bayes Bernoulli	0.90	0.96	0.88	0.91
Bayes Gaussian	0.85	0.94	0.82	0.87
Decision Tree	0.75	0.81	0.79	0.80
Random Forest	0.90	0.90	0.96	0.93

Из результатов видно, что HOG оказал положительное влияние на точности почти всех рассматриваемых методов. Исключением стали только решающие деревья, снизившие показатель accuracy на 4% и 1% соответственно. Таким образом, можно утверждать о применимости HOG для решения поставленной задачи. Наибольшей точности можно достичь при его связке с SVM.

Дополнительно был проведен анализ изображений методом t-SNE для понижения размерности данных до двух [8]. Он показал, что данные, полученные с камеры в дневное и ночное время, сильно различаются. На основе имеющейся информации было вынесено предположение, что имеет смысл разбить задачу на две более простых: фильтрацию изображений днём и фильтрация изображений ночью.

Произведена коррекция набора данных, путём разбиения его на четыре категории:

- 1) Качественный дневной фотоматериал;
- 2) Качественный ночной фотоматериал;
- 3) Некачественный дневной фотоматериал;
- 4) Некачественный ночной фотоматериал.

Вновь проведём исследование применимости ML моделей с HOG, но уже раздельно для ночных и дневных изображений. Результаты приведены в табл. 3.

Табл. 7. Результаты применения классических ML методов в связке с HOG раздельно для дневного и ночного ФМ

	accuracy		precision		recall		f1-score	
	day	night	day	night	day	night	day	night
SGD	0.90	0.93	0.91	0.98	0.93	0.91	0.92	0.94
Logistic Regression	0.90	0.95	0.95	0.98	0.89	0.94	0.92	0.96
SVM	0.93	0.94	0.94	0.93	0.95	0.98	0.94	0.95
Bayes Bernoulli	0.88	0.88	0.96	0.98	0.85	0.83	0.90	0.90
Bayes Gaussian	0.82	0.89	0.92	0.92	0.77	0.91	0.84	0.91

	accuracy		precision		recall		f1-score	
	day	night	day	night	day	night	day	night
Decision Tree	0.76	0.74	0.81	0.77	0.78	0.83	0.79	0.80
Random Forest	0.90	0.92	0.87	0.91	0.97	0.96	0.92	0.94

Как можно заметить, разбиение изображений на ночные и дневные позволило увеличить общую точность до 93% днём при использовании SVM и 95% ночью при использовании логистической регрессии. Таким образом, решение оправдало себя.

Исходя из проведенного выше анализа и исследования, была сформирована методика фильтрации некачественного фотоматериала, состоящая из следующих этапов:

- 1) Определение времени суток для дальнейшего анализа изображения;
- 2) Вычисление гистограммы направленных градиентов (HOG);
- 3) Классификация с использованием обученной классической ML-модели (для дневных изображений наиболее предпочтителен SVM, а ночных – логистическая регрессия);
- 4) Фильтрация изображений на основании ответа от классификатора.

Предложенная методика позволит отфильтровывать качественные изображения, содержащие людей, с точностью 93% днём и 95% ночью, что в свою очередь повысит точность системы видеоаналитики, так как некачественные изображения не будут подвергаться дальнейшему анализу. Также будет снижена нагрузка на систему, так как сократится число обращений нейронных сетей, выполняющих анализ изображений на наличие нарушений, к графическому процессору (GPU). Благодаря высокой полноте применяемых моделей (95% днём и 94% ночью), их использование не приведёт к заметному сокращению числа фиксаций нарушений ПДД.

Библиографический список

1. Транспортные средства и происшествия с подвижным составом: Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. – Москва. – URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (дата обращения 20.02.2025).
2. Рост парка дорожных камер в РФ [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6508094> (дата обращения: 20.02.2025).
3. Полный список нарушений дорожных камер в 2025 году [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.autonews.ru/news/678ea1389a7947edb4fd1378> (дата обращения: 20.02.2025).
4. Бабаев А. М., Шемякина М. А. Обзор классических методов машинного обучения в контексте решения задач классификации // Форум молодых ученых. 2018. №11-1 (27). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-klassicheskikh-metodov-mashinnogo-obucheniya-v-kontekste-resheniya-zadach-klassifikatsii> (дата обращения: 02.03.2025).
5. Харитоновна Анна Евгеньевна Прогнозирование налоговой нагрузки сельскохозяйственных предприятий методами машинного обучения // Налоги и налогообложение. 2023. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognostirovanie-nalogovoy-nagruzki-selskohozyaystvennykh-predpriyatiy-metodami-mashinnogo-obucheniya> (дата обращения: 02.03.2025).
6. Волосатова Тамара Михайловна, Яблоков Василий Евгеньевич Система идентификации и отслеживания для анализа поведения посетителей розничного магазина на основе видеоданных // Вестник евразийской науки. 2017. №3 (40). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-identifikatsii-i-otslezhivaniya-dlya-analiza-povedeniya-posetiteley-rozничного-magazina-na-osnove-videodannykh> (дата обращения: 02.03.2025).
7. Яшина Марина Викторовна, Толмачев Андрей Александрович Методы распознавания образов для оценки характеристик пешеходных потоков // T-Comm. 2017. №8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-raspoznavaniya-obrazov-dlya-otsenki-harakteristik-peshehodnykh-potokov> (дата обращения: 02.03.2025).
8. Радеев Н. А. Прозрачное уменьшение размерности с помощью генетического алгоритма // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2023. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prozrachnoe-umenshenie-razmernosti-s-pomoschyu-geneticheskogo-algoritma> (дата обращения: 02.03.2025).

УДК 004.8

ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ПРОИЗВОДСТВА ДРУЖЕСТВЕННЫХ СТРАН В БПЛА

Г.А. Клочков

Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского

Беспилотные летательные аппараты активно используются при ведении боевых действий для проведения авиаразведки, управления огнём и целеуказания, нанесения ударов по наземным и морским целям, перехвата воздушных целей, минирования и разминирования, постановки радиопомех, ретрансляции сообщений и данных, раскрытие систем противовоздушной обороны, доставки грузов подразделениям.



Рисунок 1. – Применение разведывательного БПЛА Орлан-10.

В настоящее время БПЛА имеют аппаратно-программную базу, преимущественно произведенную за рубежом. В связи с уже наложенными санкциями на Российскую Федерацию и возможностью ухудшения международных отношений с западными странами, имеется необходимость смены основных комплектующих и программного комплекса на аналоги, производимые в дружественных странах. Таким образом в макете, имитирующем логическую базу БПЛА в роли центра, обрабатывающего потоки входящих данных находится микрокомпьютер NanoPi , в роли периферии: ультразвуковой дальномер – US-015; датчик давления и температуры – BMP180; модуль активного зуммера – TMB12; гироскоп и акселерометр – MPU6050; модуль GPS – GY-NEO6MV2;

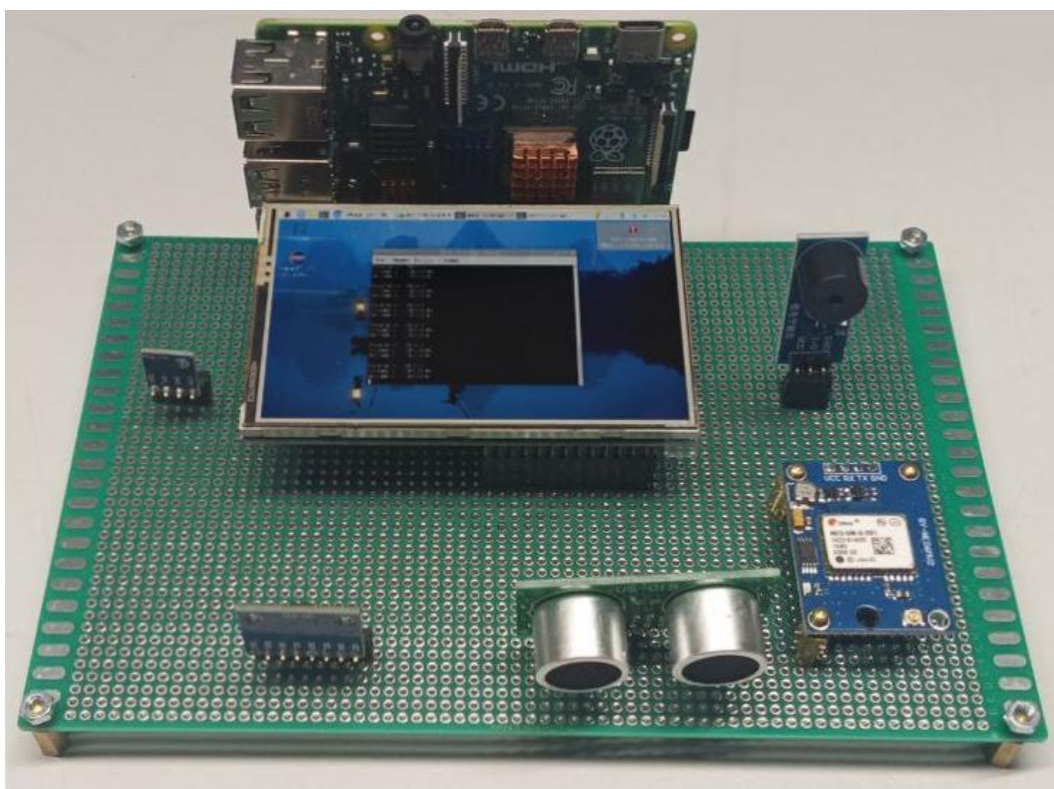
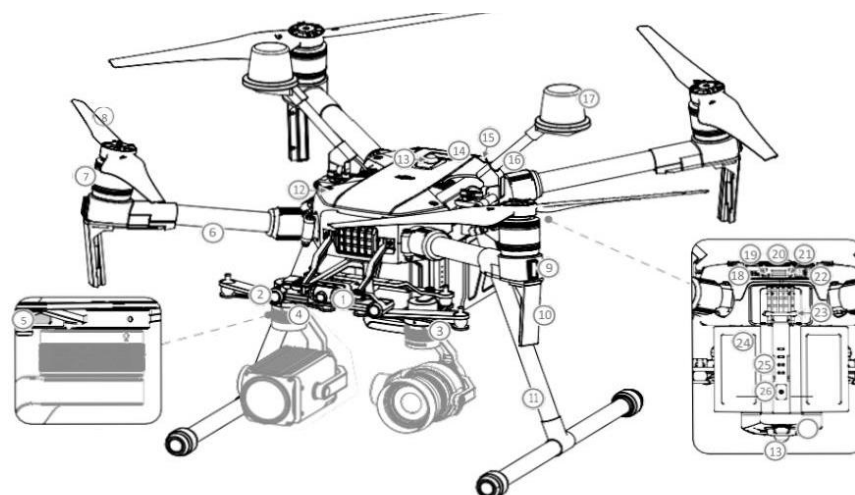


Рисунок 2. –АПК БПЛА на базе Nano Pi.



- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1. Камера FPV | 15. Индикаторы состояния самолета. |
| 2. Система переднего обзора | 16. Монтажный кронштейн D-RTK ** |
| 3. Разъем для подвеса DJI v2.0 (DGC2.0) I | 17. Антенны D-RTK ** |
| 4. Коннектор для подвеса DJI v2.0 (DGC2.0) II | |
| 5. Кнопка отсоединения стабилизатора. | 18. Расширенный порт питания (XT30) |
| 6. Рамки оружия | 19. Переключатель режима USB. |
| 7. Двигатели | 20. Порт USB |
| 8. Пропеллеры. | 21. Кнопка и индикатор связывания |
| 9. Светодиоды ESC. | 22. Порты расширения |
| 10. Передающие антенны | 23. Кнопка снятия батареи. |
| 11. Шасси шасси | 24. Интеллектуальные летные батареи |
| 12. Монтажное положение подвеса вверх | 25. Индикаторы уровня заряда батареи. |
| 13. Маяки * | 26. Кнопка питания |
| 14. Верхний инфракрасный датчик | 27. Система обзора вниз. |
| | 28. Слот для карты памяти microSD. |

Рисунок 3. Схема БПЛА

Данный АПК представляют собой одно из возможных решений проблемы ограничения поставок зарубежных комплектующих для сборки БПЛА и снижения вероятности появления в них программных закладок.

Представленный подход позволяет повысить независимость оборонного комплекса от влияния западных стран, удешевить сборку БПЛА и снизить вероятность несанкционированного доступа к ним.

В заключение можно сказать, что беспилотные летательные аппараты представляют собой важный и перспективный инструмент для Вооруженных сил Российской Федерации, но очевидно высокое влияние недружественных стран на их производство, в следствие чего необходим переход на более дружественный аппаратно-программный комплекс.

Научный руководитель – к.ф.-м.н А.И. Прокопьев

Библиографический список

1. Военно-техническая подготовка / Гарин Е. Н. [и др.] – Красноярск, СФУ, 2021. – 478с.
2. Использование западных комплектующих в БПЛА. [Электронный ресурс] URL: <https://stories.media/stories/2023/01/25/zapad-zapretil-prodavat-rossii-komplektuyushchie-dlya-proizvodstva-oruzhiya-no-rostekh-ikh-ushpeshno-pokupaet/> свободный (дата обращения: 31.01.2025).
3. Nano Pi Neo. Документация по эксплуатации [Электронный ресурс] URL: https://wiki.friendlyelec.com/wiki/index.php/NanoPi_NEO (дата обращения: 03.03.2025).

УДК 661.961.62

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ КОНТУРОВ ПРОФИЛИРОВАННОГО СОПЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

В.И. Михеев, А.А. Псарёв, А.А. Кузнецов

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

В данной работе представлена адаптация методики для построения контура профилированного сопла при проектировании летательного аппарата [1] с применением современных средств программирования.

При использовании данного метода пользователь получает контур профилированного сопла, построенный исходя из входных параметров, определенных и подобранных в соответствии с проектными нуждами пользователя при проектировании летательного аппарата. К перечню таких параметров относятся: параметры камеры, требуемое давление на срезе, давление окружающей среды. Для построения геометрии используются интерполяция данных и аппроксимация окружностями и параболой. Параметры выходного сечения помечены индексом а, параметры камеры помечены индексом к.

Первым шагом для построения сопла является вычисление площади и радиуса критического сечения. Это делается посредством вычисления теоретического расходного комплекса β [1].

$$\beta = \frac{\sqrt{RT_k}}{A(\gamma)}$$

(1)

$$F_{cr} = \frac{\beta \dot{m}}{P_k}$$

(2)

Затем, рассчитываются остальные необходимые величины [1]:

$$\bar{F}_a = \frac{\left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} \sqrt{\frac{\gamma-1}{\gamma+1}}}{\sqrt{\left(\frac{p_a}{P_k}\right)^{\frac{2}{\gamma}} \cdot \left(\frac{R}{P_k}\right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}}}}$$

(3)

— отношение площадей выходного сечения к критическому. Вычисляется точная площадь выходного сечения F_a , радиус выходного сечения R_a , отношение выходного сечения к критическому R_a / R_{cr} .

Скорость потока в выходном сечении:

$$\omega_a = \sqrt{\frac{2\gamma}{\gamma-1} RT_k \left(1 - \left(\frac{p_a}{P_k}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right)}$$

(4)

Число Маха в выходном сечении:

$$Ma = \sqrt{\frac{2}{\gamma-1} \left(\left(\frac{p_a}{P_k}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right)}$$

(5)

Давление на срезе:

$$\rho_a = \rho_k \left(\frac{p_a}{P_k}\right)^{\frac{1}{\gamma}}$$

(6)

Угол наклона контура θ_a на срезе сопла:

$$\sin 2\theta_a = \frac{p_a - p_n}{\frac{1}{2} \rho_a \omega_a^2} \sqrt{M_a^2 - 1}$$

(7)

Зная синус двойного угла, получаем сам угол θ_a для дальнейшего использования.

Далее, для определения угла наклона контура на входе в сверхкритическую часть θ_m и длину критического сечения x_a , в оригинальной методике из [1] предлагается использовать график, представленный на рисунке 1:

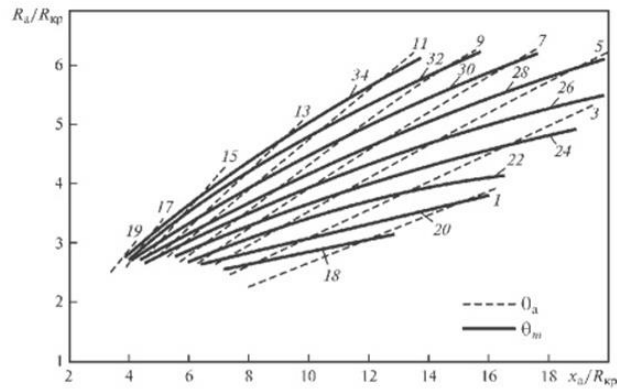


Рис. 1. Зависимость θ_m и θ_a от длины x_a/R_{cr} и радиуса на срезе сопла R_a/R_{cr}

В связи с невозможностью использования картинки кодом, зависимости для углов были разбиты дискретно следующим образом:

1. По оси y (R_a/R_{cr}) с шагом 0.2 ставилась контрольная точка.
2. Из каждой контрольной точки параллельно оси x через весь график прочерчены прямые.
3. В каждой точке пересечения кривых углов с прямыми записывалось значение x_a/R_{cr} в этой точке для этой кривой.

Для дальнейшего работы необходимо определить значения θ_m и x_a/R_{cr} исходя из полученных приведенным выше методом данных.

Определение x_a/R_{cr}

Используя таблицу, полученную дискретизацией графиков, мы можем найти искомую величину. Вдоль строки “1” записаны значения R_a/R_{cr} . Имея на входе конкретное значение R_a/R_{cr} для данного расчетного случая, находим “область” ($i; i+1$), в которую попадает наше значение. Аналогичным образом вдоль столбца под индексом “А”, на котором разбиты значения θ_a , находим “область” ($j; j+1$), в которую попадает расчетное θ_a . Все значения “внутри” данных столбца и строки являются значениями x_a/R_{cr} . Если расчетные значения выходят за пределы полученных данных, то используется крайнее значение, в зависимости от того, больше или меньше расчетная величина. Если величина попадает в область, в которой не хватает 1 из ячеек, она заменяет ее ближайшей по индексу i , при отсутствии значений по данному индексу значение берется из соответствующего индекса j . Так, код работает пока есть хотя бы 1 из 4 значений в “областях”. В случае, если в искомую область не попало ни 1 значение, выводится сообщение об ошибке, и дальнейший код не срабатывает.

На первом этапе выполняется линейная интерполяция по i , что позволяет определить промежуточные значения между $[i, j]$ и $[i+1, j]$, а также между $[i, j+1]$ и $[i+1, j+1]$. На втором этапе выполняется интерполяция по j , позволяющая определить итоговое значение.

Определение θ_m

Способ определения значений θ_m схож по принципу, однако отличается в деталях обработки данных. Входными данными здесь выступают полученное выше значение x_a/R_{cr} и текущее расчетное R_a/R_{cr} . Столбец с индексом “А” представляет собой разбиение значений θ_m . “Внутренняя область” также представляет собой значения x_a/R_{cr} .

Как и выше определяется область для R_a/R_{cr} . Среди значений x_a/R_{cr} находится такая строка с индексом j , при которой входное значение попадает в интервал между $[i, j]$ и $[i+1, j]$. Если x_a/R_{cr} больше всех значений в выбранном диапазоне, для нахождения j берется наибольшее значение. Если x_a/R_{cr} меньше всех значений в диапазоне, используется минимальное значение. После определения индекса j программа возвращает соответствующее значение из таблицы.

Верно заметить, что определение θ_m менее точно, чем определение x_a/R_{cr} , и всегда возвращает значение, не приближенное интерполяцией к действительности, а подходящее под область пересечения входных параметров и является ограниченным числом заранее введенных результатов. Такой способ продиктован выбранным источником и способом представления данных, но не является губительным, для поставленной цели.

Построение геометрии

Получив все необходимые данные, программа приступает к формированию профиля соплового блока.

Геометрия сопла была разбита на 4 элемента: вход в сопловой блок, вход в критическую часть, вход в сверхкритическую часть, сверхкритическая область

Для формирования геометрии каждый элемент был аппроксимирован до некоторой упрощающей геометрии: 1-3 — до окружностей, 4 — параболы. Вся геометрия строится по точкам в двумерной декартовой системе координат. Все перечисляемые далее углы используются в радианах.

Построение округлой геометрии

Для построения округлой геометрии необходимо иметь 6 параметров:

- Начальный угол — α_n
- Конечный угол — α_k
- Радиус окружности — R
- Шаг построения — $step1$ (рад)
- Смещение по оси x — $deltaX$
- Смещение по оси y — $deltaY$

Данный алгоритм основан на параметрическом представлении окружности [2] и позволяет вычислять координаты точек в заданном угловом диапазоне. Предусмотрены механизмы смещения точек окружности ($deltaX$, $deltaY$), что позволяет использовать один и тот же алгоритм для построения всех 3 округлых элементов.

Построение происходит в полярных координатах при помощи параметрических уравнений окружности [2]:

$$x = R \cos(\alpha)$$

(8)

$$y = R \sin(\alpha)$$

(9)

Начальной точкой для построения берется начальный угол α_n , с шагом $step1$ угол варьируется до конечного α_k . Для окружности 1 заранее установленное значение: $\alpha_{n1} = \alpha_{n.2} - \pi$; $\alpha_{k1} = \frac{\pi}{2}$. Окружности 2 $\alpha_{n2} = \frac{\pi + \pi}{4}$; $\alpha_{k2} = \frac{3\pi}{2}$. Окружности 3 $\alpha_{n3} = \frac{3\pi}{2}$; $\alpha_{k3} = \theta_m$. Значения α_{k1} и α_{n2} можно изменить по желанию пользователя. Радиус окружностей считается в соответствии с рекомендацией книги

$$R_2 = 1,5 R_{cr}$$

(10)

$$R_3 = 0,45 R_{cr}$$

(11)

$$R_1 = N * R_{cr}$$

(12)

— где N выставляется по необходимости.

В результате получается первичные массивы координат $\{x; y\}$, само по себе построение происходит в центре координат, что не дает в последствии использовать эти координаты корректно, и их необходимо посредством параллельного переноса “передвинуть” на некоторое значение, равное $deltaX$ и $deltaY$. Для окружностей 2 и 3 $deltaY = R_{cr} + R$, $deltaX = 0$. Смещение окружности 1 несколько сложнее.

$$deltaY = y_1 - R_{в.с.} (\sin(\alpha_{1в.кр} - \pi))$$

(13)

$$deltaX = x_1 - R_{в.с.} (1 + (\cos(\alpha_{1в.кр} - \pi) - \cos(0)))$$

(14)

Где x_1 , y_1 , $\alpha_{n.2}$ — крайние “левые” координаты окружности 2 и ее же начальный угол, $R_{в.с.}$ — радиус 1 окружности.

Такой подход обеспечивает достаточную гладкость построения и последующего стыкования геометрии для поставленных целей.

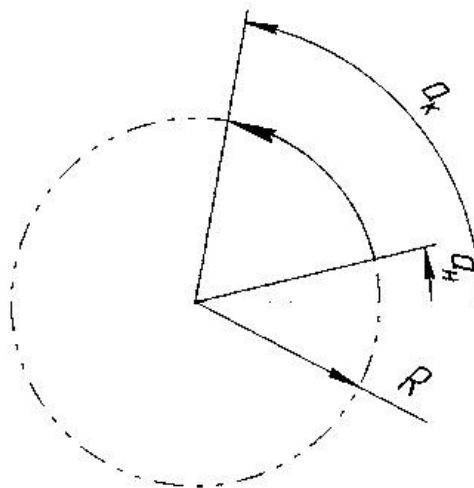


Рисунок 2 — Визуальное представление метода построения окружности.

Построение сверхкритической параболы

В этом разделе будет объяснена логика построения сверхзвуковой части сопловой установки. Необходимые входные данные:

- Координаты начальной точки — крайние значения x_3 и y_3 для окружности 3.
- Угол касательной в начальной точке — угол θ_m .
- Координаты конечной точки — x_a/R_{cr} и R_a / R_{cr} помноженные на R_{cr}
- Угол касательной в конечной точке — угол θ_a .

Имея эти данные при аппроксимации до параболы, можем найти коэффициенты a , b , c для уравнения параболы.

$$1. \quad a = \frac{\theta_m - \theta_a}{2(x_3 - x_a)}$$

(15)

$$2. \quad b = \theta_m - 2ax_3$$

(16)

$$3. \quad c = y_3 - ax_3^2 - bx_3$$

(17)

После определения коэффициентов, подобно окружностям, парабола строится с шагом $step2$ от x_3 до x_a по уравнению параболы.

$$4. \quad y = ax^2 + bx + c$$

(18)

Получив массивы координат параболы $\{x; y\}$, построения профиля заверено. Красными точками выделяются центры окружностей и крайние точки параболы, практической нагрузки не несут, отображаются для удобства пользователя. Результат работы программы можно увидеть на рисунке 3:

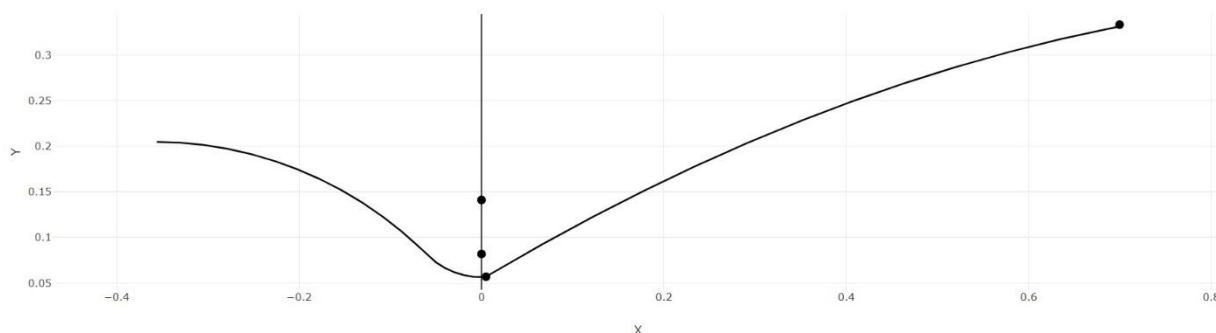


Рисунок 3 — Построенный контур профилированного сопла.

После отработки кода у пользователя есть возможность вывода массивов координат точек $\{x;y\}$ в txt формате, для дальнейшего решения конструктивных задач проектирования летательных аппаратов, анализа параметров, получаемых при известном контуре, таких как масса, расчет термоизоляции и т.д.

Исходя из полученных данных пользователь принимает решение о пригодности полученного результата. При неудовлетворительном исходе пользователь имеет возможность изменить входные параметры в рамках своей инженерной задачи и воспользоваться алгоритмом снова, получая при этом выборку контуров, на основании которых принимается наиболее удовлетворяющее поставленной инженерной задачи решение.

Научный руководитель – старший преподаватель, Ю.А. Никольченко

Библиографический список

1. Добровольский, М. В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: учебник для высших учебных заведений / Д.Я. Ягодникова [и др.]. – Москва: МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2016. – 461 с. – ISBN 978-5-7038-4145-7
2. Полярные координаты [Электронный ресурс] // Математика для заочников; URL: http://mathprofi.ru/poljarnye_koordinaty.html (дата обращения: 28.02.2025).

УДК 004.855.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ СЕГМЕНТАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ ФОТОСНИМКОВ

А.М. Польских, С.К. Андреев, М.Д. Шабанов, А.В. Гнатенко

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

На протяжении последних десятилетий в мире наблюдается значительный прогресс в области дистанционного зондирования Земли, в том числе в применении космических фотоснимков для различных исследований во многих сферах и областях деятельности. С развитием технологий съемки и обработки данных, с увеличением производительности вычислительных средств и ростом потока данных, требующей обработки, сегментация космических изображений становится неотъемлемой частью процессов извлечения информации из получаемых снимков.

Анализ спутниковых снимков играет важную роль в картографировании местности, мониторинге изменений окружающей среды и градостроительстве. Например, с помощью космических данных можно отслеживать изменения в лесных массивах, что важно для оценки состояния экосистем и предотвращения лесных пожаров. Также космические снимки используются для мониторинга сельскохозяйственных угодий, позволяя фермерам оптимизировать свои ресурсы и повысить урожайность. В сфере градостроительства спутниковые данные помогают в планировании новых объектов и анализе существующей инфраструктуры, что особенно актуально в условиях быстрой урбанизации. Одной из ключевых задач предварительной обработки изображений является семантическая сегментация изображений, позволяющая выделять различные объекты, такие как деревья, здания и сооружения, гидрографические объекты и дороги. Но ручное аннотирование и анализ снимков представляет собой очень трудоёмкий процесс, требующий от человека больших затрат времени.

Автоматический анализ спутниковых снимков является намного менее затратным относительно ручного аннотирования. Он позволяет добиться ускоренной сегментации изображений программными средствами. Существует множество традиционных методов сегментации, которые можно применять в этой области. К ним относятся алгоритмы кластеризации, такие как k-средние или метод разрастания семян, методы на основе пороговой обработки, которые позволяют выделять интересные области на изображениях. Каждый из этих подходов имеет свои особенности и может быть адаптирован под конкретные задачи, однако их эффективность может варьироваться в зависимости от условий съемки и качества исходных данных.[1]

Однако процесс автоматической сегментации сталкивается с рядом сложностей, включая вариативность изображений, различия в освещении и типах ландшафтов, затрудняющих определение объектов. Снимки могут быть сделаны под разными углами к поверхности, в разное время суток и время

года. Эти факторы могут привести к тому, что один и тот же объект будет выглядеть совершенно по-разному на разных снимках, от чего появляются дополнительные трудности для автоматизированного распознавания сегментов и учёта всех возможных сценариев поведения алгоритма.

Одним из наиболее эффективных инструментов для решения вышеупомянутой задачи являются нейронные сети и технологии глубокого машинного обучения, так как они способны обучаться на больших объемах данных и адаптироваться к сложным и неоднородным изображениям, которые могут быть сняты под разными углами, и на которых присутствует искажение. В отличие от традиционных алгоритмов обработки изображений, модели нейронных сетей могут автоматически выявлять пространственные закономерности и учитывать контекст сцены, что особенно важно при анализе космических фотоснимков, содержащих объекты разных масштабов и типов. Современные архитектуры нейросетей позволяют достигать нужной точности сегментации для решения задач предобработки в различных областях.

Нейросети, используемые в целях семантической сегментации как правило сводятся к двум основным типам архитектур: свёрточной и трансформерной.

Свёрточные нейронные сети являются типом искусственных нейронных сетей, которые традиционно используются для анализа визуально-звуковых данных, таких как изображения или видео. Их устройство частично копирует поведение человеческого глаза при анализе положения и наклона объектов в пространстве. Основным элементом свёрточной нейронной сети — свёрточный слой, который применяет фильтры к входным данным. Фильтры позволяют замечать важные признаки различных объектов, такие как границы, формы или текстуры. За каждым свёрточным слоем следует операция пулинга, которая уменьшает размерность данных и способствует выявлению более обобщенных признаков. [2, 3]

Трансформерные нейронные сети имеют архитектуру, использующую механизм внимания, с которым нейронная сеть вместо последовательной обработки всех данных выявляет связи между наиболее важными объектами. Это позволяет нейросети распознавать контекст на разных уровнях и создавать более релевантные связи между объектами. Таким образом такая модель хорошо подходит для обработки последовательностей данных, таких как аудиозаписи или тексты. Несмотря на то, что трансформерные нейронные сети были разработаны в основном для обработки текстовых данных, существуют различные модификации трансформерной архитектуры, специально предназначенные для сегментации изображений. [3]

Для получения необходимой точности получаемых масок сегментации и для эффективного обучения нейронных сетей нужен тщательно подготовленный обширная обучающая выборка, содержащая разнообразные примеры снимков, соответствующие возможным реальным условиям использования. Обучающая выборка — это подмножество данных, используемое для обучения модели машинного обучения. Модель, опираясь на эту выборку, будет корректировать своё поведение для самосовершенствования. Наличие большого количества размеченных данных позволяет модели значительно лучше адаптироваться к различным сценариям и повышая качество семантической сегментации изображений.

В настоящее время в мире разработано и успешно применяется для сегментации широкого спектра изображений, в том числе и космических снимков, достаточно большое количество различных архитектур нейронных сетей. В рамках исследования проводилось обучение нескольких архитектур нейронных сетей, которые показали свою эффективность во многих задачах компьютерного зрения, включая классификацию и сегментацию изображений, детектирование объектов и многое другое, с целью сравнения их эффективности. Среди рассматриваемых моделей было выделено 3 основных.

U-Net — это свёрточная нейронная сеть, которая была создана в 2015 году для сегментации биомедицинских изображений. В ходе работы U-net проводит свёртку изображения с его уменьшением — энкодинг, который позволяет максимизировать число признаков. После этого происходит извлечение наиболее абстрактных признаков и обратная свёртка — декодинг, чтобы улучшить качество выходного изображения. U-net является одним из наиболее популярных выборов для сегментации фотоснимков и используется во множестве работ на данную тематику. [2, 4]

DeepLabV3+ — также свёрточная нейронная сеть, появившаяся в 2018 году и подобная архитектуре U-Net, но частично усовершенствованной. В этой модели используются более мощные атрибутивные свёртки, позволяющие увеличивать поле восприятия без увеличения числа параметров, а также модуль ASPP, который позволяет извлекать многоуровневую информацию о контексте. ASPP обеспечивает обработку информации на разных масштабах, в отличие от U-net, что помогает модели лучше справляться с объектами разных размеров и сложными сценами. Декодер DeepLabV3+ использует информацию из более высоких уровней нейронной сети, чтобы улучшить качество семантической сегментации, особенно на границах объектов. [5]

SegFormer — современная архитектура на основе трансформеров, использующая Mix-Transformer (MiT) для глобального анализа изображения, который представляет собой смесь трансформерной архитектуры и свёрточных нейронных сетей. Трансформеры позволяют модели эффективно захватывать долгосрочные зависимости и контекстуальную информацию, что особенно полезно для сложных визуальных задач. SegFormer демонстрирует высокую точность и устойчивость к разным типам ландшафтов. MLP декодер в SegFormer объединяет информацию из различных уровней сети, что позволяет добиться наиболее точного отображения деталей и улучшения качества семантической сегментации.

Для формирования выборки с целью обучения перечисленных нейросетей была проведена разметка космических фотоснимков видимого цветового диапазона, включающая создание масок для сегментации космических фотоснимков. Данные для разметки брались из регионов Поволжья и средней полосы России, поскольку они будут иметь схожие черты с большинством регионов планеты. Основные категории объектов: деревья, которые важны для анализа растительности и экологии; здания и сооружения, используемые в градостроительстве и урбанистическом анализе; гидрографические объекты, за береговой

линией которых нужно наблюдать; дороги, как ключевой элемент инфраструктурных проектов. Аннотация производилась при помощи программы с открытым исходным кодом CVAT (Computer Vision Annotation Tool). Она позволяет сравнительно легко аннотировать объекты на фото и видео и предлагает удобный интерфейс для работы в веб-формате.[7]

Так же для дополнения датасета и увеличения разнообразия входных данных использовались изображения из набора Landcover.ai.

Все используемые снимки имеют формат PNG, обеспечивающий сжатие без потерь, или формат BMP, не использующий сжатие вообще, для обучения на наиболее лёгких и точных данных. Итого для обучения нейронной сети было получено на данный момент около 12000 изображений.

Оценка моделей будет производиться на основе двух метрик качества: IoU и Кросс-энтропийная ошибка.

IoU (Intersection over Union) — это метрика, используемая для оценки качества предсказаний в задачах семантической сегментации изображений и обнаружения объектов. Она измеряет перекрытие между предсказанной областью и истинной (или реальной) областью. IoU рассчитывается следующим образом: вычисляется площадь пересечения между предсказанной и истинной маской. После чего вычисляется площадь объединения масок и находится частное перекрытия на объединение. Если оно равно единице, то это означает полное совпадение между масками, а если нулю — то маски не совпадают.

Кросс-энтропийная ошибка (Cross-Entropy Loss) — это функция потерь, широко используемая в задачах классификации, особенно когда выходы представляют собой вероятностное распределение. Она измеряет, насколько предсказанное распределение вероятностей отличается от истинного. Чем ниже кросс-энтропия, тем лучше модель предсказывает правильные классы. Ошибка вычисляется отдельно для каждого класса следующим образом: для каждого пикселя берётся логарифм от предсказанной вероятности принадлежности к классу пикселя и умножается на истинную метку пикселя. Потом значения суммируются, делятся на общее число пикселей в изображении и умножается на минус один для получения положительного числа.

Дополнительно запланировано тестирование обученных нейросетей на нестандартных данных, включая изображения пустынь, ледников и других сложных ландшафтов. Это позволит оценить, насколько хорошо обученные модели справляются с новыми условиями.

В заключении исследования будет выявлена наиболее эффективная архитектура для семантической сегментации космических снимков. Далее одна или несколько обученных нейросетей будут использованы для создания программы для сегментации космических фотоснимков. Дальнейшие планы включают расширение датасета, улучшение качества разметки и тестирование новых архитектур.

Научный руководитель – Д.Д. Сидорович (АО «НПП «Радар ммс»).

Библиографический список

1. Паттанаяк С. Глубокое обучение и TensorFlow для профессионалов. Математический подход к построению систем искусственного интеллекта на Python – Мск.: Вильямс, 2020. – 480 с.
2. A Comprehensive Guide to UNET Architecture [Электронный ресурс]. URL: <https://www.analyticsvidhya.com/> (дата обращения 10.02.2025)
3. Мельников А.В., Полищук Ю.М., Русанов М.А., Аббазов В.Р., Кочергин Г.А., Куприянов М.А., Байсалимова О.А., Соколов О.И. Сравнительный анализ нейросетевых моделей для картографирования лесных рубок по летним космическим снимкам // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2024. Т. 24, № 5. С. 806–814. doi: 10.17586/2226-1494-2024-24-5-806-814
4. Анализ современных методов сегментации изображений [Электронный ресурс]. URL: <https://journal-ekss.ru/wp-content/uploads/2022/06/57-65.pdf> (дата обращения 15.02.2025)
5. DeepLabv3 & DeepLabv3+ The Ultimate PyTorch Guide [Электронный ресурс]. URL: <https://learnopencv.com/deeplabv3-ultimate-guide/> (дата обращения 10.03.2025)
6. SegFormer: Simple and Efficient Design for Semantic Segmentation with Transformers [Электронный ресурс]. URL: https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2021/file/64f1f27bf1b4ec22924fd0acb550c235-Paper.pdf (дата обращения 09.03.2025) Leading Data Annotation Platform [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cvat.ai/> (дата обращения)

УДК 378.147

УЧЕБНЫЙ ОСЦИЛЛОГРАФ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ STM

Ф. И. Чернюк

Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского

На сегодняшний день в нашей стране растёт запрос на специалистов, обладающих знаниями и практическими навыками в области электроники и схемотехники. От современных специалистов требуется не только глубокое знание процессов но и умение практической работы с использованием различных измерительных приборов. Данная тенденция требует уделять большего внимания практическому рассмотрению процессов при изучении таких дисциплин, как теория электрических цепей и схемотехника аналоговых и цифровых устройств. Для этого, при проведении практических занятий, требуется использование большого количества контрольно-измерительных приборов. За частую учебно-материальную базу составляют сложные дорогостоящие приборы в небольшом количестве, недостаточном для индивидуальной работы обучающегося. Цель настоящей работы состоит в том, чтобы предложить

простой и дешевый осциллограф для широкого применения при первоначальном обучении дисциплинам радиоэлектроники.

Наиболее востребованным для наглядного представления процессов протекающих в электрических схемах является осциллограф. Данное устройство является достаточно сложным при обращении для неподготовленного человека, и кроме того имеет весьма внушительные размеры. В настоящей работе требовалось создать портативный прибор с интуитивно понятным графическим интерфейсом на общедоступных компонентах, имеющих невысокую стоимость, с целью последующего внедрения разработки в учебный процесс. В литературе были описаны подобные примеры [1]. Наиболее широко на потребительском рынке представлены микроконтроллеры серии AVR и STM. Для своей работы я выбрал плату STM32F429I-DISC1. Такой выбор был сделан в силу более широкого диапазона возможностей контроллера производства STM и наличия встроенного сенсорного экрана, что позволило без дополнительных настроек и подключений применить графическую библиотеку TouchGFX для создания графического интерфейса с имеющимися шаблонами элементов управления. Данная библиотека была выбрана как наиболее часто применяемая при взаимодействии с контроллерами серии STM, а также простотой в работе и наличии шаблонов и функций, позволяющих создать графический интерфейс и оснастить его простыми интуитивно понятными элементами управления.

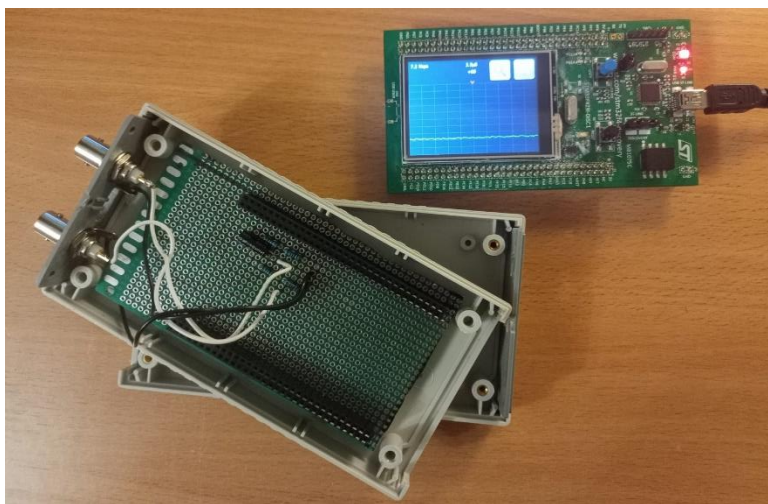


Рис. 1. Конструкция учебного осциллографа

Основой измерения и последующего отображения параметров сигнала и динамики его изменения являются встроенные в микроконтроллер аналого-цифровые преобразователи (АЦП), преобразующие входной аналоговый сигнал в цифровые отсчеты. В микроконтроллер STM32F429 встроено 4 аналого-цифровых преобразователя, каждый из которых поддерживает разрешающую способность до 12 бит, и может оцифровывать сигнал, поступающий по 16 внешним каналам, выполняя преобразования в одиночном режиме (single-shot mode) или режиме сканирования (scan mode). В режим сканирования автоматическое преобразование выполняется на выбранной группе аналоговых входов. АЦП может поддерживаться контроллером прямого доступа к памяти (DMA). Функция analog watchdog позволяет очень точно мониторить преобразуемое напряжение на одном, нескольких или всех выбранных каналах. Прерывание генерируется, когда преобразуемое напряжение выходит за пределы запрограммированных порогов. Для синхронизации аналого-цифрового преобразования на нужную частоту дискретизации сигнала АЦП должен запускаться от одного из таймеров, выбранных программно. После АЦП значения поступают в буфер обмена внутренней памяти микроконтроллера. Данный буфер в свою очередь подключен в качестве источника значений для построения графика рассматриваемой функции в графической библиотеке.

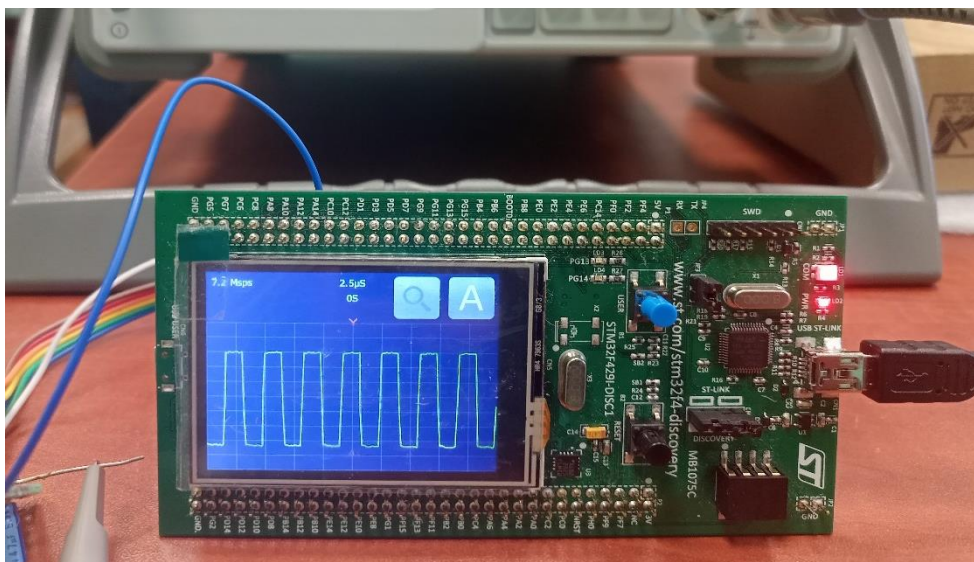


Рис. 2. Отображение формы сигнала на дисплее.

Отображение формы сигнала показано на рис. 2 на примере прямоугольных импульсов. Получившийся осциллограф обрабатывает и отображает сигнал на частоте до 7,2 МГц с привязкой к временной шкале измерений. Что было подтверждено в ходе проведения тестовых измерений на генераторе сигналов. В процессе работы было обнаружено, что для работы АЦП с сигналами принимающими в определённый момент времени отрицательные значения необходимо создание аналоговой части устройства. АЦП микроконтроллера обрабатывает сигнал в диапазоне от 0 до 3,3 вольт, напряжения питания. Для полного охвата отрицательной составляющей был использован делитель напряжения, для выставления 0 при отображении на уровне 1,5 вольта. У

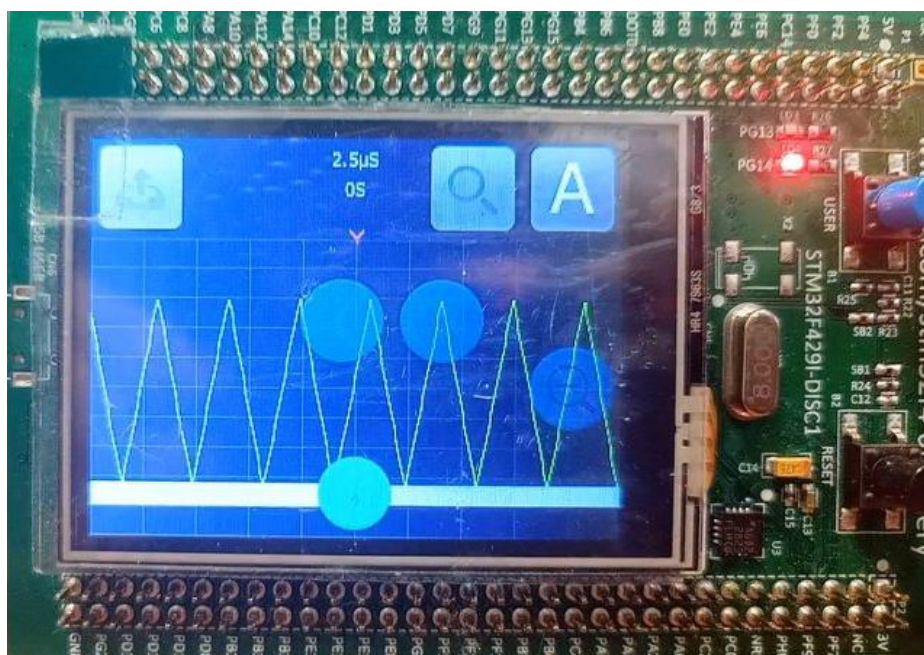


Рис. 3 Работа элементов управления.

На рис. 3 представлена работа реализованных элементов управления. Для детального рассмотрения сигнала, путём нажатия кнопки осциллограф переходит из режима отображения сигнала в реальном масштабе времени к демонстрации записанного в памяти последнего участка измерений. На экране появляются манипуляторы позволяющие изменять масштаб и перемещаться вдоль временной оси. Кроме того, в верхнем левом углу дисплея появляется кнопка позволяющая вывести интересующего участка сигнала на компьютер, в случае подключения устройства через шнур.

Наличие нескольких независимых АЦП в микроконтроллере позволяет производить распараллеленные измерения с одновременным отображением нескольких каналов на графике, что особенно удобно при исследовании работы простых интерфейсов. Для этого в настоящее время решается задача является перехода на экраны с большим разрешением для удобства работы обучающегося и запуска широкого внедрения в учебный процесс.

Научный руководитель – к. ф.-м. н., доцент А.И. Прокопьев

Библиографический список

1. STM32F4-Scope. [Электронный ресурс] URL: <https://github.com/mmahdim/STM32F4-Scope> (дата обращения: 03.03.2018).

УДК 62-932.4

СМАРТ-ОЧКИ «HOLOSCAN»

И.С. Воронов

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

В данной статье пойдет речь о разработке смарт-очков «Holoscan» для сканирования небольших объектов для воспроизведения их цифровой голограммы.

Ключевые слова: очки, сканирование, голограмма.

Введение

Умные очки представляют собой высокотехнологичное устройство, которое сочетает в себе функции традиционных очков и современных технологий, таких как захват изображений, дополненная реальность и взаимодействие с цифровыми данными. Они становятся все более актуальными в повседневной жизни, предлагая широкому кругу пользователей новые возможности для работы, обучения и развлечений.

В данной статье будет предложен собственный уникальный дизайн умных очков, принцип работы которых основан на захвате изображения объекта и создании его 3D-копии благодаря двум камерам с высоким разрешением и инфракрасному (ИК) излучателю. Кроме того, будут освещены вопросы того, как ИК-излучение способствует улучшению захвата изображений. Важным аспектом методологии является индивидуальная подгонка линз, что позволяет адаптировать устройство под потребности каждого пользователя.

Конструкция и внешний вид устройства

Смарт-очки Holoscan имеют современный и стильный дизайн, который сочетает в себе функциональность и комфорт. Они выполнены из легких и прочных материалов, таких как полиамид для дужек и авиационный алюминий для оправы. Дужки устройства съемные и регулируемые по длине, что позволяет пользователю настроить их под свои предпочтения. Места соприкосновения с кожей, такие как носовая перемычка и основания дужек, оснащены мягкими прорезиненными вставками, которые обеспечивают приятные тактильные ощущения и предотвращают скольжение, что позволяет носить очки в течение длительного времени без дискомфорта.

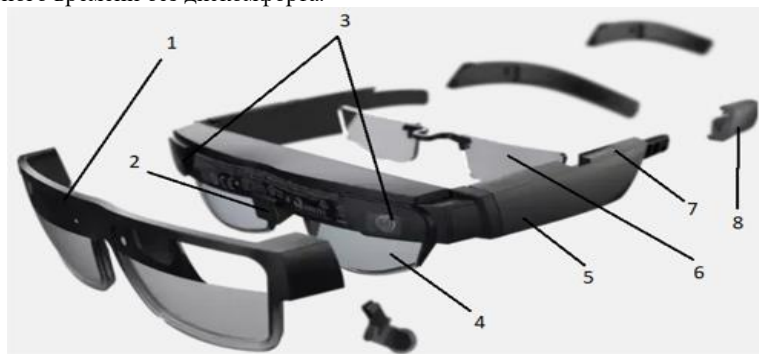


Рисунок 1. Внешний вид устройства

- 1 – Фильтрующие линзы
- 2 – ИК-диод, работающий на длине волны 1300 Нм
- 3 – Камеры высокого разрешения
- 4 – Фокусирующие линзы и приемная матрица ИК излучения.
- 5 – Расположение аккумулятора и основных электрических узлов конструкции находится под крышками боковых дужек
- 6 – Корректирующие/поляризационные линзы
- 7 – Слот для карты памяти, кнопки громкости и активации
- 8 – Съемные, регулирующиеся по длине дужки с мягкими накладками

Оптический функционал – линзы

Смарт-очки Holoscan оснащены тремя слоями высококачественных линз, каждая из которых выполняет свою уникальную функцию:

Фильтрующие линзы: фильтрующие линзы смарт-очков Holoscan предназначены для защиты глаз пользователя и улучшения качества захватываемого изображения. Линзы используют технологию многослойных фильтров, которые блокируют вредное инфракрасное излучение. Эти фильтры работают на основе интерференции света, что позволяет эффективно отражать и поглощать нежелательные длины волн [10]. Наряду с интерференционными фильтрами в линзы внедрены тонкопленочные фильтры, предназначенные для блокировки синего света, уменьшающие его воздействие на сетчатку, что помогает предотвратить усталость глаз и улучшает комфорт при длительном использовании.

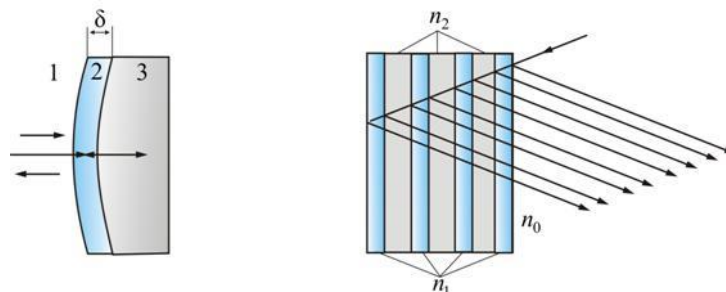


Рисунок 2. Интерференция в тонких пленках [10]

Кроме того, фильтрующие линзы обрабатываются антибликовым покрытием, которое уменьшает отражение света на поверхности линз. Это покрытие улучшает видимость и контрастность изображения, особенно в условиях яркого освещения.

Фокусирующие линзы: эти линзы предназначены для фокусировки ИК-излучения на приемной ИК-матрице, что критически важно для точного захвата данных. Данные линзы изготовлены с использованием асферических форм, что минимизирует оптические искажения и хроматические аберрации, а также обеспечивает высокую четкость изображения. Для их производства используется высококачественное оптическое стекло, обладающее низкой дисперсией, что позволяет достичь высокой четкости изображения.

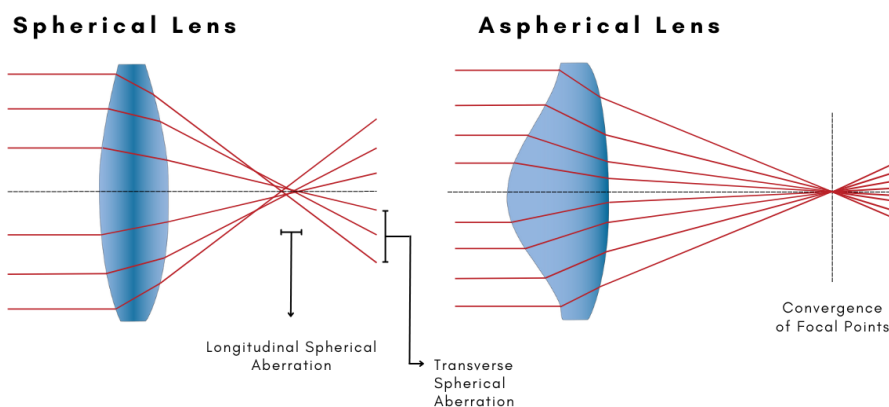


Рисунок 3. Влияние асферики на аберрации. [9]

Для фокусирующих линз используются кварцевые линзы с высокой прозрачностью в ИК-диапазоне, а также наносятся антирефлексные (AR) покрытия, которые уменьшают отражение света и увеличивают пропускание.

Корректирующие/поляризационные линзы: эти линзы выполняют две основные функции: корректируют зрение и блокируют блики.

Поляризационное покрытие блокирует горизонтально поляризованные световые лучи, обеспечивая более четкое и комфортное зрение без риска ослепления, особенно в ярких условиях [9]. Покрытие интегрировано в линзу с использованием технологий вакуумного напыления, что обеспечивает долговечность и эффективность фильтрации бликов.

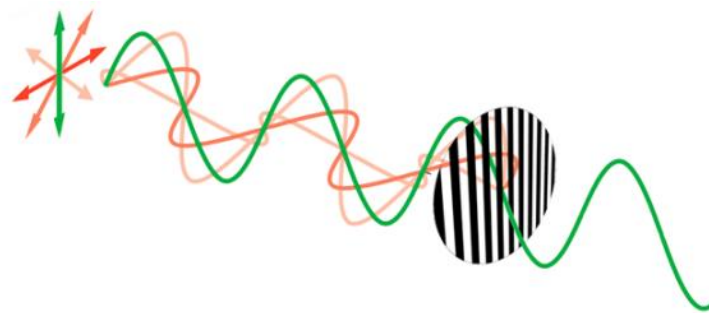


Рисунок 4. Влияние поляризации

Данный модуль съемный и изготавливается на заказ по индивидуальным рецептам с учетом дефектов зрения пользователя, что позволяет добавлять или изменять дизайнерский функционал данного модуля.

Камеры и ИК-излучатель

Смарт-очки Holoscan оборудованы двумя камерами высокого разрешения, работающими в синхронном режиме для лучшей передачи глубины, каждая из которых имеет разрешение не менее 2560x1960 пикселей. Каждая камера использует сенсоры CCD (Charge-Coupled Device, или ПЗС) которые обеспечивают высокую чувствительность и низкий уровень шума по сравнению с конкурентами [1], что позволяет получать детализированные изображения объектов и обеспечивает высокую четкость при позиционировании в пространстве, что наряду с ИК-излучением позволяет устройству работать в различных условиях освещения.

ИК-излучатель функционирует по принципу дальномера. Он излучает инфракрасные импульсы на длине волны 1300 нм, что соответствует третьему окну прозрачности атмосферы (рис 5). Этот диапазон позволяет эффективно захватывать данные в условиях низкой освещенности, обеспечивая при этом безопасность для глаз пользователя [8]. Приемная матрица фиксирует отраженные импульсы, и на основе времени, необходимого для их возвращения, система вычисляет расстояние до объекта [6]. Другие исследования показывают, что в диапазоне спектра 0,9 – 1,7 мкм рэлеевское рассеяние меньше, чем в диапазоне 0,4 – 0,9 мкм, что так же подтверждает эффективность захвата ИК-излучения наряду с видимым [3]. Кроме того, излучатель работает в тесной интеграции с фокусирующими линзами для оптимального фокусирования ИК-излучения на приемной матрице, что улучшает качество захватываемых данных.

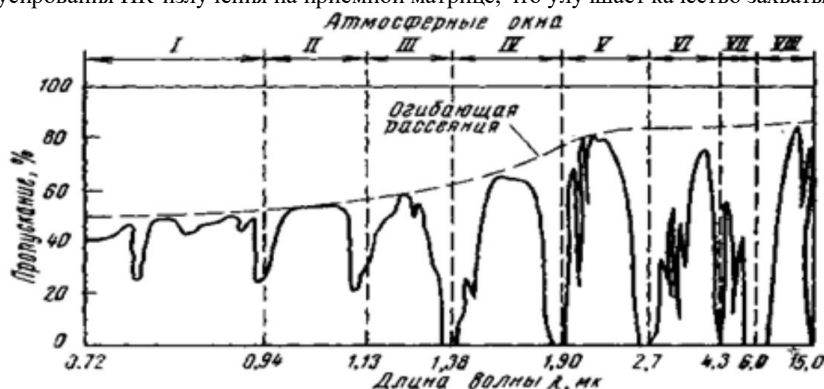


Рисунок 5. Окна пропускания атмосферы [4]

Приемная матрица ИК-излучения

Приемная матрица ИК излучения создана в виде тонкого прозрачного слоя полупроводников InGaAs (Индий-Галлий-Арсенид), которые имеют высокий коэффициент поглощения в ИК-диапазоне (рис 6). InGaAs-детекторы изготавливаются с использованием технологии эпитаксии, что позволяет контролировать толщину и состав слоя на атомарном уровне. Это обеспечивает высокую чувствительность и быстродействие детекторов. Данные фотодетекторы широко используются в ближнем инфракрасном диапазоне благодаря высокой чувствительности и быстродействию [2]. Разрешение матрицы составляет около 1480x960 пикселей, что позволяет обеспечить оптимальную детализацию объектов на расстоянии от 0,5 до 1 метра. Использование ИК-излучения наряду с захватом изображения с помощью камер позволяет получать данные о расстоянии до объектов даже в темное время суток.

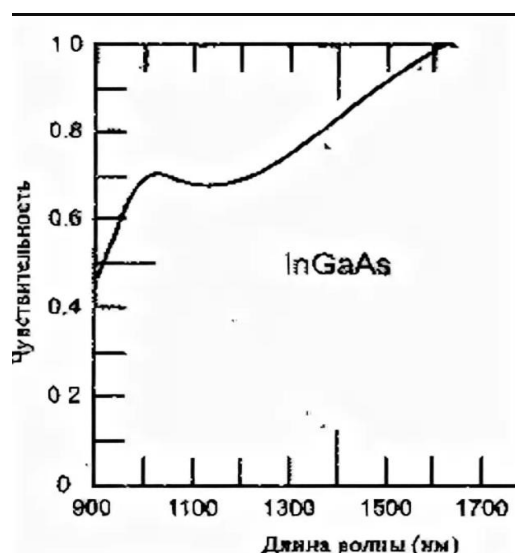


Рисунок 6. Спектральная чувствительность фотодетекторов на основе InGaAs [2]

Заключение

Смарт-очки Holoscan представляют собой инновационное устройство, которое сочетает в себе функции захвата изображений и инфракрасного излучения. Эти очки открывают новые возможности для пользователей в различных сферах, таких как медицина, безопасность и проектирование.

Преимущества:

Высокое качество изображения: Использование двух камер высокого разрешения и ИК-излучателя обеспечивает четкие и детализированные изображения даже в условиях низкой освещенности.

Индивидуальная настройка: Возможность подгонки линз под индивидуальные рецепты пользователей делает устройство доступным для людей с различными дефектами зрения.

Интеграция с приложениями: Смарт-очки могут интегрироваться с различными программами, включая CAD-системы, что позволяет визуализировать 3D-модели в реальном времени и взаимодействовать с ними, улучшая процессы проектирования и сотрудничества.

Комфорт и удобство: Легкие и прочные материалы, а также эргономичный дизайн обеспечивают комфортное ношение в течение длительного времени.

Недостатки:

Стоимость: Высокая цена на компоненты и технологии может ограничить доступность устройства для широкой аудитории.

Зависимость от технологий: Максимальный потенциал работы смарт-очков раскрывается при качественном программном обеспечении и алгоритме обработки изображений.

С учетом быстрого развития технологий в области оптики и электроники, смарт-очки Holoscan имеют значительный потенциал для дальнейшего улучшения. Внедрение новых материалов и технологий [7] может повысить эффективность линз и сенсоров. Интеграция с CAD-приложениями и другими профессиональными инструментами откроет новые горизонты для проектирования, позволяя пользователям визуализировать и взаимодействовать с проектами в реальном времени, что значительно ускорит процесс принятия решений [5].

Вывод

Смарт-очки Holoscan представляют собой значительный шаг вперед в области технологий захвата изображений, предлагая пользователям уникальные возможности для взаимодействия с окружающим миром и цифровыми данными. Несмотря на существующие недостатки, их преимущества и перспективы развития, включая интеграцию с CAD-системами и другими приложениями для редактирования, делают их привлекательным выбором для различных профессиональных и повседневных задач. В будущем можно ожидать появления еще более совершенных и доступных решений, которые изменят наше восприятие и взаимодействие с реальностью.

Научный руководитель - старший преподаватель А.Д. Губарев

Библиографический список

1. 11 лучших умных очков (смарт-очков) в 2024 году [Электронный ресурс] URL: <https://www.kp.ru/expert/elektronika/luchshie-umnye-ochki/?ysclid=m55ag70971957017730> (Дата обращения 10.11.2024)

2. Сэндвич-структура InGaAs/GaAs с квантовыми точками для инфракрасных фотоприемников [Электронный ресурс] URL: <https://journals.ioffe.ru/articles/viewPDF/6491> (Дата обращения 10.11.2024)
3. Пост слоев InGaAs методом MOCVD с контролем концентрации паров [Электронный ресурс] URL: https://static.horiba.com/fileadmin/Horiba/Company/News_and_Events/News/Technical_Reports/e-Readout_English_31.3.2022InGaAs-layers_growth_MOCVD (Дата обращения 24.11.2024)
4. Ослабление излучения в атмосфере [Электронный ресурс] URL: <http://www.informaticspoint.ru/forpois-1293-2.html> (Дата обращения 24.11.2024)
5. Quest 3 смогут гораздо лучше сканировать окружение и понимать объекты [Электронный ресурс] URL: <https://dzen.ru/a/Z12UuzkjsxbWXf8a> (Дата обращения 27.11.2024)
6. Лазерный дальномер [Электронный ресурс] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Laser_rangefinder (Дата обращения 30.11.2024)
7. Глубокое погружение в тему Смарт-очков с искусственным интеллектом и Rokid в главной роли [Электронный ресурс] URL: <https://rokid-glasses.ru/glubokoe-pogruzhenie-v-temu-smart-ochkov-s-iskusstvennym-intellektom-i-rokid-v-glavnoj-rol-i/> (Дата обращения 30.11.2024)
8. Виды лазерного сканирования [Электронный ресурс] URL: <https://geo-moon.ru/blog/vidyi-lazernogo-skanirovaniya> (Дата обращения 05.12.2024)
9. Технология изготовления поляризационных линз [Электронный ресурс] URL: <https://cosmioptica.ru/stati/polyarizaczionnyie-ochki.html> (Дата обращения 05.12.2024)
10. Интерференция в тонких пленках [Электронный ресурс] URL: <https://physics.spbstu.ru/userfiles/files/opt2-3.pdf>

УДК 338.24

РИСКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ОПЕРАТОРОВ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ

А.А. Русина, Е.А. Мажайцев

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Кратный рост рынка и направлений применения беспилотных авиационных систем (БАС) объективно подтолкнули массовую разработку различных программных компонент, баз данных, подключаемых функций и процедур для оперативного синтеза средств информационного обеспечения (ИО) соответствующих мероприятий подготовки операторов [1]. Репозитории программных кодов, элементов баз данных должны формироваться с учетом возможных рисков внедрения контента в информационное обеспечение.

Результаты анализа проводимых в настоящее время научно-исследовательских работ, публикуемых результатов интеллектуальной деятельности специализированных лабораторий, внедренческих центров - разработчиков в части создания и накопления различных компонент повторного использования программного кода, позволили выявить основные критериальные показатели для системного упорядочивания всей совокупности указанных компонент по:

- видам представления и демонстрации контента об осваиваемой предметной области, т.е. по видам представляемого контента;
- типам программных и программно-информационных решений, технологий исполнения и интеграции в более сложные программные системы, т.е. по программным технологиям реализации;
- тематическим направлениям подготовки, освоения соответствующих предметных областей устройства, применения и эксплуатации БАС, т.е. по предметным областям [3].

Применяя соответствующий математический аппарат к каждому из обозначенных показателей, установление отношений частичного порядка Q есть задание бинарных отношений, обладающих свойствами:

- Рефлексивности:

$$\forall x \in X: xQx; \quad (1)$$

- Антисимметричности:

$$\forall x_1, x_2 \in X: \text{если } x_1Qx_2 \text{ и } x_2Qx_1, \text{ то } x_1=x_2; \quad (2)$$

-Транзитивности:

$$\forall x_1, x_2, x_3 \in X: \text{если } x_1Qx_2 \text{ и } x_2Qx_3, \text{ то } x_1Qx_3; \quad (3)$$

Учет факта невозможности логического пересечения подмножеств множества рассматриваемых логических компонент позволяет говорить о задании строгих отношений частичного порядка [4], т.е. бинарных отношений, для которых не выполняется свойство рефлексивности (1), но выполняются свойства антисимметричности (2) и транзитивности (3).

Кроме того, для дифференциации типов программных и программно-информационных решений, технологий исполнения и интеграции в более сложные программные системы, т.е. по программным технологиям реализации необходимо осуществлять градуирование. В частности, одним из факторов

установления градаций может выступать вид представляемого контента и нормативная оценка трудоемкости.

Именно существенные возможности программных и программно-информационных решений, технологий исполнения средств ИО подготовки операторов БАС определяют качество и оперативность проектов по созданию последних (а, соответственно, и их стоимость и практическую эффективность при подготовке операторов) [5, 6].

Очевидно, что реализовывать такие комплексы моделирования значительно проще и быстрее с использованием уже отлаженных, верифицированных и валидированных компонент программного кода, ранее применявшихся в аналогичных комплексах [4].

На базе специальных программных платформ для визуального программирования разработчик фактически «составляет, строит из готовых компонент» архитектуру создаваемого приложения, при этом он использует графические схемы для фиксации того, что будет происходить с данными на каждом шаге функционирования; далее программная платформа преобразует «сформированный графический образ» в готовый проект. Возможности визуального программирования определяются функционалом соответствующих программных платформ и не являются универсальными [8].

Отечественными примерами специальных программных платформ для визуального программирования средств ИО подготовки различных категорий специалистов могут служить программные продукты «Медиатор» – разработчик НИИ «Центрпрограммсистем» (г. Тверь); «Сиамика» (рис. 1) – разработчик ЗАО «Си Проект» (г. Санкт-Петербург) и другие [9, 10]. Эти продукты позволяют создавать интерактивные документы, схемы, иллюстрации, публиковать их в различном виде. При этом реализуются принципы создания и сопровождения модульной структуры документа, заданном требованиями международного стандарта S1000D и российских стандартов (ГОСТ Р 54088; 2.051, 2.601, 2.602, 2.611 (ЕСКД)).

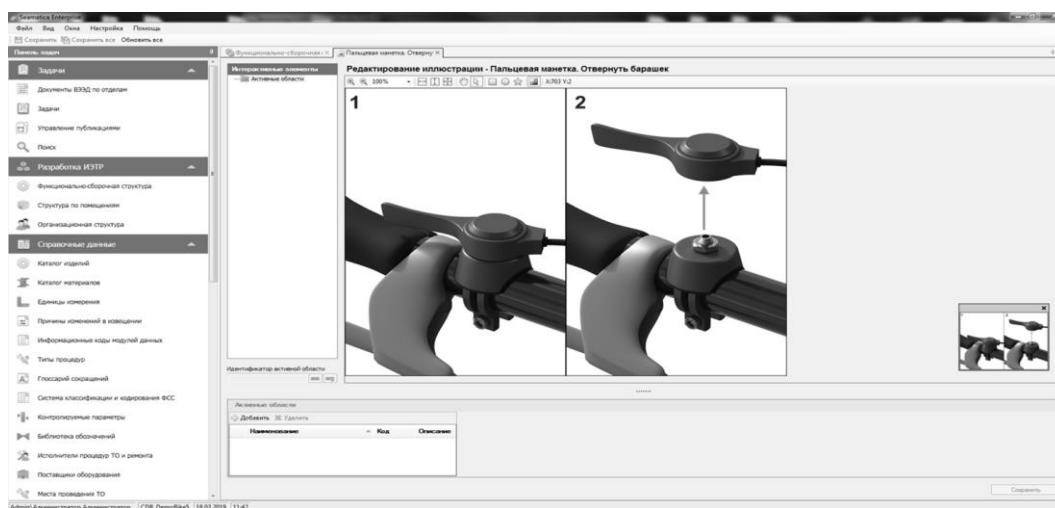


Рис. 1. Интерактивное электронное техническое руководство Сиамика

Кроме того, при проектировании баз данных, репозиториев, программных компонент необходимо учитывать риски защиты информации. В состав систем защиты данных должны входить программно-аппаратные и организационные средства защиты. Использование заимствованных программно-информационных компонентов, информационных массивов – это один из путей проникновения уязвимостей в программную платформу. Специалисты по информационной безопасности отмечают, что полностью риски исключить невозможно, но необходимо выстраивать, разрабатывать модели угроз, включающие в себя технические компоненты, программные средства защиты, организационные мероприятия. Несоблюдение мер безопасности при хранении и использовании электронного контента может привести к утечке конфиденциальной информации, в том числе данных о технических характеристиках БАС и алгоритмах управления, а несанкционированный доступ к электронному контенту может привести к его модификации или уничтожению, что может нарушить процесс обучения.

Необходимо отметить, что все множество компонент повторно применяемого кода, которые разрабатываются (в т.ч. отлаживаются и верифицируются) в интересах создания средств ИО подготовки операторов БАС и могут выступить мощным средством локализации и практического снижения рисков интеграции электронного контента в состав указанных средств, не упорядочено и развивается не системно.

Выводы

Упорядочивание, т.е. введение в рамках имеемых и создаваемых баз визуальных программных компонент отношения порядка, согласно (1) – (3), позволит добиться поступательной систематизации указанных компонент по принципу: «от простого к сложному», что даст возможность значительно упростить и интенсифицировать применение компонент для локализации рисков интеграции электронного контента в информационное обеспечение систем подготовки операторов БАС.

Научный руководитель – д.т.н., проф. Е.Г. Семенова

Библиографический список

1. Коротков В.В., Глинский Н.А., Кирсанов В.Н. и др. Съёмки с использованием беспилотных летательных аппаратов - новый этап развития отечественной аэрогеофизики. Российский геофизический журнал. 2021, № 53-54, С. 122-125.
2. Костюк А.С. Расчет параметров и оценка качества аэрофотосъемки с БПЛА. Западно-Сибирский филиал «Госземкадастрсъемка» – ВИСХАГИ, Омск, 2010, 6 с.
3. Лукьянов О.Е., Золотов Д.В. Методологическое обеспечение подготовки проектантов и операторов беспилотных летательных аппаратов. – Самара, Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение, Т.20, №2, 2022. – С. 14-29.
4. Бычков С.Г., Симонов А.А. Эволюция программно-алгоритмического обеспечения обработки и интерпретации гравиметрических материалов // Горное эхо. Вестник Горного института. №2(28). Пермь, 2007. С. 38-42.
5. Асламов Ю.В., Бабаянц П.С., Глинский Н.А., Зубов Е.И., Мельников П.В., Методические рекомендации по проведению комплексных аэрогеофизических съёмок // Картографическая фабрика ФГБУ ВСЕГЕИ, СПб. 2021. 42 с.
6. Г.Буч Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на C++: Издание третье. – М., Издательство BHV, 2008г. – 628 с., ил.
7. Goodfellow I., Bengia Y., Courville A. Deep Learning. London; Cambridge: MIT Press, 2016. 787 p.
8. Козлов В.Д. Визуально-блочное программирование, как основа изучения языков программирования, Изд. Института РОПКиП. 2024. С. 2.
9. Фомкина Е.С. Кукарцев В.В. Виртуальный язык программирования GOOGLE BLOCKLY. Актуальные проблемы авиации и космонавтики, 2013, № 9, 439 с.
10. Seamatica. Программный комплекс для разработки ИЭТР и другой интерактивной электронной документации. <https://seamatica.seaproject.ru/>
11. Boureau Y.-L., Ponce J.y LeCun Y. A Theoretical Analysis of Feature Pooling in Visual Recognition/ / Proc. 27th ICML, Omnipress, 2010. - pp. 111-118

УДК 681.518

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

Е.А. Мажайцев, А.И. Чаусовский

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

В настоящее время в глубоком обучении все большую популярность приобретают большие языковые модели. Их основной, для применения в области ИУС, отличительной чертой является использование архитектуры «Трансформер», которая была предложена в статье [1]. Она использует механизм внимания вместо рекуррентности, позволяющий распараллеливать вычисления при нахождении зависимостей между входными и выходными последовательностями. Важность описанной черты обусловлена возможностью обработки контекста как в контекстно-свободных, так и в контекстно-зависимых языках в нотации Хомского [2], к которым можно отнести языки программирования и человеческие языки соответственно. Вышеописанное дает возможность связать между собой контексты человеческого языка и языка программирования при наличии модели, обученной в том числе на программном интерфейсе целевой среды использования. Создание такой связи позволит сократить множество рутинных задач оператора ЭВМ, поскольку агент, использующий большую языковую модель сможет не только, поддерживая общение с оператором на человеческом языке, генерировать новые функциональные участки текста программы, но и использовать классическую модель самообучения, запрашивая на человеческом языке массив возможных действий, применимых к имеющемуся набору сущностей. Дальнейшая статья будет посвящена рассмотрению существующих на данный момент подобных способов использования.

Описанный способ использования можно свести к задаче генерации программного кода на основе задачи и контекста, запрашиваемого агентом у среды при помощи программного интерфейса или иным путем. Данный способ может быть описан таким образом поскольку в случае самообучения агент будет порождать задачи самостоятельно посредством запроса к языковой модели, а в случае работы под управлением оператора, запросы будут поступать от него.

В результате патентного поиска удалось выявить некоторые подходы к автоматической генерации кода на основе контекста, доказывающие возможность использования описанного подхода в области ИУС.

Так, в патенте [3], который посвящен генерации программного кода для хранилища данных используется следующий подход: агент получает настройки для трансформации данных, на его основе формирует шаблон обновления данных, после чего заполняет его, генерируя программный код. Далее следует этап запуска сгенерированного функционального участка в среде хранилища данных для выполнения требуемых загрузок, в случае возникновения критических ошибок, выполняется заранее заданный алгоритм восстановления после ошибки, скорее всего выполняющий в том числе команды из undo-стека (данный момент не описан в патенте). Описанный процесс представлен на рис. 1.



Рис. 1. Процесс генерирования программного кода на основе шаблонов с запуском в изолированной среде

Несмотря на то, что такое применение доказывает возможность использования больших языковых моделей для автоматизации конечного множества процессов, использование шаблонов существенно снижает охватываемую область, но повышает стабильность работы и результативность, поскольку задание шаблонов в терминах машинного обучения является разметкой данных.

Авторы патента [4] описывают другой подход, также подходящий по принципу под предложенный метод. Их агент использует уже не метаданные настроек, которые превращаются в шаблон, а описание задачи на естественном языке в качестве входных данных, затем, посредством обращения к языковой модели происходит генерация не только текста программы по описанию, но и данных для unit-тестирования программы. После чего, на тестовом стенде выполняется программа на вход которой подаются данные из тестовых сгенерированных наборов, результат работы программы сравнивается с проверочными тестовыми наборами. В случае соответствия, тест считается пройденным и текст программы добавляется к основному сценарию в среде исполнения. В случае не прохождения тестов – производится регенерация текста программы при помощи языковой модели. Такой подход, в отличие от первого снижает стабильность работы программы, кроме того, мера неопределенности возрастает, поскольку ошибка может быть в тестовых значениях. Однако описанные меры увеличивают область применения, поскольку не содержат частичного задействования учителя для разметки данных. Стоит отметить, что ограничения среды использования не снимаются полностью, поскольку, для любой задачи должна быть теоретическая возможность сгенерировать параметризованные данные, что может быть невозможно при использовании графического интерфейса. Описанный алгоритм представлен на рис. 2.

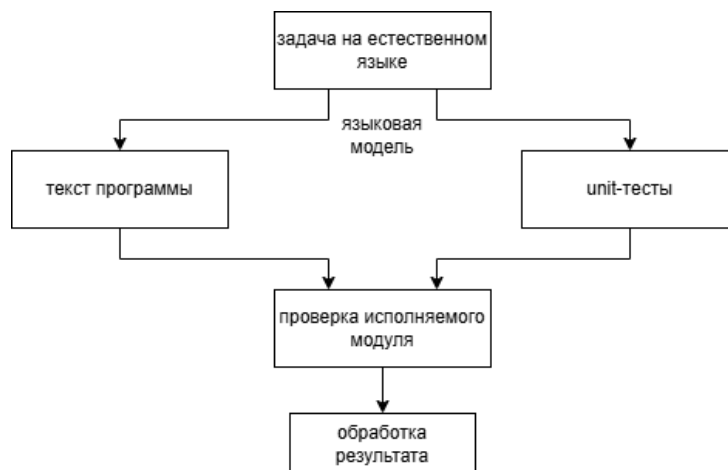


Рис. 2. Процесс генерирования программного кода с использованием генерируемых unit-тестов

Ключевым недостатком предложенных решений является отсутствие учета контекстного состояния среды, в связи с этим был рассмотрен альтернативный алгоритм, отличительной особенностью которого является помещения агента в игровую среду, где все состояния размечаются разработчиками заранее. Такое решение позволяет не использовать ранее описанные средства нахождения ошибок. Проверка результата осуществляется посредством подкрепления с помощью запроса к программному интерфейсу игровой среды. Общую схему реализации можно описать следующим образом: агент использует данные о текущем состоянии процесса для формирования достижимой задачи, посредством запроса к языковой модели. Если задача признается недостижимой – происходит повторный запрос для генерации предыдущей задачи на

пути к достижению цели. Если же задача признается достижимой в данном контексте, происходит поиск необходимого для ее решения функционального фрагмента в имеющейся базе по схожему описанию. Если такой фрагмент не находится - выполняется запрос к языковой модели для генерации текста программы, который сразу модифицирует исполняемый скрипт для проверки результата. Описанный алгоритм приведен на рис. 3. Данный подход представляет интерес для дальнейшей прототипирования, поскольку данные размечены самой средой, однако в большинстве сред программный интерфейс не позволяет получить доступ ко всем возможным значениям, требующим проверки функциональной работоспособности сгенерированного текста программы.

Таким образом, можно сказать, что несмотря на большое количество возможностей использования языковых моделей в области ИУС для автоматизации работы оператора, а также на видимое значение их потенциала, основной вопрос нахождения алгоритма, для любой среды без вовлечения учителя в явном виде с достижением требуемого уровня стабильности, остается не решенным.



Рис. 3. Процесс генерирования программного кода с использованием контекста состояния среды

Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.А. Скорнякова

Библиографический список

1. Vaswan A. Attention Is All You Need [Электронный ресурс] arXiv; URL <http://arxiv.org/abs/1706.03762> (дата обращения: 27.02.2025).
2. Chomsky N. Syntactic structures. – New York: Mouton de Gruyter, 2002. – 117 с.
3. RU2017000981, 2017.
4. US 2024/0232053 A1, 2024.

УДК 519.852.33

МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ТЕЛЕМЕТРИИ

А.О. Кормиш, Б.Ю. Кучерук

Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского

Для поддержания заданного уровня эффективности выполнения целевых задач, решаемых орбитальной группировкой, необходимо либо расширять технические возможности НАКУ, что труднодостижимо в настоящих условиях, либо применять новые технологии информационного взаимодействия элементов и подсистем НАКУ.

Существуют различные информационные технологии организации распределенных вычислений, используя которые можно учесть основные особенности функционирования системы информационно-телеметрического обеспечения (СИТО) и построить адекватные вычислительные модели, однако их выходные результаты либо быстро получаемы, но малоэффективны, либо эффективны, но не удовлетворяют требованиям по оперативности.

В связи с этим необходим новый подход к распределенной обработке массивов ТМИ, который будет корректным, не требующим значительных вычислительных ресурсов и не предъявляющим жестких и практически недостижимых требований к результативности и оперативности выполнения операций информационного взаимодействия.

Для реализации такого подхода необходимо разработать соответствующее модельно-алгоритмическое обеспечение, позволяющее организовать достаточно эффективную распределенную обработку массивов ТМИ при соблюдении требований к оперативности, что и обуславливает актуальность исследований,

направленных на повышение пропускной способности АСУ космическими аппаратами с учетом наращивания орбитальной группировки.

Система информационно-телеметрического обеспечения управления КА входит в состав наземного комплекса управления, решающего задачи управления и испытаний КА и разгонных блоков как на этапе их летно-конструкторских испытаний, так и на этапе штатной эксплуатации [1].

Формирование телеметрии для дальнейшего анализа должно производиться посредством комплексирования информационных потоков типа $\rho \in P = \{1, 2, \dots, p\}$. Указанное множество потоков формируется исходя из требований к информации на основе текущего состава БА КА, определение динамики структуры СИТО, динамики самих измерений и др.

Анализ показывает, что изменение структуры ИВ, вызванное баллистикой КА, не может проходить непрерывно, т.е. структура ИВ является постоянной на некоторых временных интервалах. Поэтому в дальнейшем будем предполагать, что заданный интервал времени $T = (t_0, t_f]$, на котором проводится управление ИВ, можно разбить на некоторое число L подынтервалов $T = \{(t_0, t_1], (t_1, t_2], \dots, (t_{k-1}, t_k], \dots, (t_{L-1}, t_L = t_f]\}$ постоянства структуры ИВ. В каждом подынтервале $T_k = (t_{k-1}, t_k]$ структура ИВ находится в неизменном состоянии S_{v_k} . Под состоянием структуры ИВ будем понимать некоторую совокупность характеристик, отражающих с определенной точки зрения в каждый рассматриваемый момент времени наиболее существенные стороны ИВ. Набором структурных состояний ИВ СИТО в целом $Sc_\chi = \{S_k, k = 1, \dots, L\}$, смену которых СИТО осуществляет на промежутке времени $T = (t_0, t_f]$, будем называть сценарием Sc_χ .

Содержание и специфика выполняемых операций информационного взаимодействия (обработки, хранения, приема-передачи информационных потоков) находят своё отражение в задании соответствующих параметров, характеризующих результаты выполнения операций (объём, качество, время выполнения операции и т.п.), расход ресурсов при выполнении операций, новые информационные потоки, возникающие в ходе выполнения операций.

Таким образом, СИТО в обобщенном виде будем рассматривать как множество функциональных элементов (ФЭ) $A = \{A_i, i = 1, 2, \dots, n\}$, взаимодействующих посредством некоторой инфраструктуры [2,3,4] и представляющие собой искусственно созданные материальные объекты, осуществляющие информационное взаимодействие с другими разнотипными ФЭ, в ходе которого образуются соответствующие разнородные информационные потоки. Каждый из образованных потоков характеризуется текущим и требуемым объёмом (уровнем), интенсивностью передачи (приёма), скоростью изменения уровня потока и другими параметрами.

Будем предполагать, что каждый ФЭ оборудован унифицированной многофункциональной аппаратурой, предназначенной для хранения, передачи и обработки потоков, известны технические характеристики указанной аппаратуры. Для описания процессов ИВ СИТО воспользуемся диаграммами обобщенных состояний и диаграммами переходов из обобщенных состояний ФЭ при выполнении операций ИВ. Так на рисунке 1 изображён фрагмент диаграммы переходов из обобщённых состояний A_μ и приняты следующие условные обозначения: 1 – приём необработанного потока ФЭ A_μ от ФЭ $A_v \in A_0$; 2 – приём необработанного потока БКУ A_μ от ФЭ $A_v \in A_p$; 3 – приём обработанного потока ФЭ A_μ от ФЭ $A_v \in A_p$; 4 – хранение поступившего на ФЭ A_μ потока; 5 – обработка потока, поступившего на ФЭ A_μ ; 6 – передача необработанного потока с ФЭ A_μ на ФЭ $A_v \in A_p$; 7 – передача обработанного потока с ФЭ A_μ на ФЭ $A_v \in A_p$; 8 – передача обработанного потока с ФЭ A_μ на ФЭ A_n .

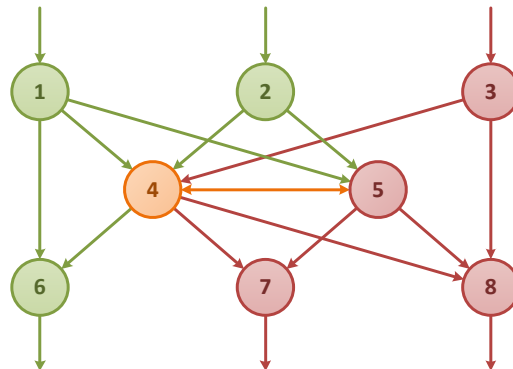


Рис. 1. Фрагмент диаграммы переходов из обобщённых состояний ФЭ при выполнении операций ИВ

Приведенную диаграмму можно представить в более интегрированном виде (Рисунок 2).

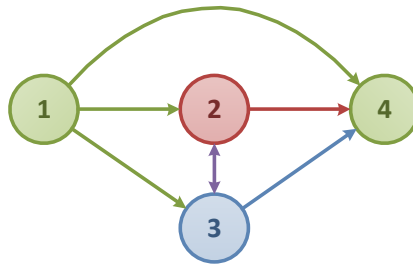


Рис. 2. Интегрированная диаграмма переходов из обобщённых состояний БКУ КА при выполнении операций ИВ

Здесь приняты следующие условные обозначения: 1 – операция приема функциональным элементом A_{μ} информационного потока; 2 – операция обработки на функциональном элементе A_{μ} информационного потока; 3 – операция хранения потока на функциональном элементе A_{μ} ; 4 – операция передачи потока с элемента A_{μ} . Причем, обработка информации наблюдения предполагает не только применение алгоритмов сжатия без потери и/или с потерей качества, но и комплексирование информации, например, при выборе наилучшего источника ТМИ при параллельном приеме информации. Следует отметить исключительную значимость учета информационных потоков при планировании ИВ ввиду того, что именно информационный поток в результате и должен быть доставлен до потребителя космической информации для его последующей автоматической или автоматизированной обработки и анализа. Поэтому объемы информационных потоков, которые удастся доставить до потребителя, главным образом определяют эффективность функционирования системы ИВ СИТО.

На основании результатов проведенного системного анализа суть решаемой задачи планирования ИВ СИТО на содержательном уровне сводится к следующему: необходимо найти такой план (планы) операций обработки, приема-передачи и хранения разнородных потоков ТМИ на динамически изменяющейся структуре СИТО с временными участками постоянства ее структуры, для которых были бы выполнены все основные пространственно-временные, технические, технологические и ресурсные ограничения, а выбранный выше показатель качества планирования принимал бы экстремальное значение.

Для разработки диаграммы операций распределенной обработки была использована исходная схема, представленная на рисунке 1. На её основе был сформирован алгоритм, необходимый для решения задач данного исследования. При создании алгоритма построения диаграммы операций важно учитывать все потенциальные изменения потоков технической и информационной модели (ТМИ) в процессе выполнения операций в системе информационно-технического обеспечения (СИТО).

Концепция алгоритма заключается в итеративном анализе пар операций из потокового плана информационной войны (ИВ), которые могут быть связаны последовательным выполнением. Структура предложенного метода иллюстрируется на диаграмме, представленной на рисунке 3.

Рис. 4. Граф диаграммы операций распределенной обработки информации в СИТО

Работа с таким графом позволяет оператору-специалисту выявлять больше семантических связей по сравнению с анализом плана в виде структурированного текста XML. Тем не менее, для формирования диаграммы BPMN нецелесообразно использовать прямую выгрузку данных из графа, так как стандартные методы неэффективны при анализе параллельных процессов. Имитация BPMN требует точного и последовательного следования операциям.

Чтобы преобразовать граф в необходимый формат (для выполнения операций как параллельно, так и последовательно), было проведено выделение цепочек операций обработки информации в распределенной системе с применением стандартного обхода графа в ширину (см. рисунок 5).

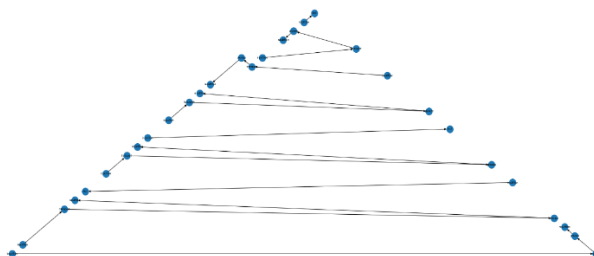


Рис. 5. Диаграмма операций распределенной обработки информации в СИТО

Созданный граф включает в себя последовательные цепочки операций передачи и обработки информации ТМИ. На основе этого графа была построена диаграмма BPMN, представленная на рисунке 6. Оператору вышеуказанный план должен быть понятным. Для этого его необходимо визуализировать и представить в удобном виде.

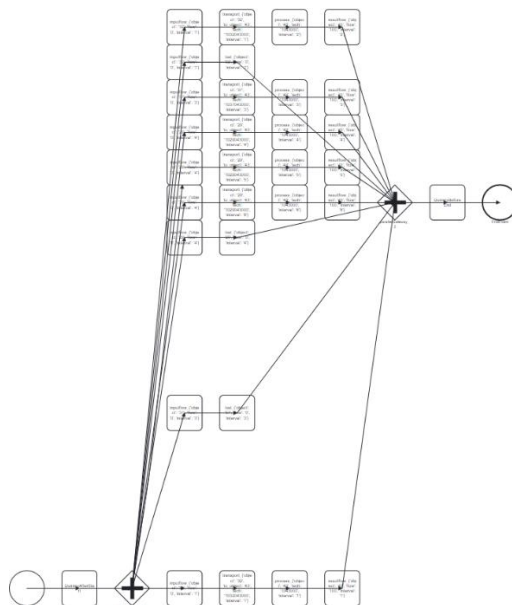


Рис. 6. Полученный граф диаграммы операций организация информационной обработки в распределенных системах информационных технологий

Модель обладает научной новизной, заключающейся в новом подходе к распределенной обработке массивов ТМИ, заключающемся в комплексном учете особенностей алгоритмов обработки, взаимосвязей между операциями с различными приоритетами, выполняемыми узлами вычислительной сети, используемыми ресурсами и временными ограничениями в условиях структурной динамики и предельных информационно-технических возможностей СИТО.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Е.В. Копкин

Библиографический список

6. Методы обработки и анализа телеметрической информации при управлении космическими средствами / В.В. Казаков, А.Н. Кравцов, Е.Б. Самойлов // – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2011. – 152 с.
7. Кольшонкова О. В., Заходякин Г. В. Планирование цепи поставок предприятия нефтегазохимического комплекса с использованием системы Oracle Strategic Network Optimization (на примере производства полипропилена) // Успехи в химии и химической технологии. 2011. Т. 25. № 13 (129). С. 33-38

8. Павлов Д. А. Обоснование архитектуры информационного взаимодействия системы обработки данных ДЗЗ / Д. А. Павлов, А. Н. Павлов, В. М. Сафонов // Информатизация и связь. № 5. 2020. С. 141-150
9. Соколов Б. В. Квалиметрия моделей и полимодельных комплексов / С. В. Микони, Б. В. Соколов, Р. М. Юсупов // М.: РАН, 2018. – 314 с.
10. Павлов Д. А. Функциональная реконфигурация чувствительных элементов системы управления движением космического аппарата / Д. А. Павлов, А. Н. Павлов, А. Ю. Кулаков // Труды СПИИРАН. Вып. № 5 (28). 2013. С. 169-181
11. Павлов Д. А. Исследование структурно-функциональной живучести малых космических аппаратов / Д. А. Павлов, А. Н. Павлов, В. Н. Воротягин, А.Б. Умаров, А. Ю. Кулаков // Региональная информатика и информационная безопасность. Сборник трудов. Вып. 8. - СПб. 2020. С. 43-50