



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА**



ЦЕНТР ДОВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ



«ШАГ В БУДУЩЕЕ»



«ШАГ В БУДУЩЕЕ. РОССИЯ»



«ШАГ В БУДУЩЕЕ. КОСМОНАВТИКА»

**XXIV НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ СОРЕВНОВАНИЕ
МОЛОДЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ
«ШАГ В БУДУЩЕЕ»**

СБОРНИК ЛУЧШИХ РАБОТ

ДОРОГИЕ ДРУЗЬЯ!

Вы держите в руках сборник, в который вошли лучшие статьи участников Научно - образовательного соревнования молодых исследователей «Шаг в будущее», проходившего с 15 по 19 марта 2021 года в МГТУ им. Н.Э. Баумана. Статьи подготовлены школьниками в рамках конкурса проектных работ и публикуются в авторской редакции.

Основной задачей научно-образовательного соревнования «Шаг в будущее» является выявление и вовлечение в научно-исследовательскую работу, в сферу инженерного творчества учащихся образовательных учреждений, организация сотрудничества исследователей и ученых разных поколений, создание специальных условий в стенах МГТУ им. Н.Э. Баумана для воспитания профессионально-ориентированной, склонной к научной работе молодежи, осуществление комплексного подхода к оценке интеллектуального и творческого потенциала будущего студента. «Шаг в будущее, Москва» является уникальным методом профессиональной подготовки, которая осуществляется круглогодично в научно-исследовательских лабораториях школьников, созданных на базе кафедр Университета и ведущих предприятий Москвы, и индивидуально с преподавателями МГТУ им. Н.Э. Баумана, которые выступают в качестве научных руководителей в течение одного, двух и более лет.

Результатом такой подготовки становится научно-исследовательская работа, оформленная в соответствии с требованиями, соизмеримыми с требованиями на курсовые работы и отчеты по НИР, и представляемая для публичной защиты на научных секциях конференции, которые проводятся на кафедрах МГТУ им. Н.Э. Баумана при участии ведущих преподавателей, ученых и специалистов. Научными направлениями конференции являются: Машиностроительные технологии; Информатика и системы управления; Радио-опто-электроника; Биомедицинская техника; Специальное машиностроение, Энергетика и экология, Автоматизация, робототехника и механика; Инженерный бизнес и менеджмент; Фундаментальные науки; Образовательно-реабилитационные технологии.

В рамках ежегодного научно-образовательного соревнования проводится: Выставка - конкурс программных разработок, которая за многие годы своего существования стала традиционным смотром достижений школьников, увлеченных захватывающим процессом создания компьютерных программ, и доказала свою состоятельность оригинальностью и новизной программных продуктов, участвовавших в Выставке и использовавшихся в дальнейшем в научных работах, учебном процессе, коммерческой реализации. Также проводились региональные и окружные научные конференции, экскурсии на ведущие предприятия Москвы и в музей МГТУ им. Н.Э. Баумана, научно-методические совещания и семинары для профессиональных работников, другие интеллектуальные и творческие мероприятия.

Благодаря научно-образовательной и профессионально-ориентированной подготовке на базе научно-исследовательской работы молодежи в стенах МГТУ им. Н.Э. Баумана, наша страна получает целеустремленных и энергичных молодых специалистов, способных создавать высокие технологии, новую технику, проводить фундаментальные научные разработки.

Научно-образовательное соревнование «Шаг в будущее, Москва» носит не только научный, образовательный и социальный характер, но представляет собой соревнование, на котором выбираются победители в различных номинациях. Всем участникам вручаются свидетельства участника научно-образовательного соревнования. Победители на торжественном закрытии награждаются дипломами и ценными подарками от МГТУ им. Н.Э. Баумана, промышленных предприятий и спонсоров.

В МГТУ им. Н.Э. Баумана в рамках работы Центра довузовской подготовки проводятся следующие мероприятия:

➤ Олимпиады для школьников 8-11 классов, такие как Олимпиада школьников «Шаг в будущее», олимпиада школьников по черчению и компьютерному моделированию, олимпиада по программированию для школьников «ТехноКубок» совместно с Компанией Mail.Ru Group и МФТИ, отраслевая олимпиада школьников «Газпром» совместно с ПАО

➤ «Газпром» и другими техническими университетами России;

➤ Экскурсии на предприятия ОПК проводятся совместно с организациями, сотрудничающими с Университетом по целевой подготовке кадров, на ведущие в своей области предприятий страны, с целью раскрытия связи профильного образования с овладением знаний для получения конкретной профессии и будущей трудовой деятельности. Создание системы взаимодействия между школами и предприятиями через учебные заведения высшего профессионального образования состоит в том, чтобы сформировать у молодежи полное представление об их профессиональном будущем, включая выбор будущей специальности, области деятельности, места работы и учебного заведения для получения соответствующего образования. Учащимся предоставляется возможность посетить музеи предприятий, увидеть производственные помещения, побывать на опытных площадках, а также задать все интересующие вопросы, касающиеся деятельности предприятия, условий работы, особенностей поступления и обучения по целевому набору и многое другое;

➤ Технический лабораторный практикум – школьным инженерным классам организуется в системе университетского образования для учеников 8-11-х классов с целью интеграции методики и технического оборудования университета в учебный процесс общеобразовательных учреждений; расширения и закрепления у обучающихся базовых знаний школьного курса физики, информатики и математики, получения навыков их использования на практике; приобретения опыта в обращении с техническим оборудованием и навыков проведения экспериментов, а также популяризации научно-технических знаний. Цикл лабораторных работ выполняется на действующих современных образцах техники и технологических машин 16-ти экспериментальных лабораторий и 5-ти Научно-образовательных центров: Центр управления полетами малых космических аппаратов; Молодежный космический центр; лабораторный комплекс Дома Физики; НУЦ «Робототехника», НИЦ «Биомедицинская техника». Лабораторные работы сгруппированы по 5-ти разделам физики (Физика твердого тела, Термодинамика и Молекулярно-кинетическая теория, Электродинамика, Оптика, Механика), информатике и математике.

➤ Летняя практика: Организация и проведение летней научно-образовательной практики для обучающихся 8-10 классов общеобразовательных организаций города Москвы с инженерными классами на базе научно-образовательных центров, Военного института, лабораторий и кафедр следующих факультетов: Машиностроительные технологии, Специальное машиностроение, Энергомашиностроение, Робототехника и комплексная автоматизация, Фундаментальные науки, Радиоэлектроника и лазерная техника, Информатика и системы управления, Биомедицинская техника, Инженерный бизнес и менеджмент МГТУ им. Н.Э. Баумана. Каждому школьнику предоставляется возможность прохождения практики по индивидуальной образовательной траектории, которую он выбирает из вышеназванных подразделений Университета в соответствии с собственными предпочтениями.

➤ «Ресурсный центр политехнического образования» начал свою работу в 2018-2019 учебном году для учащихся 8-11 классов общеобразовательных организаций города Москвы с инженерными классами, в рамках которого проходят политехнические кружки по четырем научным направлениям: Занимательная электроника; Колесные машины; Инструментальная техника и технологии; Занимательная робототехника. На основании полученных знаний учащиеся могут выполнять самостоятельную проектную работу и представлять результаты своей деятельности на научных конференциях вузовского и городского уровня с участием ведущих специалистов в области техники и технологий.

➤ Проект «Университетские субботы» проводится для вовлеченности в технические специальности более широкого круга школьников 8-11 классов и учащихся колледжей, техникумов, используя потенциал системы высшего профессионального образования. Обеспечивается управляемый доступ школьников к научно-техническим ресурсам университета и работе профессиональных научных коллективов. Интеграция основного и дополнительного образования создает благоприятные условия для взаимодействия педагогов разных специальностей, формирования у подростков и старшеклассников целостной картины мира, комплексного педагогического влияния на личность школьника. В проекте проводятся следующие мероприятия: лекции, практические занятия, творческие занятия, мастер-классы по следующим направлениям: техника и технологии, экономика и управление, физико-математические науки, общественные и гуманитарные науки.

Такая система непрерывных профессиональных образовательных технологий «школа-вуз-предприятие» направлена на решение проблем, стоящих перед сегодняшней системой образования:

- устойчивая мотивация к приобретению профессиональных знаний в выбранной области, основанная на практической деятельности под руководством преподавателей вузов;
- ранняя активная и осознанная профессиональная ориентация;
- развитие сопровождающей научно-исследовательской и профессиональной подготовки в общеобразовательных учреждениях;
- разработка новых методик и новых обучающих технологий для развития современного образования.

Организаторы программы и составители данного сборника надеются, что такая форма работы заинтересует учителей и преподавателей учебных заведений Москвы и Московской области и поможет успешному развитию творческих возможностей довузовской молодежи в сфере научно-технической деятельности.

Оглавление

СЕКЦИЯ БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ	7
РАЗРАБОТКА ЭКЗОРУКИ	
Галоян Анна Арамовна	
СЕКЦИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ПРОЕКТОВ ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ	33
УСТРОЙСТВО ДЛЯ НЕЗРЯЧИХ И СЛАБОВИДЯЩИХ ASTRA	
Санников Артём Константинович	
СЕКЦИЯ ИНЖЕНЕРНЫЙ БИЗНЕС И МЕНЕДЖМЕНТ	41
ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ САМОМЕНЕДЖМЕНТА ПРИ ПОСТРОЕНИИ САМООБУЧАЮЩИХСЯ ОРГАНИЗАЦИЙ НА ПРИМЕРЕ ПАО «СБЕРБАНК»	
Малинина Ольга Викторовна	
СЕКЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ	65
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ «SMART GREENHOUSE» С ГОЛОСОВЫМ АССИСТЕНТОМ	
Воронин Александр Максимович	
СЕКЦИЯ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ.....	94
«УМНЫЙ ПЛАНИРОВЩИК»: ТЕЛЕГРАММ-БОТ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НАПОМИНАНИЙ ИЗ РАЗГОВОРНОЙ РЕЧИ ЧЕЛОВЕКА	
Оразов Алексей Витальевич	
СЕКЦИЯ ВЫСТАВКА-КОНКУРС ПРОГРАММНЫХ РАЗРАБОТОК.....	104
РАЗРАБОТКА С КОМПИЛЯТОРА ДЛЯ 16-ТИ РАЗРЯДНОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ МАШИНЫ	
Ширяев Михаил Алексеевич	
СЕКЦИЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....	120
ОБНАРУЖЕНИЕ ИНСАЙДЕРА В ОРГАНИЗАЦИИ	
Захарова Арина Ивановна	
СЕКЦИЯ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ	143
РАКЕТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ НЕУПРАВЛЯЕМОЙ РАКЕТЫ КЛАССА «ЗЕМЛЯ- ЗЕМЛЯ»	
Чернопятко Федор Антонович	
СЕКЦИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	157
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ МЕТАЛЛА НА ЕГО УДАРНУЮ ВЯЗКОСТЬ	
Новоселов Александр Сергеевич	
СЕКЦИЯ МАТЕМАТИКА И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И	173
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССАХ.....	173
«ЗОЛОТОЕ СЕЧЕНИЯ» В МУЗЫКЕ	
Власов Виталий Владимирович	
СЕКЦИЯ ФИЗИКА И ПОЗНАНИЕ МИРА	189
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ	

<u>Карпов Иван Александрович</u>	
СЕКЦИЯ МАТЕМАТИКА И КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ.....	207
<u>ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК ВОДОРОДА, ПОВЫШАЮЩИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА СГОРАНИЯ БЕНЗИНОВОГО ДВС</u>	
СЕКЦИЯ МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	232
<u>ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ КОНТАЙМЕНТА АЭС ПРИ УДАРЕ ДВИГАТЕЛЕЙ ПАДАЮЩЕГО САМОЛЕТА</u>	
<u>Острик Мария Афанасьевна</u>	
СЕКЦИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ	244
<u>«ПОВЫШЕНИЕ КПД ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ГИБРИДНОГО АВТОМОБИЛЯ ПУТЕМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИЗБЫТОЧНОЙ ТЕПЛОТЫ, ВЫДЕЛЯЕМОЙ ДВИГАТЕЛЕМ, В ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕЛЬТЬЕ» НА ПРИМЕРЕ ИЗГОТОВЛЕННОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ МОДЕЛИ</u>	
<u>Захаркина Анна Андреевна</u>	
СЕКЦИЯ ЭНЕРГОМАШИНОСТРОЕНИЕ	263
<u>АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ТВЕРДООКСИДНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА</u>	
<u>Клименко Михаил Вячеславович</u>	
СЕКЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ БУДУЩЕГО	297
<u>СИСТЕМА ТЕСТИРОВАНИЯ МИКРОКОМПРЕССОРОВ</u>	
<u>Брагин Константин Александрович</u>	
СЕКЦИЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ПРОИЗВОДСТВО КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	316
<u>АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ДОСТУПА К ДИСТАНЦИОННЫМ МЕРОПРИЯТИЯМ С ЗАЩИТОЙ ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ПРОСМОТРА</u>	
<u>ONLINE KEY TECHNOLOGY</u>	
<u>Сергеев Владислав Антонович</u>	
СЕКЦИЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА ВЫВЕДЕНИЯ КОНФЕРЕНЦИИ «КОСМОНАВТИКА».....	322
<u>КОМПОЗИТНЫЕ КОНСТРУКЦИИ БОЛЬШОГО ОБЪЕМА ДЛЯ КОСМИЧЕСКОГО ТУРИЗМА</u>	
<u>Самикова Анна Романовна</u>	

СЕКЦИЯ BIOTEХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

РАЗРАБОТКА ЭКЗОРУКИ

Галоян Анна Арамовна

ГБОУ Школа 2114, 11 класс

Научный руководитель:

Шувалов Кирилл Сергеевич

Учитель информатики ГБОУ Школа 2114

ВВЕДЕНИЕ

Вследствие различных причин человек в обществе может потерять контроль над какой-либо частью своего тела, что приводит к ограничению жизнедеятельности человека. Такие травмы могут появляться из-за инсульта, различных черепно-мозговых травм, повреждения нервов какой-либо части тела и других болезней или несчастных случаев. Особенно ощутимы травмы конечностей. Они мешают человеку жить полной жизнью и делают его инвалидом. Инвалиды не могут обслуживать себя самостоятельно и нуждаются в постороннем уходе. Роботизированная реабилитация набирает популярность в настоящее время. Одним из методов роботизированной реабилитации утративших свои функции конечностей является использование экзоскелетов. Экзоскелет — устройство, предназначенное для восполнения утраченных функций, увеличения силы мышц человека и расширения амплитуды движений за счёт внешнего каркаса и приводящих частей [2].

Экзоскелеты надеваются на нефункционирующую конечность и обеспечивают ее двигательную реабилитацию (двигательная реабилитация - восстановление двигательных функций конечности посредством выполнения физических упражнений) путем роботизированной механотерапии [3].

Точность циклических движений экзоскелета, а также возможность постоянных тренировок делают использование экзоскелетов в реабилитации преимущественной по сравнению с другими методами [3].

Разработка экзоскелетов началась в нескольких странах в середине прошлого века. Изначально исследователи ориентировались на создание активных экзоскелетов, оснащенных моторами и аккумуляторами. Одним из первых роботизированных экзоскелетов стала разработка компании General Electric (США) — Hardiman. Созданный в середине 1960-х годов экзоскелет охватывал всё тело. Он был предназначен для увеличения силы пользователя: позволял человеку поднимать и переносить тяжелые предметы [4].

Японская компания на выставке представила прототип экзоруки. Устройство позволяет без усилий поднимать тяжести. Роботизированная рука крепится липучками к плечу и запястью. В районе медиального кожного нерва предплечья крепятся сенсоры, которые улавливают сигналы, идущие к мышцам [5].

Проблема доступности экзоскелетов остается по-прежнему актуальной несмотря на то, что изучением проблем экзоскелета занимаются длительное время. Современные экзоскелеты стоят очень дорого вследствие дороговизны материалов, а также технологии изготовления, и не все нуждающиеся могут их себе обеспечить. Также при производстве экзоскелетов в большинстве случаев используются традиционные технологии, производство которых занимает немалое время.

Активное развитие аддитивных технологий и их непосредственное внедрение в сферу экзоскелетов сможет удешевить производство в силу использования более дешевых, но подходящих по свойствам и прочности, материалов в качестве основного материала, например, использование PLA-пластика. А также автоматизации производства путем создания деталей с помощью 3D-принтера. Также по сравнению с традиционными методами изготовления деталей, аддитивные технологии позволяют найти индивидуальный подход к каждому человеку быстрее и проще вследствие

возможности более быстрого способа редактирования моделей на компьютере еще до их изготовления.

Цель и задачи работы: разработка, конструирование и производство функциональной экзоруки с учетом наличия соответствующего оборудования, позволяющей восстановить функции моторики руки.

1. Механика

1.1 Изучение строения руки и кисти человека

1.2 Моделирование механизма экзоруки в САПре Autodesk Fusion 360

1.3 Проведение тестов напечатанного механизма, анализ недостатков, неточностей сборки, технологичности производства

1.4 Печать новой, окончательной модели, подготовка технической документации, расчет производственного цикла изделия

2. Электроника

2.1 Программирование серводвигателя на нужный закон движения, обеспечивающий необходимую подвижность экзоруке

2.2 Испытать различные алгоритмы движения

3. Система управления

Совмещение распечатанного прототипа с запрограммированными серводвигателями, разработка специальной системы управления экзорукой.

Работа включает в себе пять разделов.

1. **Создание 3D-модели экзоруки.** В главе приводится исследование строения кисти руки человека, анализ разновидностей экзоскелетов, описывается этап создания 3D-модели экзоруки.

2. **Кинематический механизм.** В главе приведено детальное описание кинематического механизма с опорой на математические и геометрические законы.

3. **Электроника.** В главе описывается действие приводящего механизма экзоруки, состоящего из набора серводвигателей, показана его принципиальная схема.
4. **Мобильное приложение.** В главе приводится описание приложения, управляющего экзорукой.
5. **Основные результаты, выводы и перспективы.** В данной главе описаны основные результаты и выводы по проделанной работе, обозначены перспективы дальнейшей работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. СОЗДАНИЕ 3D-МОДЕЛИ ЭКЗОРУКИ

1.1. Исследование руки

Для разработки прототипа экзоскелета было проведено детальное исследование кисти руки человека. В результате данного исследования была создана схема кисти руки человека (рис.1). Каждый сустав представляет собой шарнир, соединяющий две фаланги между собой и обеспечивающий их подвижность.

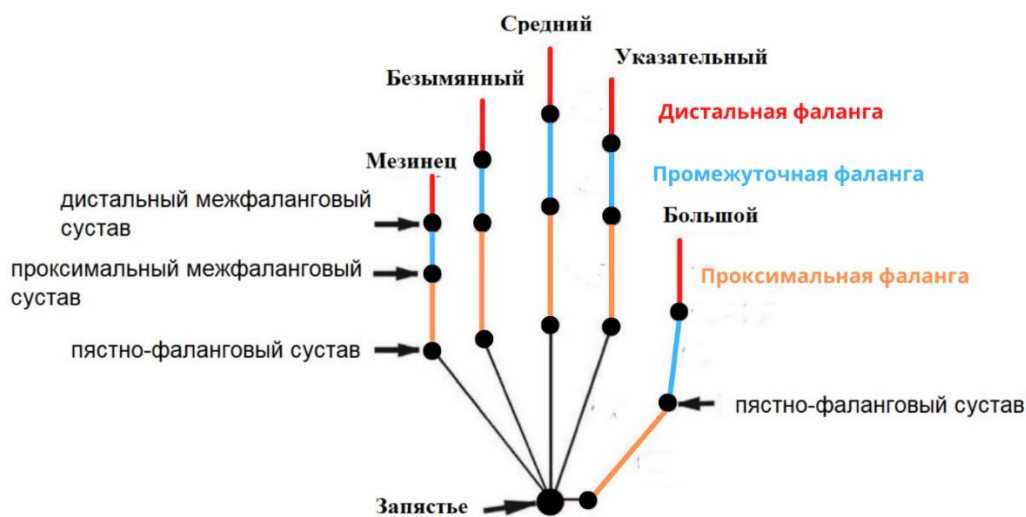


Рис 1. Строение кисти руки человека

Пястно-фаланговые суставы всех пальцев обеспечивают движение всего пальца в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (вправо-влево, вверх-вниз).

Проксимальные межфаланговые и дистальные межфаланговые суставы обеспечивают движение пальца только в одной плоскости (сгибание-разгибание). Была создана кинематическая модель руки (рис. 2)

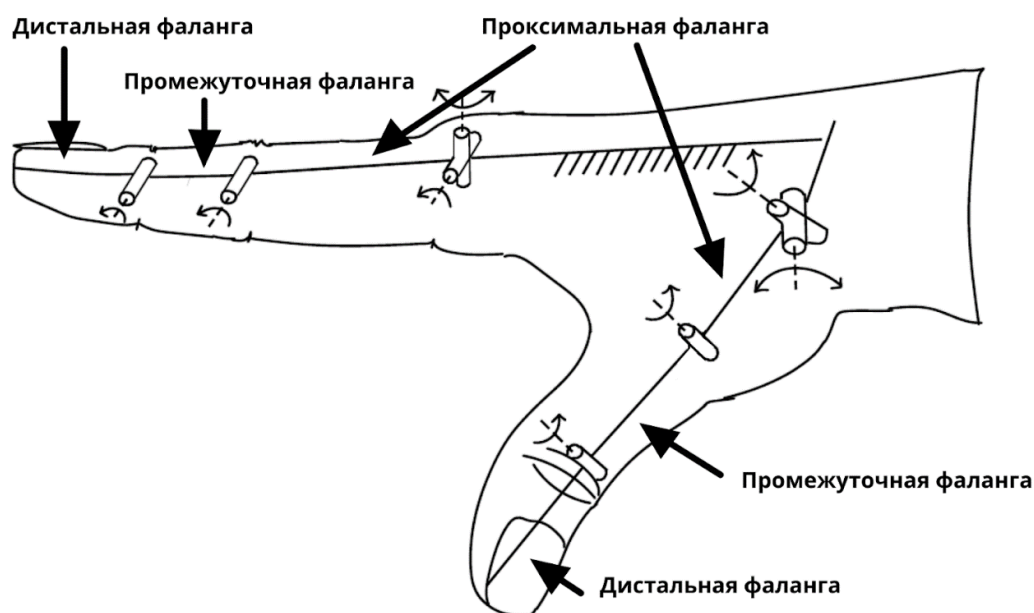


Рис 2. Кинематическая модель руки и ее суставов

Было проведено собственное исследование по определению амплитуды сгибания суставов пальцев. За первоначальное положение пальца было принято положение, при котором углы между всеми фалангами равны 180° . За максимальное отклонение был принят угол между фалангами при сжимании кисти в кулак. Полученные данные показаны ниже в Таблице 1

Таблица 1 - Максимальный угол отклонения от первоначального положения

Сустав	Амплитуда отклонения, $^\circ$
Пястно-фаланговый	90; -30
Проксимальный фаланговый	120; 0
Дистальный фаланговый	85; 0

В результате данного исследования было выявлено, что дистальный межфаланговый сустав имеет самую маленькую амплитуду сгибания дистальной (ногтевой) фаланги, по сравнению с остальными суставами. Также его невозможно двигать самостоятельно без сгибания проксимальной фаланги (в большинстве случаев).

1.2. Анализ разновидностей и особенностей экзоскелетов

Проводился поиск необходимой информации в интернете.

На основе проанализированной информации была составлена таблица по классификации экзоскелетов (Таблица 2).

Таблица 2 – Виды экзоскелетов

Критерий	Виды
По конструкции	По источнику питания:
	1. Пассивные
	2. Силовые
	По типу датчиков:
1. Контактные	
2. Бесконтактные	
По назначению	По типу силового привода:
	1. Электрический
	2. Гидравлический
	По частям тела человека:
1. Для нижних конечностей	
2. Для верхних конечностей	
3. Комплексные	
4. Для кисти рук	
	Медицинские:
	1. Для восстановления функций тела человека после операций, болезней и травм
	2. Для «постоянного ношения» для людей и ограниченной мобильностью
	Промышленные

(профессиональные)

Военные

Досуговые

Для пожилых людей

По назначению детально проанализированы лишь виды экзоскелетов по частям тела человека, а также медицинские экзоскелеты, так как только эти два критерия соответствуют тематике исследования.

Сложность внедрения экзоскелетов заключается в следующем:

1. Ограниченная мощность приводов экзоскелета
2. Ограничения, связанные с массой аппарата, которая должна оставаться в заданных пределах
3. Ограничения допустимых размеров экзоскелетов, как в силу ограничений размеров кисти руки человека, так и в силу конструктивных решений.
4. Математическая модель экзоскелета не линейна.
5. Проблема взаимодействия экзоскелета и человека.
6. Проблема обучения машины быстрому использованию большого количества команд, что требует использования большого количества приводных механизмов, что снижает маневренность и делает применение экзоскелетов неэффективным во многих областях.

Просматривались статьи российских и зарубежных авторов, был проведён анализ уже созданных 3D-моделей экзоскелетов и работы других разработчиков. В настоящее время существует множество различных аналогов, однако проблема доступности экзоскелетов остается до сих пор актуальной, так как нуждающихся в экзоскелетах не так много по сравнению с общей численностью населения планеты, что не позволяет запустить широкомасштабное производство экзоскелетов.

1.3 Разработка 3D-модели

С целью расчета среднестатистических размеров длин фаланг пальцев были проведены замеры длин фаланг пальцев (приложение А).

Полученные данные были сведены в таблицу и рассчитаны средние значения для каждой фаланги пальца.

Прототип экзоруки (рис. 3) был смоделирован в программе Autodesk Fusion 360.

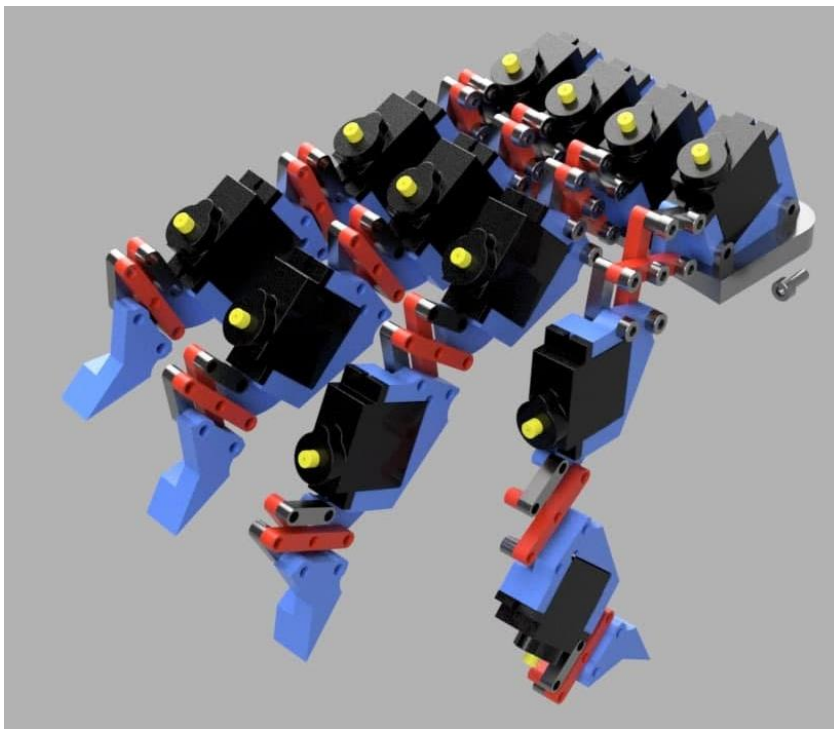


Рис. 3 3D-модель экзоруки

Для моделирования экзоруки были взяты полученные средние значения длин фаланг пальцев. Детали были распечатаны на 3D-принтере (рис 4).

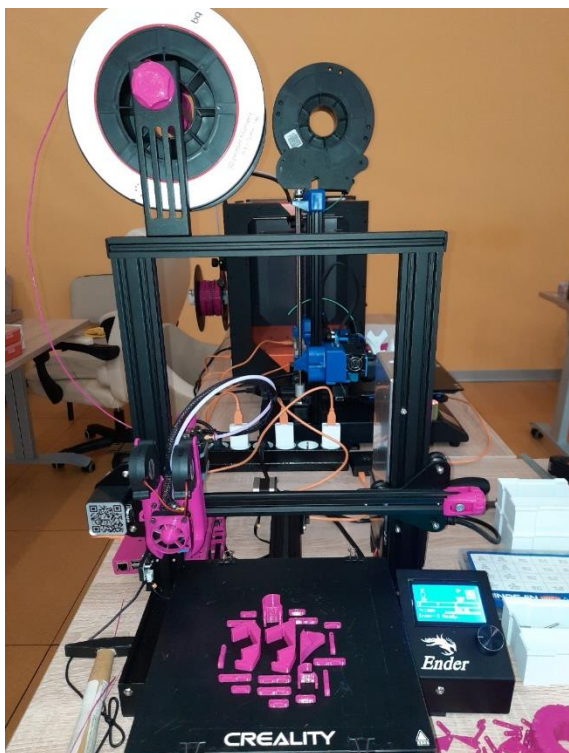


Рис. 4 Детали распечатанные на 3D-принтере

Необходимо было изучить поведение конструкции различных случаях, для этого были выведены собственные критерии для оценки работоспособности конструкции:

1. Поведение модели в максимальном (разогнутом) положении, максимальный угол отклонения от нулевого положения.
2. Поведение модели в минимальном (согнутом) положении, скорость и плавность возвращения деталей в начальное положение.
3. Сила давления деталей на палец.
4. Поведение конструкции при непрерывном цикле сгибаний и разгибаний несколько раз подряд.

После проведения тестов на работоспособность конструкции размеры деталей были изменены для достижения максимальной работоспособности конструкции. Длины деталей подбирались экспериментальным образом в зависимости от результатов проводимых тестов.

После проведения нескольких опытов были получены оптимальные

размеры для кинематического механизма (рис. 5).

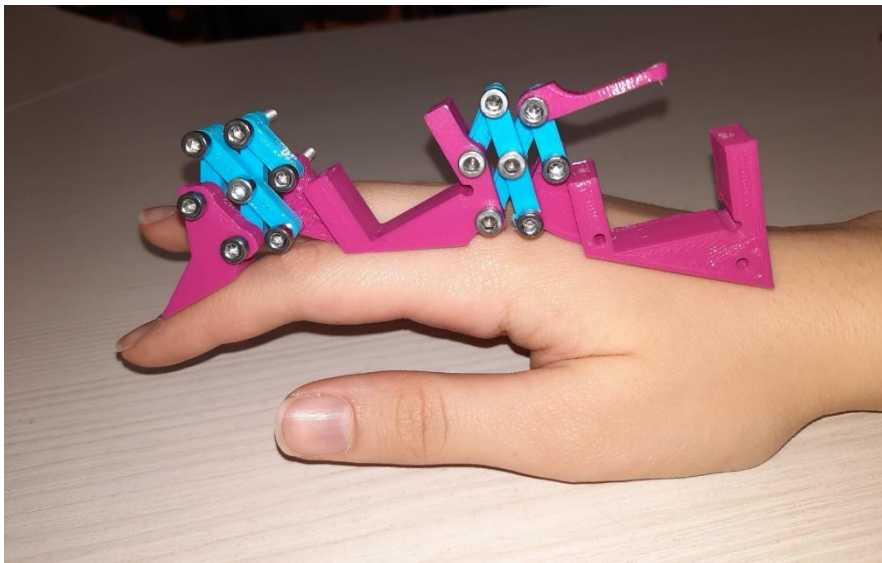


Рис. 5 Модель с окончательными значениями длин деталей

2. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ

2.1. Основные части экзоруки

Экзорука состоит из следующих частей (рис. 6):

1. Пластмассовый каркас - 15 штук (для каждого пальца 3 штуки)
2. Рейка пластмассовая - 60 штук (для каждого пальца 12 штук)
3. Винт М3 с головкой под шестигранник - 14 штук
4. Серводвигатель - 15 штук (для каждого пальца 3 штуки)
5. Шнуры (электрические провода)
6. Плата Ардуино
7. Регулирующий аппарат с телефоном

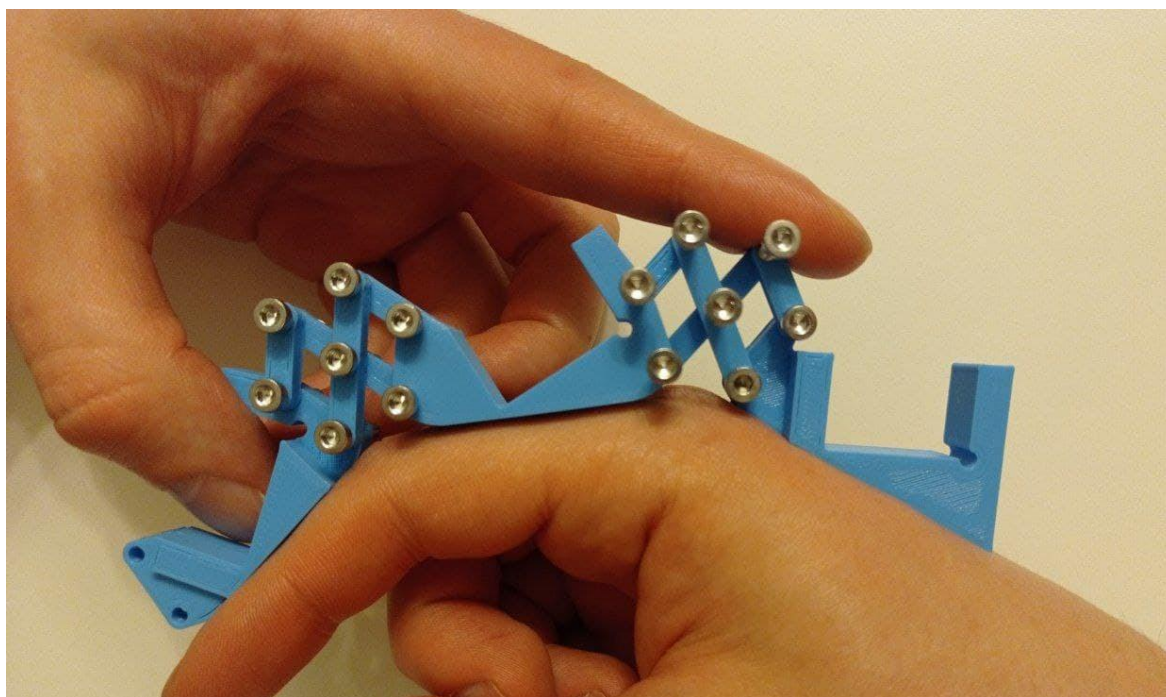


Рис. 6 Модель экзоруки

Механизм Экзоруки изготовлен из пластмассовых деталей, соединенных шарнирными механизмами для каждого сустава пальца. Каждый шарнирный механизм состоит из 7 реек, в итоге 21 штука для одного пальца. Для каждой фаланги предусмотрены отдельные однотипные серводвигатели, устанавливаемые в соответствующий им слот (1 серводвигатель для каждого

сустава - 3 для каждого пальца.).

Управление серводвигателями осуществляется при помощи микроконтроллера Ардуино, который в свою очередь управляется человеком с помощью телефонного аппарата (смартфона) по сети Bluetooth.

Серводвигатели, получая от Ардуино соответствующие сигналы, вращают качалку на заданный человеком угол, тем самым приводят в действие шарниры, которые осуществляют сгибание и разгибание руки. Серводвигатели работают независимо друг от друга.

В конечном итоге при помощи экзоруки имеется возможность сгибать и разгибать пальцы руки в разных направлениях.

2.2. Кинематическая цепь экзоруки

На рис. 7 показана кинематическая цепь сгибательного механизма.

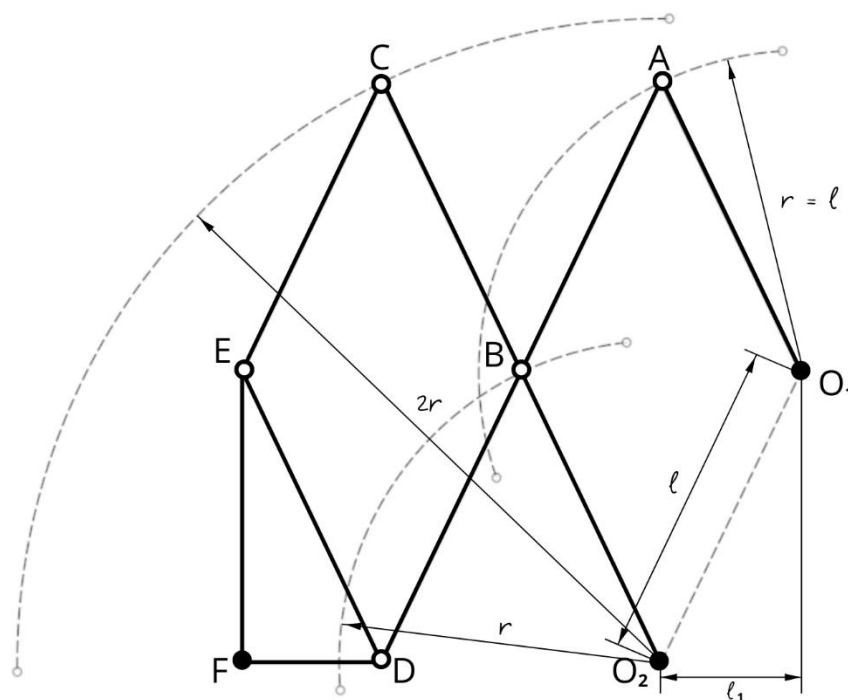


Рис. 7 Кинематическая цепь сгибательного механизма

Механизм представляет собой тип ножницы. Условно шарниры обозначены буквами, рис. 7.

O_1A , CE , ED - одинаковые звенья длины $L = 120$ мм.

ABD, O_2BC - прямые звенья длины $2L = 240$ мм соединенные между собой посередине при помощи шарнира B . ($AB = BD = O_2B = BC = L$).

Таким образом, траектория движения точки A - окружность с центром в точке O_1 и радиусом $R = L$. Центр окружности O_1 удален от центра окружности O_2 на L и отстоит от него по оси OX на L . Траектория движения точки B - окружность с центром в точке O_2 , причем радиус R также равен длине звена L ($R = L$). Траектория движения точки C - окружность радиуса $2L$ ($O_2B = BC = L$).

Рассмотрим механизм в движении.

Серводвигатель, закрепленный в предусмотренном для него слоте поворачивает качалку на градусов, точка A приводится в движение по окружности с центром O_1 и образуется некоторый угол φ_1 (угол между отрицательным направлением OX и звеном O_1A). Так как центр O_1 удален от центра O_2 на L , и $AB = AO_1 = BO_2 = O_1O_2 = L$, то четырехугольник ABO_1O_2 с условно закрепленной стороной O_1O_2 является параллелограммом, и вследствие равенства всех звеньев, является ромбом. OX' - прямая, параллельная оси OX , проходящая через точку O_2 . $AO_1 \parallel BO_2, OX \parallel OX' \gg \varphi_1 = \varphi_2$, две параллельные прямые AO_1 и BO_2 пересечены секущей $AD \gg \angle BAO_1 = \angle DBO_2 = \beta$. И этого следует, что звено ABD движется поступательно, а значит, что если точки A и B движутся по окружностям с одинаковым радиусами $R = L$ и углами $\angle BAO_1 = \angle DBO_2 = \beta$, то и все точки, принадлежащие этой прямой также движутся по окружностям с радиусом $R = L$ с углом между прямой ABD и прямой, параллельной AO_1 проведенной через эти точки. Значит, точка D также движется по окружности с радиусом $R = L$ (так как и точка A , и точка B движутся по окружностям с одинаковыми радиусами). Центр окружности траектории движения точки D - точка O_3 , расположенная симметрично точке O_1 относительно точки O_2 . Движение точки B также задействует движение точки C , траектория движения которой - окружность с центром O_2 и радиусом $R = 2L$ ($O_2B = BC = L$). Точки B и C движутся с одинаковой угловой скоростью $\omega_B = \omega_C = \omega$, так как принадлежат одной прямой. Так как точка C находится на расстоянии $2L$ от центра, то отношение линейных скоростей движения точек C

и V равно $\frac{v_B}{v_C} = 2$.

Четырехугольник $CBDE$ также является ромбом вследствие равенства всех его сторон ($CB = BD = DE = EC = L$). Углы CBD и ABO_2 равны как вертикальные, и так как $CBDE$ - ромб, то $ABO_2 = CBD = CED = \gamma$. Положение прямой FD относительно оси OX' зависит от угла γ . Из свойств параллелограмма получаем, что угол γ равен $\gamma = 180 - \beta$, а β в свою очередь зависит от φ_1 . Отсюда получается, что положение прямой FD зависит от единственного угла φ_1 задаваемого серводвигателем при повороте качалки на θ градусов.

Прямая FD плотно прилегает к фланге при помощи крепления (рис. 4) и, тем самым, является непосредственным регулятором движения пальца.

Вышеуказанные математические и геометрические закономерности дают возможность обеспечить плавную работу экзоруки.

3. ЭЛЕКТРОНИКА

3.1 Описание работы экзорук

Электрическая схема экзорук состоит из следующих компонентов:

1. Батарейка 18650 (4 штуки)
2. Микроконтроллер Arduino Nano
3. Bluetooth-модуль для Arduino
4. Плата расширения подключения серводвигателей PCA9685
5. Серводвигатель sg90 (15 штук, по одной для каждой фаланги)

Пользователь со своего смартфона с помощью приложения “ЕхоArm” подключается по сети Bluetooth к микроконтроллеру Arduino через Bluetooth-модуль. Затем в приложении следует выбрать команду, которую необходимо выполнить экзорук. После нажатия команды данные типа string в виде s№№_XX, где №№ - двухзначный номер серводвигателя, XX – угол поворота качалки серводвигателя, отправляются со смартфона по сети Bluetooth к Bluetooth-модулю. Далее модуль передает полученные данные микроконтроллеру, после чего последний подает соответствующие сигналы серводвигателям, вращательное движение качалок которых преобразуется в движение частей экзорук и, следовательно, в движение фаланг кисти руки человека. Описанная схема работы показана ниже (рис. 8).

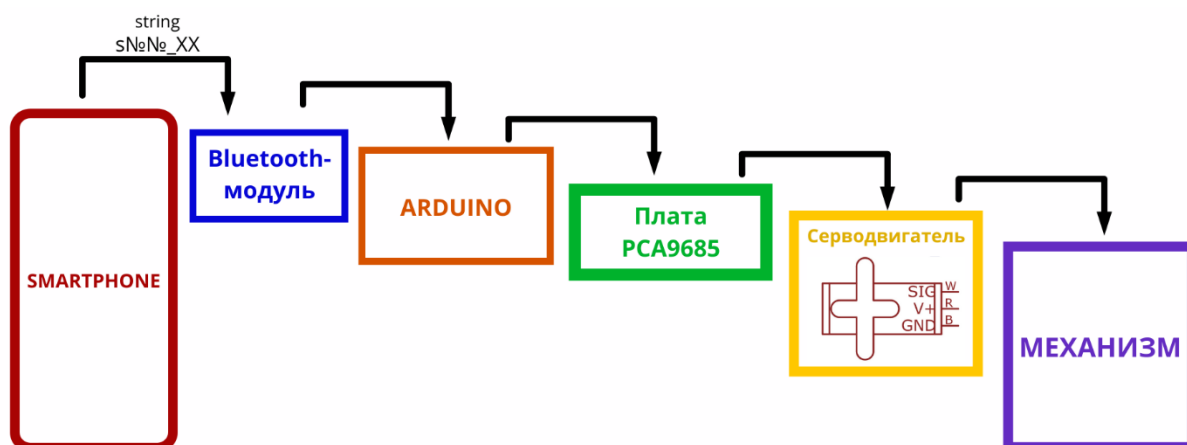


Рис. 8 Путь данных от приложения до экзотруки

Нами была собрана электрическая цепь (рис. 9) с серводвигателем с заданной программой работы.

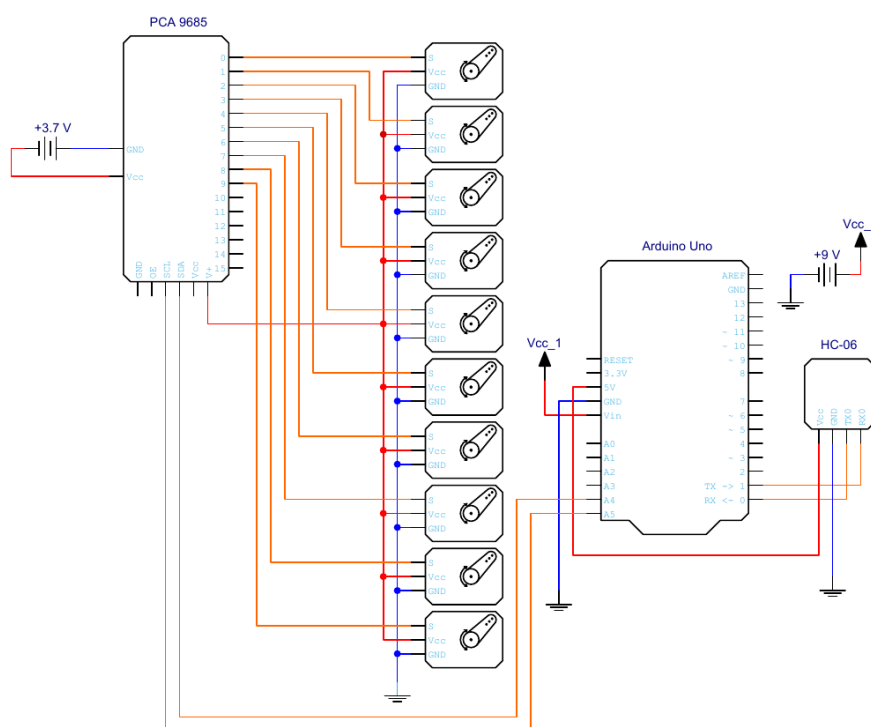


Рис. 9 Принципиальная схема электрической цепи

Микроконтроллер Arduino и плата расширения PCA9685 имеют раздельное питание. Разделение питания сделано для избежания зависания микроконтроллера при резком скачке напряжения во время активного потребления тока в цепи при подаче нагрузки одновременно всем серводвигателям.

4. МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ

4.1 Описание пользовательского интерфейса

Мобильное приложение было разработано в качестве дополнения к проекту. Язык программирования – Kotlin, среда разработки – Android Studio.

Целью данного приложения является дистанционное управление экзорукой.

При открытии приложения появляется следующее окно (рис. 10). Сверху расположено изображение 3D-модели экзоруки. Ниже находятся 4 кнопки.



Рис. 10 Главный экран

При первом подключении пользователю следует нажать на кнопку “Подключение”. Далее появляется экран со списком возможных для подключения Bluetooth-устройств (рис. 11). После выбора необходимого устройства при закрытии окна “Подключить” приложение возвращает адрес выбранного устройства и сохраняет его в своей программе.



AC:12:2F:2E:D8:CA

AC:12:2F:1D:10:C7

ОБНОВИТЬ

< □ ≡

Рис. 11 Экран подключения устройств

В реабилитационной программе экзороуки пользователям предлагается использовать как уже готовый список общих упражнений (рис. 12), так и индивидуально прорабатывать каждую фалангу, управляя каждым серводвигателем отдельно при помощи движка (рис 13 а, б).



Кулак

Сгибать каждый палец

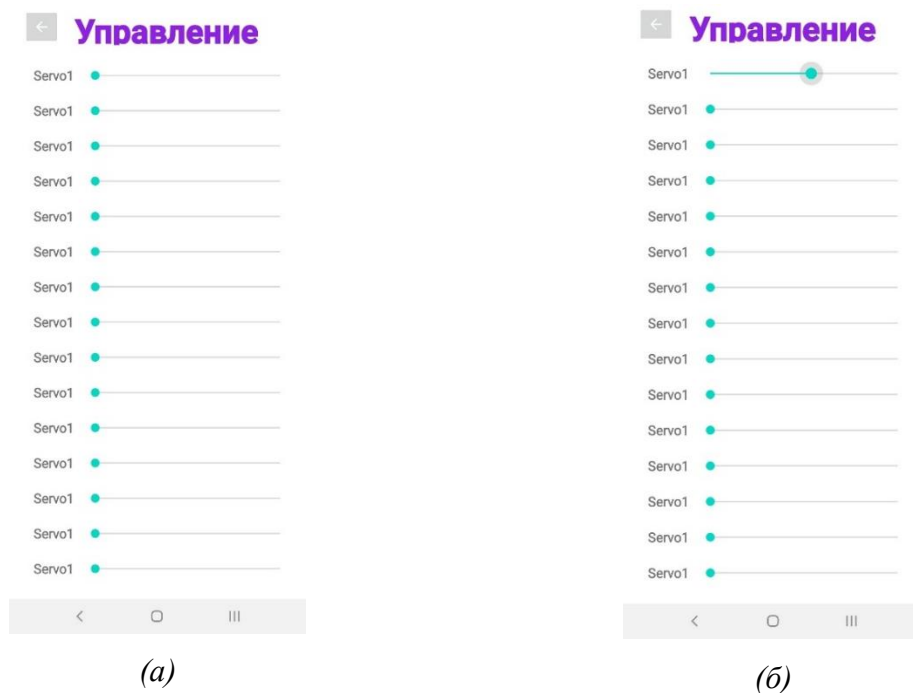
Разгибать каждый палец

4+1

Кулак, цикл

< □ ≡

Рис. 12 Окно “Упражнения”



а — движки для управления каждым серводвигателем, б — демонстрация движения движка

Рис. 13 Панель управления каждым серводвигателем

После выбора желаемой команды мобильное приложение отправляет данные по сети Bluetooth микроконтроллеру Arduino, которое при помощи Bluetooth-модуля принимает их, обрабатывает и отправляет соответствующие сигналы серводвигателям для выполнения запрашиваемой команды.

При нажатии кнопки “Информация” появляется окно с информацией о проекте и разработчиках (рис 14).



Рис 14 Окно “Информация”

РЕЗУЛЬТАТЫ, ВЫВОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Результаты

Полученный прототип выполняет конкретный базис движений, а также ряд упражнений, имеет возможность индивидуальной регулировки каждого серводвигателя. Управление им осуществляется через приложение в смартфоне пользователя по протоколу связи Bluetooth.

Себестоимость проекта была рассчитана и внесена в таблицу (приложение Б).

Выводы

В результате работы над проектом была разработана 3D-модель экзоруки в САПР Autodesk Fusion 360, при помощи аддитивных технологий действующий прототип экзоруки был распечатан на 3D-принтере. Был сконструирован приводящий программируемый механизм, совмещенный с механической конструкцией. В результате разработки модели экзоруки был получен модульный ряд, который позволяет собирать индивидуальные модули в зависимости от размеров руки человека. Разработано мобильное приложение, способное управлять экзорукой при помощи протокола связи Bluetooth. Проведены испытания экзоруки, в соответствии с результатами которых прототип дорабатывался и редактировался. Данный прототип обеспечивает выполнение минимального ряда упражнений, необходимых для двигательной реабилитации кисти руки человека.

Был проведен детальный анализ кисти руки человека, анализ существующих экзоскелетов, выявлены основные проблемы и сложности производства экзоскелетов.

В ходе работы над проектом были выявлены явные преимущества создания экзоскелетов с использованием аддитивных технологий, в том числе:

1. Низкая себестоимость распечатанных на 3D-принтерах экзоскелетов по сравнению с экзоскелетами, изготовленными традиционными методами, вследствие использования более дешевых материалов при производстве, а также автоматизации производства.
2. Возможность создания уникальных экзоскелетов для каждого нуждающегося человека любого телосложения для любых задач, согласно требованиям и нуждам определенных людей. Также по сравнению с традиционными методами изготовления деталей, аддитивные технологии позволяют найти индивидуальный подход к каждому человеку быстрее и проще вследствие возможности более быстрого способа редактирования моделей на компьютере еще до их изготовления.
3. Использование пластика в качестве корпуса экзоскелета позволило уменьшить его вес.
4. Предлагаемый прототип экзорук имеет также еще одно преимущество: вследствие модульности конструкции при выходе из строя отдельной детали во время эксплуатации имеется возможность замены каждого из звеньев на функционирующие.

Перспективы

В дальнейшем планируются следующие изменения с экзорукой:

1. Усовершенствование модели которая будет обеспечивать более свободное сгибательное-разгибательное движение экзорук.
2. Доработка механики, создание базы модульных рядов, сбор данных длин фаланг пальцев для создания медианных данных
3. Разработка обратной связи с другой рукой, которая позволит записывать собственные упражнения, а также прорабатывать нефункционирующую руку в реальном времени синхронно с работающей рукой.

4. Доработка приводящих механизмов, а также самой модели так, чтобы она могла совершать более сложные движения.

К перспективам мобильного приложения можно отнести следующие разработки:

1. Создание базы упражнений, из которой лечащий врач сможет выбрать индивидуально для каждого пациента необходимые упражнения и отобразить их в его смартфоне.
2. Разработка обратной связи, которая будет позволять передавать информацию от серводвигателей в приложение. Таким образом можно будет следить за положением подвижных частей экзоскелета относительно начального положения, калибровать серводвигатели при необходимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wikipedia. Роботизированные средства реабилитации [Электронный ресурс] URL.:
https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0_%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8
Дата обращения: 14.01.2021
2. Expro-Atlet экзоскелет для медицинской и социальной реабилитации [Электронный ресурс] URL.: <https://exoatlet.ru/> Дата обращения: 05.04.2020
3. Волгоградский государственный медицинский университет. (Стр. 71) [Электронный ресурс] URL.: <https://www.volgmed.ru/ru/journ/issue/223>
Дата обращения: 10.12.2020
4. Как работают экзоскелеты? [Электронный ресурс] URL.: <https://robo-hunter.com/news/kak-rabotayt-ekzoskeleti>
5. <https://top3dshop.ru/blog/exoskeleton-explained-review.html> Дата обращения: 06.02.2021
6. Киберодежда, экзоскелеты [Электронный ресурс] URL.: https://www.prorobot.ru/20/robot_cyberdyne.php Дата обращения: 07.02.2021
7. RoboTrends. Классификация экзоскелетов [Электронный ресурс] URL.: <http://robotrends.ru/robopedia/klassifikaciya-ekzoskeletov> Дата обращения: 17.02.2021
8. RoboTrends. В чем сложность создания экзоскелета [Электронный ресурс] URL.: <http://robotrends.ru/robopedia/v-chem-slozhnost-sozdaniya-ekszoskeleta> Дата обращения: 17.02.2021

ПРИЛОЖЕНИЕ

**Приложение А. Сводная таблица полученных данных при опросе значений
длин фаланг пальцев среди учащихся**

Таблица 1

Номер участника	Большой, номер фаланги, мм			Указательный, номер фаланги, мм			Средний, номер фаланги, мм			Безымянный, номер фаланги, мм			Мизинец, номер фаланги, мм		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	1	54	40	30	51	30	25	60	35	30	55	35	30	45	25
2	50	35	34	56	36	28	46	31	26	34	36	26	44	30	30
3	50	30	25	40	20	20	51	29	23	45	30	20	30	16	20
4	50	40	35	50	30	22	57	67	25	50	35	23	43	27	23
5	50	40	30	50	28	25	55	33	28	50	33	26	35	24	20
6	50	45	31	50	35	25	60	38	25	55	35	25	40	25	22
7	50	50	45	40	25	20	40	30	20	30	25	25	25	15	21
8	50	34	21	35	30	25	34	25	19	33	30	23	26	24	23
9	40	33	25	40	27	25	30	26	20	41	33	20	40	30	20
10	45	37	26	53	30	23	53	34	25	52	32	25	44	25	22
11	60	35	30	45	30	21	35	30	25	30	30	25	30	20	15
12	55	40	24	50	30	19	55	35	21	50	35	20	40	25	20
13	45	31	25	50	25	25	55	50	33	50	30	25	38	20	20
14	53	38	29	52	32	25	60	36	27	55	35	27	41	25	25
15	40	35	31	25	20	20	25	25	20	40	35	20	40	25	28
16	50	38	31	49	33	20	55	33	21	51	33	21	40	24	17
17	55	36	29	45	34	28	49	40	30	46	34	28	35	25	20
18	45	30	21	39	25	21	50	31	20	46	24	19	35	20	21
19	34	30	26	41	26	22	44	31	23	42	29	21	30	15	19
20	50	41	30	49	30	24	61	41	24	55	34	26	45	26	24
21	51	50	45	46	24	24	55	34	24	50	21	36	41	31	20
22	40	30	25	50	32	17	49	31	21	46	32	22	41	22	15
Среднее значение, мм	48	37	29	46	29	23	49	35	24	46	32	24	38	24	21

Приложение Б. Экономическое обоснование

Таблица 2

Наименование компонента	Цена, руб
Батарейка 18650 (4 штуки)	1400 (350*4)
Микроконтроллер Arduino Nano	810
Bluetooth-модуль для Arduino	200
Плата расширения подключения серводвигателей PCA9685	220
Серводвигатель sg90 (15 штук, по одной для каждой фаланги)	1575 (105*15)
Пластик, ~200 гр.	200
Итого	4405

СЕКЦИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ПРОЕКТОВ ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ
ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

УСТРОЙСТВО ДЛЯ НЕЗРЯЧИХ И СЛАБОВИДЯЩИХ ASTRA

Санников Артём Константинович

МБОУ «Гимназия №41», 11 «В»

Научный руководитель:

Немов Владислав Николаевич

Преподаватель кафедры

электропривода и автоматизации КузГТУ

Введение

По данным Министерства Здравоохранения на 2019 год в России насчитывается 275 тысяч незрячих людей. В мире эта цифра достигает почти 3 миллионов. Незрячие люди ежедневно сталкиваются с проблемами безопасного передвижения по окрестностям города, несмотря на многочисленные вспомогательные приспособления, созданные государственными структурами, такие как специальная жёлтая тактильная плитка, звуковые сигналы светофора. Существуют и персональные приспособления для помощи незрячим людям, такие как трость, собака-поводырь, но все подобные приспособления обладают рядом недостатков и не решают в полной мере проблему передвижения незрячих людей

Незрячие люди очень ограничены в своих возможностях: они не могут свободно передвигаться по городу без дополнительных устройств, не могут воспринимать мир также как и зрячие люди, у незрячих людей так же возникают проблемы с трудоустройством. В России для облегчения жизни людям с ограниченными возможностями множество компаний занимаются разработкой вспомогательных устройств таких как: Трость RAY, VoiceVision, OrNavi + OrCV, Сонар-5УФ-В1, OrCam MyEye 2. Так же существуют и федеральные программы, направленные на помощь незрячим людям такие как: "Доступная среда". Но все они не решают в полной мере проблему незрячих и слабовидящих людей.

1 Постановка задачи

Цель проекта:

Создание устройства для помощи слабовидящим и незрячим в передвижении, способное распознать препятствия и помочь их обойти, значительно увеличив мобильность и безопасность людей с ограниченными возможностями в связи с частичной или полной потерей зрения

Задачи:

1. Разработать концепцию устройства помощи слабовидящим и незрячим людям;
2. Разработать ПО для распознавания препятствий;
3. Встроить в головной убор камеру и подобрать правильное расположение для камеры глубины;
4. Разработать систему аудио- и вибро-оповещения;
5. Разработать автономный микрокомпьютер;
6. Собрать компоненты в единую систему;
7. Протестировать систему.

2 Анализ

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в мире 45 млн человек лишены зрения и еще 135 миллионов страдают различными дефектами зрения. По имеющимся прогнозам, число слепых людей на нашей планете к 2020 году увеличится до 75 млн человек, а слабовидящих - до 200 млн человек. Число абсолютно слепых россиян на сегодняшний день составляет порядка 275 тыс. человек, инвалидов по зрению - около 600 тысяч. В общей сложности, по данным Российского научного общества офтальмологов, в России проживает более миллиона слепых и слабовидящих людей, из них детей - 100%-х инвалидов по зрению - примерно 34 тысячи (данные на 2009 год).

Для помощи слабовидящим и незрячим людям в создании комфортного мира существует множество устройств от различных компаний и Федеральных программ:

Например, в Российской Федерации существует федеральный проект "Доступная среда" с 2011 года, направлена на решение следующих задач: оценка состояния и повышение доступности объектов и услуг в приоритетных сферах жизнедеятельности инвалидов и других маломобильных групп населения. Данная программа является самой крупной и распространённой в Российской Федерации. Каждый из проектов имеет свои особенности, но наиболее продвинутым можно считать проект "Доступная среда" ведь он обладает наибольшей продвинутой реализацией, чем подобные социальные проекты.

Также, был проведен сравнительный анализ существующих устройств для помощи незрячим людям.

Название устройства	Радиус действия	Распознавание объектов	Навигация по gps	Чтение текста	Голосовой помощник	Дополнительные функции	Цена
OrNavi + OrCV	Камера – до 15 метров	Нет	Есть	Нет	Есть	Устройство, работающее при помощи навигации. Отсутствие компьютерного зрения	39 тыс. рублей
OrCam MyEye 2	До 20 метров	Нет	Нет	Есть	Есть	Распознавание лиц, описание объектов по габаритам	4,5 тыс. евро (310 тыс. рублей)
VoiceVision	Более 20 метров	Есть	Нет	Нет	Нет	При покупке проводится обучение	250 тыс. рублей (с обучением)
Astra	3 Теоретическая часть и практическая реализация 1-20 метров	Есть	В разработке	В разработке	Есть	Распознавание светофоров и плитки для слабовидящих	35 тыс.рублей

3.1. План разработки

Для обеспечения возможности свободного перемещения по городу незрячим и слабовидящим людям необходимо обнаруживать препятствия, неровности дороги, считывать сигналы светофора, и находить пешеходные переходы, а также преобразовывать полученную информацию в вид, доступный для восприятия незрячим человеком.

В ходе анализа существующих технологий было выявлено, что для обнаружения препятствий лучше всего подходит камера глубины, которая отличается от обычной камеры тем, что определяет не цвет пикселя, а расстояние до него. Для поиска светофоров, пешеходных переходов и специальной желтой плитки для слабовидящих была выбрана обычная RGB камера. Полученную информацию необходимо преобразовать в аудиальную и тактильную, с чем может справиться автономный микрокомпьютер. Преобразованная информация будет передаваться человеку через наушники и систему вибромоторов.

Алгоритм работы устройства:



3.2. Реализация

Алгоритм работы устройства заключается в следующем: для начала мы надеваем кепку, поясную сумку и включаем устройство. После этого микрокомпьютер анализирует данные которые поступают с камеры и камеры

глубины. В случае обнаружения препятствия голосовой помощник озвучивает местоположение препятствия и направление дальнейшего движения. Если же найден светофор голосовой помощник озвучивает световой сигнал. При отсутствии препятствий микрокомпьютер строит маршрут через GPS.

Рассмотрим алгоритм поиска препятствий: микрокомпьютер получает данные с RGB - камеры и камеры глубины, изображение с камеры глубины представляет в виде изображения в оттенках серого – чем ближе объект, тем темнее цвет. Затем он делит изображения на сектора и к каждому сектору применяет цветовую маску и после этого определяет заполняемость каждого сектора. Если препятствие обнаружено, то микрокомпьютер передает данные о препятствии с помощью голосовых команд и вибраций.

Поиск светофоров, пешеходных переходов и желтой плитки осуществляется по форме и цвету с помощью алгоритмов машинного зрения OpenCV.

3.3. Результаты

Результатами работы над проектом являются:

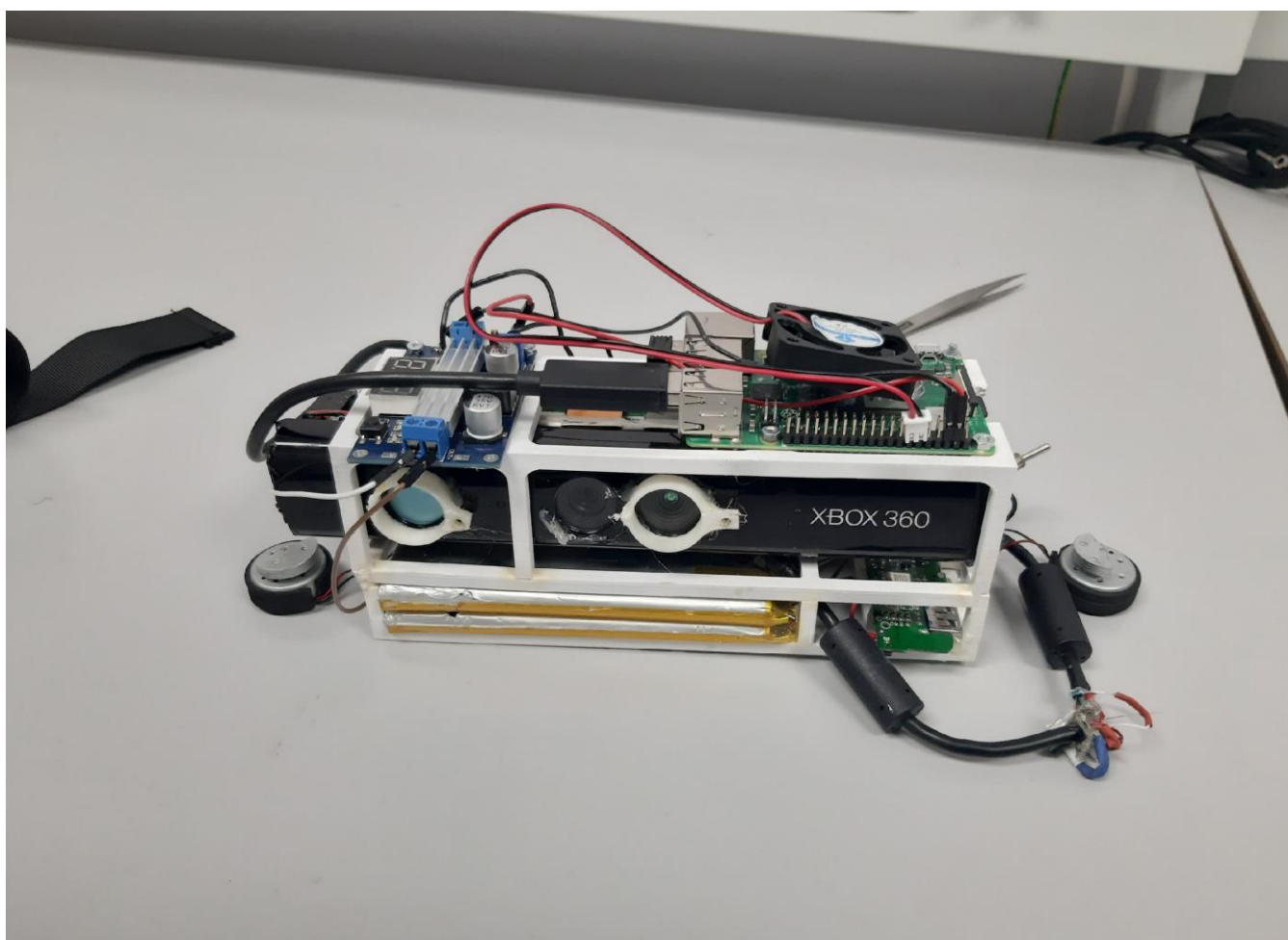
1. Устройство, состоящее из 2х частей: головного убора и поясной сумки.
2. Программа поиска препятствий с использованием камеры глубины, передающая данные о местоположении препятствий в виде голосовых команд и вибраций.
3. Программа обнаружения светофоров, передающая световой сигнал светофора в виде голосовой команды.

Разработанное устройство полностью функционировало и соответствовало требованиям, что означает достижение основной цели проекта

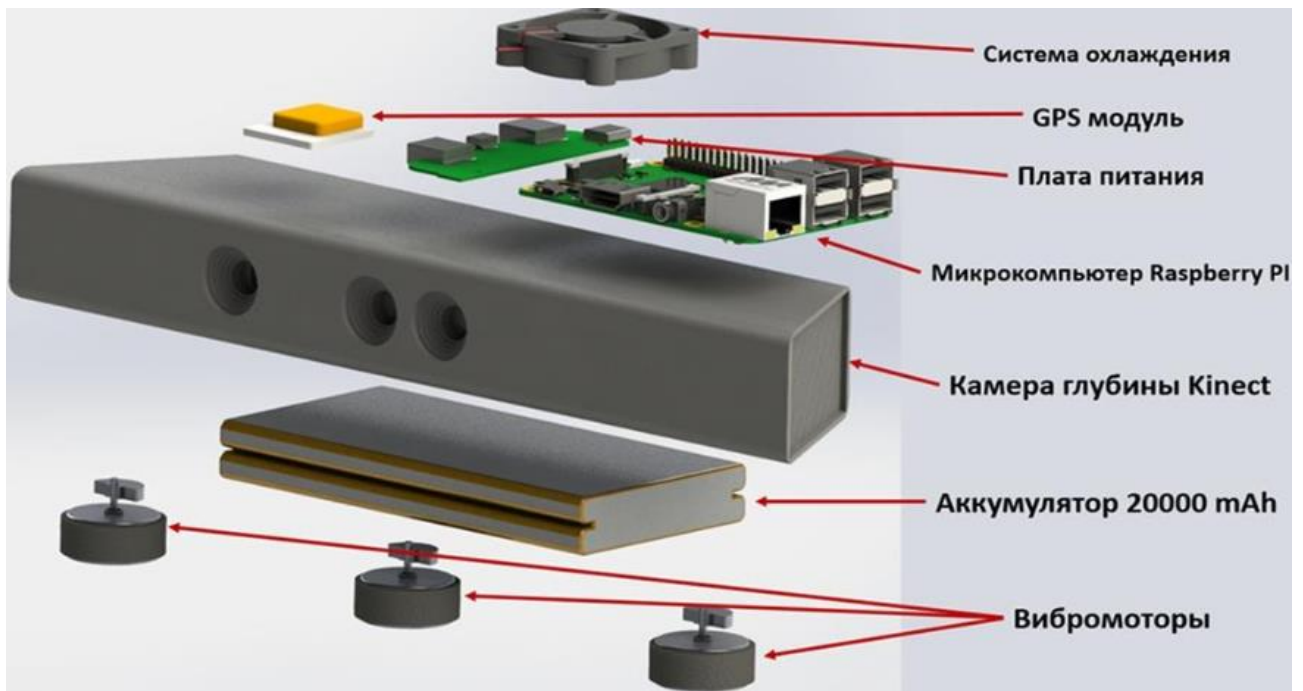
Внешний вид устройства:



Внутреннее устройство поясной сумки:



3D модель поясной сумки:



Работа программы поиска препятствий и карта глубин:



4 Выводы и перспективы

Проект имеет огромные перспективы развития, в частности:

1. Совершенствование алгоритмов программы для снижения рисков возникновения ошибок при распознавании;

2. Замена компонентов на более эффективные для увеличения срока службы устройства без подзарядки и более качественной работы;

3. Добавление системы GPS-навигации для построения маршрутов и, соответственно, упрощения передвижения по городу

4. Работа с целевой аудиторией устройства – незрячими людьми, для определения недостатков.

5. Улучшение конструкции, создание пред-промышленного прототипа и тестирование устройства с незрячими людьми.

5 Список использованных источников

1. Всемирная организация здравоохранения: <https://www.who.int/ru> (дата обращения 11.12.2020).
2. Доступная среда: <http://dostupsreda.ru/> (дата обращения 15.12.2020).
3. Voicevision: <https://voicevision.ru/> (дата обращения 20.12.2020).
4. Работа с кинектом:
<https://naman5.wordpress.com/2014/06/24/experimenting-with-kinect-using-opencv-python-and-open-kinect-libfreenect/> (дата обращения 05.01.2021).
5. Камеры глубины: <https://habr.com/ru/post/457524/> (дата обращения 03.01.2021).

СЕКЦИЯ ИНЖЕНЕРНЫЙ БИЗНЕС И МЕНЕДЖМЕНТ

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ САМОМЕНЕДЖМЕНТА ПРИ
ПОСТРОЕНИИ САМООБУЧАЮЩИХСЯ ОРГАНИЗАЦИЙ НА
ПРИМЕРЕ ПАО «СБЕРБАНК»**

Малинина Ольга Викторовна

Школа № 1568 имени Пабло Неруды, 11 класс

Научный руководитель:

Яковлева Мария Владимировна

ассистент каф. ИБМ-4 МГТУ им. Н. Э. Баумана

Введение

Актуальность темы исследования определяется значительным прогрессом, который достигнут в последнее время в науках, изучающих поведение человека, причем как на уровне внешнего понимания процессов высшей нервной деятельности (психология), так и на уровне физиологических процессов, формирующих мышление и основанное на нем поведение (нейронауки). Современные методики позволяют добиться прогноза поведения человека, анализируя оставляемый человеком «цифровой след». Таким образом, становится возможным с помощью знания нейронаук как изучать поведение человека, в том числе и свое, так и формировать его.

При этом важно понять, как усилия и способности одного человека вливаются в организацию. Развивается ли эта организация? Удовлетворяет ли организация естественной потребности человека в развитии и самосовершенствовании? Или, наоборот, превращается в «гроб для талантов»? Термин «самообучающаяся организация» известен давно, но может ли отдельный сотрудник иметь в ней голос? Может ли он активно продвигать свою карьеру в рамках этой организации или его судьба –

самообучаться в потоке вместе с коллегами на конвейере в рамках разработанной системы? Эти и другие вопросы показывают значимость и актуальность поднимаемой проблемы взаимодействия индивидуального самоменеджмента и самообучающейся организации.

Цель работы: Детализация принципов самоменеджмента и анализ их применения в самообучающихся организациях на примере ПАО «Сбербанк».

Задачи работы:

1. Изучить терминологию, принципы и составные части самоменеджмента исходя из специфики решаемых человеком задач.
2. Изучить понятие «самообучающаяся организация», как наиболее перспективный способ построения организации в информационную эпоху.
3. Анализ применения разработанных принципов на примере ПАО «Сбербанк», разработать предложения по оптимизации использования ресурсов ПАО «Сбербанк».

В работе впервые показана связь необходимости учета законов нейронаук для формирования успешной самообучающейся организации через самоменеджмент персонала этой организации. Предложены рекомендации для ПАО «Сбербанк» для того, чтобы остаться самообучающейся организацией.

*Основные понятия, сущность и принципы самоменеджмента***Определения и составляющие самоменеджмента**

Термин «самоменеджмент» или «само-менеджмент» еще не устоялся в науке. Однако, так составляющие этого термина являются знакомыми, вполне логично, что речь идет о менеджменте себя или управлении собой. Исходя из этого можно привести несколько приемлемых определений этого термина:

1. самоменеджмент – это умение управлять собой, умение руководить процессом управления во времени, пространстве, общении, деловом деле.
2. самоменеджмент – это последовательное и целенаправленное использование эффективных методов работы в повседневной практике, с оптимальным использованием своих ресурсов для достижения своих же целей.
3. самоменеджмент – это наука о самоуправлении, самоорганизации, самовоспитании и саморазвитии человека [1].

Данная методика позволяет достигать лучших результатов при меньших нагрузках. Также речь идет о применении в работе эффективных методов, которые обеспечивают экономию ресурсов.

Сущность самоменеджмента может быть выражена в следующих положениях:

- определение целей (они непременно должны быть реалистичными и, желательно, конкретными);
- создание в своем сознании картины успеха (включите сюда свое материальное положение, окружение и прочие моменты);
- использование методики "больших скачков", которая подразумевает быстрый переход к конкретным действиям;
- безусловная вера в собственные силы и достижение успеха;
- сосредоточение на основных целях и отсеивание второстепенных;

- умение держать себя в руках и начинать действия заново в случае неудачного опыта [2].

По мнению Ольги Ивановой, автора статьи (<https://fb.ru/article/251200/samomenedjment---eto-printsipyi-suschnost-funktsii-metodyi-samomenedjmenta-samomenedjment-organizatsii>), составляющие части самоменеджмента:

- управление временем (определение пропорций труда и отдыха)
- управление финансовыми средствами (определение свободных ресурсов)
- управление коммуникациями (поиск связей и источников информации)
- управление рабочим пространством (организация рабочего места в соответствии с эргономическими и прочими требованиями)

По мнению автора, есть еще несколько составляющих самоменеджмента, а именно:

- Управление долгосрочными целями и смыслами
- Управление эмоциями
- Управление мышлением

Исходя из вышеизложенного, можно составить структурную схему самоменеджмента (рис. 1)

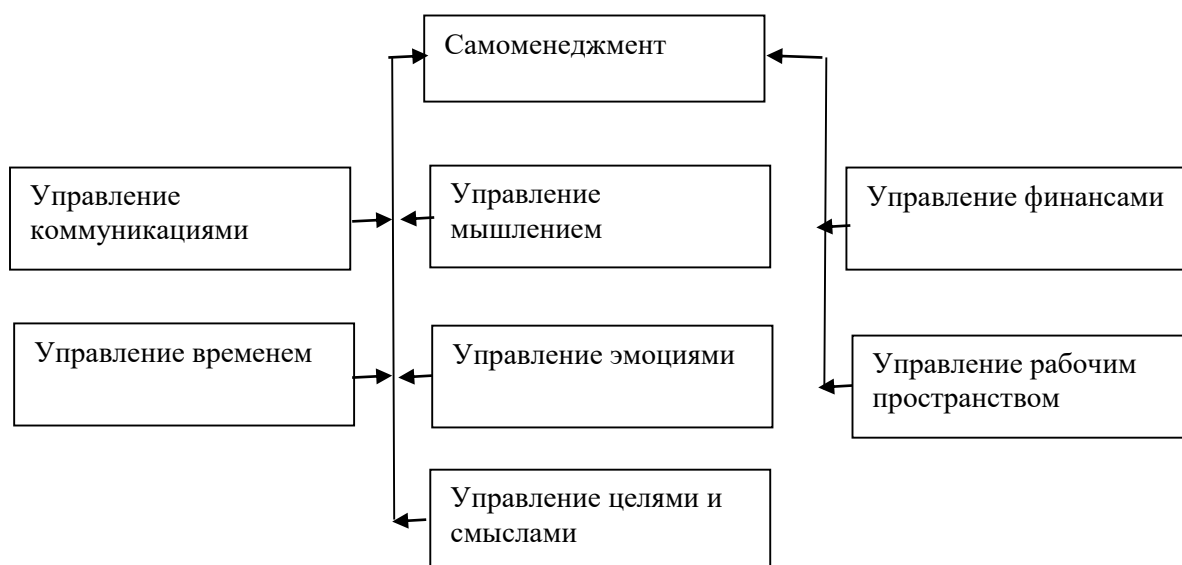


Рис. 1. Структурная схема самоменеджмента.

Методы и принципы самоменеджмента

Исходя из представленной структурной схемы, можно наглядно увидеть некоторые распространенные методы (или технологии) самоменеджмента:

- Метод организационного управления (планирование дальнейшей деятельности)
- Методика саморегуляции стресса (способность сопротивляться внешним негативным влияниям, сохраняя при этом психологическое равновесие и работоспособность)
- Аутогенная тренировка (самовнушение и самоубеждение в собственных силах и способностях)
- Медитация и ряд других

Важно отметить, что для указанных методов важно уметь управлять процессами в своем мышлении, на что будет обращено внимание в дальнейшем.

Принципы самоменеджмента могут быть описаны следующим образом. Четкому планированию и распределению операций должно подвергаться только 60% рабочего времени. При этом оставшиеся 40% должны оставаться незанятыми на случай возникновения непредвиденных обстоятельств, срочных переговоров, а также контактов как внутри организации, так и за ее пределами. Кроме того, запланированные вами дела чисто физически могут занять большее количество времени. Планирование рабочего времени не должно иметь одномоментный характер. Данная работа должна проводиться регулярно и систематично. Кроме того, вы можете постоянно вносить коррективы в разработанную программу действий. Плановые показатели должны быть реалистичными и разрабатываться на основе реальных возможностей каждого отдельно взятого человека. За основу можно брать

отчетные показатели предыдущих периодов или специальные расчеты. Для эффективного самоменеджмента важную роль играет такое понятие, как компенсация потерь времени. Имеется в виду, что если у вас появилось "окно" сегодня, то лучше его потратить на выполнение части задач, запланированных на завтра. Составляя отчет о проделанной работе, фиксируйте не количество выполненных действий, а достигнутые результаты в реальном выражении. Это поможет создать объективную картину выполнения плана. Для того чтобы выполнение работ производилось своевременно, важно, чтобы планы были четко согласованы во времени. Желательно завершать работы немного раньше дедлайна, чтобы иметь возможность внести необходимые коррективы. Если планы составляются на разных уровнях (директор, линейные руководители, подчиненные), то они должны быть согласованы во времени.

Преимущества самоменеджмента

Согласно [2] выделяют следующие преимущества использования самоменеджмента:

- уменьшение временных затрат, а также прочих ресурсов на выполнение тех или иных работ;
- организация эффективного механизма трудовой деятельности
- отсутствие стрессовых ситуаций
- моральное удовлетворение как руководителям, так и их подчиненным;
- мотивация к дальнейшим активным действиям;
- рост уровня профессионализма и квалификации;
- поиск коротких путей достижения целей.

Важность понимания законов мышления для успешного самоменеджмента

Если посмотреть на схему (рис. 1), то можно заметить, что на значительное количество составляющих самоменеджмента влияет создание и подсознание субъекта управления.

Исходя из этого, автор предлагает рассмотреть нейронауки как важнейший инструмент воздействия менеджера на объект управления.

Нейронауки в менеджменте

Нейронауки — [междисциплинарная](#) область знаний, занимающаяся изучением [нейронных](#) процессов. Традиционно изучением нервной системы занималась [нейробиология](#), однако сейчас нейронауки включают в себя целый ряд областей, таких как [когнитивная наука](#), [химия](#), [информатика](#), [инженерия](#), [лингвистика](#), [медицина](#), [физика](#), [философия](#) и [психология](#). Развитие нейронаук повлекло за собой создание новых дисциплин, в частности, [нейроэтики](#), [нейрокоммуникаций](#), нейроархитектуры и [нейромаркетинга](#).

Виды нейронаук

Когнитивная нейробиология- наука, изучающая связь активности головного мозга с познавательными процессами и поведением путём совмещения подходов нейробиологии и когнитивной науки.

Нейровизуализация - набор различных методов, позволяющих визуализировать структуру, функции и биохимические характеристики мозга.

Нейроинженерия — Научная дисциплина, входящая в состав биомедицинской инженерии, использующая различные инженерные методы для изучения, восстановления, замены или укрепления нервной системы.

Нейропсихология - наука, целью которой является изучение мозговой организации высших психических функций.

Психофизиология - наука, изучающая нейрофизиологические механизмы психических процессов, состояний и поведения.

Социальная нейронаука - область знаний, изучающая нейронные процессы, которые лежат в основе социального поведения человека.

Нейроэтика - этика нейробиологии и нейронауки, междисциплинарная область исследований, изучающая влияние современной нейронауки на самосознание человека, развитие биомедицины, политико-правовой и моральной сфер жизнедеятельности человека

Нейроэкономика - наука о процессах принятия решений в мозге

Источник: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Нейронауки>

Нейроменеджмент

Важнейшей отраслью знания для настоящей работы, в которой изучаются нейропроцессы, стал нейроменеджмент. В общем понимание менеджмент — управление организациями и людьми в рыночных условиях. Под управлением подразумевается воздействие приводящие к целевому изменению траектории управляемого объекта (см. [3]). Нейронауки позволяют изучать реакцию мозга на то или иное управленческое воздействие, повышая эффективность этого воздействия. Именно это является сутью нейроменеджмента.

Фактором развития нейроменеджмента является насыщенность информационной среды. Появляется необходимость развивать когнитивные процессы, сенсорное и кинетическое восприятие в коммуникационных каналах, анализировать их и применять в управленческой практике. Задачей нейроменеджмента является создание единого понятийного аппарата об интеллекте, как инструменте решения управленческих задач и проблем. В качестве практических примеров применения нейроменеджмента можно привести следующее:

Первое, необходимость учета гендерного(полового) фактора при управлении (мужчины и женщины по-разному реагируют на управленческие сигналы)

Второе, при управление проектами необходимо учитывать различия между людьми, основанные на разной реакции людей на стресс. При возникновении опасности часть людей замирает, другая часть убегает, третья часть проявляет агрессию. Исходя из этого команда проекта может разделиться на различные группы по поведению при возникновении стрессовых ситуаций,

например дедлайна. Часть людей сдаются и не верят в результат, другая пассивно следуют за лидером, и только небольшая группа людей способна мобилизоваться и достигать результатов.

Третье, при обучении персонала производственным навыкам важную роль может играть обучающее видео: выяснилось, что у наблюдателя возбуждаются те же участки головного мозга, что и при выполнении реальной работы. Таким образом мозг «тренируется» для выполнения реальных действий.

Четвертое, нейронаука нашла себя в маркетинге: «визуальный эффект применяется для того, чтобы вызвать эмоции потребителя, сделать рекламу более заметной и запоминающейся. Так, например, при использовании в рекламных кампаниях детских лиц, продажи увеличиваются на 20%» (см. [4]).

Таким образом, можно выделить различные нейронауки, взаимодействующие с нейромаркетингом. Это отображено на рисунке 2.

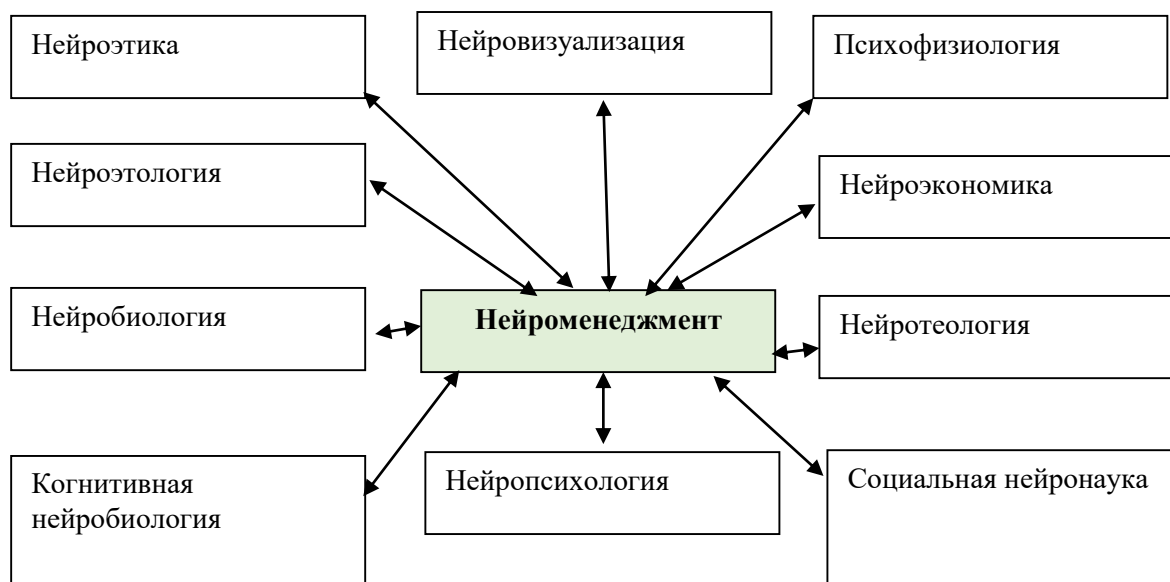


Рисунок 2. Взаимодействие нейронаук и нейромаркетинга

Применение концепции нейромаркетинга в РФ

Тематика нейромаркетинга становится все более популярной в научной и

деловой среде. В частности, в Государственном Университете Управления весной 2020 года прошла Международная научно-практическая конференция «Нейро прожект менеджмент», посвященная данному научному направлению [5].

Некоторые Российские компании начали внедрять нейронауки в свою деятельность, например:

«Лаборатория Мозга» осуществляет комплекс исследовательских работ по нейромаркетингу, при поддержке, организованного на базе Лаборатории Научного центра. Компания обладает рядом патентов в области поиска и оценки целевой аудитории и ее предпочтений. Стратегия работы компании заключается в повышении прибыли клиентов. В портфолио компании кейсы для Сбербанка, LVMH, BMW и других крупных брендов [6].

«SensoryLAB» — компания, применяющая нейротехнологии для решения задач науки и бизнеса, которая специализируется на нейромаркетинговых исследованиях с позиции сенсорного анализа. Основана в 2018 году при поддержке «Сколково» Компания SensoryLAB создает и интегрирует технологии анализа эмоциональных реакций и поведения человека, результаты которого применимы в разработке и оценке продуктов, упаковок, маркетинговых стратегий, рекламных материалов, потребительского опыта, а также в научных исследованиях [7].

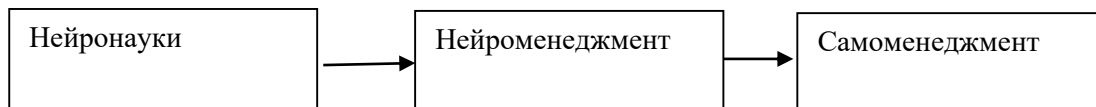
ПАО Сбербанк создал «Лабораторию нейронаук и поведения человека». Основной задачей лаборатории является достижение полной релевантности коммуникаций и продуктов экосистемы Сбербанка потребностям человека.

Как достичь результативного самоменеджмента, используя нейронауки

Как уже было отмечено выше, ряд составляющих самоменеджмента зависят от учета закономерностей мышления человека, то есть от нейронаук. Иначе говоря, эффективный самоменеджмент невозможен без нейроменеджмента, который в свою очередь опирается на знание нейронаук. Таким образом,

возникает следующая схема результативного самоменеджмента (рис. 3)

Рисунок 3. Условие результативного самоменеджмента – использование нейронаук



Построение самообучающейся организации (на примере ПАО Сбербанк)

3.1. Определение, признаки и преимущества самообучающейся организации

Самообучающаяся организация — это организация, которая создает, приобретает, передает и сохраняет знания. Она способна успешно изменять формы своего поведения, отражающие новые знания или проекты.

Основы обучающейся организации:

1. Системное мышление. целостное восприятие предметов и явлений, учитывая их связи между собой
2. Личное совершенствование. Стремление и способность организации к обучению равна стремлению и способности к обучению ее сотрудников.
3. Ментальные модели. Глубоко укоренившиеся убеждения, обобщения или даже картинки и представления, влияющие на восприятие человеком окружающего мира и его реакцию по отношению к действительности. Зачастую люди не отдают себе отчета о сформировавшихся у них ментальных моделях или о том, какое влияние те оказывают на их поведение.
4. Формирование общего видения. Практика совместного видения включает навыки конкретизации совместной «картины будущего», стимулирующей у сотрудников искреннюю заинтересованность и вовлеченность, а не просто конформизм.
5. Командное обучение. Осуществляется в форме тренингов и семинаров, а также в самом трудовом процессе посредством открытых диалогов,

дискуссий, обмена опытом. Диалог характеризуется своей исследовательской природой, а дискуссия — это последовательное сужение фокуса, пока не останется наилучшее из возможных решений. Диалог и дискуссия дополняют друг друга. Результат группового обучения - синергетический эффект, когда группа становится чем-то большим, нежели простой совокупностью людей, и ее знания, соответственно, превосходят простую сумму знаний каждого входящего в нее человека [8].

Питер Сенге выделил 11 признаков самообучающейся организации (цитирую по [9]):

1. Обучающийся, гибкий подход к стратегии;
2. Сотрудники принимают активное участие в выработке стратегии и тактики организации;
3. Информация в большей степени используется для понимания происходящего в целях принятия правильных решений, а не как основание для вознаграждения или наказания;
4. Учет и контроль, способствующие развитию организации;
5. Внутренний обмен услугами между подразделениями;
6. Гибкая система поощрений;
7. «Дающая возможности» структура (подразделения и другие «границы» рассматриваются скорее, как временная структура, которая при необходимости может быть изменена);
8. Изучение всеми работниками состояния среды;
9. Постоянный обмен опытом с партнерами, клиентами;
10. Атмосфера в организации, способствующая обучению;
11. Возможности саморазвития для сотрудников.

Анализируя эти признаки, становится очевидным, что без достижения сотрудниками эффективного управления собой (результативного самоменеджмента) создание самообучающейся организации невозможно (так как признаки будут отсутствовать).

Ключевым преимуществом самообучающейся организации является возможность выживать и адаптироваться при изменении внешней среды, вызванной как негативными изменениями на рынках, так и появления новых технологических решений, которые изменяют правила игры.

Если организация не способна к самообучению, то появление внешнего вызова приведет к неспособности ответить на него, что приведет к быстрому или постепенному (в зависимости от текущего состояния и типа вызова) краху организацию.

Важно обратить внимание на следующее. Самообучающиеся организации в статичной среде не имеют особых конкурентных преимуществ перед «не-самообучающимися», но как только статика сменяется на динамику – тут самообучающиеся организации, как более адаптивные к изменению внешней среды, получают существенные преимущества.

3.2. Что мешает на пути становления?

(по материалам [10])

Большинство организаций учатся плохо. То, как они были созданы и как ими управляют, как определены должностные обязанности и полномочия работников, как мы все привыкли мыслить и взаимодействовать (не только на рабочем месте, но и вообще), – все это создает препятствия в учебе. Первым шагом к исцелению должно стать умение опознавать семь источников неспособности учиться:

1. *Моя специальность – это и есть я.* Когда люди в организациях замыкаются в рамках должностных инструкций, они теряют чувство ответственности за результаты того, что делается с участием всех

- работников. А когда результаты оказываются неудовлетворительными, трудно найти ответ о причинах. Можно только догадываться, что кто-то «напортачил».
2. *Враг вовне.* Когда дела идут скверно, все мы склонны искать виноватых на стороне. На самом-то деле синдром «враг – вовне» – это только побочный результат принципа «моя специальность и есть я». Когда мы фокусируемся только на своем участке работы, мы не видим, как наши действия сказываются вовне. Если результаты рикошетом бьют в нас самих, мы виним кого угодно, только не себя.
 3. *Иллюзия ответственности.* Слишком часто активная позиция оказывается реакцией на события. Если мы просто усиливаем борьбу с внешними врагами, мы всего лишь реагируем на них, как бы мы свои действия ни называли. Действительная активность начинается с того, чтобы осознать собственный вклад в свои личные проблемы. Это не эмоциональное состояние, а результат способа мышления.
 4. *Завороженность событиями.* Сегодня главной угрозой для нашего выживания, для выживания наших организаций и всего общества в целом являются не какие-либо неожиданности, а медленные, постепенно развивающиеся процессы: гонка вооружений, экологический кризис, развал национальной системы образования, старение основных средств производства, падение качества продукции (по крайней мере, относительно продукции конкурентов). Никакой организации не удастся наладить продуктивную учебу, если над мышлением людей господствуют кратковременные события.
 5. *Вареная лягушка.* Корпорации очень плохо приспособлены к борьбе с постепенно нарастающими угрозами. Почему в известной притче лягушка сварилась? Потому что ее механизмы восприятия угрозы для жизни настроены на внезапное изменение, а не на медленные, постепенные перемены. Чтобы научиться видеть медленные, постепенные процессы, нужно самим притормозить и научиться

обращать внимание на трудноуловимые и полные драматизма медленные изменения. Нам не избежать судьбы лягушки, если мы не научимся замедляться и видеть постепенные процессы, которые зачастую являются источником самых больших опасностей.

6. *Иллюзия того, что мы учимся на практике.* У каждого есть свой «горизонт обучения», определяющий широту видения во времени и в пространстве, дающий возможность оценить собственную эффективность. Если последствия наших действий сказываются за пределами нашего горизонта обучения, мы утрачиваем возможность учиться на непосредственном опыте. Это ставит перед организациями основную дилемму обучения: лучше всего учиться на опыте, но нам недоступно прямое восприятие последствий множества самых важных решений. Инвестирование в новые производственные мощности и процессы влияет на качество и надежность поставок в течение десяти и более лет. Продвижение правильных людей на руководящие позиции на годы вперед определяет стратегию и стиль поведения организаций. Принимая решения такого типа, мы не можем полагаться на метод проб и ошибок. Традиционно организации создают функциональные иерархии, которыми легче управлять. Но функциональные подразделения быстро превращаются в феодальные домены, и некогда полезное разделение труда обращается в систему «дымовых труб», крайне затрудняющих контакт между различными функциями. Результат: анализ важнейших проблем компании, сложных межфункциональных вопросов оказывается делом либо рискованным, либо вовсе невозможным.
7. *Миф о команде менеджеров.* Для борьбы со всеми этими дилеммами и неспособностями существует передовой отряд – «команда менеджеров», собрание мудрых, опытных управленцев, представляющих все функциональные подразделения организации. Ради поддержания имиджа они подавляют все разногласия, так что

совместные решения оказываются слабыми и компромиссными, приемлемыми для всех и каждого, либо отражают мнение кого-то одного, кто сумел оседлать всю команду. Когда в вашей компании последний раз наградили того, кто, игнорируя злободневные проблемы, поднимает сложные вопросы о текущей политике? Даже когда мы в чем-то не уверены или просто чего-то не знаем, мы научены ограждать себя от неприятной ситуации. Именно этот процесс эффективно защищает нас от опасности научиться чему-либо действительно новому. Результатом оказывается то, что называют «умелой некомпетентностью», — полным-полно менеджеров, которые с невероятной эффективностью защищают себя от возможности чему-либо научиться.

Неспособность к обучению и пять дисциплин. Подобно терпящим бедствие организациям, в большинстве павших империй возникало внутреннее ощущение того, что дела идут не вполне хорошо, но доминировавшие инстинкты требовали защищать традиционные способы действий, не подвергая их сомнению. В таких случаях о развитии способностей, направленных на изменение традиционного поведения, говорить не приходится.

3.3. Решение проблемы с использованием нейронаук и самоменеджмента

Ниже приводится авторская таблица (табл.1), в которой поставлено соответствие проблем, имеющих в обучающейся организации, инструментам как классического менеджмента, так и самоменеджмента и нейроменеджмента, которые (как указывается в литературе) могут помочь преодолеть соответствующие проблемы.

Таблица 1. Подходы к решению проблем по неспособности организации к обучению с помощью инструментов самоменеджмента и нейроменеджмента.

№ п/п	Проблема самообучающихся организаций (источник неспособности к обучению)	Подходы к решению проблем с помощью инструментов самоменеджмента и нейроменеджмента
1	<i>Моя специальность – это и есть я</i>	Взгляд на себя со стороны (рефлексия), беседа с советником (коучем).
2	<i>Враг вовне</i>	Системный анализ организации, пересмотр (реинжиниринг) бизнес-процессов
3	<i>Иллюзия ответственности</i>	«Дело во мне» - принять свою ответственность за свое состояние.
4	<i>Завороженность событиями</i>	Долгосрочные программы развития с контрольными цифрами, анализ долгосрочной статистики отрасли на стратегических (1-2 раза в год) сессиях.
5	<i>Вареная лягушка</i>	Создание сценариев ситуационного реагирования организации на медленные долгосрочные изменения
6	<i>Иллюзия того, что мы учимся на практике</i>	Имитационное моделирование долгосрочных процессов для принятия решений по вопросам, находящимся за горизонтом обучения.
7	<i>Миф о команде менеджеров</i>	Иногда в команде нужен человек, который готов бескомпромиссно говорить правду в глаза и создавать неудобные ситуации – это сэкономит от ошибок командной конформности.

3.4. Сбербанк как самообучающаяся организация

(см. слайды и декларации корпоративного университета Сбербанка)

ПАО «Сбербанк» - крупнейшая банковская организация России, значительно превосходящая по размеру ближайших конкурентов. Такая, фактически монополярная, позиция несет риск «загнивания». Борясь с этим, банк позиционировал себя самообучающейся организацией и реализует ряд программ для этого. В частности, об этом говорится в слайдах еще 2011 года, которые оказались в свободном доступе в сети интернет [11]. Об этом же и говорится на сайте Корпоративного университета Сбербанка [12].

Действительно, как известно, ПАО «Сбербанк» находится на передовом рубеже современных технологий, там внедряется постоянно новая техника и новые услуги, происходят эксперименты по поиску новых форм работы с клиентами, создание новых услуг и продуктов. Сбербанк начал позиционировать себя как игрока на рынках смежных, уже небанковских услуг (страхование, маркетинг, торговля недвижимостью и тд). Это свидетельствует о активном развитии банка и характеризует его как действующую самообучающуюся организацию.

Однако, очевидно, что факторы, мешающие организации становиться самообучающейся (см. раздел 3.4), никуда не деваются и продолжают свое действие, поэтому ПАО «Сбербанк» рано успокаиваться и почивать на лаврах.

В этом контексте представляет интерес рассмотреть вопрос об инструментах, направленных на сохранение у банка состояния самообучающейся организации. Один из этих инструментов – использование методик самоменеджмента и нейромнеджмента.

3.5. Лаборатория нейронаук и поведения человека в ПАО Сбербанк

В структуре ПАО «Сбербанк» есть одна очень интересная лаборатория, возглавляемая Андреем Курпатовым. Она называется «Лаборатория нейронаук и поведения человека». Это название привлекло внимание автора и была поставлена задача понять, а чем же в этой лаборатории происходит и как она может помочь Сбербанку в достижении цели оставаться самообучающейся организацией.

К удивлению автора, результатов деятельности данной лаборатории и опубликованных для широкой общественности трудов обнаружено не было. Так как сложно допустить, что Сбербанк финансирует лабораторию, не требуя взамен результатов, то можно предположить, что результаты есть, но они не подлежат опубликованию и предназначены для внутренних корпоративных нужд банка.

Это еще больше заинтересовало автора и было предпринята практически детективная работа по поиску цифровых следов лаборатории в сети интернет. Было найдено архивное объявление о вакансии в этой лаборатории, которое дает информацию о проводимых в ней работах (Приложение 1).

После анализа этой вакансии становится ясно, что данная лаборатория предназначена для изучения поведения клиентов, а не сотрудников ПАО «Сбербанк»

3.6. Рекомендации для поддержания Сбербанка как самообучающейся организации

Так как ПАО «Сбербанк» уже является самообучающейся организацией, то ключевая задача – недопущение возникновения признаков, мешающих организации быть самообучающейся (см. раздел 3.4). Для этого можно рекомендовать применять подходы, описанные в разделе 3.5 настоящей работы.

Ключевой авторской рекомендацией является включение в сферу интересов Лаборатории нейронаук и поведения человека» сотрудников ПАО «Сбербанк», чтобы, наблюдая за обобщенным поведением человека в организации, научиться прогнозировать его, выявлять подразделения, где нарастают тенденции, мешающие Сбербанку оставаться обучающей организацией и вырабатывать рекомендации для изменения подобного поведения.

Выводы и предложения

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Самоменеджмент – новое направление в менеджменте, его терминология еще не устоялась, однако выявлена связь этого научного направления с нейронауками, так как успешность процесса управления

собой зависит от типа личности и особенностей индивидуального развития нервной системы.

2. «Самообучающаяся организация» - организация, которая в условиях постоянных стрессов и изменений способна создавать и накапливать новые знания, в частности о рынках, технологиях и клиентах. Это наиболее перспективный способ построения организации в информационную эпоху.
3. Проведя анализ применения разработанных принципов на примере ПАО «Сбербанк» доказано, что Сбербанк уже является самообучающейся организацией и, разрабатываемые рекомендации должны быть направлены не на выращивание обучающейся организации, а на поддержание этого состояния. Рекомендовано применять нейронауки для анализа поведения сотрудников (таким же образом, как сейчас эти технологии используются для анализа поведения клиентов), для оптимизации использования ресурсов ПАО «Сбербанк» использовать с этой целью Лабораторию нейронаук и поведения человека, которая обладает необходимыми компетенциями.

Список использованных источников

1. Определение самоменеджмента URL:
https://yandex.ru/images/search?text=самоменеджмент&pos=11&img_url=https%3A%2F%2Fcf2.ppt-online.org%2Ffiles%2Fslide%2Fi%2Fi0c4upt1IsRXwHfCnEjDT5xldL3AoPgNYKWSH9Mzq%2Fslide-6.jpg&rpt=simage (дата обращения 20.02.2021)
2. Самоменеджмент - это... Принципы, сущность, функции, методы самоменеджмента. Самоменеджмент организации URL:
<https://fb.ru/article/251200/samomenedjment---eto-printsipyi-suschnost-funksii-metodyi-samomenedjmenta-samomenedjment-organizatsii> (дата обращения 20.02.2021)
3. Георгий Щедровицкий Оргуправленческое мышление: идеология, методология, технология. Издательство Студии Артемия Лебедева 2014 (дата обращения 20.02.2021)
4. Нейроменеджмент: тайные коммуникации лидера URL:
<http://www.moscowuniversityclub.ru/home.asp?artId=14030> (дата обращения 20.02.2021)
5. Международная научно-практическая конференция «Нейро прожект менеджмент» URL: http://up-guu.com/NPM_2020_1.pdf (дата обращения 20.02.2021)
6. Лаборатория мозга URL: <http://www.neiromarketing.ru/index.htm> (дата обращения 20.02.2021)
7. Повысьте эффективность продукта максимально. Нейромаркетинговый сервис URL:
<https://sensorylab.ru/#rec201591609> (дата обращения 20.02.2021)
8. Сенге Питер «Пятая дисциплина. Искусство и практика обучающейся организации» URL: <https://www.litres.ru/piter-senge/pyataya-disciplina/chitat-onlayn/> (дата обращения 20.02.2021)

9. Самообучающаяся организация URL: <https://bakunin.com/self-learning-organization/> (дата обращения 20.02.2021)
10. Питер Сенге. Пятая дисциплина. Искусство и практика обучающейся организации. Конспект. URL: <https://baguzin.ru/wp/piter-senge-pyataya-distsiplina-iskusst/> (дата обращения 20.02.2021)
11. Слайды к докладу «МОЙ ШАНС СДЕЛАТЬ БОЛЬШЕ [креативный класс равнодушных лидеров] Сбербанк 2020 – Learning Organization Западно-Уральский банк 27 мая 2011 г.» URL: <https://present5.com/moj-shans-sdelat-bolshe-k-r-e-a/> (Дата обращения 20.02.2021)
12. Архив объявлений о вакансиях: URL: <https://g.co/kgs/Jnwktj> (дата обращения 01.02.2021)
13. Киракосян В.А., Куприянова Ю.А., Лобаскова М.М. Нейроменеджмент в России: современные тенденции развития // Материалы международной научно-практической конференции – 2020.
14. Николаевская О.А. Нейроменеджмент как инструмент организационного проектирования системы управления российскими предприятиями // Управление экономическими системами. - № 11(71). – 2014.

Приложение 1. Описание вакансии в лаборатории нейронаук и поведения человека ПАО «Сбербанк»

Источник: [12].

В поиске Data Analyst 'a (middle / senior) в Лабораторию нейронаук и поведения человека.

О нас: Лаборатории 1,5 года, мы активно развиваемся в области DS и продолжаем расширять команду. Занимаемся моделированием поведения, определением потребностей и обогащением профиля клиента. Разрабатываем решения для персонализации продуктовых предложений и коммуникаций с клиентами на стыке AI-технологий, нейронаук, поведенческой экономики, маркетинга и банковского бизнеса. Работаем преимущественно с событийными данными (карточные транзакции, платежи и переводы физ- и юрлиц, онлайн-активность), работаем с текстовыми и гео данными, анализируем отклик на рекламный контент. Взаимодействуем со многими командами Сбербанка и компаниями экосистемы. Работаем в атмосфере стартапа с масштабом энтерпрайза.

Задачи:

- Разобраться в предметной области и методологии психотипирования, принятой в Лаборатории.
- Проверять гипотезы (совместно с DS и методологами лаборатории), визуализировать результат
- Выявлять и визуализировать аномалии/экстремумы/особенности данных
- Участвовать в постановке задач для DE лаборатории на получение данных
- Анализировать данные, поступающие от DE, на предмет целостности и качества.
- Документирование разрабатываемых решений на Wiki (На уровне хранения знаний для синхронизации DS команды)

- Взаимодействовать с командой, предлагать идеи по развитию проектов.

Требования к искомому работнику на должность " Data Analyst в Лабораторию нейронаук и поведения человека ", предъявляемые прямым работодателем " Сбер для экспертов " в городе (населенном пункте) Москва , следующие: Опыт работы в роли дата-аналитика от 2х лет для middle и 4х лет для senior Знание SQL и Python (Pandas, Numpy + Scipy, Matplotlib и т.д.) для анализа данных и визуализации на продвинутом уровне, в т.ч. Hive и Impala (Hadoop) Опыт статистической обработки результатов АВ-тестов, анализа веб-аналитики Опыт работы с системами событийной аналитики. Опыт работы с реляционными и неструктурированными СУБД: Oracle, MS SQL, Teradata. Понимание BI-систем Хорошие коммуникативные и аналитические навыки. Умение и желание полноценно разобраться в задаче, Задавать вопросы, предлагать свои решения. Будет плюсом : Опыт разработки ETL-процессов, построения хранилищ и витрин данных Знания в области математической статистики и машинного обучения. Знание стека Hadoop/Hive/Spark и опыт работы с большими объемами данных.

Условия труда в компании " Сбер для экспертов " на вакантном месте работы " Data Analyst в Лабораторию нейронаук и поведения человека " следующие:

: Дружная разносторонняя команда. Уникальные масштабные проекты и сложные разноплановые задачи. Участие в различных конференциях, митапы DS Community банка и корпоративные мероприятия. Обучение за счёт банка (онлайн и офлайн, в т. ч. на внешних платформах). ДМС, спортзал, сниженные ставки по кредитам, дисконт-программы от множества компаний-партнеров. Возможность принять участие в других крупных и уникальных проектах экосистемы

СЕКЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВЫРАЩИВАНИЯ
РАСТЕНИЙ
«SMART GREENHOUSE» С ГОЛОСОВЫМ АССИСТЕНТОМ**

Воронин Александр Максимович

ГБОУ школа №1409

Научный руководитель:

Четверов Алексей Владимирович

Учитель информатики ГБОУ школа №1409

1. Ресурсная карта проекта

Таблица 1 – Ресурсная карта проекта

Виды ресурсов	Количество	Способ получения	Когда нужен
Кадровые ресурсы	2 человека: ученик 11Б Воронин Александр, руководитель – Четверов А.В.	Административный	На протяжении всего проекта
Информационные ресурсы	Информация на различных интернет - ресурсах, books.google.ru, cyberleninka.ru	Поисковые системы	На протяжении 1-4 этапов реализации проекта

Материально – технические ресурсы	Кабинет технологии, компьютер, принтер, лобзик, шуруповерт	Договор с администрацией образовательного учреждения	На протяжении всего проекта
Ресурсное обеспечение	Электроника Arduino, линейные приводы, солнечная батарея, материалы для создания макета теплицы	Из собственного резерва	На протяжении всего проекта

2. Введение

Новые технологии в сельском хозяйстве способствуют значительному увеличению уровня производства сельскохозяйственной продукции, стремительному росту уровня её качества. По оценкам J'son&Partners Consulting, суммарный экономический эффект от перехода сельских хозяйств на бизнес-модели, базирующихся на IoT и цифровизации, может составить более 4,8 триллиона рублей за год, или 5,6% прироста ВВП. В целом прирост объема потребления информационных технологий в России ожидается на уровне +22%, и этого можно достичь за счет цифровизации только одной отрасли — сельского хозяйства. [3]

Также аналитики Juniper Research прогнозируют трехкратное увеличение использования цифровых голосовых помощников. По оценкам экспертов, если в конце 2018 года по всему миру люди использовали 2,5 миллиарда виртуальных помощников, то через пять лет, в 2023-м, этот показатель достигнет восьми миллиардов.[4]

Существующие промышленные системы выращивания растений, а также системы управления с помощью голосового помощника недоступны для использования малым бизнесом, поэтому я предлагаю свою систему, которая позволит облегчить труд работников сельского хозяйства, оптимизировать процессы производства.

В своей работе я выделил следующие этапы:

- Исследовательская часть, в основе которой лежит сравнения микроконтроллеров и голосовых ассистентов
- Практическая часть, выражающаяся в создании аппаратно-программного комплекса и описании способов управления теплицей.

Новизна проекта заключается во внедрении голосового помощника в систему управления теплицей на базе ARDUINO.

3. Исследовательская часть

3.1. Система контроля версий Git

Проект использует систему контроля версий Git — распределённую систему контроля версий, которая даёт возможность разработчикам отслеживать и сохранять все изменения в файлах, а также работать совместно с другими разработчиками. Она была разработана в 2005 году Линусом Торвальдсом, создателем Linux, для того, чтобы другие разработчики могли вносить свой вклад в ядро Linux. Git известен своей скоростью, простым дизайном, поддержкой нелинейной разработки, полной децентрализацией и возможностью эффективно работать с большими проектами.[5]

Преимущества Git

- **Бесплатный и open-source.** Это значит, что его можно бесплатно скачать и вносить любые изменения в исходный код;

- **Небольшой и быстрый.** Он выполняет все операции локально, что увеличивает его скорость. Кроме того, Git локально сохраняет весь репозиторий в небольшой файл без потери качества данных;
- **Резервное копирование.** Git эффективен в хранении бэкапов, поэтому известно мало случаев, когда кто-то терял данные при использовании Git;
- **Простое ветвление.** В Git управление ветками реализовано гораздо проще и эффективнее.

3.2. Сравнение микроконтроллеров

Появление первых микроконтроллеров ознаменовало начало новой эры в развитии микропроцессорной техники. Наличие в одном корпусе большинства системных устройств сделало микроконтроллер подобным обычному компьютеру.

Такая ситуация позволила многим любителям использовать микроконтроллеры в своих проектах. Ниже приведена сравнительная таблица различных микроконтроллеров, на основе которой проведен анализ, позволивший выявить их преимущества.

Таблица 2 – Параметры микроконтроллеров

Параметр	Arduino Uno	STM32	ESP8266
сравнения			
Частота	16 МГц	72 МГц	80 МГц
Flash/Ram	32/2 Кбайт	64/20 Кбайт	512/80 Кбайт
Битность	АЦП – 10	АЦП – 12	АЦП – 10
Напряжение питания	От 2.7 до 5 В	От 2 до 3.6 В	От 3.0 до 3.6 В
Особенности	Работа устройства по принципу plug-	Производительность микроконтроллера, удачная	Отсутствие пользовательской энергонезависимой

	and-play	архитектура, малое энергопотребление	памяти на кристалле.
Цена	~150 руб. (программатор встроен)	~220 руб. (вместе с программатором)	~250 руб. (вместе с программатором)

Несмотря на лучшие параметры других микроконтроллеров, существуют значительные преимущества микроконтроллера Arduino UNO, созданного на основе процессора ATmega328: микроконтроллер имеет встроенный программатор; имеются различные шилды и модули, расширяющие функционал; существуют различные библиотеки для программирования; на рынке представлено достаточное количество компонентов, для которых также необходимо питание 5В. Вследствие этого Arduino UNO имеет более широкое распространение.[6],[7],[8]

3.3. Принцип работы голосового ассистента

Голосовые помощники пассивно считывают все звуковые сигналы, и для активной работы им необходима активация при помощи кодовой фразы. Например, произнесите: «Окей, Google», потом можете задать свой вопрос или отдать команду без пауз.

В момент голосового запроса автоматическая система распознавания речи (ASR system) преобразовывает звуковой сигнал в текст. Это происходит в четыре этапа:

- **Фильтрация.** Система убирает из звукового сигнала шумовой фон и помехи, возникающие при записи.
- **Оцифровывание.** Звуковые волны преобразуются в понятный компьютеру цифровой вид. Параметры получаемого кода в том числе определяют качество записи.

- **Анализ.** В сигнале выделяются участки, содержащие речь. Система оценивает ее параметры — к какой части речи относится слово, в какой оно форме, насколько вероятна связь между двумя словами.
- **Выявление шаблонов данных.** Полученную информацию система включает в словарь — собирает разные варианты произношения одного и того же слова. Чтобы точнее распознавать новые запросы, ассистенты сравнивают слова в них с шаблонами.

Если после обработки запроса виртуальный помощник не понимает команду или не может найти ответ, он просит перефразировать вопрос.[9]

3.4. Сравнение голосовых ассистентов

По данным Microsoft, самые популярные голосовые помощники в США — Google Assistant, Siri от Apple, Alexa от Amazon и Cortana от Microsoft. Однако на российском рынке также популярностью пользуются Алиса от Яндекса и Маруся от Mail.ru Group.

Основные характеристики голосовых ассистентов приведены в Таблица 3.

Таблица 3 – Параметры голосовых ассистентов

Голосовой помощник	Alexa	Google Assistant	Siri	Алиса	Маруся
Компания-производитель	Amazon	Google	Apple	Яндекс	Mail.ru Group
Активационная фраза	«Alexa»	«О'кей, Google»	«Привет, Siri»	«Привет, Алиса»	"Маруся"
Позиционирование	управление умным домом	Поисковая система	музыкальная колонка	музыкальная колонка	музыкальная колонка
Решаемые задачи	управление умными устройствами	управление умными устройствами	управление умными устройствами	обработка голосового запроса	управление умными устройствами
	взаимодействие с товарами и сервисами Amazon	поиск информации в интернете	поиск информации в интернете	управление медиа	поиск информации в сети интернет
	справочная информация	справочная информация	цифровая няня		обработка голосового запроса

Интеграция с социальными сетями и почтовыми сервисами	нет	нет	да	да	да
Понимает команды и произвольную речь	нет	да	нет	да	да
Язык	английский французский немецкий японский испанский	порядка 30 языков	21 язык, включая диалекты	русский	русский
Доля рынка	32%	23%	17%	менее 5%	менее 4%

Таким образом, учитывая особенности каждого голосового ассистента, его достоинства и недостатки, можно установить, что наиболее подходящими для России голосовыми ассистентам являются Алиса и Маруся.

Выбор сервиса Aimylogic неслучаен, именно на нем человек без опыта программирования может создать навык голосового ассистента для себя. Процесс создания навыков на Aimylogic является более быстрым, чем создание навыка, например для Алисы на платформе Яндекс.Диалогов.

3.5. Создание навыков на платформе Aimylogic

Создание навыка происходит в специально предназначенной среде с использованием блочных элементов. Пользователь выбирает необходимую ему группу элементов и делает логическую связку между ними. Ниже Рисунок 1 представлена часть алгоритма навыка голосового ассистента (Рисунок 1).

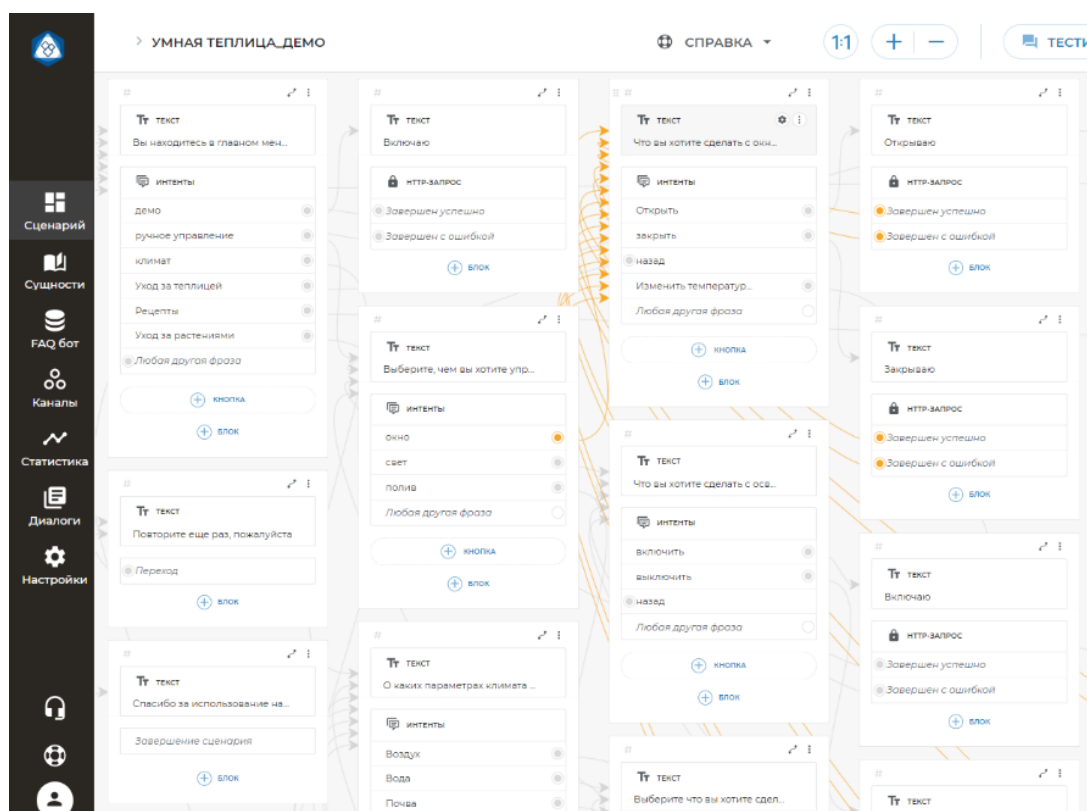


Рисунок 1 – Алгоритм работы навыка

После окончания создания навыка он загружается на специальный канал, а пользователь получает Webhook, который вводится в «ВКонтакте для разработчиков». Далее, авторизуясь в официальном приложении Маруся от Mail.ru Group, пользователь получает доступ к созданному навыку.

Выбор сервиса Aimylogic не случаен, именно на нем человек, без опыта программирования может создать навык голосового ассистента для себя.

Процесс создания навыков на Aimylogic является более быстрым, чем создание навыка, например для Алисы, на платформе Яндекс.Диалогов.

3.6. *Необходимые условия высокого роста сельскохозяйственных культур в теплице*

Проветривание: летом температура воздуха в теплице способна подниматься выше нормы, что плохо влияет на выращивание культур. Они могут начать вянуть и, в конечном итоге, можно потерять весь урожай. Температура воздуха является одним из ключевых факторов при выращивании любых культур в теплице. Именно поэтому теплица должна иметь форточки для проветривания, желательно оборудованные системой автоматического открывания.

Полив: полив является жизненно необходимым для любых растений. Точно так же, как и человек без воды долго не проживет, так и растения погибнут, если не получат воду вовремя.[10]

Освещение: наличие дополнительных ламп освещенности благотворно влияет на растения и позволяет выращивать плоды практически круглый год в разных широтах. Во время этого процесса растение под действием света поглощает углекислый газ, синтезируя органические вещества, необходимые для роста и развития плодов.[11]

4. Практическая часть

4.1. Аппаратный комплекс

Модуль управления теплицей построен на элементной базе, совместимой с микроконтроллером «Arduino UNO». В проекте используются такие компоненты, как датчики движения, температуры воды и воздуха, влажности почвы для получения данных о состоянии среды и управления исполнительными устройствами. Схема устройства приведена в приложении 1.

4.2. Программный комплекс

Проект реализован в среде Arduino IDE с подключением свободно распространяемых библиотек. Алгоритм работы системы приведен в Приложении 2, программный код - в Приложении 4 .

4.3. Дистанционное управление теплицей

В рамках проекта разработана система дистанционного контроля и управления теплицей с использованием модуля GSM. Данная функция позволяет пользователю не только получать информацию о состоянии сред в теплице – температуру и влажность воздуха, температуру воды, влажность почвы и другие параметры, но и управлять исполнительными механизмами, отвечающими за полив, освещение и проветривание теплицы.

Способы управления:

1. Использование голосового помощника. Пользователь активирует голосового ассистента фразой «Маруся», далее произносит команду управления, которую необходимо выполнить теплице. В ряде команд Маруся может предложить различные

параметры, например, граничную температуру открывания окна. Далее

голосовой ассистент отправляет запрос на Aimylogic, где он преобразуется в HTTP-запрос, направляемый теплице. Подробная схема структуры навыка приведена в Приложении 3.

2. Управление SMS – командами. Пользователь открывает приложение «Сообщения», далее вводит специальную команду управления и отправляет её на определенный номер.



Рисунок 2 – Алгоритм работы навыка

5. Экономическая оценка

Затраты на приобретение компонентов модуля управления составили (без учёта стоимости материалов для макета теплицы):

Таблица 4 – Стоимость компонентов

Компонент	Количество	Общая стоимость
Arduino UNO с проводом питания	1 шт	250,00 Р
Arduino motor shield	1 шт	232,00 Р
Arduino GSM module	1 шт	720,00 Р
Arduino Proto shield	1 шт	95,00 Р
Модуль часов реального времени	1 шт	85,00 Р
MOSFET модуль	3 шт	255,00 Р
Датчик света	1 шт	28,00 Р
Датчик уровня воды	2 шт	110,00 Р
Датчик движения	1 шт	73,00 Р
Датчик температуры и влажности воздуха	1 шт	45,00 Р
Датчик температуры воды	1 шт	135,00 Р
Резистор 4.7 кОм	1 шт	1,00 Р
Датчик влажности почвы	2 шт	142,00 Р
Дисплей	1 шт	155,00 Р
Светодиодная лента	1 м	225,00 Р
Насос для воды	1 шт	350,00 Р
Соленоид	1 шт	346,00 Р
Линейный привод	1 шт	1 200,00 Р
Провода соединительные	5м	700,00 Р
Выключатель	1 шт	15,00 Р
Аккумулятор 12В	1 шт	1 500,00 Р
Солнечная батарея с контроллером заряда	1 шт	1 800,00 Р
Герметичный корпус	1 шт	1 100,00 Р
Итого		9 562,00 Р

Таким образом, с учетом работ по сборке модуля управления (ориентировочно 3000 рублей) себестоимость системы составляет около 12500 руб. Учитывая работу мастера по монтажу системы в теплице потребителя (3000 руб.) и ежегодному обслуживанию (2000 руб./год) можно построить график, иллюстрирующий окупаемость системы за первые 24 месяца по сравнению с оплатой труда рабочего, ухаживающего за теплицей. Таким образом, установка системы окупается уже на четвертом месяце работы.

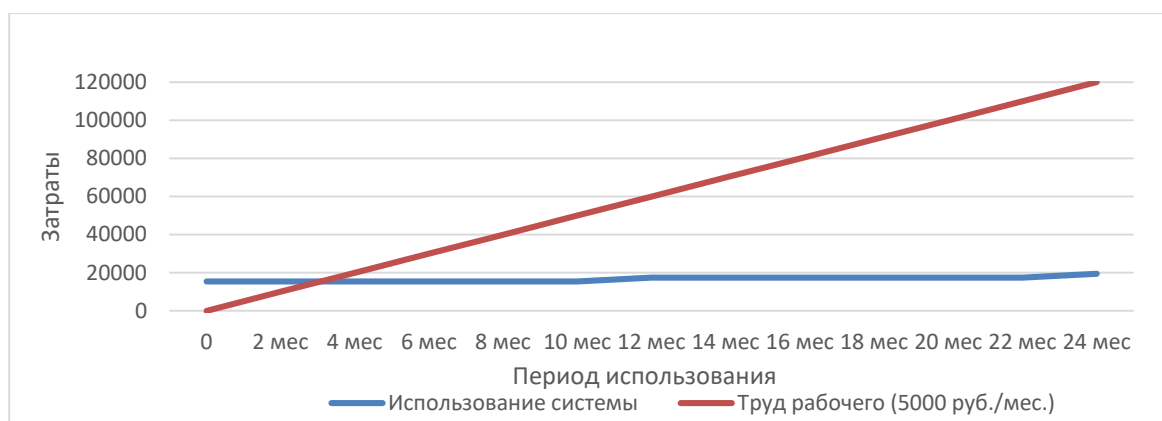


Рисунок 3 – Финансовая модель

б. Сравнение с аналогами

Рассматриваемая система имеет несколько аналогов:

1. Автоматическая теплица 2agrocloud



Рисунок 4 – Модуль управления теплицей 2agrocloud

Достоинства:

- Наличие собственного приложения, позволяющего непосредственно управлять теплицей по беспроводному интернет-соединению.

Недостатки:

- Питание системы производится от сети 220 вольт, что может привести к сбою в работе системы в случае отключения напряжения.
- Необходимо приобретение и установка роутера.
- Высокая стоимость системы, а также необходимость оплаты ежемесячной абонентской платы за использование определенных функций.

2. Умная теплица CLOVER TECH



Рисунок 5 – Модуль управления CLOVER TECH

Достоинства:

- Наличие контроля влажности воздуха и температуры почвы, а также возможность поддержания правильных условий для этих параметров.
- Составление графиков на основе измеренных параметров климата теплицы.

Недостатки:

- Отсутствие коробочного решения, комплектация системы подбирается индивидуально.
- Требуется высокая квалификация для монтажа системы.

7. Заключение

В результате работы над проектом создана автоматизированная система выращивания растений с возможностью голосового управления. Система является экономически бюджетным вариантом, для приобретения и эксплуатации которой не потребуются вложения значительного капитала. Программное обеспечение является открытым и размещено на сайте github.com.

Проект получил положительную рецензию от Mail.ru Group (Приложение 5). Перспективой дальнейшей разработки темы является

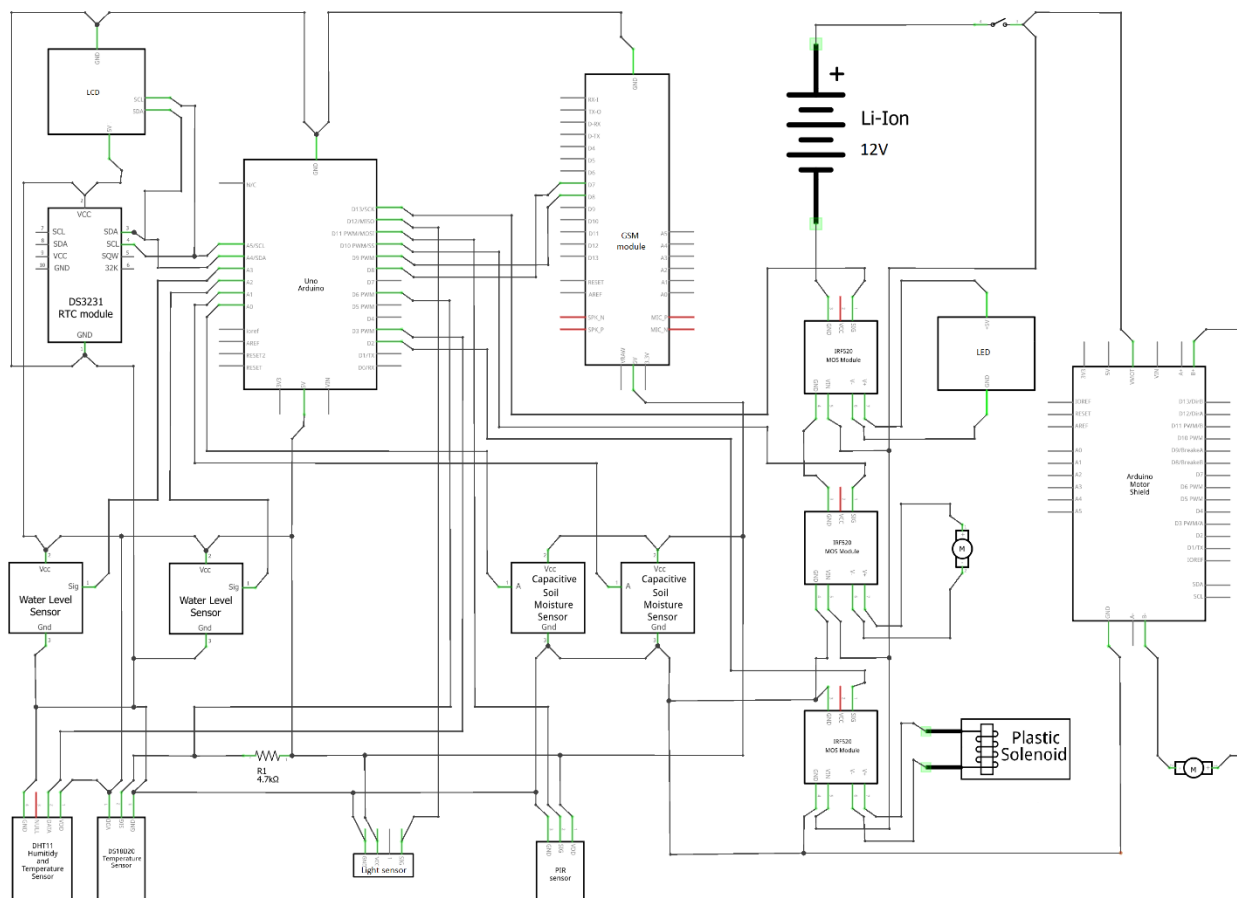
внедрение искусственного интеллекта для опознавания болезней растений.

8. Информационные ресурсы

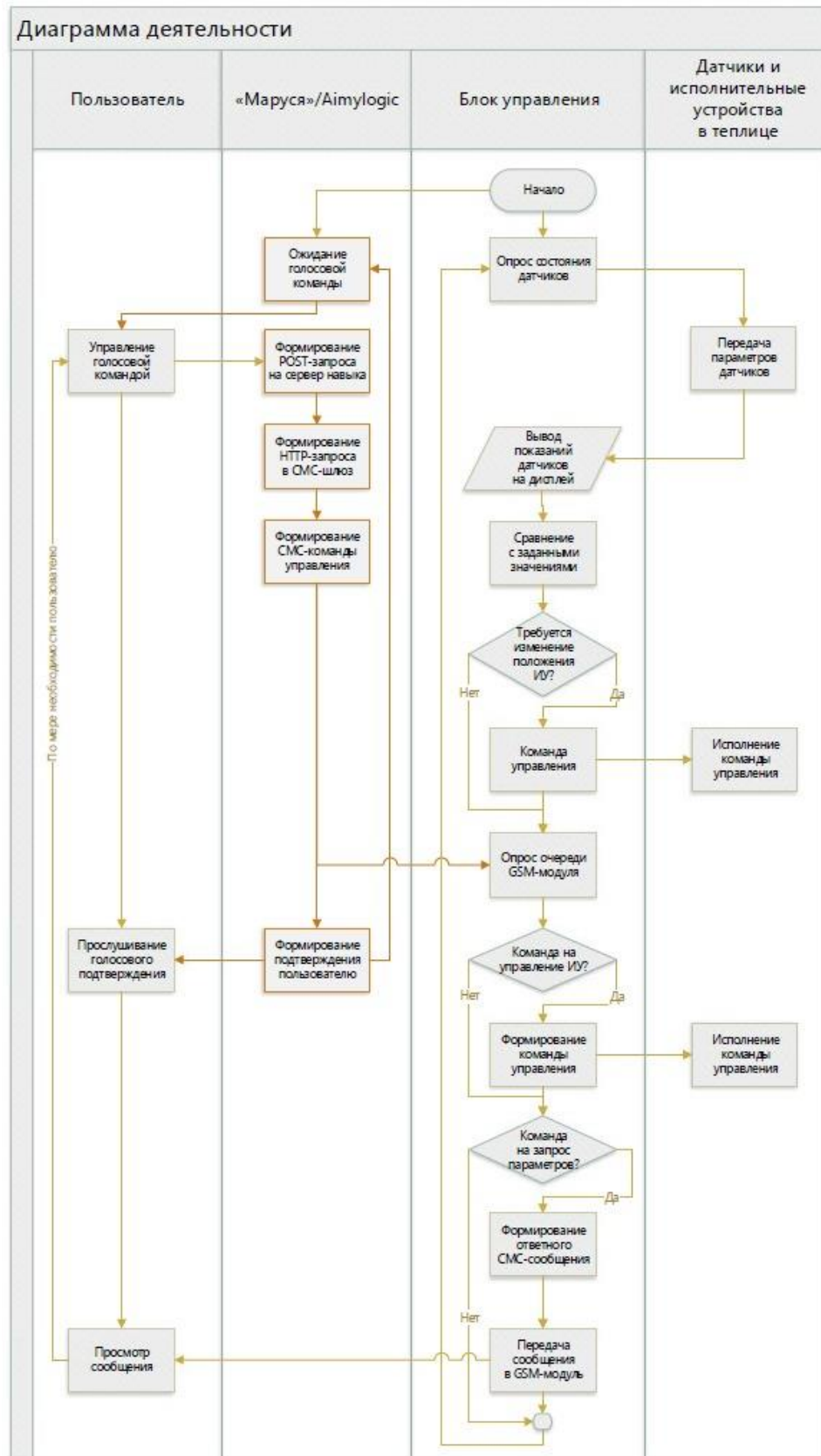
1. Основы программирования микроконтроллеров / Артём Бачинин, Василий Панкратов, Виктор Накоряков – ООО «Амперка», 2013 – 207 с.
2. Изучаем Arduino : инструменты и методы технического волшебства / Блум, Д. – БХВ-Петербург, 2020 – 336 с.
3. J'son&Partners Consulting [Электронный ресурс] / Интернет вещей в сельском хозяйстве (Agriculture IoT / AIoT): мировой опыт, кейсы применения и экономический эффект от внедрения в РФ.
URL: http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/internet-veschey-v-selskom-hozyaustve-agriculture-iot-aiot-mirovoy-opyt-keysy-primeneniya-i-ekonomicheskiy-effekt-ot-vnedreniya-v-rf-20170621045316
4. Juniper research [Электронный ресурс] / Juniper Research: Digital Voice Assistants in Use to Triple to 8 Billion by 2023, Driven by Smart Home Devices
URL:
<https://www.businesswire.com/news/home/20190212005064/en/Juniper-Research-Digital-Voice-Assistants-Triple-8>
5. Учебный портал TPROGER [Электронный ресурс] / Git и GitHub: что это такое и в чём разница. URL: <https://tproger.ru/translations/difference-between-git-and-github/>
6. [Электронный ресурс] Контроллер ARDUINO UNO: краткое описание и характеристики. URL: <https://playarduino.ru/project/kontroller-arduino-uno-kratkoe-opisanie-i-harakteristiki/>
7. Портал ArduinoMaster.Ru [Электронный ресурс] / STM32 – микроконтроллер для начинающих после Arduino. URL:
<https://arduinomaster.ru/stm32/stm32-mikrokontroller-dlya-nachinayushhih-posle-arduino/>

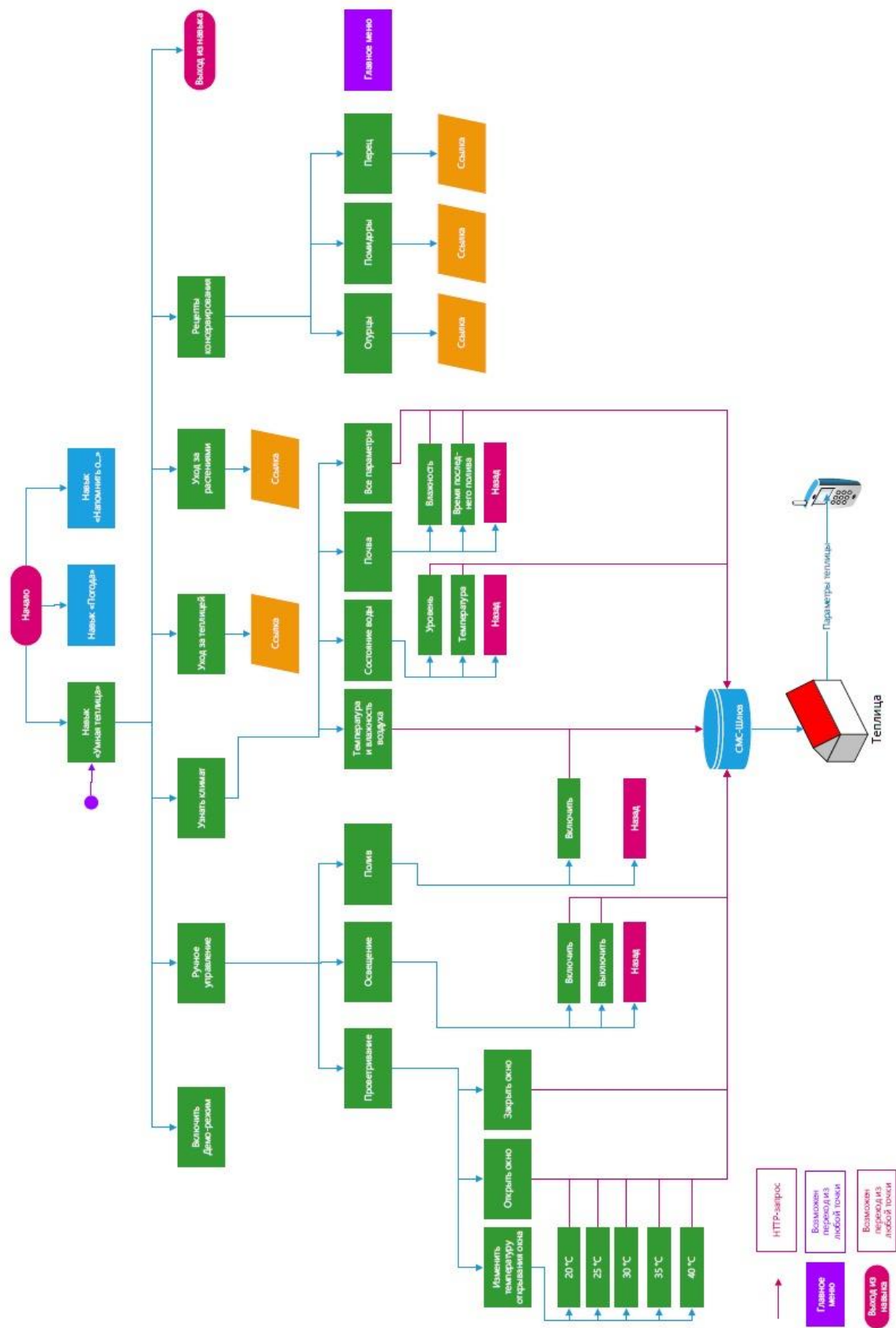
8. [Электронный ресурс] Микроконтроллер ESP8266: область применения и подключение URL: <https://arduinoplus.ru/plata-kompanii-espressif-chip-esp8266/>
9. [Электронный ресурс] Голосовые помощники: эволюция, устройство и основные игроки URL: <https://blog.dti.team/voice-assistants-1/>
10. Высокие технологии в саду и огороде / Курдюмов Н. И. – АСТ, 2018 – 187 с.
11. [Электронный ресурс] Что нужно знать инвестору и руководителю об освещении в тепличном растениеводстве. URL: <https://greentalk.ru/topic/22640/>

Приложение 1. Принципиальная схема устройства



Приложение 2. Алгоритм работы системы





Приложение 4. Программный код

```

#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial mySerial(8, 9);      // Выводы SIM800L Tx & Rx подключены к выводам Arduino 8
и 9
char incomingByte;
String inputString;

int LED = 13;                      // Вывод управления включением/выключением света

#include <DS3231.h>                 // Подключаем библиотеку Wire
DS3231 rtc(SDA, SCL);
int intVremy;
String strVremy;
String dattomarus = "No watering";

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // Подключение библиотеки
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Указываем I2C адрес

#include <OneWire.h>               //Библиотека для датчика температуры воды
#include <DallasTemperature.h> //Библиотека для датчика температуры воды

#include <dht11.h>                 //Библиотека для датчика температуры и влажности
воздуха(DHT11)
dht11 temphum;                   //Объявление переменной класса dht11

OneWire oneWire(6);              //Порт подключения датчика температуры воды
DallasTemperature ds(&oneWire);  //Температура воды

//Проветривание
#define DHT11PIN 3                //Объявление названия датчика температуры и влажности
воздуха в теплице и его порта

#define SPEED_1 5                 //Скорость вращения двигателя
#define DIR_1 4                   //Направление вращения двигателя

//Полив
#define WATERV A2                 //Объявление верхнего датчика уровня воды и его порта
#define WATERN A3                 //Объявление нижнего датчика уровня воды и его порта
#define POMPA 10                  //Объявление помпы и её порта
#define SOLENOID 2                //Объявление соленоида и его порта
#define VLPOCHV1 A0               //Объявление датчика влажности почвы и его порта
#define VLPOCHV2 A1               //Объявление датчика влажности почвы и его порта
// Датчик инверсный: больше влажность - меньше значение.
#define MIN 630                   // Определение минимального показания датчика (в воздухе)
#define MAX 330                   // Определение максимального показания датчика (в воде)
uint16_t sensorpochv1;           // Создание переменной для хранения адаптированных
показаний
uint16_t sensorpochv2;           // Создание переменной для хранения адаптированных
показаний

//Ночная подсветка
#define PIR 11                    //Объявление названия датчика движения и его порта
#define LED 13                    //Объявление названия ночной подсветки в теплице и её порта
#define SVET 12                   //Объявление названия датчика света и его порта

```

```

boolean WindowOpen = false; //Переменная состояния окна
int grotkrwind = 30;
boolean waterSolenoidOn = false; //Переменная состояния соленоида
boolean flgManualSvet = false;
boolean flgERRHiTemp = false;

int chk; //Переменная для считывания показаний с датчика температуры и
влажности воздуха

int waterv ; //Объявление названия верхнего датчика уровня воды и его порта
int watern ; //Объявление названия нижнего датчика уровня воды и его порта

int itogpochv;

int pirVal ; //Переменная для считывания показаний с датчика движения
void setup() {
  Serial.begin(9600); //Инициализация монитора порта
  ds.begin(); //Инициализация датчика ds18b20 температуры воды
  pinMode(WATERV, INPUT); //Объявление датчика уровня воды на вход
  pinMode(WATERN, INPUT); //Объявление датчика уровня воды на вход
  pinMode(PIR, INPUT); //Объявление датчика движения на вход
  pinMode(SVET, INPUT); //Объявление датчика света на вход
  pinMode(POMPA, OUTPUT); //Объявление порта помпы на выход
  pinMode(SOLENOID, OUTPUT); //Объявление порта соленоида на выход
  pinMode(LED, OUTPUT); //Объявление порта ночной подсветки на выход
  digitalWrite(POMPA, LOW);
  digitalWrite(SOLENOID, LOW);
  digitalWrite(LED, LOW);

  for (int i = 4; i < 5; i++) {
    pinMode(i, OUTPUT); //Настройка выводов платы 4, 5 на вывод сигналов
  }
  digitalWrite(DIR_1, LOW ); //Принудительный перевод привода в закрытое состояние
  Serial.println("Закрытие форточек");
  analogWrite(SPEED_1, 255); //Включение мотора
  WindowOpen = false;
  delay(7000); //Ожидание закрытия окна
  analogWrite(SPEED_1, 0); //Выключение мотора

  lcd.init(); // Инициализация дисплея
  lcd.backlight(); // Подключение подсветки

  mySerial.begin(9600);
  while (!mySerial.available()) { // Закикливаем и ждем инициализацию SIM800L
    mySerial.println("AT"); // Отправка команды AT
    delay(1000); // Пауза
    Serial.println("Connecting..."); // Печатаем текст
  }
  Serial.println("Connected!"); // Печатаем текст
  mySerial.println("AT+CMGF=1"); // Отправка команды AT+CMGF=1
  delay(1000); // Пауза
  mySerial.println("AT+CNMI=1,2,0,0,0"); // Отправка команды AT+CNMI=1,2,0,0,0
  delay(1000); // Пауза
  mySerial.println("AT+CMGL=\"REC UNREAD\"");

```

```

    rtc.begin();           // Инициализировать rtc
  }
  void loop() {
    strVremy = rtc.getTimeStr();
    intVremy = 3600 * (strVremy.substring(0, 2).toInt()) + 60 * (strVremy.substring(3, 5).toInt()) +
    (strVremy.substring(6, 8).toInt());

    if (intVremy < 500) {
      flgManualSvet = false;
    }
    chk = temphum.read(DHT11PIN); // Чтение данных с датчика температуры и влажности воздуха

    ds.requestTemperatures();      //Считывание показаний с датчика температуры воды

    sensorpochv1 = analogRead(VLPOCHV1);    //Считывание сырых данных с датчика влажности
    почвы
    sensorpochv1 = map(sensorpochv1, MIN, MAX, 0, 100); //Адаптация значения от 0 до 100

    sensorpochv2 = analogRead(VLPOCHV2);    //Считывание сырых данных с датчика влажности
    почвы
    sensorpochv2 = map(sensorpochv2, MIN, MAX, 0, 100); //Адаптация значения от 0 до 100

    itogpochv = (sensorpochv2 + sensorpochv1) / 2;

    waterv = analogRead(WATERV);    //Считывание значений с верхнего датчика уровня воды
    watern = analogRead(WATERN);    //Считывание значений с нижнего датчика уровня воды

    pirVal = digitalRead(PIR);      //Считывание значений с датчика движения

    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Air:T,C=" );
    lcd.setCursor(8, 0);
    lcd.print(temphum.temperature );

    lcd.setCursor(11, 0);
    lcd.print("Hum,%=" );
    lcd.setCursor(17, 0);
    lcd.print(temphum.humidity );
    lcd.setCursor(0, 1);          //Вывод показаний датчик на дисплей
    lcd.print("WaterTemp,C=" );
    lcd.setCursor(12, 1);
    lcd.print(ds.getTempCByIndex(0), 0 );
    lcd.setCursor(0, 2);
    lcd.print("SoilMoisture,%=");
    lcd.setCursor(15, 2);
    lcd.print(itogpochv);
    lcd.setCursor(20, 3);
    lcd.print(rtc.getTimeStr());

    if (((watern > 700) or (waterv > 700)) and (ds.getTempCByIndex(0) > 30) and (itogpochv < 40 )) {
      digitalWrite(POMPA, HIGH);
      Serial.println("Полив включен");
      lcd.setCursor(20, 3);
      dattomarus = rtc.getDateStr();
      lcd.print("Watering On");
    }
    //Цикл полива
  }

```



```

else {
  digitalWrite(POMPA, LOW);
  Serial.println("Полив ВБключен");
  //lcd.setCursor(20, 3);
  //lcd.print("          ");
}

if (watern == 0 and !waterSolenoidOn) {
  waterSolenoidOn = true;
} //Цикл наполнения бочки
if (waterv == 1) {
  waterSolenoidOn = false;
}

if (waterSolenoidOn) {
  digitalWrite(SOLENOID, HIGH);
} //Цикл наполнения бочки
else {
  digitalWrite(SOLENOID, LOW);
}

if (temphum.temperature > grotkrwind and (WindowOpen == false)) {
  digitalWrite(DIR_1, HIGH);
  analogWrite(SPEED_1, 255);
  WindowOpen = true; //Цикл открывания окна
  delay(7000);
  analogWrite(SPEED_1, 0);
}

if (temphum.temperature <= grotkrwind and (WindowOpen == true)) {
  digitalWrite(DIR_1, LOW );
  analogWrite(SPEED_1, 255);
  WindowOpen = false; //Цикл закрывания окна
  delay(7000);
  analogWrite(SPEED_1, 0);
}
}
if (temphum.temperature >= 40) {
  if (flgERRHiTemp == false) {
    sms(String("Attention: High Temperature"), String("+7926*****"));
    flgERRHiTemp = true;
  }
}
else {
  flgERRHiTemp = false;
}
}
if ( pirVal == LOW and (flgManualSvet == true or ((strVremy.substring(0, 2).toInt() < 21 and
strVremy.substring(0, 2).toInt() > 16) and digitalRead(SVET) == HIGH ))) {
  digitalWrite (LED, HIGH);
}
Serial.print (flgManualSvet);
if (pirVal == HIGH or (digitalRead(SVET) == LOW and flgManualSvet == false )) {
  digitalWrite (LED, LOW); // ВБключение подсветки
}
delay(50);
if (mySerial.available()) { // Проверяем, если есть доступные данные
  delay(100); // Пауза
}

```

```

while (mySerial.available()) { // Проверяем, есть ли еще данные.
  incomingByte = mySerial.read(); // Считываем байт и записываем в переменную
incomingByte
  inputString += incomingByte; // Записываем считанный байт в массив inputString
}
delay(10); // Пауза
Serial.println(inputString); // Отправка в "Мониторинг порта" считанные данные
inputString.toUpperCase(); // Меняем все буквы на заглавные
if (inputString.indexOf("LIGHT_ON") > -1) { // Проверяем полученные данные, если ON_1
включаем реле 1
  digitalWrite(LED, HIGH);
  flgManualSvet = true;
  //sms(String("LIGHT - ON"), String("+7926*****"));

} // Отправка SMS
if (inputString.indexOf("LIGHT_OFF") > -1) { // Проверяем полученные данные, если OFF_1
выключаем реле 1
  digitalWrite(LED, LOW);
  flgManualSvet = false;
  //sms(String("LIGHT - OFF"), String("+7926*****"));
} // Отправка SMS
delay(50);
if (inputString.indexOf("INFO") > -1) { // Проверяем полученные данные
  sms(String("AirTemp: " + String(temphum.temperature) + " *C " + " AirHum: " +
String(temphum.humidity) + " % " + " WaterTemp " + String(ds.getTempCByIndex(0)) + " *C " + "
SoilHum " + String(itogpochv) + " %"), String("+7926*****")); // Отправка SMS
}
if (inputString.indexOf("DEMO") > -1) {
  digitalWrite(DIR_1, HIGH);
  analogWrite(SPEED_1, 255); //Цикл открывания окна
  delay(7000);
  analogWrite(SPEED_1, 0); // Проверяем полученные данные
  delay(9000);
  digitalWrite(POMPA, HIGH);
  lcd.setCursor(20, 3);
  lcd.print("Watering On");
  Serial.println("Полив включен");
  lcd.setCursor(20, 3);
  lcd.print("Watering On");
  delay(2500);
  digitalWrite(POMPA, LOW);
  Serial.println("Полив выключен");
  lcd.setCursor(20, 3);
  lcd.print(" ");
  delay(5500);
  digitalWrite(SOLENOID, HIGH);
  delay(2500);
  digitalWrite(SOLENOID, LOW);
  delay(2900);
  digitalWrite(LED, HIGH);
  delay(5000);
  digitalWrite(LED, LOW);
  delay(1300);
  digitalWrite(DIR_1, LOW);
  analogWrite(SPEED_1, 255);
  delay(7000);
}

```

```
    analogWrite(SPEED_1, 0);
  }

  if (inputString.indexOf("WIND_OFF") > -1) { //Закрытие окна
    digitalWrite(DIR_1, LOW);
    analogWrite(SPEED_1, 255);          //Цикл закрывания окна
    delay(7000);
    analogWrite(SPEED_1, 0);
  }

  if (inputString.indexOf("WIND_ON") > -1) { //Открытие окна
    digitalWrite(DIR_1, HIGH);
    analogWrite(SPEED_1, 255);          //Цикл открывания окна
    delay(7000);
    analogWrite(SPEED_1, 0);
  }

  if (inputString.indexOf("T20") > -1) { //Влажность почвы
    grotkrwind = 20;
  }

  if (inputString.indexOf("T25") > -1) { //Влажность почвы
    grotkrwind = 25;
  }

  if (inputString.indexOf("T30") > -1) { //Влажность почвы
    grotkrwind = 30;
  }

  if (inputString.indexOf("T35") > -1) { //Влажность почвы
    grotkrwind = 35;
  }

  if (inputString.indexOf("T40") > -1) { //Влажность почвы
    grotkrwind = 40;
  }

  if (inputString.indexOf("WATER_ON") > -1) { //Включение полива на одну
секунду\минуту(ориг.)
    digitalWrite(POMPA, HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(POMPA, LOW);
  }

  if (inputString.indexOf("SOIL_HUM") > -1) { //Влажность почвы
    sms(String("SoilHum " + String(itogpochv) + " %"), String("+7926*****"));
  }

  if (inputString.indexOf("AIR") > -1) { //Температура и влажность воздуха
    sms(String("AirTemp: " + String(temphum.temperature) + " *C " + " AirHum: " +
String(temphum.humidity) + " % "), String("+7926*****"));
  }

  if (inputString.indexOf("W_LEVEL") > -1) { //Уровень воды
    if ((waterv > 700) and (waterv > 700))
    {
```

```

    sms(String("HIGH"), String("+7926*****"));
  }
  if ((watern > 700) and (waterv < 700))
  {
    sms(String("Medium"), String("+7926*****"));
  }
  else {
    sms(String("LOW"), String("+7926*****"));
  }
}

if (inputString.indexOf("W_T") > -1) { //Температура воды
  sms(String(" WaterTemp " + String(ds.getTempCByIndex(0)) + " *C "), String("+7926*****"));
}

if (inputString.indexOf("LAST_P") > -1) { //Последний полив
  sms(String(dattomarus), String("+7926*****"));
}
if (inputString.indexOf("OK") == -1) {
  mySerial.println("AT+CMGDA=\"DEL ALL\"");
  delay(1000);
}
digitalWrite(POMPA, LOW);
inputString = "";

}

}

void sms(String text, String phone) // Процедура Отправка SMS
{
  Serial.println("SMS send started");
  mySerial.println("AT+CMGS=\"" + phone + "\"");
  delay(500);
  mySerial.print(text);
  delay(500);
  mySerial.print((char)26);
  delay(500);
  Serial.println("SMS send complete");
  delay(2000);
}

```

Приложение 5. Рецензия Mail.Ru Group

Рецензия на проектную работу

**«Автоматизированная система выращивания растений
«Умная теплица» с голосовым ассистентом»**

Ученика 11 «Б» класса ГБОУ школы №1409 Воронина Александра

Данная проектная работа является инженерной разработкой, представляющей автоматизированную систему выращивания сельскохозяйственных культур с возможностью голосового управления.

В ходе работы:

- проведен анализ 3-х типов микроконтроллеров (STM 32, ESP 8266, Arduino UNO) и на основе показанных преимуществ микроконтроллера Arduino UNO последний был выбран для реализации проекта;
- разработана аппаратная модель устройства управления теплицей;
- создан макет теплицы и собрана система дистанционного контроля и управления теплицей с использованием модуля GSM;
- создана программа управления теплицей;
- проведен сравнительный анализ голосовых ассистентов, на основе анализа их характеристик был выбран голосовой ассистент Маруся от Mail.ru Group;
- на платформе Aimylogic создан навык управления теплицей голосовым ассистентом Маруся от Mail.ru Group.

Модель устройства полностью собрана и исправно функционирует: поддерживает определённые микроклиматические условия, организует полив, проветривание, освещение, исключая необходимость ежедневного обслуживания теплицы человеком.

Работа выполнена на высоком профессиональном уровне. В описании проекта приведены схемы, описывающие аппаратный комплекс и архитектуру навыка, а также программный код работы теплицы. Программный код, созданный в работе, размещен в открытом доступе.

Хочется порекомендовать при дальнейшей работе над проектом, сделать взаимодействие с голосовым ассистентом более нативным и «человечным», т.е. позволить юзеру отдавать команды с помощью обычных фраз, без привязки к строгой форме.

Данная проектная работа является актуальной технологией, которая позволит облегчить труд работников сельского хозяйства, оптимизировать процессы производства и заслуживает внимания сельскохозяйственных предприятий малого бизнеса.

Менеджер по маркетингу Mail.ru Group



А.Ю. Саднова

СЕКЦИЯ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ

«УМНЫЙ ПЛАНИРОВЩИК»: ТЕЛЕГРАММ-БОТ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НАПОМИНАНИЙ ИЗ РАЗГОВОРНОЙ РЕЧИ ЧЕЛОВЕКА

Оразов Алексей Витальевич

МБОУ-СОШ №50 г. Орла, 11 класс

ВВЕДЕНИЕ

В настоящий момент мессенджер «Телеграмм» является одним из самых популярных мессенджеров в мире. Многие люди активно пользуются им не только как социальной сетью, но и рабочим инструментом. С целью расширения функциональности и повышения удобства пользования мессенджером было решено создать телеграмм-бота, способного создавать и выполнять напоминания внутри мессенджера.

ВЫБОР ПЛАТФОРМЫ

В первую очередь требовалось выбрать одну из существующих библиотек для взаимодействия с API мессенджера [1], а, соответственно, и язык программирования, на котором будет разрабатываться бот. В ходе анализа существующих решений был составлен список наиболее популярных из них (см. Таблица 5).

Таблица 5 – Языки программирования и библиотеки для них

javascript	php	Python
Telegraf	PHP Telegram API	python-telegram-bot
node-telegram-bot-api	PHP Telegram Bot	Telepot
		Telebot

Из данных вариантов был выбран фреймворк Node-js [2] и библиотека

Telegraf [3] в связи с тем, что язык javascript на данный момент является одним из самых популярных в мире и синтаксически похож на знакомый мне C++, а выбор библиотеки обусловлен тем, что у неё очень подробная документация. До этого я не имел опыта работы с языком javascript.

БАЗОВАЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ

Вначале предполагалось создать упрощенную “альфа” версию бота для анализа жизнеспособности данной идеи на практике. Данная первая версия бота должна была обладать следующей функциональностью:

1. Распознавание простых напоминаний;
 2. Сохранение и исполнение напоминаний;
 3. Настройка часового пояса;
1. Распознавание простых напоминаний

Чтобы исполнить напоминание нужно сначала сформировать его из текстового сообщения. Для этого был написан код для извлечения даты и текста напоминания из строки.

Неотъемлемая часть любой даты — это числа, и люди иногда пишут их словами. Поэтому, прежде чем приступать к распознаванию, требовалось сначала конвертировать такие числа в понятный для машины вид — запись при помощи цифр. Для этого был разработан и написан алгоритм предварительной обработки строки, работающий следующим образом:

1. Запускается цикл, в котором перебираются все слова в строке по очереди.
2. Выбранное слово сверяется со словами в словаре. Если расстояние Дамерау-Левенштайна между выбранным словом и словом из словаря меньше определенного порога, то это слово заменяется соответствующим ему числом.
3. Если предыдущее слово — это число, и его можно соединить с текущим числом согласно нормам речи, то эти два слова сливаются в одно (например “сто двенадцать” → 112, “две тысячи” → 2000).

После этого уже запускался процесс распознавания даты в обработанном

сообщении. Его алгоритм работы следующий:

1. По строго заданному словарю находятся ключевые слова (такие как “минуты”, “завтра”). Здесь также применяется расстояние Дамерау-Левенштайна.
2. По человеческим шаблонам указания времени находятся подходящие группы слов (например “в 13 часов”) и эти слова помечаются как ключевые.
3. В соответствии с найденными шаблонами устанавливается время напоминания.
4. Все ненайденные параметры времени заполняются значениями данных параметров из текущего времени.
5. Из оставшихся слов, которые не были помечены ключевыми, формируется текст напоминания.

Данный примитивный алгоритм позволяет распознавать простейшие напоминания (см. Рисунок 6).

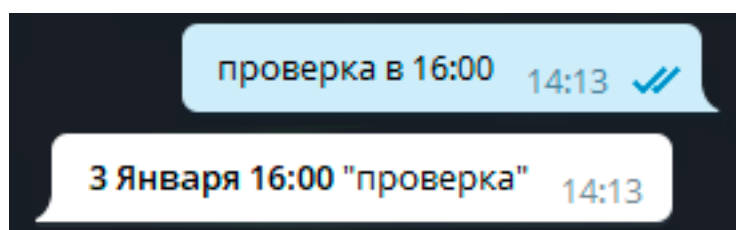


Рисунок 6 – пример простого напоминания

2. Сохранение и исполнение напоминаний

Хранить напоминания было решено в базе данных. Для этого была использована СУБД PostgreSQL [4]. Выбор именно этой системой обусловлен тем, что она уже интегрирована в платформу Heroku [5], на которой хостится бот.

Созданная база данных хранила в себе две таблицы: одна для хранения id всех чатов, а другая для хранения всех напоминаний (см. Таблица 6).

Таблица 6 – Структура таблицы напоминаний

ChatID	id	text	ts	username
--------	----	------	----	----------

ТЕХТ	INTEGER	ТЕХТ	BIGINT	ТЕХТ
------	---------	------	--------	------

Колонка ChatID соответствует id чата, в котором было создано напоминание. Оно хранится в текстовом формате из-за того, что в «Телеграмме» id чатов для личных сообщений и групповых бесед имеют разный формат. Колонка id обозначает номер этого напоминания в данном чате. Колонка text хранит в себе текст напоминания. Колонка ts соответствует штампу времени (timestamp), в который должно исполниться данное напоминание. Колонка username используется в групповых беседах для упоминания вместе с текстом напоминания его автора.

Для отображения списка напоминаний пользователя была добавлена команда /list, отображающая список всех напоминаний в данном чате (см. Рисунок 7).

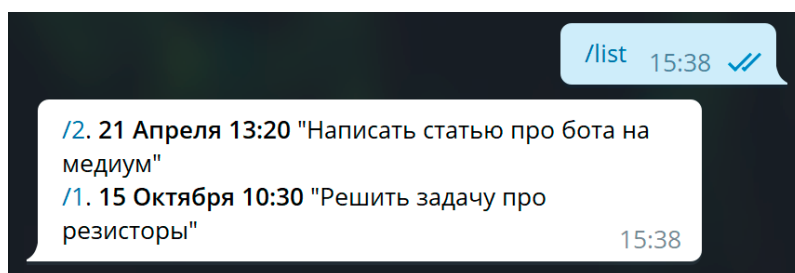


Рисунок 7 – демонстрация работы команды /list

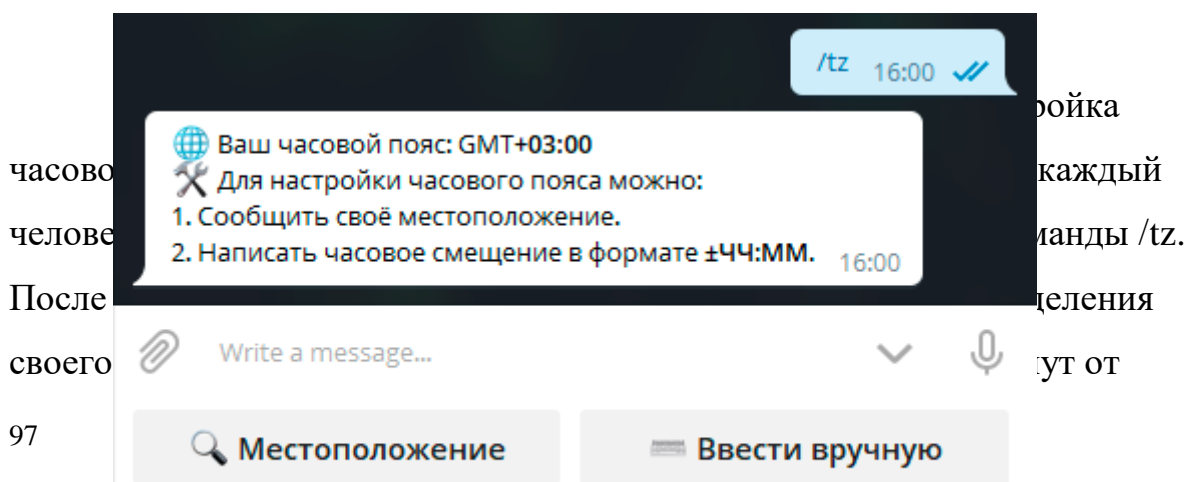


Рисунок 8 – демонстрация работы команды /tz

Гринвича или отправить свою геолокацию. Во втором случае бот отправляет запрос на сайт api.geonames.org [6], при помощи которого определяется часовой пояс по долготе и широте пользователя. Рисунок 8 демонстрирует работу команды /tz.

После реализации этих пунктов на сайте Хабрахабр [7] была опубликована статья, рассказывающая о данном боте. Получив положительные отклики от людей, было решено продолжить развивать «Умного планировщика».

ПОДДЕРЖКА ГОЛОСОВЫХ СООБЩЕНИЙ

В современных реалиях люди все меньше печатают сообщения вручную и активнее пользуются голосовыми сообщениями. Учитывая, что многим пользователям может потребоваться быстро что-то запланировать, а писать это текстом слишком долго, было решено добавить поддержку голосовых сообщений. Для этого была применена технология Yandex SpeechKit [8], извлекающая из аудио-файлов слова в виде текста. Она довольно точно распознает текст и также поддерживает английский язык.

ОТДЕЛЬНЫЕ БИБЛИОТЕКИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ДАТЫ И ТЕКСТА НАПОМИНАНИЙ

В “альфа” версии бота распознавание напоминаний было напрямую вписано в код самого бота. Более правильно же вынести этот алгоритм в отдельный npm [9] пакет.

Как уже было сказано ранее, обработка сообщений происходит в два этапа:

1. Конвертация чисел, записанных с помощью слов, в числа, записанные цифрами
2. Распознавание даты и текста напоминаний.

Поэтому было решено создать две независимые библиотеки (npm пакета) для решения каждой из этих задач. Начать я решил с более простой задачи – конвертации чисел.

1. Библиотека parse-word-to-number

Данная библиотека преобразует все числа в строке, записанные с помощью слов, в сами числа. Работает она по усовершенствованному алгоритму предварительной обработки строки из “альфа” версии бота. Был улучшен процесс соединения нескольких подряд идущих слов в одно число. Также была добавлена поддержка английского языка и вместе с ней распознавание разделения слов одного числа через тире. Например: “four-hundred-seventy-six” → 476. Такая запись иногда используется в английском языке.

Библиотека открытая и общедоступная. Найти её можно на Github [10] или npmjs [11]. Там же доступна документация по применению этой библиотеки.

2. Библиотека date-parser

Алгоритм распознавания напоминаний был существенно переделан по сравнению с используемым в “альфа” версии бота. Работал он следующим образом: исходная строка разбивалась на слова, а затем формировалась новая строка, которая состояла из символов, каждый из которых соответствовал какому-то ключевому слову из словаря. Таким образом получалась сокращенная строка, хранящая в себе, по сути, ту же информацию, что и изначальная, но зато её намного проще понимать машине. Так, например, строка “сходить завтра в магазин в 6 вечера” превращается в “.Ap.pnO”. Слову “завтра” соответствует символ ‘A’, предлогу “в” – символ ‘p’, слову “вечера” – ‘O’, число помечается символом ‘n’, а все остальные не найденные слова – точками.

Для извлечения даты теперь нужно просто расписать разные регулярные выражения для обработки каждого случая описания даты в человеческой речи. Поэтому был создан массив объектов класса **parseCase**, каждый из которых описывал одно регулярное выражение и хранил в себе

инструкции того, как надо обрабатывать и извлекать время из этого случая. К сокращенной строке применялись по очереди все **parseCase**'ы, и в результате получался массив объектов класса **ParsedTime**, представляющих собой все найденные описания времени. Он имеет 11 параметров, но я расскажу лишь о самых важных из них.

Параметр **timeType** определяет какой тип времени у этого описания. Это могут быть секунды, минуты, часы и так далее. Числовой параметр **number** определяет само значение этого описания. К примеру, объект **ParsedTime** с **timeType** = "minutes" и **number** = 30 соответствует описанию времени «30 минут». Также у этого класса есть массив чисел **indexes**, который хранит в себе индексы тех слов, которые были применены для этого описания времени.

Затем, когда мы получили массив объектов класса **ParsedTime**, мы пытаемся их скомпоновать так, чтобы получилось не больше 1 описания одного и того же типа времени. То есть мы не можем соединить два описания минут, но зато можем соединить описание минут и часов. Объединённые **ParsedTime** объекты образуют объект класса **ParsedDate**, который хранит в себе уже полную информацию о всех описаниях времени. В нём хранится полная дата напоминания. Для формирования текста напоминания мы удаляем из исходной строки слова, индексы которых входят в массив **indexes** объектов **ParsedTime**, использовавшихся для формирования этого **ParsedDate**. Таким образом мы получаем всю необходимую нам информацию о введенном напоминании.

Данная библиотека имеет множество других особенностей и возможностей, о которых я не стал рассказывать, так как это увеличило бы объём статьи в несколько раз (в частности поддержка повторяющихся напоминаний, таких как "каждые полчаса пить воду"), но вы можете прочитать о них в документации библиотеки на Github [12] или npmjs [13].

ПОСЛЕДУЮЩЕЕ РАЗВИТИЕ БОТА

После написания библиотек `parse-word-to-number` и `date-parser` они

были имплементированы в код бота. Помимо этого, было реализовано множество нововведений, и на описание каждого из них ушло бы еще пару страниц. Вместо этого я предлагаю ознакомиться со всеми ними в телеграмм-канале, посвященному обновлениям бота: @SmartScheduler_Info [14]. Здесь же я упомяну только существенные изменения в работе бота. Среди них:

1. Поддержка файлов в напоминаниях.
2. Поддержка английского языка.
3. Возможность создания сразу нескольких напоминаний в одном сообщении.
4. Шифрование текста напоминаний по алгоритму «aes-128-cbc».
5. Интеграция с Trello [15].

В планах добавление интеграции с Google календарём, настройки индивидуального времени для таких ключевых слов, как “днём”, “утром”, “вечером” и “ночью”, а также множество мелких технических правок. Весь этот список изложен в тикетах на Github’е [16] проекта.

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТА С АНАЛОГАМИ

Во время исследования существующих решений, я нашёл 6 ботов, предназначенных для создания напоминаний, но лишь 2 из них оказались рабочими. Это @remindmemegabot [17] и @SkeddyBot [18]. Для сравнения функциональности «Умного планировщика» @SmartScheduler_bot [19] и его конкурентов была составлена Таблица 7. Плюсом обозначено, что данная особенность присутствует, минусом – отсутствует.

Таблица 7 – Сравнение функциональности ботов

Функциональность	Smart Scheduler	Skeddy	Remind Me
Создание сложных напоминаний	+	+	+
Создание сразу нескольких напоминаний в одном сообщении	+	–	–

Поддержка английского языка	+	+ и еще 18 языков	–
Распознавание слов с ошибками	+	–	–
Поддержка повторяющихся напоминаний	+	+	–
Указание максимального времени для повторяющихся напоминаний	+	–	–
Раздельные напоминания для каждого участника группы	+	–	–
Поддержка голосовых сообщений	+	–	–
Поддержка файлов в напоминаниях	+	–	–
Интеграция с Trello	+	–	–
Web интерфейс для управления	–	+	–

Таким образом «Умный Планировщик» выгодно отличается функциональностью по сравнению со своими аналогами, и, хотя Skeddy поддерживает около 20 языков, достигается это у него за счет использования готовой python библиотеки date-parser [20].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе работы над проектом мною был с нуля изучен язык javascript, фреймворк node-js, основные принципы разработки web-приложений и работы с базами данных. Был создан готовый продукт в виде рабочего телеграмм-бота. За более чем полгода существования проекта им уже успело воспользоваться свыше 700 человек, и многие из них оставляют положительные отзывы об «Умном планировщике» и отмечают его удобность. По запросам пользователей было добавлено несколько нововведений (в частности интеграция с Trello). В дальнейшем планируется реализация запланированных идей, постоянная поддержка проекта, а также

покупка рекламы для бота в тематических телеграмм-каналах. Так как код проекта открытый, то любой желающий может поучаствовать в развитии бота или изменить его под свои нужды.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- 1 Telegram Bot Api <https://core.telegram.org/bots/api/>
- 2 Node.js documentation <https://nodejs.org/dist/latest-v15.x/docs/api/>
- 3 Telegraf documentation <https://telegrafjs.org/>
- 4 PostgreSQL documentation <https://www.postgresql.org/docs/>
- 5 Heroku <https://heroku.com/>
- 6 GeoNames <http://api.geonames.org/>
- 7 Хабрахабр <https://habr.com/>
- 8 Yandex SpeechKit <https://cloud.yandex.ru/services/speechkit>
- 9 Node Packet Manager <https://www.npmjs.com/>
- 10 parse-word-to-number Github <https://github.com/alordash/parse-word-to-number>
- 11 parse-word-to-number npm
<https://www.npmjs.com/package/@alordash/parse-word-to-number>
- 12 date-parser Github <https://github.com/alordash/date-parser>
- 13 date-parser npm <https://www.npmjs.com/package/@alordash/date-parser>
- 14 Smart Scheduler Info channel https://t.me/SmartScheduler_Info
- 15 Trello <https://trello.com/>
- 16 Smart Scheduler project <https://github.com/alordash/BotSmartScheduler/>
- 17 Remind Me bot <https://t.me/remindmemegabot>
- 18 Skeddy bot <https://t.me/SkeddyBot>
- 19 Smart Scheduler bot https://t.me/SmartScheduler_bot
- 20 Python date-parser library <https://dateparser.readthedocs.io/en/latest/>

СЕКЦИЯ ВЫСТАВКА-КОНКУРС ПРОГРАММНЫХ РАЗРАБОТОК

**РАЗРАБОТКА С КОМПИЛЯТОРА ДЛЯ 16-ТИ РАЗРЯДНОЙ
ВИРТУАЛЬНОЙ МАШИНЫ**

Ширяев Михаил Алексеевич

ГБОУ «Школа №1557 им. П.Л. Капицы», г. Зеленоград

Научный руководитель:

Ширяев Алексей Евгеньевич

АО «Научно-технический центр ЭЛИНС»

ведущий инженер-электроник

Введение (общая идея проекта, актуальность)

В настоящий момент, на фоне все возрастающей тенденции усложнения промышленного оборудования, все сильнее возникает потребность в простых в эксплуатации и понятных обычному человеку устройств. Требования времени диктуют с одной стороны повышения функциональности вновь разрабатываемых устройств, а с другой стороны, повышенная сложность нового оборудования вызывает недовольство обычных пользователей.

«Люди противятся всему сложному и лелеют все простое, хотят, чтобы все работало после нажатия на одну кнопку» (Джек Траут «Траут о стратегии»). Этот парадокс, спровоцировал появление на рынке ряда устройств, актуальность которых поначалу вызывало большие сомнения. Речь пойдет о промышленных контроллерах.

Негласные правила рынка диктовали внедрение компьютерных технологий во все что нужно и не нужно, и контроллеры не остались в стороне. Сейчас выросло целое поколение людей, не представляющих себе электронное устройство, в которое нельзя вставить флэш-носитель,

подключить сетевой кабель, монитор и клавиатуру. И контроллеры развивались в основном в этом направлении. В них встраивались полноценные операционные системы, сначала DOS, потом QNX и Linux, а некоторые самые продвинутые не стеснялись внедрять Windows.

При этом контроллеры становились все более сложными и непонятными, пользоваться ими могли только профессиональные программисты, которые, в сущности, и обеспечивали себя работой. И вдруг на рынке появляется простой, восьмиразрядный контроллер «Arduino». Созданный для учебных целей, он неожиданно завоевал популярность в профессиональной сфере. Инженеры, работающие в промышленности, не особо знакомые с программированием, вдруг принялись создавать на нем всевозможные устройства, от простых игрушек до вполне конкурентных систем сбора данных и промышленной автоматики. Это был своеобразный протест, люди негласно продемонстрировали миру, что промышленное оборудование не обязательно должно быть на базе 64-разрядных процессоров и с наличием терабайтов оперативной памяти. Оно должно было только выполнять свои функции и при этом оставаться максимально простым и удобным в пользовании. Другим подобным примером может служить контроллер серии КТМУ-50 «Амадин». Не так широко известный, как «Arduino», тем не менее, он завоевал популярность среди специалистов ООО «Газпром трансгаз Москва», входящего в структуру ПАО «Газпром». Для этого контроллера мной и написан C компилятор.

1. Постановка задачи

Цель проекта – исследовать 16-ти разрядную виртуальную машину (специализированный контроллер) со своей системой команд (ассемблерные инструкции) и разработать C компилятор для реализации возможности написания пользовательских программ на языках высокого уровня.

Объект исследования: 16-ти разрядная виртуальная машина (специализированный контроллер), разработанная Ширяевым А.Е. для системы телемеханики в интересах ОАО «Газпром транзит Москва». Виртуальная машина имеет собственную операционную систему со своей системой команд, являющихся ассемблерными инструкциями. Возможности виртуальной машины ограничены следующими параметрами:

1. Число регистров – 256 (R0-R255). Каждый из регистров подключен к арифметико-логическому устройству равноправно.
2. Оперативной памяти нет.
3. Стек – 128 слов (256 байт).
4. Адресации через указатели нет.
5. Команд, прямо модифицирующих указатель стека, нет.
6. Имеется системная область, доступная командами IN, OUT, SCALL.

2. Идея проекта

Контроллер серии КТМУ-50 «Амадин» (рис. 1) создавался в противовес сложным и дорогим устройствам на основе промышленных компьютеров. По задумке, пользователями контроллера должны были стать обычные инженеры, не знакомые с навыками программирования. Поэтому, в отличие от большинства подобных вещей, его сделали не программируемым,

а конфигурированным. Все наиболее важные функции уже встроили в системную программу, а пользователю оставалось лишь заполнить файл конфигурации по образцу и “залить” его в контроллер.

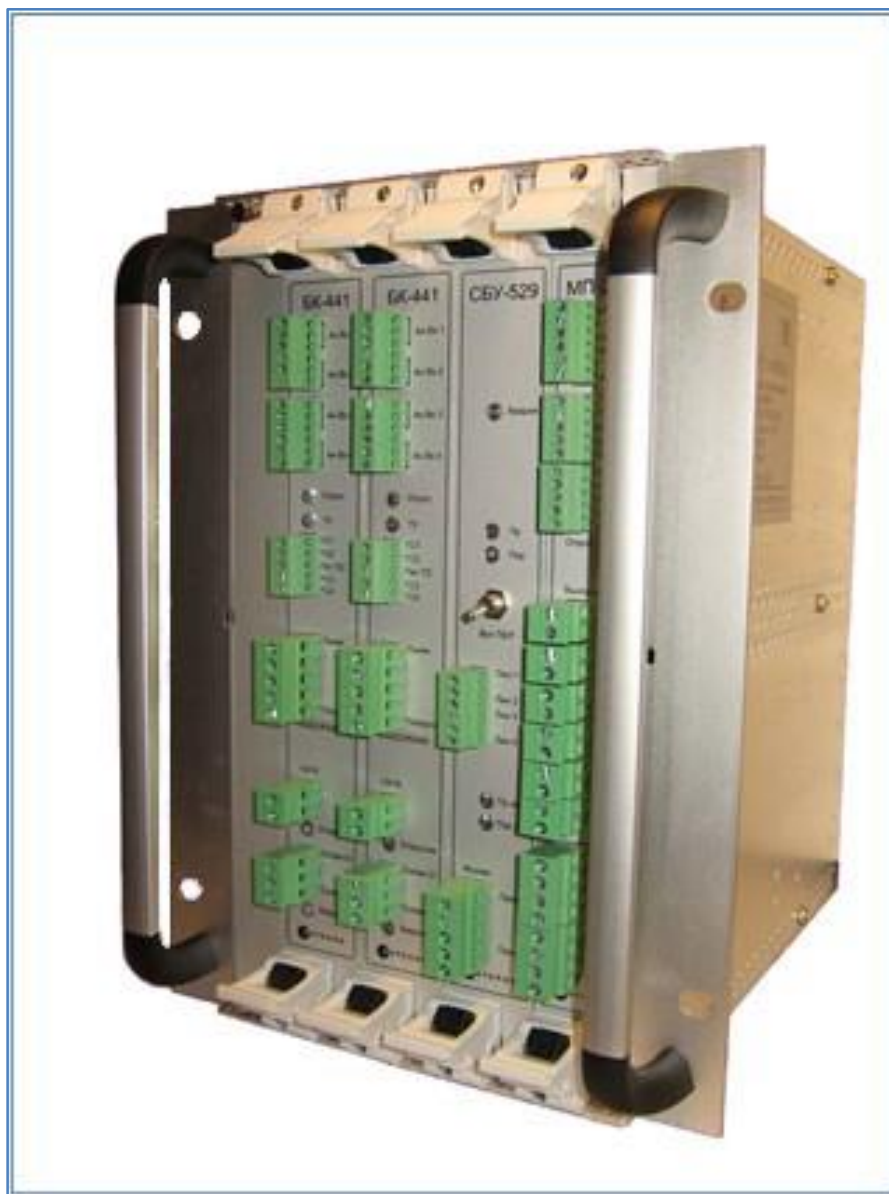


Рис.1 Контроллер серии КТМУ-50 «Амадин»

Такая схема прекрасно работала в течение нескольких лет, пока растущая популярность контроллера не потребовала от него новых функций. Специалистам хотелось подключать к нему не только стандартное оборудование, но и специфическое, например, станцию катодной защиты, счетчики электроэнергии и прочее.

Появилось желание управлять контроллером по заданной

пользователем программе. Ответом на эти потребности было добавление в контроллер функции ПЛК. При этом в отличие от обычных контроллеров ПЛК, которые шагу не могут сделать без управляющей программы, контроллеры серии КТМУ-50 «Амадин», сохранили свой первоначальный формат конфигурированного контроллера, функция ПЛК лишь расширяет возможности контроллера, но применение ее совсем не обязательно.

Введение этой функции устранило некоторые проблемы контроллера связанные с функциональностью, но не решило главной проблемы-простоты пользования ею. Так как программы приходилось писать на ассемблере, то простые инженеры пользоваться новыми возможностями контроллера не могли. Логически напрашивался вывод, для упрощения пользования функцией ПЛК требовался компилятор с языка высокого уровня. Выбор пал на С компилятор, хотя в перспективе рассматриваются варианты написания компиляторов с других языков.

Объяснению этому служит пример «Arduino», где пользователи пишут программы (скетчи) именно на С подобном языке. А почему потребовалось писать компилятор, а не взять готовый, ответом на это будет то, что система команд контроллера «Амадин» уникальная, процессоров с такой системой команд в мире больше не существует, как и не существует компиляторов для нее. Так как функция ПЛК лишь расширяет возможности контроллера, а пользоваться ею должны программисты невысокого уровня, то и создаваемые программы должны быть довольно простыми и понятными. Значит сами требования, предъявляемые к компилятору не высоки.

Отсутствие сложных структур данных, рекурсии, локальных переменных и вложенных выражений, это с одной стороны уменьшает возможности компилятора, но с другой позволяет создавать простые и понятные программы программистами начального уровня.

В настоящее время используется только один язык программирования специализированного контроллера – ассемблер. Существует необходимость написания пользовательских программ на языках высокого уровня. В данной

работе была решена задача создания компилятора с языка С без использования сложных структур данных и указателей. Конечными пользователями компилятора будут инженеры КИПиА ОАО «Газпром трансгаз Москва», обладающие начальными знаниями в области программирования.

Специализированный контроллер обладает вполне законченными функциями для работы со стандартным оборудованием, применяемым ОАО «Газпром трансгаз Москва».

Возможности виртуальной машины расширяют возможности контроллера, как в плане подключения вспомогательного оборудования к нему, так и в плане реализации пользовательских алгоритмов управления. В настоящее время существуют большие трудности написания пользовательских программ на языке ассемблера.

Разработка компилятора с языка высокого уровня позволит упростить написание программ, сделает возможным более полно использовать возможности контроллера и популяризировать сам контроллер в среде инженеров эксплуатации.

3. Этапы проекта

На первом этапе была изучена система команд 16-ти разрядной виртуальной машины и принципы записи информации в существующие регистры. Система команд приведена в Приложении 1. Система команд контроллера серии КТМУ-50 «Амадин» основана на системе команд микроконтроллеров AVR фирмы Atmel, но значительно переработана по конкретные задачи.

На втором этапе была разработана структура компилятора, дано его описание и сформулированы основные требования.

На третьем этапе был разработан компилятор и собран в файл .exe.

На четвертом этапе я обобщил результаты проекта, сделал выводы.

4. Место и сроки выполнения проекта. Оборудование

Проект выполнялся в домашних условиях, полностью самостоятельно. Для выполнения проекта использовался ноутбук Acer с видеокартой NVIDIA GeForce MX130; процессором Intel Core I5 8250U (1,6ghz); 4гб оперативной памяти. Необходимым ресурсом являлась также сеть Интернет. Проект реализован в период с июля 2020 г. по март 2021 г.

5. Принцип работы компилятора

Компилятор написан на языке Python3. Компилятор делится на две части: предкомпилятор и компилятор. В компиляторе реализован основной цикл, в ходе исполнения которого производится построчный анализ программы.

В основе компилятора лежит принцип разделения программы на простейшие логические выражения и перевод их в ассемблерные инструкции. В ходе первичного анализа компилируемой программы происходит подстановка кода из сторонних файлов при помощи директивы “#include”, а также подстановка констант. Затем создается таблица распределения переменных по регистрам. После этого запускается основной цикл компилятора.

Рассмотрим на примере некоторых распространенных синтаксических конструкций процесс работы компилятора.

Объявление переменных

Возьмем как пример следующую строку

```
__int16 variable1,variable2;
```

Если компилятор в ходе анализа строки обнаружит специальное слово “__int16”, и не обнаружит других специальных символов, то он воспримет

эту строку как инициализацию переменных и имена переменных `variable1` и `variable2` будут занесены в таблицу переменных как переменные с типом данных `__int16`.

Немного сложнее будет ситуация если тип данных переменной будет таковым, что размер переменной будет превышать размер 1 регистра (16 бит). Например тип данных `__int32` занимает 32 бита. В таком случае компилятору придется в таблице переменных найти 2 свободных, стоящих рядом регистра, после этого занести в эти ячейки информацию о переменной.

Присвоение значения переменной

Рассмотрим такие строки:

```
variable1 = 10;  
variable1 = variable2;
```

В данных строках происходит присвоение значения переменной `variable1`. При обнаружении компилятором такой строки по признакам: наличие символов “;”, “=” и отсутствие специальных символов, он разбивает данную строку на два операнда: на тот что стоит до символа “=”, и на тот что после. Затем происходит поиск в таблице переменных данных операндов.

Если второй операнд не найден, то он будет восприниматься как константа. Реакция компилятора на ситуацию, когда первый операнд не найден(то есть ошибка в компилируемой программе) не предусмотрена.

Затем в зависимости от того какими типами переменных являются операнды формируются и записываются в конечный файл ассемблерные инструкции.

В данном случае запишутся следующие строки:

```
LDI R255 , 10 ;  
MOV R255 , R254 ;
```

Ассемблерная команда LDI означает запись в регистр константы, команда MOV означает копирование одного регистра в другой.

Условный оператор

Рассмотрим следующую конструкцию

```
if (variable1 > variable2)
{
    variable1 = 10;
}
```

Данная конструкция представляет собой условный оператор. Компилятор обнаруживает такие конструкции по наличию специального слова “if”. В данном случае в итоговый файл запишутся следующие инструкции

```
CP R254 , R255 ;
BRLT M0 ;
LDI R255 , 10 ;
M0 :
```

Команда CP сравнивает два регистра, команда BRLT означает переход на метку M0 если в предыдущем шаге значение регистра R254 оказалось меньше значения регистра R255. Иначе переход на метку не произойдет и тогда начнут выполняться команды, скомпилированные из команд стоящих

между фигурными скобками в компилируемой программе, в частности присвоение переменной `variable1(R255)` значение 0.

После этого в специальный стек заносится информация о том что последней командой, обработанной компилятором, была команда `if`. Это необходимо для обработки, в случае необходимости, команды `else`. Если следующей командой, обработанной компилятором, не будет команда `else`, то в стеке удалится последняя запись.

Циклы

Рассмотрим такой код

```
for(i = 0; i != 15; i ++) {  
variable1 = 10;  
}
```

В данном фрагменте кода представлен цикл “for”. Компилятор обнаруживает подобные конструкции по наличию служебного слова “for”. Затем первая строка разбивается на три части.

Сначала компилятор работает с той частью, которая означает операцию, исполняемую непосредственно перед основным телом цикла, в примере это операция “`i = 0`”. В зависимости от этой операции компилятор прописывает в конечный файл соответствующие строки.

Затем он прописывает метку, благодаря которой часть кода будет зациклена. После этого компилятор соответствующим образом обрабатывает операции, находящиеся в теле цикла. Затем он обрабатывает третью и вторую части первой строки.

Приведенный выше код будет преобразован в следующие ассемблерные инструкции:

```
LDI R254 , 0 ;  
M1 :  
LDI R255 , 10 ;  
ADDI R254 , 1 ;  
CPI R254 , 15 ;  
BREQ M1 ;
```

Заключение

Результатом работы над проектом было создание C компилятора без использования сложных структур данных и указателей для написания пользовательских программ на языках высокого уровня.

Данная работа имеет практическое применение. Компилятор прошёл опытную эксплуатацию в Моршанском ЛПУМГ ПАО «Газпром трансгаз Москва». Результат испытаний положительный, о чём свидетельствует письмо за подписью генерального директора ООО «Автоное» (Приложение 1).

В перспективе я планирую увеличить возможности компилятора, а также разработать графическую оболочку.

Список используемой литературы

1. Р. Берри, Б. Миккинз «Язык Си. Введение для программистов»
2. Система команд 8-ми разрядных RISC-микроконтроллеров семейства AVR



Общество с ограниченной ответственностью
"Автоное"

398037, г. Липецк, ул. Лучистая, д. 30
ОГРН 1114823005604
ИНН/КПП 4824054403/482501001
Телефон: (+7 958) 189-88-33
Web-сайт: autonoe.ru

№ 21 от 22.02.2021

Об успешном испытании

Настоящим письмом сообщаем, что выполненная по заданию ООО «Автоное» разработка компилятора прошла успешное испытание.

Полученная предварительная положительная оценка от специалистов Моршанского ЛПУМГ ПАО «Газпром» дает основание на опытную эксплуатацию данной разработки.

С уважением,
Генеральный директор
ООО «Автоное»



Ю.В. Сучалкина

Приложение 2

Система команд контроллера серии КТМУ-50 «Амадин»

256 шестнадцати битных регистров R0-R255

R0,R1 имеют дополнительные функции, остальные равнозначны

RX регистр источник данных, RD регистр назначения (и источник если один операнд)

N	ASSEMBLER	КОД ОП	ОП1	ОП2	ОП3	Количество байт	Краткое описание
1	NOP	0x00				3	Нет операции (небольшая задержка)
2	RET	0x01				3	Возврат из подпрограммы
3	LPM	0x02				3+32	Загрузка 32 байта в управляющую строку (пароль)
4	NEG	0x20	RD			4	Негатив регистра (смена знака)
5	COM	0x21	RD			4	Инверсия побитная
6	ASR	0x22	RD			4	Арифметический сдвиг вправо (деление на 2)
7	LSR	0x23	RD			4	Логический сдвиг вправо
8	ROR	0x24	RD			4	Сдвиг вправо через перенос
9	LSL	0x25	RD			4	Логический сдвиг влево
10	ROL	0x26	RD			4	Сдвиг влево через перенос
11	PUSH	0x27	RD			4	Сохранение регистра в стеке
12	POP	0x28	RD			4	Восстановление регистра из стека
13	SWAP	0x29	RD			4	Перестановка байтов местами
14	MOV	0x40	RD	RX		5	Копировать регистр (RD=RX)
15	ADD	0x41	RD	RX		5	Прибавить к RD RX (RD=RD+RX)
16	ADC	0x42	RD	RX		5	Прибавить к RD RX с переносом (RD=RD+RX+C)
17	SUB	0x43	RD	RX		5	Вычесть из RD RX (RD=RD-RX)
18	SBC	0x44	RD	RX		5	Вычесть из RD RX с переносом (RD=RD-RX-C)
19	AND	0x45	RD	RX		5	Логическое И
20	OR	0x46	RD	RX		5	Логическое ИЛИ
21	EOR	0x47	RD	RX		5	Исключающее ИЛИ
22	CP	0x4A	RD	RX		5	Сравнить два регистра
23	CPC	0x4B	RD	RX		5	Сравнить с переносом
24	CPSE	0x4C	RD	RX		5	Сравнить, пропустить след. команду если равно
25	RJMP	0x4D	INT16			5	Переход относительно текущего адреса
26	RCALL	0x4E	INT16			5	Вызов подпрограммы относительно тек. Адреса
27	LDI_LO	0x4F	RD	INT8		5	Загрузить в младший байт константу
28	LDI_HI	0x50	RD	INT8		5	Загрузить в старший байт константу
29	MOVL	0x51	RD	RX		5	Копировать в младший байт младшую часть RX
30	MOVH	0x52	RD	RX		5	Копировать в старший байт

31	BRCS	0x53	INT16			5	младшую часть RX Перейти, если знак переноса установлен (если <)
32	BRCC	0x54	INT16			5	Перейти, если знак переноса сброшен (=или>)
33	BREQ	0x55	INT16			5	Переход, если равно
34	BRNE	0x56	INT16			5	Переход, если неравно
35	BRMI	0x57	INT16			5	Переход, если минус
36	BRPL	0x58	INT16			5	Переход, если плюс Переход, если меньше со знаком
37	BRLT	0x59	INT16			5	Переход, если больше или равно со знаком
38	BRGE	0x5A	INT16			5	Преобразовать лонг в флоат, регистры четные
39	LONGTOFLO	0x5B	RX	RD		5	Преобразовать флоат в лонг, регистры четные
40	FLOTOLONG	0x5C	RX	RD		5	Пропустить, если не равно (флоат), четные
41	CPNEF	0x5D	RD	RX		5	Пропустить, если равно (флоат), четные
42	CPSEF	0x5E	RD	RX		5	Загрузить в регистр константу (16 бит)
43	LDI	0x60	RD	INT16		6	Прибавить к регистру константу (16 бит)
44	ADDI	0x61	RD	INT16		6	Прибавить к регистру константу (16 бит) и перенос
45	ADCI	0x62	RD	INT16		6	Вычесть из регистра константу (16 бит)
46	SUBI	0x63	RD	INT16		6	Вычесть из регистра константу (16 бит) и перенос
47	SBCI	0x64	RD	INT16		6	Логическое И с константой (16 бит)
48	ANDI	0x65	RD	INT16		6	Логическое ИЛИ с константой (16 бит)
49	ORI	0x66	RD	INT16		6	Логическое ИСКЛЮЧ ИЛИ с константой (16 бит)
50	EORI	0x67	RD	INT16		6	Пропустить, если результат истина (проверка бит)
51	SBRS	0x68	RD	INT16		6	Пропустить, если результат ложь (проверка бит)
52	SBRC	0x69	RD	INT16		6	Ввод данных в регистр из системы
53	IN	0x6A	RD	INT8	INT8	6	Вывод данных из регистра в систему
54	OUT	0x6B	RD	INT8	INT8	6	Задержка кратна 5 МС
55	SLEEP	0x6C	INT24			6	Системный вызов (функцию системы)
56	SCALL	0x6D	INT8	INT8	INT8	6+?	Декремент, переход, если не ноль
57	DECBRNE	0x6E	RD	INT16		6	RD=RX*RM (умножение двух регистров)
58	MUL	0x6F	RX	RM	RD	6	RD=RX/RM (деление двух регистров)
59	DIV	0x70	RX	RM	RD	6	RD=RX*RM (умножение двух регистров) флоат
60	MULF	0x71	RX	RM	RD	6	RD=RX/RM (деление двух регистров) флоат
61	DIVF	0x72	RX	RM	RD	6	RD=RX/RM (деление двух регистров) флоат

62	ADDF	0x73	RX	RM	RD	6	RD=RX+RM (сложение двух регистров) флоат
63	SUBF	0x74	RX	RM	RD	6	RD=RX-RM (вычитание двух регистров) флоат
64	BR_IF_X1>=X2	0x75	RD	RX	INT8	6	Сравнить, переход, если больше или равно флоат
65	BR_IF_X1<X2	0x76	RD	RX	INT8	6	Сравнить, переход, если RD меньше RX флоат
66	BR_IF_MI	0x77	RD	INT16		6	Переход, если RD отрицательно флоат
66	BR_IF_PL	0x78	RD	INT16		6	Переход, если RD положительно или ноль флоат
67	CPI	0x79	RD	INT16		6	Сравнить с константой
68	CPCI	0x7A	RD	INT16		6	Сравнить с константой и переносом

Операнды команды (первый операнд) SCALL (Системный вызов), результат возвращается в регистр R0

0	TRANS_KRAN						Перестановка крана
1	CRC_16						Подсчет CRC16 (Алгоритм Modbus)
2	OUT_PORT						Вывод в порт RS-232 (1-4) определен в SysConfig
3	IN_PORT						Ввод из порт RS-232 (1-4) определен в SysConfig
4	NOMER_POTOK						Определение номера исполняемого потока
5	READ_TIME						Чтение времени
7	SET_PORT_UN						Установка линий универсального порта (0 или 1)

Операнды команды (второй операнд) IN, OUT (первый операнд номер регистра, третий смещение в массиве)

1	TI_INT16						Массив телеизмерений (0-207)
2	TS_INT16						Массив телесигнализаций по 8 бит (0-207)
3	TI_INT16_UNP						Массив TI универсального порта (0-3)
4	TS_INT16_UNP						Массив TS универсального порта по 8 бит (0-1)
5	FLOAT32_L						Массив флоат с БК-441 младший (0-255) ОП1 четн
6	FLOAT32_H						Массив флоат с БК-441 старший (256-319) ОП1 четн
7	FLOATSF_1						Массив флоат SF первый (0-95) (ОПЗ только четн)
8	FLOATSF_2						Массив флоат SF второй (0-95) (ОПЗ только четн)
9	FLOATSF_3						Массив флоат SF третий (0-95) (ОПЗ только четн)

Операции с 32 разрядными данными требуют 2 регистра, поэтому можно указывать только четные регистры, (0,2,4,6,8,10,12 и т. д.) следующий нечетный регистр будет задействован автоматически!

ОБНАРУЖЕНИЕ ИНСАЙДЕРА В ОРГАНИЗАЦИИ

Захарова Арина Ивановна

ГБОУ школы №1501, 11 класс

Научный руководитель:

Троицкий Игорь Иванович

к. т. н., доцент,

зам. зав. кафедры ИУ-8

МГТУ им. Н. Э. Баумана

Вступление:

По мере развития и внедрения в повседневную жизнь современных технологий, все больше данных компаний и предприятий переходят в цифровой формат, поэтому важно думать об их безопасности. По данным компании-производителя программного обеспечения для защиты от утечек информации «СёрчИнформ» за первое полугодие 2020 года [100%](#) российских компаний столкнулись с попытками сливов информации. Наиболее частой причиной этого становятся сами сотрудники, причём [60%](#) утечек такого рода - преднамеренные действия сотрудников, сообщает «СёрчИнформ». По данным «Лаборатории Касперского» средний ущерб от утечки для небольших компаний составляет [1,9](#) млн. рублей, при этом за последний год российские компании в сегменте малого и среднего бизнеса потратили в среднем 4,7 млн. рублей на обеспечение информационной безопасности, что почти в два раза больше чем годом ранее.

На данный момент частные компании и государственные учреждения сталкиваются со всё большими сложностями при защите интеллектуальной собственности. Для выявления и предотвращения потенциальной угрозы - инсайдеров, необходимо организовать слаженную работу команды, состоящую из ИБ специалистов, HR специалистов и юристов. Которые в своей работе используют анализ психологического портрета сотрудника, анализ круга общения, применение технических средств и технологий информационной безопасности.

Проблема: угроза безопасности данных компаний, связанная с инсайдерской деятельностью.

Цель работы: разработать комплекс технических и психологических мероприятий, направленных на противодействие инсайдерской деятельности.

ПО, необходимое для решения проблемы:

1. PyCharm — [интегрированная среда разработки](#) для языка программирования [Python](#).
2. PyQt5 – библиотека Python для создания графического интерфейса.

Задачи:

1. Проанализировать литературные источники, содержащие информацию по следующим вопросам:
 - ✓ Технические методы защиты и предупреждения инсайдерской деятельности
 - ✓ Работа с PyQt5
2. Определить типы инсайдеров
3. Выявить факторы, определяющие предрасположенность человека к инсайдерской деятельности
4. Определить психологические особенности, характерные для инсайдеров
5. Сформулировать критерии для определения потенциального инсайдера по социальным сетям
6. Определить дополнительные технические средства для предупреждения угрозы
7. Написать программу для мониторинга и выявления потенциально опасных действий сотрудника

Ход выполнения работы:

1. Определение типов инсайдеров

Ознакомившись с рядом материалов, дающих классификацию инсайдеров,

было принято решение, что в работе будет использоваться классификация, предложенная компанией InfoWatch:

- ✓ Халатный;
- ✓ Манипулируемый;
- ✓ Обиженный;
- ✓ Нелояльный;
- ✓ Подрабатывающий;
- ✓ Внедрённый

Далее предлагаем подробнее рассмотреть каждый из представленных типов.

Халатный инсайдер - рядовой сотрудник, который становится причиной утечки информации по собственной неосторожности. Такой человек не имеет злого умысла или мотива, часто наоборот он действует из лучших побуждений, не отдавая отчёт о возможных последствиях своей деятельности. Примером деятельности этого типа можно назвать копирование рабочей информации на личные носители (для работы с ней дома) с дальнейшей утерей.

Манипулируемый инсайдер - рядовой сотрудник, который становится причиной утечки информации из-за чужого воздействия. при помощи социальной инженерии злоумышленник может получить необходимую информацию от манипулируемого инсайдера. Социальная инженерия - это метод (атак) несанкционированного доступа к информации или системам хранения информации без использования технических средств.

Данные типы инсайдеров не имеют злого умысла и часто действуют из лучших побуждений. Причина их инсайдерской деятельности - недостаточная осведомлённость с политикой безопасности компании.

Обиженный инсайдер - работник, считающий, что его профессиональные качества недооценены, и желающий отомстить компании за эту несправедливость. При этом важно отметить, что такой сотрудник не желает покидать компанию, поэтому постарается сделать все тайно, чтобы

руководство не узнало. В случае, если это невозможно, данный тип может прекратить попытки. Помимо этого, важно отметить, что обиженный инсайдер определяет ценность информации по своим критериям и сам определяет, кому передать информацию после хищения.

Нелояльный инсайдер - сотрудник, собирающийся сменить место работы или создающий собственный бизнес, также к этой категории можно отнести временных сотрудников. Деятельность таких инсайдеров, чаще всего, не имеет системного характер, они просто стараются унести с собой максимальное количество информации, к которой имеют доступ.

Два данных типа в отличие от предыдущих имеют собственную мотивацию, но, как и первые два, не имеют заказчика. Они сами определяют информацию, которую необходимо похитить, а также пути её сбыта.

Подрабатывающий инсайдер - сотрудник компании, выполняющий определённый заказ за некую плату. В зависимости от ситуации они могут как остановить попытки получения информации, так и пойти на крайние меры, такие как взлом.

Внедренный инсайдер - специально обученный человек, который проникает в компанию с целью кражи определённой информации. Это самый опасный тип инсайдера, так как он имеет специальную подготовку и практику.

Два последних типа инсайдеров являются наиболее опасными, потому что они имеют конкретный заказ и рынок сбыта информации.

2. Выявление факторов, определяющих предрасположенность человека к инсайдерской деятельности

Можно заметить, что многие типы инсайдеров не будут создавать утечки, если не столкнутся с определёнными факторами. Из этого следует, что необходимо выявить основные факторы, свидетельствующие о склонности

человека к инсайдерской деятельности. Стоит отметить, что в данной работе понятие «фактор» обозначает внешние условия или временное состояние человека (например, стресс, болезнь).

Опираясь на вышеупомянутые типы инсайдеров, исследование «Индикаторы поведенческих рисков для выявления инсайдерских краж интеллектуальной собственности» Эрика Шоу и Харли Стока, а также на статью «Показатели личностной predisпозиции к инсайдерской деятельности» М. А. Поляничко можно выделить следующие факторы:

- ✓ Депрессия;
- ✓ Наличие зависимости (алкоголь, наркотики, азартные игры);
- ✓ Финансовые обязательства, долги и кредиты;
- ✓ Изменение адреса (переезд);
- ✓ Смерть близкого человека;
- ✓ Расставание или развод;
- ✓ Понижение в должности;
- ✓ Изменение места работы;
- ✓ Недовольство уровнем заработка.

В своей статье Поляничко также предлагает опросный лист для оценки личностной predisпозиции с использованием метода, разработанным Т. Сааити.

№	Вопрос	Ответы
1	Имеются ли сведения о нахождении сотрудника в депрессивном состоянии?	Нет
		Имеются косвенные сведения
		Имеются сведения о жалобах сотрудника
		Имеется медицинское заключение
2	Наличие данных о наличии алкогольной зависимости	Нет
		Редкие случаи злоупотребления
		Частые случаи злоупотребления
		Был замечен в состоянии алкогольного опьянения на работе
3	Наличие данных о наличии наркотической зависимости	Нет
		Редкие случаи употребления
		Частые случаи употребления
		Был замечен в состоянии наркотического опьянения на работе
4	Наличие данных о наличии зависимости от азартных игр	Нет
		Редкие случаи игр
		Частые случаи игр
		Прогулы работы из-за азартных игр
5	Наличие финансовых обязательств	Нет
		Обязательства ниже дохода
		Обязательства превышают уровень дохода
6	Наличие сведений о переезде	Нет
		Да
7	Наличие сведений о смерти близкого человека	Нет
		Потеря в течение года
		Потеря в течение периода от года до трех лет
8	Наличие сведений о проблемах в личной жизни	Нет
		Имеются сведения о проблемах
		Нахождение в процессе развода/разрыва отношений

Рис. 1 Опросный лист из статьи «Показатели личностной predisпозиции к инсайдерской деятельности»

Данный опросный лист с некоторыми дополнениями может использоваться для выявления уровня предрасположенности к инсайдерской деятельности с опорой на вышеуказанные факторы.

Таблица 1 - Дополнения к опросному листу «Показатели личностной predisпозиции к инсайдерской деятельности»

1	Наличие сведений о недавнем понижении в должности	Нет
		Да
2	Наличие сведений о недавнем или предстоящем изменении места работы	Нет
		Имеются косвенные сведения

		Имеются достоверные сведения
3	Наличие сведений о недовольстве уровнем заработка	Нет
		Имеются косвенные сведения
		Имеются достоверные сведения
4	Частота инцидентов ИБ	Редко
		Иногда
		Часто
5	Наличие сведений о связях с компаниями конкурентами	Нет
		Имеются косвенные сведения
		Имеются достоверные сведения

3. Психологические тестирования

Существенную роль в определении инсайдера может играть психологическое тестирование. В качестве доказательства эффективности методики психологических тестирований можно привести тот факт, что они используются для отбора кандидатов на службу в органы прокуратуры Российской Федерации, о чём написано в «Руководстве по профессиональному психологическому отбору кандидатов на службу в органы прокуратуры Российской Федерации» в пункте 2.3. Как указывает в своей статье «Психологические аспекты информационной безопасности» Валерий Васильевич Бондарев, для выявления инсайдеров нужно использовать различные инструменты, в том числе опросники, например, тест MBTI (Индикатор типов Майерс-Бриггс). Стоит отметить, что для наиболее точного результата необходимо использовать несколько тестов, описывающих разные качества человека, например, комплекс следующих тестов: тест «Соционика» Гуленко и «16-факторный личностный опросник Кеттелла» или Индикатор типов Майерс-Бриггс, тест Гилфорда «Социальный интеллект», «Личностные факторы принятия решений» Корниловой. В данной работе будет рассматриваться последний

комплекс тестов.

Начнём с анализа MBTI специалисты SearchInform на ресурсе <https://habr.com/ru> в публикации «Психология на службе информационной безопасности. Склонность к преступлению» приводят следующую таблицу склонности типов к инсайдерской деятельности.

Таблица 2 - Предрасположенность различных типов личности к инсайдерской деятельности

ISTJ	ISFJ	INFJ	INTJ
ISTP	ISFP	INFP	INTP
ESTP	ESFP	ENFP	ENTP
P	P	P	P
ESTJ	ESFJ	ENFJ	ENTJ

(E/I – экстраверт/интроверт, S/N – сенсорный/интуитивный, T/F – мыслительный/чувствующий, J/P – решающий/воспринимающий)

Красным отмечены наиболее склонные к инсайду типы, синим имеющие меньшую склонность и белым не склонные к созданию утечек. Стоит заметить, что в своей работе «О результатах тестирования слушателей Академии народного хозяйства по двум тестам: MBTI и соционика» Меньшикова О.Р. выделяет следующие часто встречающиеся типы:

- ✓ ISTJ, ESTJ, ISTP, INTP, INTJ;
- ✓ *STJ, IST*, I*TJ, IS*J, *STP, E*TJ, I*TP;
- ✓ **TJ, *ST*, *S*J, **TP, I*T*;
- ✓ **T*

Здесь «*» обозначены примерно равновероятные признаки. Назовём тип «полным» если все четыре признака у него однозначно определены. Исходя из этих данных можно сказать, что вероятность встретить неполный тип,

больше, чем вероятность встретить полный тип, тогда в предложенную таблицу можно внести корректировку и добавить ещё одну степень склонности к инсайдерской деятельности, которая возникает из-за вероятной неоднозначности трактовки результатов тестирования.

Таблица 3 - Расширенная версия таблицы 2

<ul style="list-style-type: none"> • Высокая склонность • Средняя склонность • Низкая склонность • Нет склонности 	ISTJ	ISFJ	INFJ	INTJ
	ISTP	ISFP	INFP	INTP
	ESTP	ESFP	ENFP	ENTP
	ESTJ	ESFJ	ENFJ	ENTJ

После теста MBTI необходимо пройти тест Гилфорда «Социальный интеллект», он поможет оценить способности человека к социальному взаимодействию. Человек с высоким социальным интеллектом хорошо анализирует ситуацию и поведение людей, он может быть потенциальным манипулятором, что присуще некоторым типам инсайдеров. Последний тест, который необходимо пройти - «Личностные факторы принятия решений» Корниловой, он призван определить готовность к риску и рациональность тестируемого. К инсайду, как правило, предрасположены люди более импульсивные и склонные к риску при принятии решений. На основании данных тестов можно определить, на сколько человека с данным психотипом склонен к инсайду.

4. Определение круга дополнительных проверок, критерии оценки рисков

Ещё одним этапом по определению инсайдера является проверка резюме. Особое внимание стоит уделить кандидатам, которые работали в компаниях конкурентах или часто меняли место работы. Также

необходимо проверять социальные сети сотрудника, ключевыми параметрами проверки являются бывшие места работы, места работы друзей, подписки и публикации, свидетельствующие о материальных трудностях, алкогольной или наркотической зависимости, увлечении азартными играми и экстремальными видами спорта.

Дополнительным средством обеспечения защиты от инсайдерских угроз является проверка сотрудника при помощи полиграфа, стоит отметить, что данную процедуру целесообразно проводить только с сотрудниками, которые получают доступ к наиболее важной информации.

5. Рекомендации по проверке сотрудников

Опираясь на описанные выше проверки, можно составить комплекс мероприятий, направленных на определение инсайдера. При трудоустройстве или изменении в должности можно говорить о следующем ряде мер:

- ✓ HR отдел даёт соискателю пройти психологические тесты MBTI, «Личностные факторы принятия решений» и «Социальный интеллект», результаты передаёт отделу ИБ;
- ✓ ИБ специалист проводит анализ:
 - Социальных сетей;
 - Предыдущих мест работы;
 - Родственных связей;
 - Факторов, определяющих предрасположенность к инсайдерской деятельности;
 - Инцидентов ИБ;

Результаты анализа заносятся в опросник «Показатели личностной predisпозиции к инсайдерской деятельности»;

- ✓ При необходимости сотрудник проходит проверку на полиграфе;

- ✓ Полученные данные проходят обработку (описание алгоритма приведено в пункте б), результатом которой является оценка предрасположенности к инсайдерской деятельности.

После прохождения этих процедур вероятность того, что кто-то из сотрудников является инсайдером будет значительно снижена, но важно продолжать работу и применять следующие меры защиты.

Специалистам по информационной безопасности совместно с юридическим отделом необходимо разработать политику конфиденциальности компании. Также, юридическому отделу стоит проводить регулярные беседы с сотрудниками на тему конфиденциальности данных, в которых юристы будут объяснять, что можно делать с информацией компании. Помимо этого, нужно вести длительный мониторинг сотрудников, для определения наличия факторов, влияющих на склонность к инсайдерской деятельности. Кроме того, необходимо использовать превентивные меры защиты, в частности DLP-систему (Data Leak Prevention).

6. Методика расчёта склонности к инсайдерской деятельности

Полученные в ходе проверок результаты обрабатываем для определения уровня склонности сотрудника к инсайдерской деятельности. В данном разделе представлен алгоритм обработки всех проверок.

При выполнении данного алгоритма все полученные результаты проверок преобразуем в коэффициенты согласно приведённым ниже методам:

- ✓ Значения коэффициента психотипов (k_1) принимаем в диапазоне от 0 до 1, где 0 - минимальная склонности, 1 - максимальная. Распределение коэффициентов приведены в таблице № 4

Таблица № 4 - Коэффициенты психотипов

Результат тестирования	Значение коэффициента k_1
ISTJ, ISFJ, INTJ, ISFP, INFP, ENFP, ENTP (Нет склонности)	0

ESTJ, INTP (Низкая склонность)	0.33
ISTP, INFJ, ESFJ, ENFJ, ENTJ (Средняя склонность)	0.67
ESTP, ESFP (Высокая склонность)	1

- ✓ Коэффициент социального интеллекта (k_2) и коэффициент склонности к риску (k_3) рассчитываем следующим образом: полученный численный результат тестирования делим на максимальный возможный.
- ✓ Следующим этапом рассчитываем коэффициент предрасположенности к инсайдерской деятельности на основании выявленных факторов (k_4).

Расчёт данного коэффициента производим следующим образом:

1. Для каждого вопроса вводим весовой коэффициент, чтобы определить значимость заданного критерия.

В основу метода расчёта весовых коэффициентов лёг метод анализа иерархий (МАИ) Томаса Саати. МАИ широко используется управленцами при принятии решений, он позволяет из нескольких альтернатив выбрать вариант, наиболее согласующийся с представлением лица, принимающего решение. Реализацию данного метода можно разделить на несколько этапов, опишем их для нашего случая:

- Определение цели.

Цель: установить предрасположенность к инсайдерской деятельности на основании выявленных ранее факторов.

- Выделение основных критериев и альтернатив.

Критерии: вопросы опросного листа «Показатели личностной predisпозиции к инсайдерской деятельности»

Альтернатив нет, конечный результат всегда один - численное значение предрасположенности.

- Построение иерархии: дерево от цели через критерии к альтернативам.



Рис 3. Иерархия

- Построение матрицы попарных сравнений критериев по цели и альтернатив по критериям, Применение методики анализа полученных матриц.

Шаг 1: Заполним матрицу сравнений числами, обозначающими превосходство i -ого критерия (строка) над j -ым (столбец).

Таблица 4 - Значения для заполнения матрицы

Значение ячейки	Пояснение
1	Одинаковая значимость i и j
3	Немного большая значимость i по сравнению с j
5	Более высокая значимость i по сравнению с j
7	Очень высокая значимость i по сравнению с j
9	Максимальная значимость i по сравнению с j

Значения $1/3$, $1/5$, $1/7$, $1/9$ эквиваленты значениям 3, 5, 7, 9 при большей значимости j по сравнению с i .

Шаг 2: Для каждой строки рассчитаем локальный вектор приоритетов, он же весовой коэффициент. Каждой строке матрицы ставим в соответствие её среднее геометрическое, суммируя полученные значения, делим среднее

геометрическое каждого элемента на эту сумму, конечное число и есть весовой коэффициент (вектор локального приоритета).

Шаг 3: Проверяем согласованность полученной матрицы. Для этого рассчитываем индекс согласованности (ИС) по следующей формуле:

$$ИС = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad (1)$$

где n - размерность матрицы, а λ_{max} вычисляется по следующему алгоритму: Сумма элементов первого столбца умножается на первый весовой коэффициент, второго на второй и т. д. (эти значения записаны в столбец «λ»), полученные значения суммируются.

Определяем случайную согласованность (СС) матрицы, это табличная величина.

Таблица 5 - Случайная согласованность

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

В нашем случае СС = 1,56.

После этого найдём отношение согласованности (ОС).

$$ОС = \frac{ИС}{СС} \quad (2)$$

Если $ОС > 0,1$, матрица рассогласована. Приведённая нами матрица согласована.

Таблица 6 - Матрица согласованности факторов склонности к инсайдерской деятельности и вычисления

Критерий	Депрессивные состояния	Алкоголизм	Наркомания	Прокрастинация	Долги	Презентация	Серьёзные проблемы	Сложные проблемы	Помощники	Изменение места работы	Изменение уровня заработной платы	Частота инцидентов ИВ	Связь с конкурентами	Среднее геометрическое	Весовые коэффициенты	λ	
Депрессивные состояния	1	1,5	1,5	1,5	1,5	3	1,5	1	1,9	1,7	1,5	1,5	1,7	0,383	0,014	0,027804847	λmax
Алкоголизм	1	1	1	1	1	5	3	5	1,5	1,3	1,9	1,9	1,9	0,771	0,039	1,008926163	14,704974665
Наркомания	5	1	1	1	1	5	3	5	1,5	1,3	1,5	1,5	1,5	0,884	0,045	1,248570514	ИС
Прокрастинация	5	1	1	1	1	5	3	5	1,5	1,3	1,5	1,5	1,5	0,884	0,045	1,248570514	0,143081322
Долги	5	1	1	1	1	5	3	5	1,5	1,3	1,5	1,5	1,5	0,884	0,045	1,248570514	СО
Презентация	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1,5	1	1,9	1,7	1,5	1,5	1,5	0,228	0,013	0,834339183	1,56
Серьёзные проблемы	3	1,5	1,5	1,5	1,5	3	1	1	1,7	1,5	1,9	1,9	1,9	0,402	0,021	0,931127886	СС
Сложные проблемы	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1	1	1,9	1,3	1,7	1,9	1,9	0,390	0,013	0,917986977	0,061077705
Помощники	9	3	3	3	3	9	7	9	1	1,5	1	1,5	1,5	2,456	0,332	1,137244251	
Изменение места работы	7	3	3	3	3	7	3	3	3	1	1,5	1	1	2,240	0,148	1,276095728	
Изменение уровня заработной платы	9	5	5	5	5	9	7	9	1	3	1	1,5	1,5	2,908	0,148	1,426681708	
Частота инцидентов ИВ	7	5	5	5	5	9	7	9	3	1	3	1	1	3,675	0,187	0,626386799	
Связь с конкурентами	7	5	5	5	5	9	7	9	3	1	3	1	1	3,675	0,187	0,626386799	Матрица согласована
Сумма	64,333	27,933	27,933	27,933	27,933	73,000	43,667	63,000	12,276	8,419	9,641	4,943	4,943	19,610	1,624		

➤ Определение весов альтернатив по системе иерархии (при наличии альтернатив). В нашем случае не выполняется.

Таким образом, мы получили весовые коэффициенты. Для каждой

конкретной компании, исходя из её предпочтений, может составляться своя матрица попарных сравнений.

2. Для каждого ответа на вопрос в опроснике назначаем стоимость от 0 до 100, где минимальный балл даётся за отрицательный ответ, максимальный балл за положительный.
3. Баллы за каждый вопрос умножаются на соответствующий весовой коэффициент, затем полученные значения суммируются. Эта сумма делится на максимальную возможную, полученное число и есть коэффициент предрасположенности (k_4).

После определения коэффициента психотипа (k_1), коэффициента социального интеллекта (k_2), коэффициента склонности к риску (k_3) и коэффициента предрасположенности (k_4), рассчитаем уровень склонности к инсайдерской деятельности.

1. Для каждого полученного коэффициента вводим весовой коэффициент, чтобы определить значимость заданного критерия.

Мы уже подробно рассматривали способ получения весовых коэффициентов, поэтому ниже приведём только матрицу сравнений и вычисления.

Таблица 7 - Матрица согласованности типов проверок и вычисления

Критерий	Психотип	Социальный интеллект	Склонность к риску	Предрасположенность		Среднее геометрическое	Весовой коэффициент	λ	ИС
Психотип	1	3	5	1	Вычисления	1.967989671	0.37754424	0.956445407	0.032012763
Социальный интеллект	1/3	1	3	1/5		0.668740305	0.128292873	1.197400152	0С
Склонность к риску	1/5	1/3	1	1/5		0.339808849	0.06518981	0.912657345	0.9
Предрасположенность	1	5	5	1		2.236067977	0.428973077	1.029535384	СС
Сумма	2,533333333	9,333333333	14	2,4		5,212606803	1		0,035569736

2. Каждый из коэффициентов k_1 , k_2 , k_3 , k_4 умножаем на соответствующий весовой коэффициент (p_1 , p_2 , p_3 , p_4) и на 100, после чего складываем эти значения и получаем конечный результат - уровень склонности к инсайдерской деятельности от 0 до 100, где минимальное значение означает наименьшую склонность, а максимальное - наибольшую.

Для упрощения расчётов напишем программу обработки данных проверок на

языке Python.

7. Алгоритм определения инсайдера на основании комплекса проверок

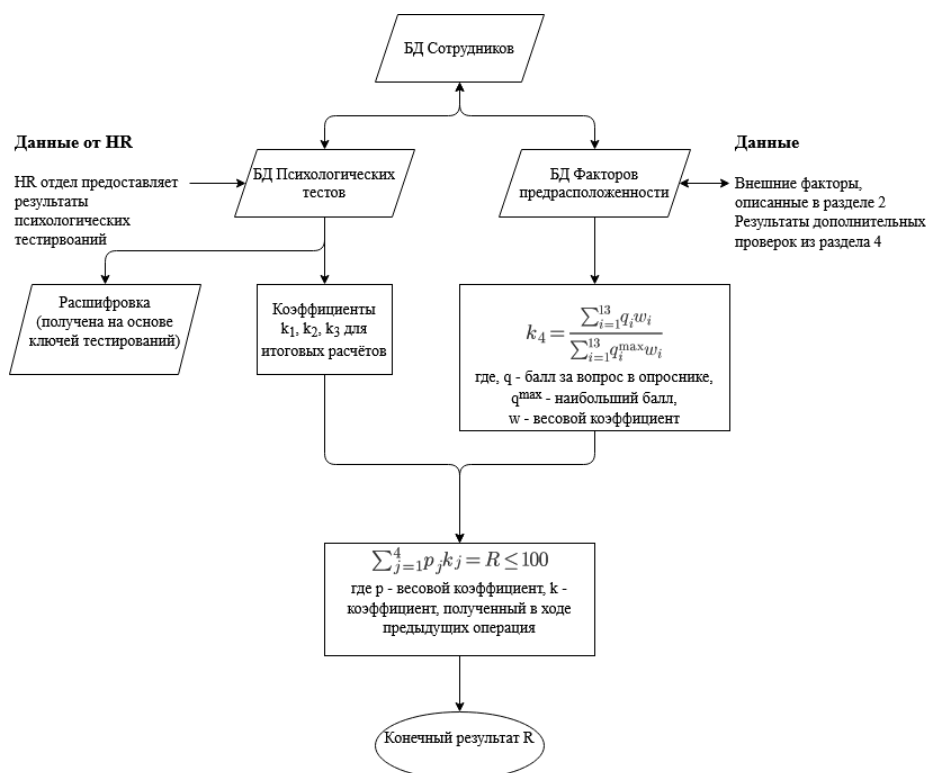


Рис. 3 Блок схема алгоритма

Из приведённого выше алгоритма видно, что данные результатов психологических тестирований сотрудников загружаются в базу данных, после чего по ключам и таблице 3 даётся расшифровка результатов тестирований, коэффициентам k_1, k_2, k_3 присваиваются значения от 0 до 1 на основании расшифровки.

Во вторую базу данных - БД Факторов предрасположенности к инсайдерской деятельности, с помощью опросного листа заносятся результаты проверки социальных сетей, родственных связей, резюме, инцидентов ИБ и остальные данные проверок, после чего данный опросник расшифровывается по следующему принципу: суммируются баллы за ответ на вопросы q помноженные на соответствующие весовые коэффициенты w (весовые коэффициенты подбираются исходя из предпочтений и приоритетов

компании заказчика), после чего полученная сумма делится на максимальный результат, таким образом получается коэффициент k_4 .

Для определения склонности сотрудника к инсайдерской деятельности используется следующая схема вычислений: k_1, k_2, k_3, k_4 , умножаются на

соответствующие весовые коэффициенты p_1, p_2, p_3, p_4 , $\sum_{j=1}^4 p_j \leq 100$ (3) (данные

весовые коэффициент также подбираются исходя из предпочтений компании), полученные произведения суммируются и получается число R ($0 \leq R \leq 100$), $R = 100$ - наибольшая склонность к инсайдерской деятельности, $R = 0$ - наименьшая склонность.

8. Интерфейс и программный код

В данном разделе представлено описание функционала.

Приветственное окно:

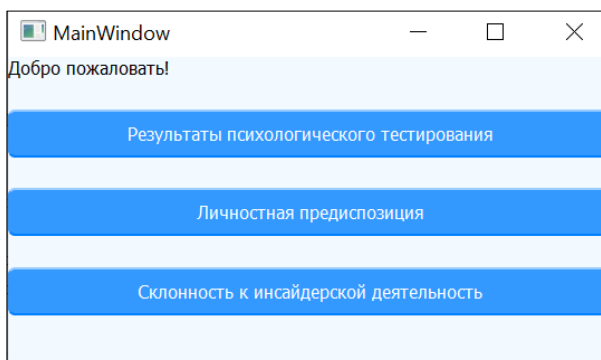


Рис. 4 Приветственное окно

Функционал: Переход к основным окнам программы.

Окно «Результаты психологического тестирования»

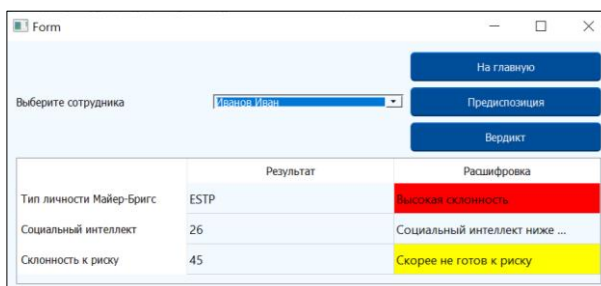


Рис. 5 «Результаты психологического тестирования»

Функционал: Вывод результатов психологического тестирования с комментариями.

Окно «Личностная предиспозиция»

Statement	Response
Имеется ли сведения о нахождении сотрудника в депрессивном состоянии	Имеется медицинское заключение
Наличие данных о наличии алкогольной зависимости	Нет
Наличие данных о наличии наркотической зависимости	Редкие случаи употребления
Наличие данных о наличии зависимости от азартных игр	Прогресс работы из-за азартных игр
Наличие финансовых обязательств	Обязательства имеют долгая
Наличие сведений о переезде	Склонность меня долго
Наличие сведений о смерти близкого человека	Обязательства превышают уровень дохода
Наличие сведений о проблемах в личной жизни	Нет
Наличие сведений о недавнем повышении в должности	Нет
Наличие сведений о недавнем или предстоящем изменении места работы	Нет
Наличие сведений о недостатке уровня заработка	Имеется достоверные сведения
Частота выгорания ИБ	Иногда
Наличие сведений о связи с компаниями конкурентами	Имеется коллегные сведения

Рис. 5 Окно «Личностная предиспозиция»

Функционал: Заполнение и редактирование опросного листа «Показатели личностной предиспозиции к инсайдерской деятельности» и вывод уровня предиспозиции.

Окно «Вердикт»

Рис. 6 Окно «Вердикт»

Функционал: Вывод итоговой склонности к инсайдерской деятельности.

9. Машинное обучение

Сложности в подготовительной работе для написания программы, производящей расчёт, наталкивают на мысль о поисках альтернативных

способах обработки результатов. Наиболее подходящим вариантом решения этой проблемы является машинное обучение. Для обработки результатов тестирования можно использовать различные алгоритмы, в данной работе будет использоваться дерево решений. Этот алгоритм поддерживает разные форматы параметров, то есть данные не нужно будет предварительно обрабатывать. Также результаты обучения этой модели формирует довольно понятные правила классификации, которые далее можно анализировать.

В открытом доступе нет данных, подходящих для обучения дерева, поэтому для тренировки модели были взяты данные 25 опрошенных и данные ещё 5 человек для проверки обученной модели. Этим данным достаточно для демонстрации принципа работы дерева решений.

Таблица 8 – Данные для обучения

№	MBTI	Социальный интеллект	Склонность к риску	Результат	Обучающее значение
1	ENFP	3	63	12	0
2	ESTJ	3	66	24	0
3	INFJ	4	39	38	1
4	ESTJ	4	26	24	0
5	ENTP	3	56	11	0
6	ENFP	3	67	12	0
7	INTJ	2	70	9	0
8	ISFP	4	34	12	0
9	ENFP	3	85	13	0
10	ESTJ	3	53	23	0
11	ISTJ	3	39	10	0
12	ISTJ	3	29	9	0
13	ENTJ	4	54	39	1
14	ESTP	2	78	48	1
15	ESTJ	3	37	22	0
16	ESFJ	3	51	36	1
17	INFP	4	60	14	0
18	ESTJ	4	49	25	1
19	INTJ	4	44	13	0
20	ESTJ	4	40	13	0
21	ISTJ	4	54	13	0
22	ESFJ	3	45	13	0
23	ESTJ	2	54	36	1
24	ISTP	4	53	21	0
25	ENTP	3	100	14	0
26	ENFP	3	44	10	0

27	INFJ	4	54	39	1
28	ISFP	3	64	12	0
29	ESTJ	5	48	27	1
30	INFJ	4	52	38	1

В результате обучения получилось следующее дерево.

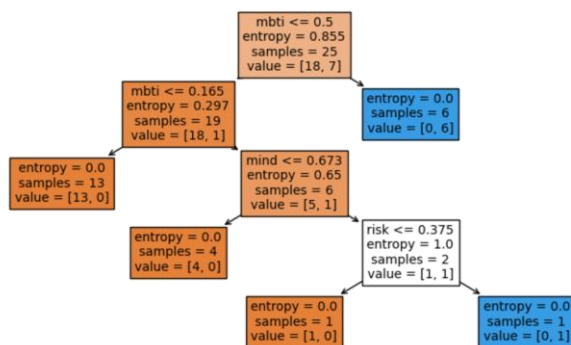


Рис. 7 Дерево решений

Сравним предложенные в данной работе методы обработки результатов тестирований: аналитический подход и машинное обучение. Для наглядности достоинства и недостатки каждого выделены зеленым и красным цветом соответственно.

Таблица 9 – Сравнение аналитического подхода и машинного обучения при выполнении задачи обнаружения инсайдера

Критерий\Метод	Аналитический подход	Машинное обучение
База размеченных данных	Не нужна	Нужна
Трудоемкость подготовительной работы	Высокая	Низкая
Обрабатываемые закономерности	Предустановленные специалистом	Выявленные алгоритмом
Выдаваемый ответ	Процентная вероятность и однозначный ответ	Однозначный ответ

На данный момент нельзя сказать, какой метод лучше, поэтому оба подхода могут использоваться в работе специалиста по информационно безопасности.

Выводы:

1. Разработан комплекс мероприятий, направленных на обнаружение инсайдера в организации.
2. Создан алгоритм для численного расчёта склонности к инсайдерству на основе проверок из разработанного комплекса, адаптируемый под требования каждой конкретной организации.
3. Реализован программный продукт, позволяющий на основе представленного комплекса мероприятий рассчитать склонность к инсайдерской деятельности.
4. Произведено качественное сравнение двух подходов обработки данных тестирований: аналитического и машинного.

Источники:

1. <https://www.infowatch.ru/products/prediction>
2. <https://www.devicelock.com/ru/products/technology.html>
3. <https://habr.com/ru/post/440838/>
4. https://searchinform.ru/blog/2020/08/18/itogi-polugodiya-v-94-sluchaev-iz-organizacij-utekli-poleznye-dlya-moshennikov-dannye/?fbclid=IwAR1tAILgOePEAY1_FunX219mSKoZdP6xMIur3EIVCAcr4xAr3dCYOuk1YPo
5. <https://searchinform.ru/uploads/sites/1/2020/08/incidenty-vnutrennej-bezopasnosti-v-rossijskih-kompaniyah-pervoe-polugodie-2020.pdf>
6. <https://hr-portal.ru/article/kak-obnaruzhit-potencialnogo-insaydera>
7. Т. И. Маркова, К. В. Захарова Ксения «Классификация инсайдеров»
8. Е.А. Мамочка «Типы личности преступника-инсайдера»
9. М. А. Поляничко «Показатели личностной predisпозиции к инсайдерской деятельности»
10. <https://www.crn.ru/news/detail.php?ID=61449>
11. [https://edu.tltsu.ru/sites/sites_content/site216/html/media67140/lec1_is-2_2020%20\(1\).pdf](https://edu.tltsu.ru/sites/sites_content/site216/html/media67140/lec1_is-2_2020%20(1).pdf)

СЕКЦИЯ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ
КОМПЛЕКСОВ

**РАКЕТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ НЕУПРАВЛЯЕМОЙ РАКЕТЫ
КЛАССА «ЗЕМЛЯ-ЗЕМЛЯ»**

Чернопятко Федор Антонович

Школа 1502 «Энергия», 11 класс

Научный руководитель:

Зув Максим Максимович

Учитель

Введение

При выборе темы проекта у автора появился интерес к ракетостроению. После изучения теоретической части было решено перейти к практике. Проект был предназначен для работы в команде, поэтому, был разделен на две части: программную и техническую. Программную часть взял на себя напарник по проекту Краснов Леонид. Так задачей автора стало создание неуправляемой ракеты класса «Земля-земля» и пусковой установки на передвижной платформе

Основную часть можно разделить на несколько частей:

В подразделе «Используемые методы» были описаны приложения для моделирования, среда разработки, модули и контроллеры, задействованные в разработке.

В подразделе «Постановка задач» описаны требования к пусковой установке и характеристикам ракеты

В подразделе “Анализ предметной области” Дается определения специальным словам, которые могут быть непонятны широкому кругу специалистов.

В подразделе «Средства реализации» описаны методы и материалы, использованные для решения поставленных задач.

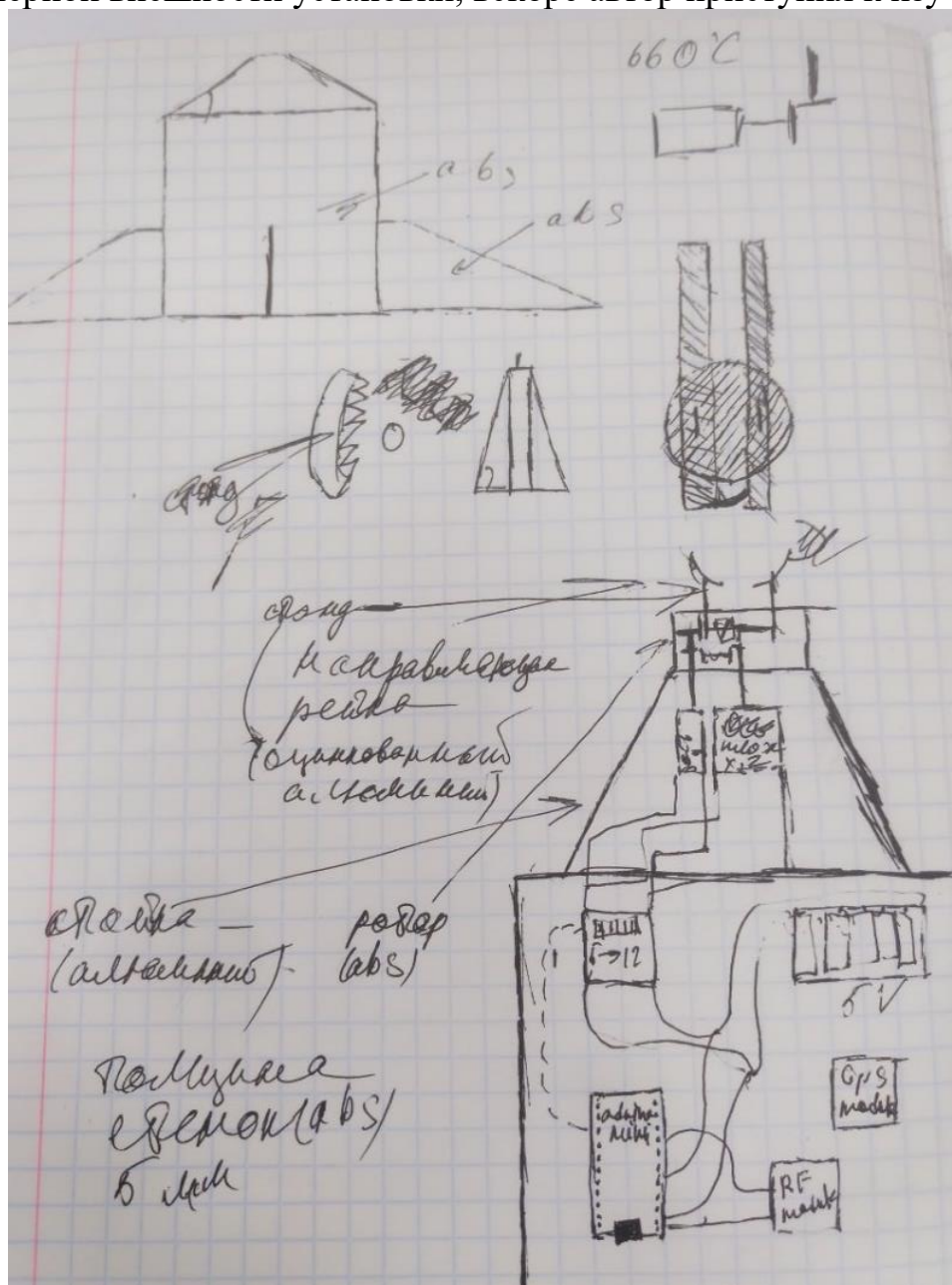
В подразделе «Заключение» подведены итоги исследований и выполненной работы

В подразделе «Результат» описаны полученные данные и возможные дальнейшие способы развития проекта

2. Основная часть

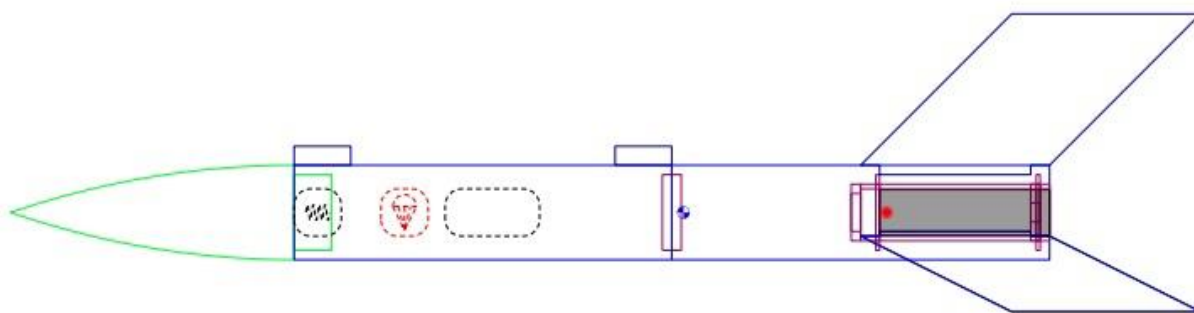
История создания

Проект зародился давно. Изначально это были лишь наброски на бумаге примерной внешности установки, вскоре автор приступил к изучению



теории и подробному изучению темы.

У автора появилось примерное представление внешнего вида и характеристик ракеты требуемых для проекта. Для начала была использована программа OpenRocket чтобы определить наилучшие габариты и расположение элементов в ракете.



Далее по информации, полученной из программы, автор начал моделировать детали в приложении 3D-Inventor. Тестовая партия после обработки в слайсере отправилась на печать, но проверку на прочность она не прошла, и пришлось менять материал. В качестве теста возможностей принтера и материала был напечатан носовой обтекатель.



Последующие детали получились прочней, но точность печати не позволяет соединить необходимые детали друг к другу без предварительной обработки наждачной бумагой.

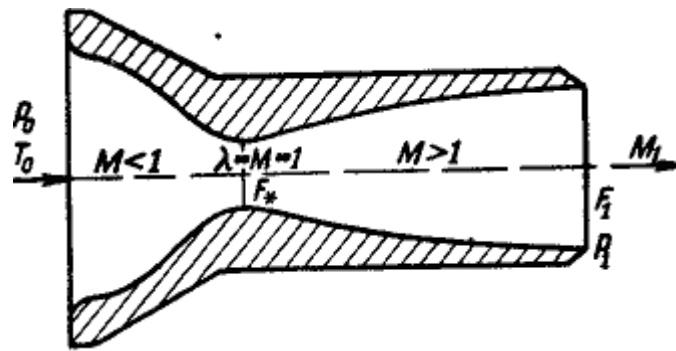


В качестве топлива было выбрано сахарное топливо, так как имело маленькую стоимость и простоту производства. Жидкое топливо взрывоопасно и для данной задачи, оно не подходит.

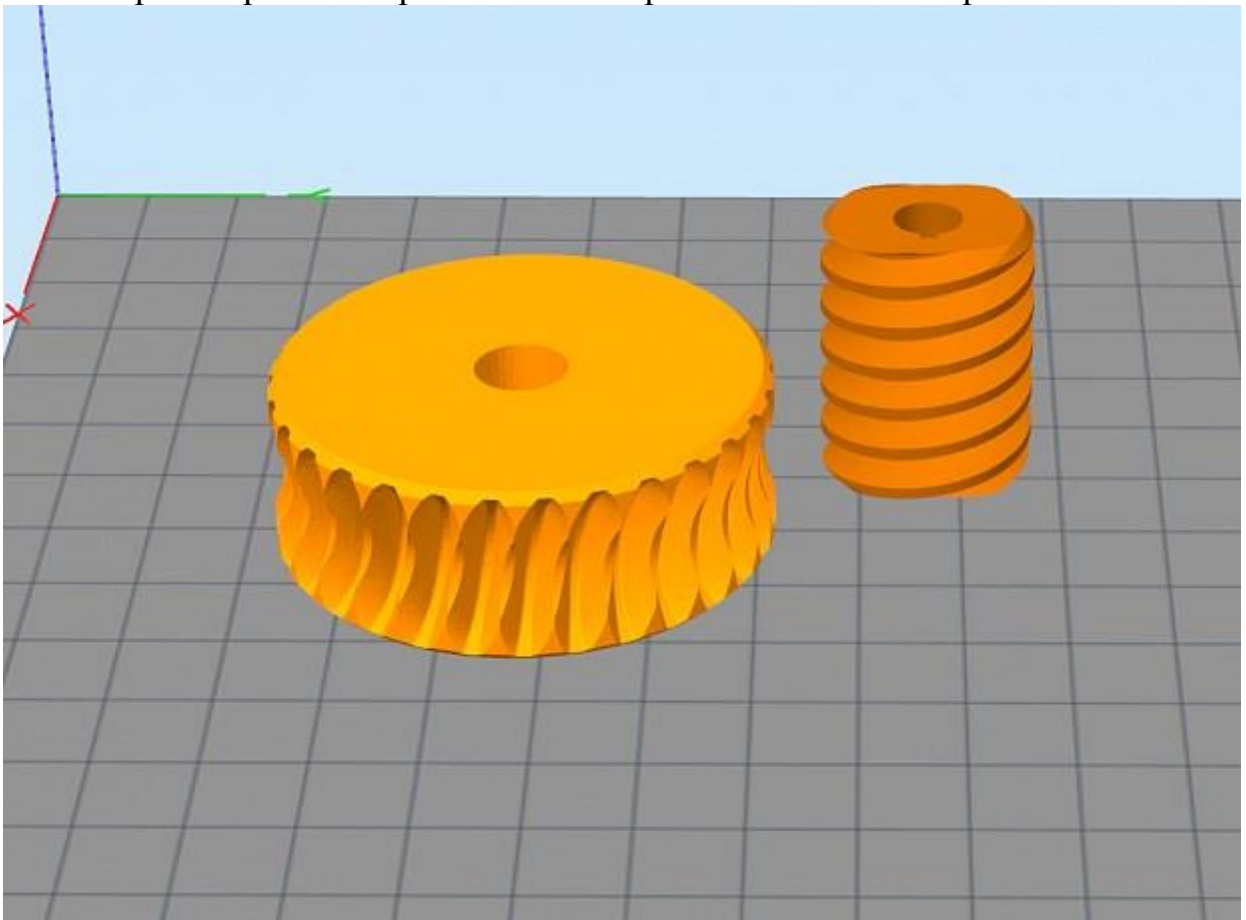


Далее предстояла разработка двигателя. Поскольку пластиковый корпус ракеты будет плавиться было принято решение использовать дюралюминиевую трубу с внешним диаметром 36мм и внутренним 34мм. Для меньшей теплопередачи от двигателя к корпусу, были использованы центрирующие кольца. Изучив описанную теорию в книге «Проектирование зенитных управляемых ракет» было принято решение о создании сверхзвукового сопла Лавалья. Навыков и квалификации в токарном деле нет, потому по чертежу деталь была выточена из нержавеющей стали в мастерской.



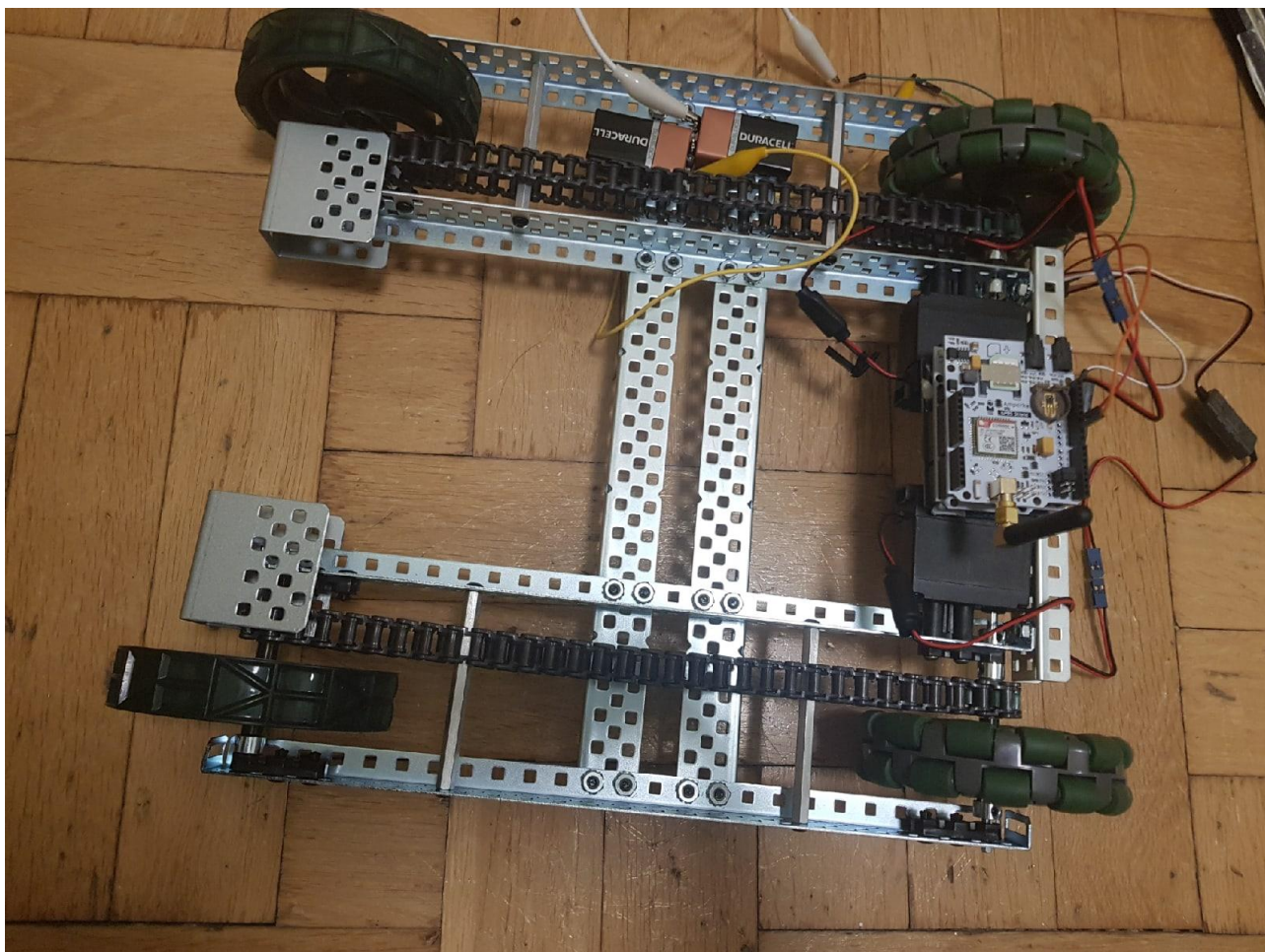


Далее встал вопрос о механизме передачи момента, выбор пал на червячный тип. Обладает высоким КПД, возможно точно настроить угол. Были спроектированы и распечатаны червячное колесо и червяк.





В качестве платформы для передвижения была выбран конструктор Vex



Для уменьшения радиуса разворота задние колеса были заменены на омниколеса.

2.2 Постановка задач

Было необходимо создать пусковую установку на передвижном блоке, способную запустить неуправляемую ракету класса «земля-земля».

Ракета должна нести минимум 500г полезной нагрузки при полетах на средние дистанции и с максимальной точностью.

Установка работает по следующему принципу: GPS shield установленный на Arduino (приложение А) определяет положение комплекса в пространстве, после чего вводятся координаты приземления ракеты, установка автоматически рассчитывает расстояние до точки если расстояние превышает максимальную дальность полета ракеты, то установка выполняет передвижение в автоматическом режиме к ближайшей возможной точке запуска.

2.3 Используемые методы

Для создания установки потребовалось:

Среда разработки Arduino IDE – среда разработки предназначенная для создания и загрузки программ на Arduino-совместимые платы.

Inventor 3d – распространенное приложение для 3d моделирования.

Файлы из этого приложения невозможно загрузить в 3-d принтер, необходимо преобразование.

Cura – это слайсер для 3d моделей. Загружаемая модель разрезается на слои и генерируется новый файл G-code. Данный файл загружается в 3-d принтер и начинается печать.

Конструктор VEX - робототехнических набор, при помощи него возможно создавать конструкции, управляемые контроллером из набора. Так же, многие модули из набора, такие как двигатели, имеют совместимость с Arduino.

OpenRocket - специальное приложение для моделирования ракеты под определенные требования. Оно учитывает множество факторов для правильного построения модели ракеты.

Набор библиотек Arduino IDE – В библиотеке хранятся различные методы и структуры данных, которые нужны для упрощения работы с датчиками, индикаторами, модулями и другими компонентами.

2.4 Анализ предметной области

Shield – модуль распаянный на плате, устанавливающийся на Arduino. Это экономит время монтажа и занимаемое место всей схемой. Так же эти платы устроены так, что Arduino может взаимодействовать с ними не используя порты, то есть можно подключить больше различных модулей

Метод Хаверсине – точный способ определения расстояния между двумя точками на эллипсоиде используемый в геодезии.

GPS – модуль определяющий местоположение во всемирной системе координат WGS 84

G-code – стандартный язык печати используемый большинством 3-d принтеров.

Омниколеса - является колесом с небольшими цилиндрами по окружности, перпендикулярными к направлению вращения, это позволяет улучшить маневренность техники

Сопло Лавала – вид сопла широко использующийся в ракетостроении, на сужающемся, докритическом участке (Диффузоре) сопла движение газа происходит с дозвуковыми скоростями. В самом узком, критическом сечении сопла локальная скорость газа достигает звуковой. На расширяющемся, закритическом участке (Конфузор), газовый поток движется со сверхзвуковыми скоростями.

Критическое сечение- самое узкое место в конструкции сопла ABS-вид пластика использованный для печати

2.5 Алгоритм работы

-В контроллер загружаются координаты необходимой точки приземления ракеты

-Установка определяет свое положение в пространстве при помощи GPS модуля

-При помощи библиотеки math.h и формул Хаверсине производится расчет расстояния между этими точками (Приложение Б)

-В контроллер заранее загружена максимальная дальность полета ракеты, начинается проверка

-Если результат вычислений показывает, что расстояние превышает способности ракеты, то происходит движение в нужную для запуска сторону до тех пор, пока расстояние не будет меньше либо равно необходимому

-Далее программа рассчитывает угол направляющих и при помощи червячной передачи он выставляется с большой точностью.

-Срабатывает электронный запал и топливо поджигается, в камере сгорания наращивается давление

2.6 Предложения по практическому применению

С помощью установки можно доставлять грузы в труднодоступные места, использовать в качестве тестового стенда для запуска ракет различных типов. Части ракеты взаимозаменяемы, потому контейнер с припасами, может заменить боеголовка с взрывчатым веществом не превышающим 600г

2.7 Перспективы дальнейшей разработки

В будущем планируется добавить модули для лучшей ориентации в пространстве и следовательно улучшения проходимости.

Уменьшить погрешность при расчетах точки приземления.

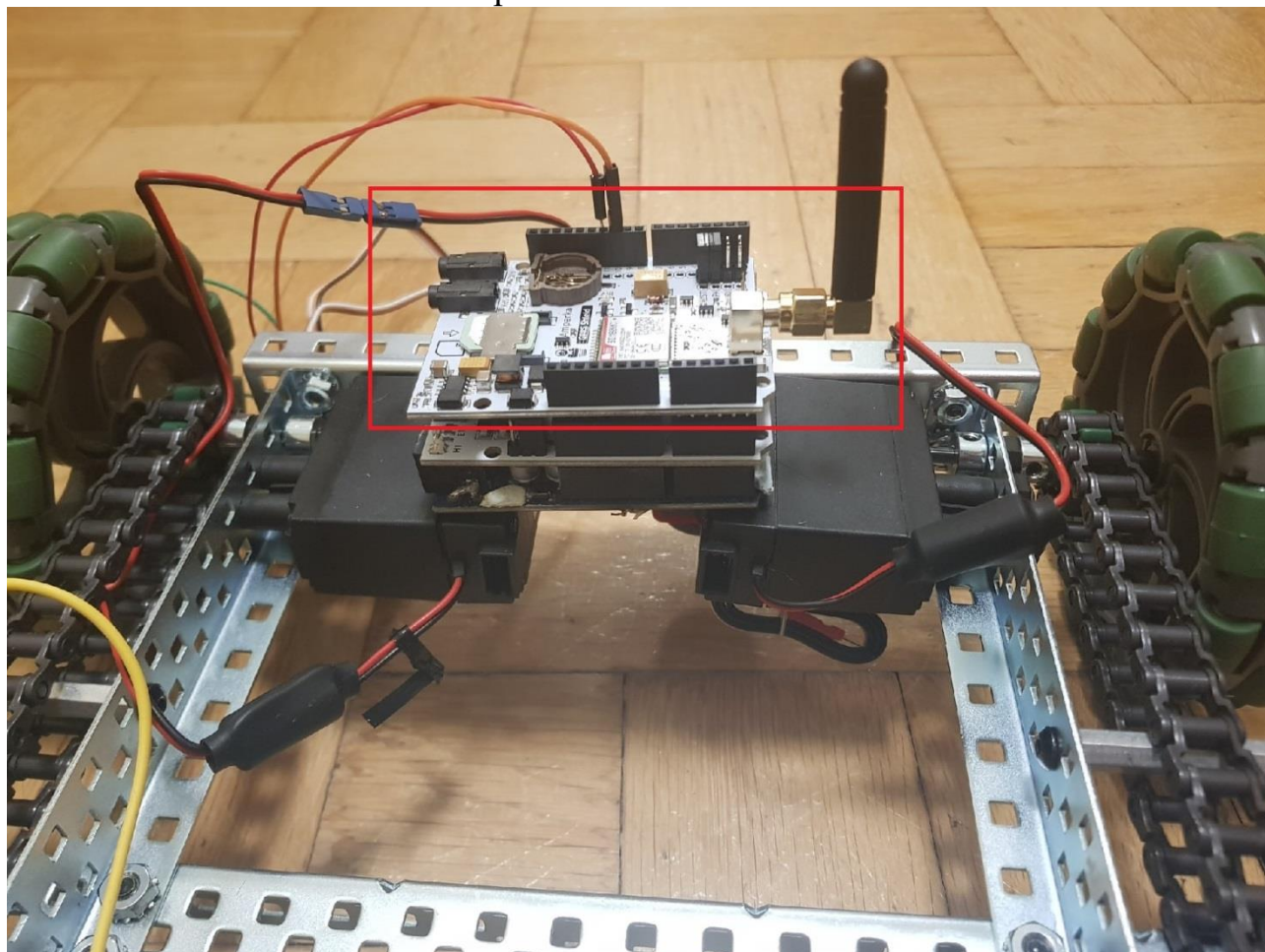
Добавить возможность следить за передвижениями и наладить удаленную связь с устройством.

3. Заключение

В итоге проделанной работы получены следующие результаты:

- Создана неуправляемая ракета класса «Земля-Земля»
- Установка производит запуск ракеты в автоматическом режиме
- Площадка для запуска установлена на подвижную платформу
- Удалось стандартизировать данные для запуска путем использования одной и той же пресс формы для топлива и соблюдения технологии во время производства.

4. Приложения
Приложение А



Приложение Б

```
#include <math.h>

double lat1;
double lat2;
double lon1;
double lon2;
double latR1;
double latR2;
double lonR1;
double lonR2;
double dlon;
double dlat;
double a;
double e;
double d;
double R = 6371.00;
double toDegrees = 57.295779;
char sb[10];
void setup() {
  Serial.begin(115200);
}

void loop() {
  Serial.println("\nInput Start Latitude: ");
  while(Serial.available() == 0){}
  Serial.readBytes(sb, 10);
  lat1 = atof(sb);
  Serial.println("Input Start Longitude: \n");
  while(Serial.available() == 0){}
  Serial.readBytes(sb, 10);
  lon1 = atof(sb);
  String Start = "GPS Starting Location: " + String(lat1, 6) + ", " + String(lon1, 6);
  Serial.print(Start);

  Serial.println("\nInput Destination Latitude: ");
  while(Serial.available() == 0){}
  Serial.readBytes(sb, 10);
  lat2 = atof(sb);
  Serial.println("Input Destination Longitude: \n");
  while(Serial.available() == 0){}
  Serial.readBytes(sb, 10);
  lon2 = atof(sb);
  String Dest = "GPS Destination Location: " + String(lat2, 6) + ", " + String(lon2, 6);
  Serial.print(Dest);
  Serial.println();

  calcDist();
}

void calcDist(){
  lonR1 = lon1*(PI/180);
  lonR2 = lon2*(PI/180);
  latR1 = lat1*(PI/180);
  latR2 = lat2*(PI/180);
  dlon = lonR2 - lonR1;
  dlat = latR2 - latR1;
```

```
a = (sq(sin(dlat/2))) + cos(latR1) * cos(latR2) * (sq(sin(dlon/2)));
e = 2 * atan2(sqrt(a), sqrt(1-a)) ;
d = R * e;

Serial.println();
Serial.print("Distance to destination(KM): ");

Serial.println(d, 6);
Serial.println();

double x = cos(latR2)*sin(lonR2-lonR1);

Serial.print("X = ");
Serial.println(x, 6);

double y = cos(latR1)*sin(latR2)-sin(latR1)*cos(latR2)*cos(lonR2-lonR1);

Serial.print("Y = ");
Serial.println(y, 6);
float brRad = atan2(x, y);
Serial.print("atan2(x, y) (Radians) = ");
Serial.println(brRad, 6);

float reqBear = toDegrees*brRad;
Serial.print("Bearing: ");
Serial.println(reqBear, 4);
}
```

5. Список использованных источников

- 1 Wikipedia.org
- 2 kia-soft.narod.ru
- 3 Youtube
- 4 www.heuristic.su
- 5 «Проектирование зенитных управляемых ракет» издательство МАИ 2001г
- 6 Habr.com

СЕКЦИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ МЕТАЛЛА НА ЕГО
УДАРНУЮ ВЯЗКОСТЬ**

Новоселов Александр Сергеевич

МАОУ гимназия № 21 города Тюмени

8 класс

Научные руководители:

Новоселов С. В., ктн; Иссаев С.С. заведующий лабораторией;

Вепрева Татьяна Николаевна, учитель физики

МАОУ гимназии № 21 города Тюмени

Глава 1. Введение

1.1. Цели

- Определение степени влияния температуры материала на его ударную вязкость.

1.2. Задачи

- Изучить литературу по теме «Ударная вязкость»;
- Подготовить материалы для проведения исследований;
- Провести исследование объектов;
- Составить таблицу зависимости механических показателей образцов от их температуры в момент исследования;
- Сделать вывод.

1.3. Актуальность

На данный момент сильно развивается инфраструктура городов в России

и мире. В каждой стране разные климатические условия.

Как известно, в основу каркаса и фундамента построек входит металл и, если воздействовать на него с большой силой, то имеется вероятность крушения здания. Температура окружающей среды может иметь влияние на механические характеристики металла. Необходимо знать характеристики металла в зависимости от погодных условий для недопущения необратимых последствий.

Металл обширно используется при строительстве трубопроводов. Так как труба подвергается множеству нагрузок (например, при таянии и замерзании снега труба меняет размеры, а протяжённость труб очень велика), и она не имеет хорошей защиты, то есть вероятность её поломки или трещины, а в следствие и несчастного происшествия.

Так же металл используется при строительстве больших резервуаров, содержащих едкие химические вещества и нефть, которые при попадании в окружающую среду способны ей навредить.

1.4. Гипотеза

- Температура окружающей среды имеет прямое влияние на механические характеристики металла.

1.5. Сведения об исследуемом объекте

- В качестве исследуемых объектов было подобрано 6 стальных брусков разных марок и одинаковой площади поперечного сечения(0.8см^2). Каждой марки стали было по 2 бруска: 2 бруска марки СТ20, 2 бруска марки 10Г2ФБЮ и 2 бруска 09Г2С.

Глава 2. Принцип работы маятникового копра

2.1. Что такое маятниковый копер?

Маятниковый копер — прибор, с помощью которого проводятся лабораторные испытания материалов на ударную вязкость.

2.2. Как работает маятниковый копер?

Для определения удельной ударной вязкости твердых материалов при их испытании на ударный изгиб служит маятниковый копер (копер Шарпи). Его главная рабочая часть— массивный маятник с ножом, который качается в подшипниках, зафиксированных на станине. Его возводят в исходное положение и фиксируют храповым устройством или специальной защелкой. После того как испытуемый образец устанавливается на опоры, маятник освобождается и, падая, разрушает его (фото номер 1 и 2 в приложениях).

Глава 3. Что такое ударная вязкость металла?

3.1. Ударная вязкость металла

Ударная вязкость — способность материала поглощать механическую энергию в процессе деформации и разрушения под действием ударной нагрузки. Определяется по формуле:

$$\alpha = \frac{A_H}{F}$$

Где A_H -работа удара, затраченная на излом образца, F -площадь поперечного сечения образца в месте надреза до испытания, α -показатель ударной вязкости.

Основным отличием ударных нагрузок от испытаний на растяжение-сжатие или изгиб является гораздо более высокая скорость выделения энергии. Таким образом, ударная вязкость характеризует способность материала к быстрому поглощению энергии.

Обычно оценивается работа до разрушения или разрыва испытываемого образца при ударной нагрузке, отнесённой к площади его сечения в месте приложения нагрузки. Выражается в Дж/м² или в кДж/м². Ударную вязкость обозначают KCV, KCU, KCT. КС – символ ударной вязкости, третий символ показывает вид надреза: острый (V), с радиусом закругления (U), трещина (T)

3.2. Информация о металле

Сталь-сплав железа с углеродом (и другими элементами), содержащий не менее 45 % железа и в котором содержание углерода находится в диапазоне от 0,02 до 2,14 %, причём содержанию от 0,6 % до 2,14 % соответствует

высокоуглеродистая сталь. Если содержание углерода в сплаве превышает 2,14 %, то такой сплав называется чугуном. Углерод придаёт сплавам прочность и твёрдость, снижая пластичность и вязкость. У стали есть много марок, состоящая из букв, которая обозначает каждый элемент сплава. На фото номер 3 в приложениях представлены объекты исследования.

Глава 4. Практическая часть

4.1. Расположение образцов

Образцы располагались в щели (фото 1, стрелка 4), так, чтобы при врезании молота в образец его остриё попадало в надрез образца.(фото 7)

4.2. Подготовка образцов к испытанию

Перед тем, как начать испытание образцов, мне пришлось 3 из них охладить. Охлаждение проходило с помощью жидкого азота. Для начала в специальную тару было налито 250 см³ жидкого азота. Далее образцы располагались в жидком азоте, закрыл крышку и продержал их там 100 секунд, после чего измерялась температура образцов с помощью лазерного (бесконтактного) термометра (фото 8 и 9). Когда процесс охлаждения был завершён, происходило испытание холодных образцов.

После этого началось испытание остальных образцов. Образцы находились в одном помещении, их температура была одинаковой(20,5°C). Пройдя процедуру измерения температуры, образцы подверглись испытанию с помощью маятникового копра.

4.3. Результаты экспериментов

Наименование образца	Температура образца, °С	Работа удара, Дж	Ударная вязкость, Дж/см ²
09Г2С	-21,7	99	123,75
СТ20	-21,7	81	101,25
10Г2ФБЮ	-21,7	138,6	173,25
09Г2С	20,5	251,4	314,25
СТ20	20,5	191,4	239,25
10Г2ФБЮ	20,5	254,4	318

На фотографиях 4-6 в приложениях можно увидеть как проходил эксперимент (фото 4 - исходное положение маятника, фото 5 - маятник начал вращаться, фото 6 - маятник возвращается в исходное положение).

Как мы видим, амплитуда температур не велика ($42,2^{\circ}\text{C}$), но ударная вязкость в некоторых образцах отличается более чем в 2 раза. Отсюда вывод, что при понижении температуры металлы становятся более ломкими. При повышении, соответственно, пластичнее.

Заключение

Мой эксперимент показал, что ударная вязкость сильно зависит от температуры окружающей среды. При понижении температуры металлы становятся более хрупкими. При повышении, соответственно, пластичнее.

Таким образом, меньше всего ударная вязкость стали СТ20 зависит от её температуры.

Моя гипотеза о том, что температура окружающей среды имеет прямое влияние на механические характеристики металла, подтвердилась. Таким образом, все задачи выполнены, цель достигнута.

В качестве перспективы продолжения проекта, можно было бы определить влияние состава сплава металлов на их механические характеристики.

Приложения

Фото номер 1:

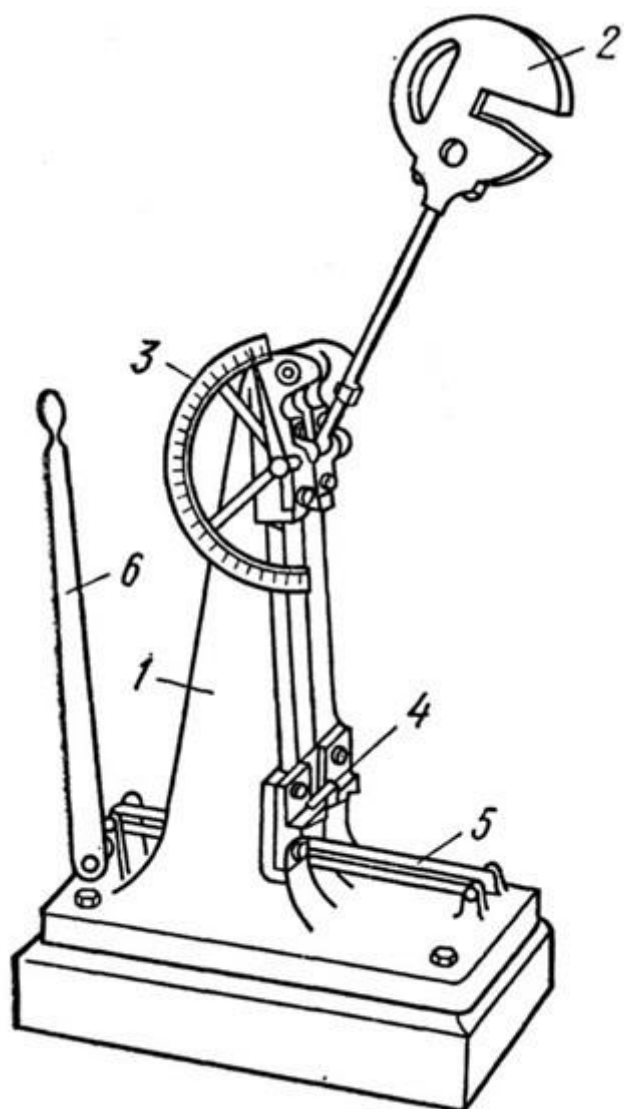


Фото номер 2



Фото номер 3

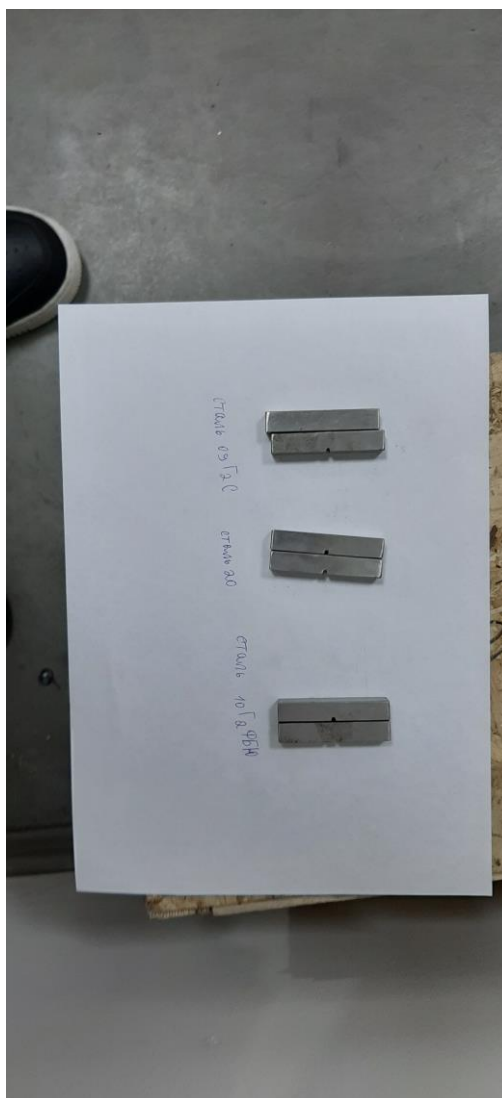


Фото номер 4



Фото номер 5



Фото номер 6



Фото номер 7



Фото номер 8



Фото номер 9



Информационные источники:

<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8>

С

https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%B4%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C

<https://mash->

[xxl.info/page/154147222207036070234109146235213066160227191238/](https://mash-xxl.info/page/154147222207036070234109146235213066160227191238/)

https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%8F%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D1%80

Учебник физики 7, 8 класс, Перышкин

Как объяснить ребёнку науку, К.Вордерманн

Фейнмановские лекции по физике том 1, Р.Фейнман

СЕКЦИЯ МАТЕМАТИКА И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССАХ

«ЗОЛОТОЕ СЕЧЕНИЯ» В МУЗЫКЕ

Власов Виталий Владимирович

ОАНО «Учебный центр «Перспектива», 11-й класс

Научный руководитель:

Котович Александр Валерианович

к.н., доцент кафедры

«Прикладная математика» ФН-2,

МГТУ им. Н.Э. Баумана

ВВЕДЕНИЕ

Существует стереотип, что все люди делятся на «рациональных», с условным техническим складом ума и «эмоциональных», с более творческим и гуманитарным складом ума. Но этот стереотип опровергается примерами, в которых творческое начало подтверждается четкими расчетами, и наоборот, в которых сухие математические формулы становятся основой искусства.

Одним из ярких подтверждений возможности сочетания иррационального и рационального является музыка.

С древних времен музыка присутствовала в жизни людей, сначала в ритуалах и обычаях, затем в политической и светской жизни. Но немногие задумывались о том, почему некоторые музыкальные созвучия приятны на слух, а другие звучат резко и раздражают, почему одна мелодия эмоционально успокаивает, а другая хорошо подходит для военного марша.

Считается, что первым, кто задумался над связью гармонии и математики был Пифагор. Для него и его последователей, пифагорейцев, математика была божественной наукой, открывающей законы красоты Вселенной, и музыка была также причастной божественному.

Считается, что помимо идеи связи гармонии и математики Пифагор ввел понятие «Золотого сечения». По сей день принципы «Золотого сечения» используются в математике, физике, биологии, астрономии и других науках, в архитектуре, живописи и других искусствах.

Цель работы – изучить золотое сечение в музыкальных произведениях на конкретных примерах и проанализировать, используется ли данное правило в современной музыке или оно свойственно только классическим произведениям прошлых веков.

Задачи:

1. Изучить понятие «Золотое сечение».
2. Изучить исследования по теме «Золотого сечения» в музыке.
3. Проанализировать различные по жанру и времени создания музыкальные произведения на предмет наличия в них «Золотого сечения».

1. Понятие «золотое сечение»

Термин «Золотое сечение» знаком многим. Это идеальное соотношение величин, лежащее в основе гармонии природы и человека, высшее проявление структурного и функционального совершенства целого и его частей.

Очевидно, что при делении целого на две неравные части возможно бесконечное множество отношений между целым и одной из его частей, а также между самими частями целого. Но только в единственном случае эти отношения могут быть равными. Этот случай и представляет собой золотое сечение – случай, когда целое относится к большей части, как большая часть к меньшей.

В древнегреческой математике изначально золотым сечением именовалось деление отрезка АВ точкой С на две части так, что большая часть относится к меньшей, как весь отрезок к большей (Рис.1):

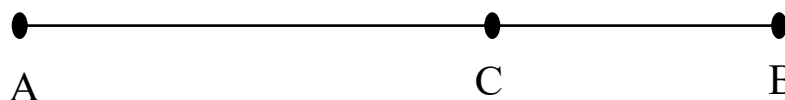


Рис.1 – деление отрезка золотым сечением

$$\frac{AC}{CB} = \frac{AB}{AC} \quad (1)$$

Обозначим отрезок АС буквой x , и отрезок СВ буквой a , тогда отрезок АВ будет равен сумме $x+a$ получим:

$$\frac{x}{a} = \frac{x+a}{x} \Rightarrow x^2 + ax + a^2 = 0 \quad (2)$$

Решая данное квадратное уравнение, получим:

$$x_{1,2} = a \frac{1 \pm \sqrt{5}}{2} \quad (3)$$

Поскольку x часть целого, то есть величина положительная, а второй корень отрицателен, то приходим к единственному значению корня:

$$x = a \frac{1+\sqrt{5}}{2} \approx 1,618a \quad (4)$$

Коэффициент $\frac{1+\sqrt{5}}{2}$ называется «Золотым числом», и обозначается греческой буквой Φ (ϕ) в честь древнегреческого скульптора и архитектора **Фидия**, мастера, воплотившего это число в своих работах. Для практических целей используют приближённое значение $\Phi = 1,618\dots$

Величины, отношение которых равно Φ , находятся в «Золотой пропорции», а само соотношение называется «Золотым сечением».

Наиболее наглядным графической интерпретацией «Золотого сечения» является «Золотой прямоугольник» (Рис.2) — это прямоугольник, длины сторон которого находятся в «Золотой пропорции». Особенность этого прямоугольника в том, что, сколько бы вы ни отрезали от него квадратов, стороны оставшегося прямоугольника всегда будут сохранять соотношение 1 к 1,168.

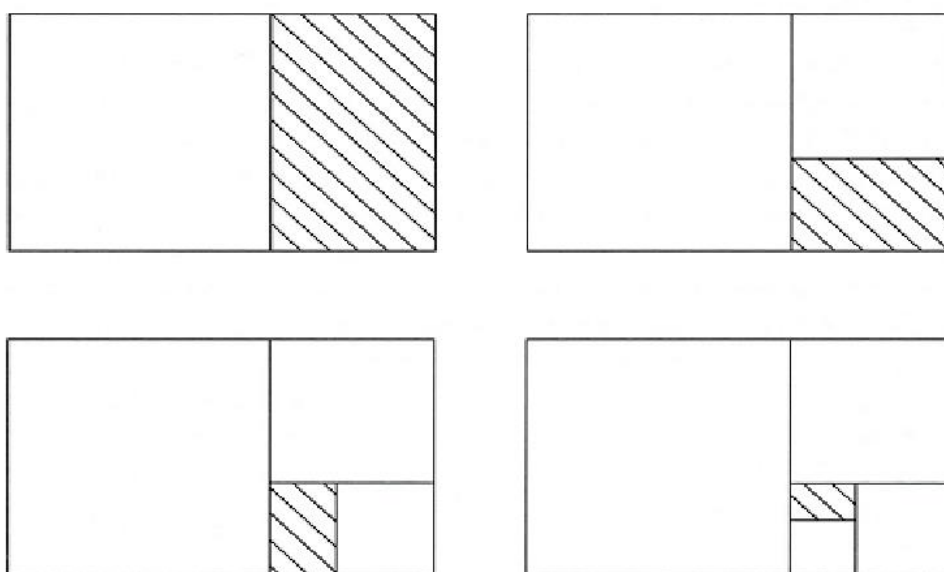


Рис. 2 – «Золотой» прямоугольник

Если записать число Φ с помощью себя же, то получится $\Phi = \frac{\Phi+1}{\Phi}$ или $\Phi = 1 + \frac{1}{\Phi}$. Каждый раз, заменяя Φ в знаменателе, получим бесконечную цепная дробь:

$$\Phi = 1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \dots}}} \quad (5)$$

Используя непрерывную дробь можно раскрыть связь «Золотого сечения» с последовательностью Фибоначчи (ряд чисел, в котором каждое последующее число является суммой двух предыдущих чисел).

Для этого необходимо немного изменить бесконечную дробь добавив индексы, чтобы показать, как следующее значение $\Phi (n+1)$ может быть получено из предыдущего значения $\Phi (n)$.

$$\Phi_{n+1} = 1 + \frac{1}{\Phi_n} \quad (6)$$

Так как это бесконечная цепная дробь, с ростом n искомое значение приближается к истинному значению Φ .

Теперь допустим, что $\Phi(0) = 1$ и найдем $\Phi(1)$.

$$\Phi_1 = 1 + \frac{1}{\Phi_0} = 1 + \frac{1}{1} = 2/1 \quad (7)$$

Далее вычислим $\Phi(2)$.

$$\Phi_2 = 1 + \frac{1}{\Phi_1} = 1 + \frac{1}{2/1} = 3/2 \quad (8)$$

Таким же способом можно вычислить $\Phi(3)$, $\Phi(4)$:

$$\Phi_3 = 1 + \frac{1}{\Phi_2} = 1 + \frac{1}{3/2} = 5/3 \quad (9)$$

$$\Phi_4 = 1 + \frac{1}{\Phi_3} = 1 + \frac{1}{5/3} = 8/5 \quad (10)$$

Как можно заметить, каждое следующее значение — это отношение двух соседних чисел Фибоначчи.

По мере продвижения к каждому новому последовательному

вычислению обнаруживается, что значение отношения все ближе и ближе приближается к его истинному «Золотому сечению».

На девятом члене последовательности Фибоначчи получается значения «Золотого сечения», с тремя верными цифрами после запятой.

Таблица 1 – значения отношений чисел
в последовательности Фибоначчи

№ п/п	Отношение	Значение	№ п/п	Отношение	Значение
1	1/1	1	6	13/8	1,625
2	2/1	2	7	21/13	1,615
3	3/2	1,5	8	34/21	1,619
4	5/3	1,667	9	55/34	1,618
5	8/5	1,6	10	89/55	1,618

Если визуализировать этот процесс, то видно, что последовательность Фибоначчи создает прямоугольники всё ближе и ближе к «Золотому прямоугольнику».

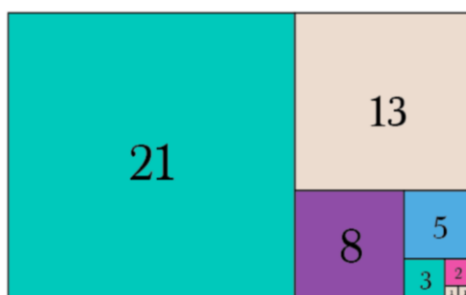


Рис. 3 – Прямоугольник Фибоначчи

На это число обратили внимание художники, скульпторы, архитекторы — его назвали божественной пропорцией и стали использовать в произведениях искусства, чтобы добиться идеальной композиции, наилучшего сочетания всех элементов произведения. Но выявить и наделять такими пропорциями материальные объекты представляется не таким

сложным. Данная работа посвящена поиску «божественной пропорции» в музыке.

2. «Золотое сечение» в музыкальных произведениях

На практике оказывается, что метод золотого сечения применяется и в музыке. Оказывается, в музыкальных произведениях очень часто встречается эта «Золотая пропорция».

В начале 20 века на заседании Московского музыкального кружка было сделано сообщение, содержащее информацию о том, какое применение находит золотое сечение в музыке. Сообщение с огромным интересом слушали члены музыкального кружка композиторы С. Рахманинов, С. Танеев, Р. Глиэр и другие. Доклад музыковеда Розенова Э.К. «Закон золотого сечения в музыке и поэзии» положил начало исследованиям математических закономерностей, связанных с «Золотой пропорцией», в музыке. Он проанализировал музыкальные произведения Моцарта, Баха, Бетховена, Вагнера, Шопена, Глинки и других композиторов и показал, что в их произведениях присутствует эта «Божественная пропорция».

Кульминация многих музыкальных произведений располагается не в центре, а немного смещена к концу произведения в соотношении 62:38 – это и есть точка золотой пропорции. Доктор искусствоведения, профессор Л. Мазель заметил, изучая восьмитактные мелодии Шопена, Бетховена, Скрябина, что во многих творениях этих композиторов кульминация, как правило, приходится на слабую долю пятого, то есть на точку золотого сечения – $5/8$. Л. Мазель считал, что практически у каждого композитора – приверженца гармонического стиля можно найти подобную музыкальную структуру: пять тактов подъёма и три такта спуска. Это говорит о том, что метод золотого сечения активно применялся композиторами сознательно, либо бессознательно. Вероятно, такое структурное расположение кульминационных моментов придает музыкальному произведению

гармоническое звучание и эмоциональную окраску.

Серьёзное исследование музыкальных произведений на предмет проявления в них золотой пропорции предпринял композитор и музыковед Л. Сабанеев. Он изучил около двух тысяч творений разных композиторов и пришёл к выводу, что примерно в 75% случаев золотое сечение присутствовало в музыкальном произведении хотя бы один раз. Самое большое количество произведений, в которых встречается золотая пропорция, он отмечал у таких композиторов, как Аренский (95%), Бетховен (97%), Гайдн (97%), Моцарт (91%), Скрябин (90%), Шопен (92%), Шуберт (91%).

Изучив множество произведений классической музыки, можно сделать вывод о том, что музыкальные произведения по своей форме тяготеют к симметрии. В основном классическое произведение образует трехчастную форму. В первой части звучат одна или две темы, которые хорошо запоминаются благодаря неоднократному повторению. В средней части первоначальная тема подвергается развитию, видоизменению, либо вообще не появляется. Третья часть является полным или частичным повторением первой. И это закономерно, так как, если бы произведение состояло из постоянно сменяющихся друг друга мотивов, сознанию было бы не за что зацепиться.

После исследования произведений с помощью математических расчетов было выявлено, что точка золотого сечения во многих из них приходится на начало третьей части.

Но если изучением классических гармонических мелодий занимались некоторые ученые, то по исследованиям, в области наличия золотого сечения в более современной музыке и музыке других жанров, публикации практически отсутствуют.

Одной из задач данной работы является проследить «наличие божественной пропорции» в нескольких разножанровых музыкальных

произведениях, сочиненных в разные века.

Для анализа предлагается взять следующие произведения:

- 1) Первая часть Симфонии № 40 (I. Molto Allegro), автор – Вольфганг Амадей Моцарт, год создания – 1788.
- 2) «Танец Феи Драже» из балета «Щелкунчик», автор – П.И. Чайковский, год создания – 1892.
- 3) Марш «Прощание Славянки», автор – Василий Агапкин, год создания – 1912, в исполнении Образцового военного оркестра Почетного караула Московского гарнизона.
- 4) Главная мелодия из художественного фильма «Ла-ла-ленд» под названием «Mia & Sebastian's Theme», автор – Джастин Гурвиц, год создания – 2016, получившая премию «Оскар» как лучшая музыка к фильму в 2017 году.
- 5) Современную песню «Кадиллак», автор – Слава Марлоу, исполнители Моргенштерн и Эджей, год создания – 2020. Для анализа данная песня была прослушана без слов, с целью того, чтобы речевая дорожка не влияла на восприятие мелодии.

2.1 Анализ Первой части Симфонии № 40 (1788г.)

Данное музыкальное произведение является классическим. В анализируемой мелодии явно можно выделить четыре музыкальный отрезка.

В таблице 2 указаны отрывки в минутах по хронометражу мелодии, а также представлен перевод в секундах для удобства расчета отношения.

Табл.2 – расчет «Золотого сечения»

Первой части Симфонии № 40

Музыкальные отрезки, мин.	Музыкальные отрезки, сек.	Отношение	Значение	Погрешность
0 – 1:47	0 – 107	–	–	–
1:47 – 2:57	107 – 177	177/107	1,654	-0,036
2:57 – 4:34	177 – 274	274/177	1,548	0,070

4:34 – 7:24	274 – 444	444/274	1,620	-0,002
-------------	-----------	---------	-------	--------

На временной шкале ниже (Рис.4) представлено графическое деление произведения на отрезки.

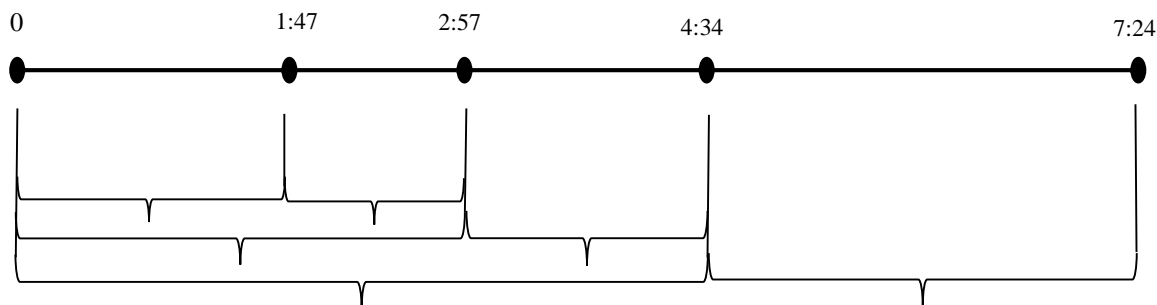


Рис. 4 – временная шкала первой части Симфонии № 40

Проанализировав данное произведение можно сказать о том, что значения отношений находятся достаточно близко к «Золотому сечению», погрешности значений указаны в Таблице 2, и максимальное значение по модулю составляет 0,07.

Таким образом, можно говорить о том, что структура произведения выстраивается по «Золотому сечению» с погрешностью 0,07.

2.2. Анализ музыкального произведения «Танец Феи Драже» (1892г.)

Данное музыкальное произведение является классическим вальсом. В анализируемой мелодии явно можно выделить три музыкальных отрезка.

В таблице 3 указаны отрывки в минутах по хронометражу мелодии, а также представлен перевод в секундах для удобства подсчета отношения.

Табл.3 – расчет «Золотого сечения» произведения «Танец Феи Драже»

Музыкальные отрезки, мин.	Музыкальные отрезки, сек.	Отношение	Значение	Погрешность
---------------------------	---------------------------	-----------	----------	-------------

0 – 0:48	0 – 48	–	–	–
0:48 – 1:15	48 – 75	75/48	1,563	0,055
1:15 – 2:07	75 – 127	127/75	1,693	-0,075

На временной шкале ниже (Рис.5) представлено графическое деление произведения на отрезки.

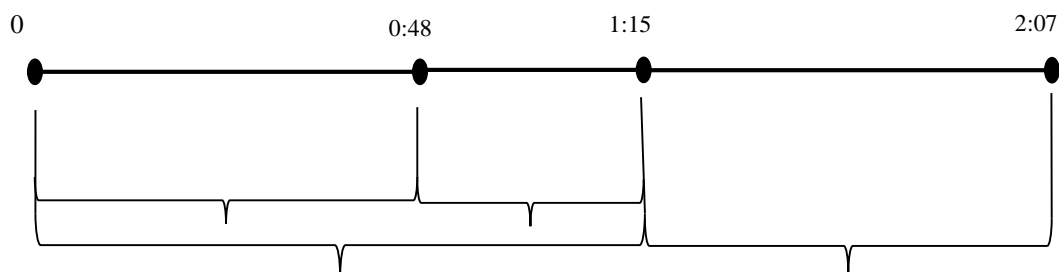


Рис. 5 – временная шкала первой вальса «Танец Феи Драже»

Проанализировав данное произведение можно сказать о том, что значения отношений находятся достаточно близко к «Золотому сечению», погрешности значений указаны в Таблице 3, и максимальное значение по модулю составляет 0,075.

Таким образом, можно говорить о том, что структура произведения выстраивается по «Золотому сечению» с погрешностью 0,075.

2.3 Анализ марша «Прощание Славянки» (1912 г.)

Данное музыкальное произведение является маршем. В анализируемой мелодии явно можно выделить четыре музыкальный отрезка.

В таблице 4 указаны отрывки в минутах по хронометражу мелодии, а также представлен перевод в секундах для удобства подсчета отношения.

Табл.4 – расчет «Золотого сечения» марша «Прощание Славянки»

Музыкальные отрезки, мин.	Музыкальные отрезки, сек.	Отношение	Значение	Погрешность
0 – 0:53	0 – 53	–	–	–
0:53 – 1:25	53 – 85	85/53	1,604	0,014
1:25 – 1:57	85 – 117	117/85	1,376	0,242
1:57 – 3:10	117 – 190	190/117	1,624	-0,006

На временной шкале ниже (Рис.6) представлено графическое деление произведения на отрезки.

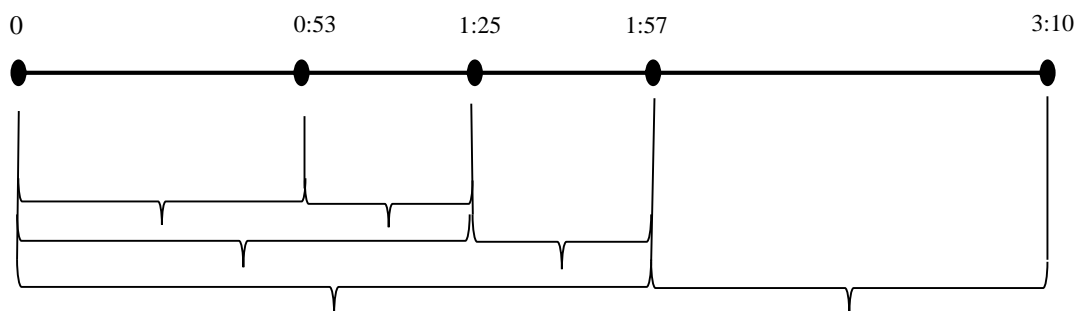


Рис. 6 – временная шкала марша «Прощание Славянки»

Проанализировав данное произведение можно сказать о том, что значения отношений также находятся умеренно близко к «Золотому сечению», но недостаточно для того, чтобы можно было сделать вывод о том, что оно присутствует в произведении. Погрешности значений указаны в Таблице 4, и максимальное значение по модулю составляет 0,242.

Скорее всего, данный факт обусловлен жанром произведения.

2.4 Анализ главной мелодии из фильма «Ла-ла-ленд» (2016 г.)

Данная музыка является современным классическим музыкальным произведением. В анализируемой мелодии явно можно выделить четыре музыкальный отрезка.

В таблице 5 указаны отрывки в минутах по хронометражу мелодии, а также представлен перевод в секундах для удобства подсчета отношения.

Табл.5 – расчет «Золотого сечения»
главной мелодии из фильма «Ла-ла-ленд»

Музыкальные отрезки, мин.	Музыкальные отрезки, сек.	Отношение	Значение	Погрешность
0 – 0:36	0 – 36	–	–	–
0:36 – 1:00	36 – 60	60/36	1,617	0,001
1:00 – 1:37	60 – 97	97/60	1,667	-0,049

На временной шкале ниже (Рис.7) представлено графическое деление произведения на отрезки.

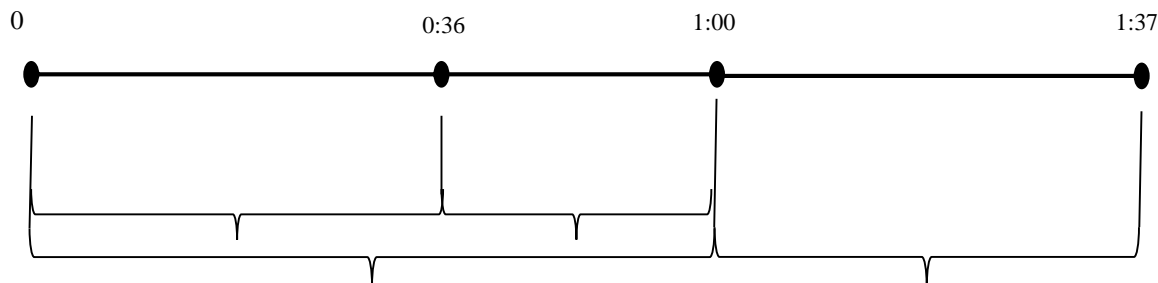


Рис. 7 – временная шкала главной мелодии из фильма «Ла-ла-ленд»

Проанализировав данное произведение можно сказать о том, что значения отношений находятся наиболее близко к «Золотому сечению», погрешности значений указаны в Таблице 5, и максимальное значение по модулю составляет 0,049.

Таким образом, можно говорить о том, что структура произведения выстраивается по «Золотому сечению» с погрешностью 0,049.

Тот факт, что музыка получила премию «Оскар» лишь подтверждает гармоничность ее восприятия человеком.

2.5 Анализ песни «Кадиллак» (2020 г.)

Данная музыка является современным электронным музыкальным произведением. Песня анализировалась без речевой дорожки. В ней явно можно выделить три музыкальных отрезка. При этом, также было учтено, что в песне есть вступление продолжительностью 21 секунда.

В таблице 6 указаны отрывки в минутах по хронометражу мелодии, в скобках указан суммарный хронометраж с вступлением, а также представлен перевод в секундах для удобства подсчета отношения.

Табл.6 – расчет «Золотого сечения»
песни «Кадиллак»

Музыкальные отрезки,	Музыкальные	Отношение	Значение	Погрешность
----------------------	-------------	-----------	----------	-------------

мин.	отрезки, сек.			
0 (21) – 1:04 (1:25)	0 – 64	–	–	–
1:04 (1:25) – 1:42 (2:03)	64 – 102	102/64	1,594	0,069
1:42 (2:03) – 2:37 (2:58)	102 – 157	157/102	1,539	0,079

На временной шкале ниже (Рис.8) представлено графическое деление произведения на отрезки.

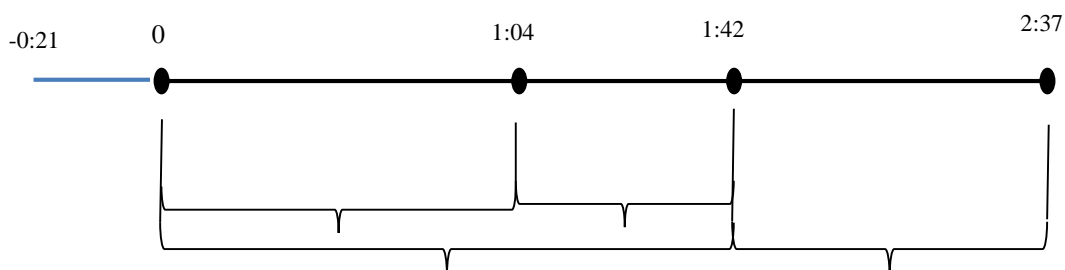


Рис. 8 – временная шкала мелодии песни «Кадиллак»

Проанализировав данное произведение можно сказать о том, что значения отношений находятся также достаточно близко к «Золотому сечению», погрешности значений указаны в Таблице 6, и максимальное значение по модулю составляет 0,069.

Таким образом, можно говорить о том, что структура произведения выстраивается по «Золотому сечению» с погрешностью 0,069.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, простой математический анализ, не выходящий за рамки арифметики, позволяет совершенно иными глазами взглянуть на музыкальное произведение, увидеть его скрытую внутреннюю красоту, которую мы только ощущаем, математически объяснить гармоничность мелодии для восприятия человеком.

В результате исследования была достигнута цель и выявлено, что наличие золотого сечения в музыке характерно не только для классических произведений прошлых веков, но и для мелодий другого времени и жанра.

В результате работы были решены следующие задачи:

1. Было изучено понятие «Золотое сечение».
2. Были исследованы публикации по теме наличия «золотого сечения» в музыке.
3. Были проанализированы конкретные музыкальные произведения разных жанров и эпох.

На основе результатов работы можно сказать о том, что правило «золотого сечения» распространяется не только на классические произведения. Безусловно, на примере анализа столь малого количества мелодий нельзя утверждать о наличии закономерности. Тем не менее, результаты работы подтверждают, что данная тема имеет потенциал для исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. [Фернандо Корбалам, «Золотое сечение. Математический язык красоты», перевод с английского, Москва - 2013г., издательство «Де Агостини», 160 с.](#)
2. [Г.Э.Тимердинг, «Золотое сечение», Москва -2020г., издательство «Ленанд», 120 с.](#)
3. [Л.Мазель, «Строение музыкальных произведений», Учеб. пособие.— 2-е изд. доп. и перераб. — М.: Музыка, 1979. — 536 с.](#)
4. [http://www.wikiznanie.ru/ru-wz/index.php/Золотое_сечение_\(в_музыке\)](http://www.wikiznanie.ru/ru-wz/index.php/Золотое_сечение_(в_музыке))
5. <https://www.classicalmusicnews.ru/articles/muzyika-i-matematika-first/>
6. <http://iteach.vspu.ru/06-2018/16148/>
7. <https://fb.ru/article/45203/metod-zolotogo-secheniya-v-muzyikalnyih-proizvedeniyah>
<https://medium.com/paradox-review/что-такое-золотое-сечение-e5a35a43768a>

СЕКЦИЯ ФИЗИКА И ПОЗНАНИЕ МИРА

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ
СВЕРХПРОВОДИМОСТИ**

Карпов Иван Александрович

г. Лыткарино, МОУ Гимназия N1, 11 класс

Научный руководитель:

Инфимовский Юрий Юрьевич

к.т.н., доцент, МГТУ им. Баумана

Введение

Проводимостью (электропроводностью) физических тел является их способность пропускать электрический ток под действием электрического поля. Проводимость характеризуется удельной электропроводностью σ ($\text{Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$). Обратную ей величину называют удельным сопротивлением ρ ($\text{Ом} \cdot \text{м}$).

Исследование температурной зависимости удельного электросопротивления ртути при охлаждении ее сжиженными газами привело голландского физика Каммерлинг-Оннеса в 1911 году к открытию сверхпроводимости ртути – скачкообразному обращению в нуль ее электрического сопротивления при температуре 4,2 К. В дальнейшем была выявлена сверхпроводимость некоторых других металлов (свинца, олова, таллия, ниобия), их сплавов и соединений. Экспериментально было установлено, что сверхпроводимость наступает при определенной, характерной для каждого материала критической температуре T_c . В настоящее время на основании

экспериментов можно утверждать, что в сверхпроводящем состоянии

удельное электросопротивление веществ не превышает 10^{-2} (Ом · м).

Время, требуемое для затухания тока, наведенного в кольце из сверхпроводящего материала, составляет более 10^5 лет.

Кроме того, сверхпроводящие материалы характеризуются критической плотностью тока d_c и критической напряженностью внешнего магнитного поля H_c , превышение которых приводит к исчезновению сверхпроводимости. В зависимости от характера проникновения магнитного поля в сверхпроводники их подразделяют на сверхпроводники 1-го и 2-го родов. У сверхпроводников 1-го рода сверхпроводимость исчезает скачкообразно во всем объеме сверхпроводника при достижении напряженности внешнего магнитного поля H_c . Для сверхпроводников 2-го рода существует область значений напряженности внешнего магнитного поля ($H_{c1} < H < H_{c2}$), в которой сверхпроводимость исчезает частично в объеме сверхпроводника.

Применение сверхпроводников может иметь широкие перспективы.

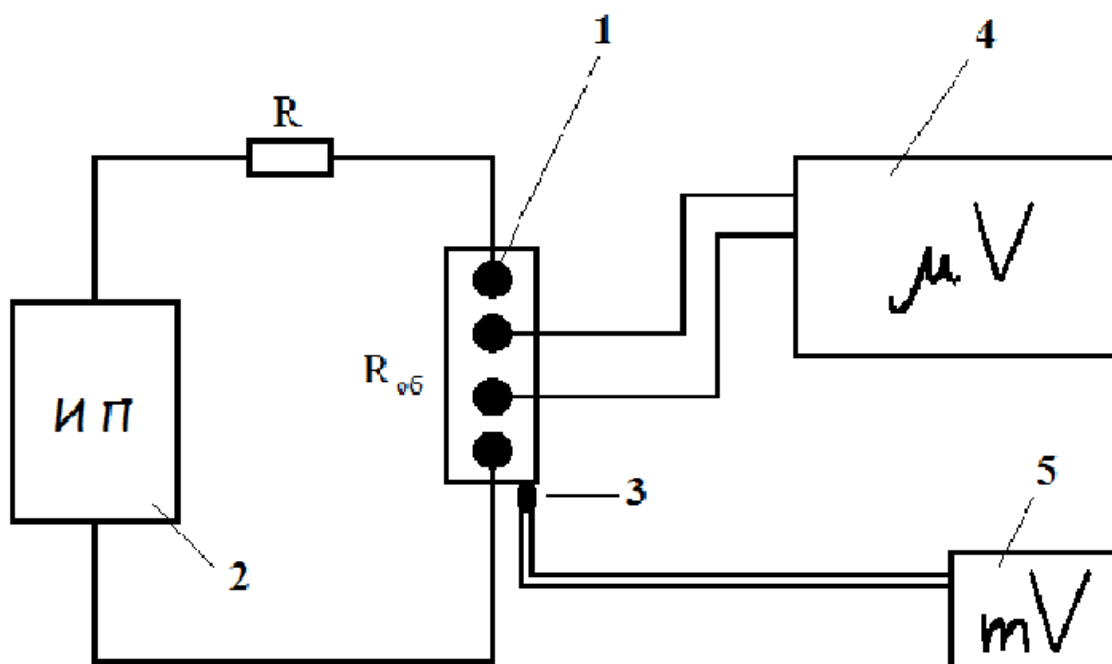
В этом научном исследовании я рассмотрел несколько образцов сверхпроводящей иттриево-бариевой керамики, изучил их свойства и получил необходимые данные, важные для понимания места высокотемпературной сверхпроводимости в современном мире инженерии.

Основная часть

Подготовка к эксперименту

Перед повествованием выполнения эксперимента предлагаю вам ознакомиться с установкой (рис.1) и методикой измерения температуры и сопротивления.

а) Установка



(рис.1)

- 1) исследуемый образец;
- 2) источник питания постоянного тока;
- 3) медьконстантановая термопара;
- 4) микровольтметр для измерения падения напряжения на образце;
- 5) милливольтметр для измерения ТЭДС.

б) Методика измерения температуры и сопротивления

Включив установку и приборы, я зарегистрировал показания приборов после их прогрева в течение 3-4 минут. Затем сравнил показания милливольтметра, регистрирующего сигнал с термопары, со значением

ТЭДС, соответствующим комнатной температуре (20°C).

До начала эксперимента для его достоверности уменьшаю напряжение, подаваемое с источника питания, убеждаясь в том, что образец не находится в сверхпроводящем состоянии и в соответствии с законом Ома напряжение на образце $U_{обр}$ изменяется соответственно изменению тока, протекающего через образец.

Выполнение эксперимента

а) Определение критической температуры T_c перехода материала образца в сверхпроводящее состояние

- 1) Помещаю зонд с исследуемым образцом из сверхпроводящей керамики (рис.2) в пенопластовую чашку с жидким азотом, доливаю жидкий азот пока образец не охладится.



(рис.2) – на данном рисунке образец еще не подключен ко всем измерительным приборам

- 2) После выдержки зонда в жидком азоте в течение 3 мин., необходимых для охлаждения и термостабилизации образца, фиксирую показания микро- и милливольтметров. Изменяя напряжение источника питания, убеждаюсь, что образец находится в сверхпроводящем состоянии, т.е.,

изменение тока, протекающего через образец, не приводит к изменению $U_{обр}$.

- 3) Вывожу зонд из жидкого азота и закрепляю его над пенопластовой чашкой так, чтобы он находился в парах азота.
- 4) Фиксирую в таблице (рис.4) показания приборов по мере роста температуры образца. Все измерения проводились при $I=31$ мА, $U=15,6$ В. Для удобства далее будут представлены два графика (рис.5), (рис.6), построенные на основе таблицы, в каждом из них на оси X представлена температура.
- 5) Определение погрешности

Перед тем, как ознакомиться с основной таблицей (рис.4), предлагаю вам узнать погрешность напряжения на образце при температуре 300К. Она была найдена по данным из таблицы, которая следует далее (рис.3).

T, K	$U_{обр}$, мкВ
300	294
300	296
300	290
300	295

(рис.3)

Погрешность среднего, определяемая из малого числа измерений, была найдена по следующей формуле:

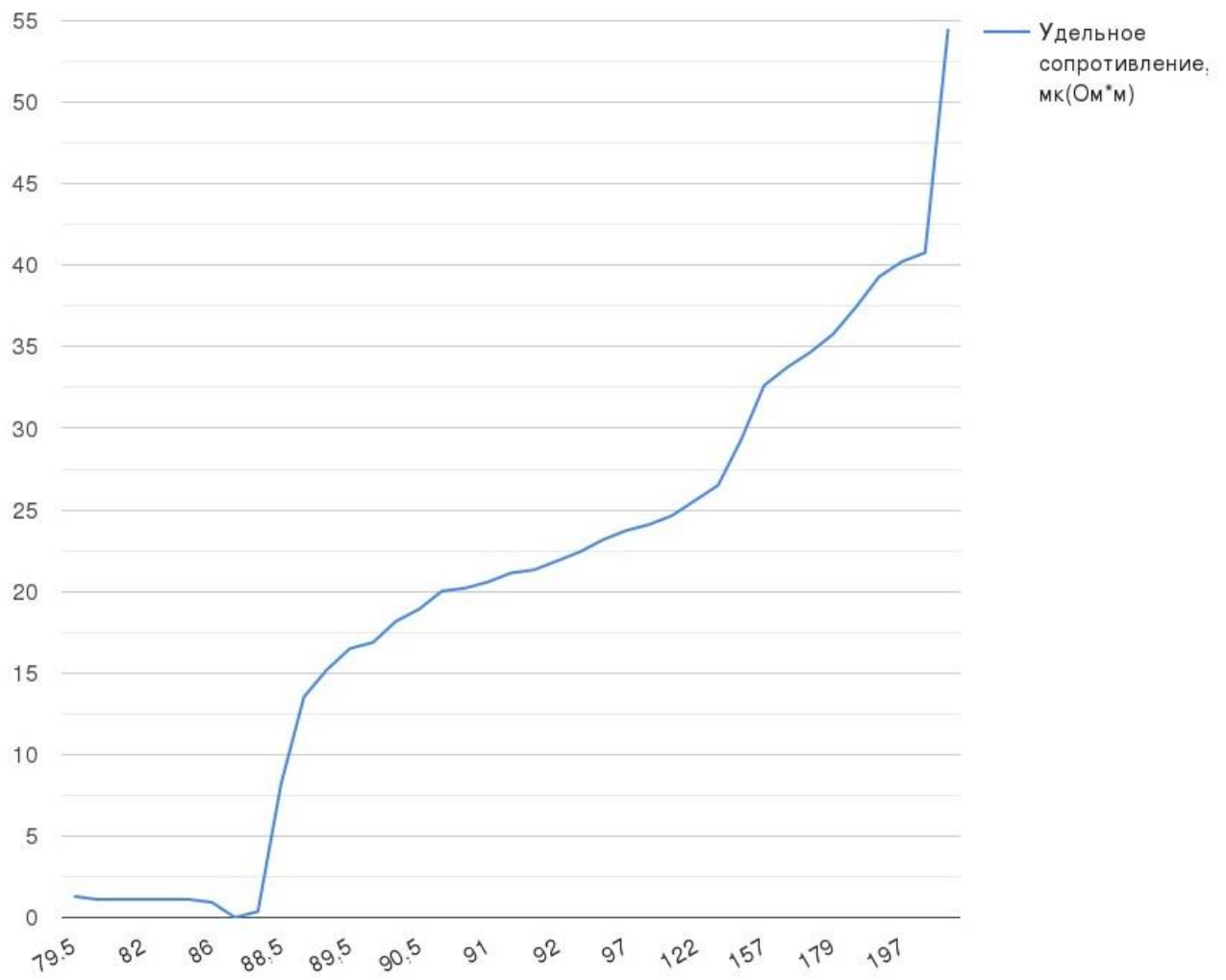
$$\Delta \bar{x} = t_{P,f} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}};$$

Где n – число измерений, P – доверительная вероятность, $f = n-1$ – число степеней свободы, $t_{P,f}$ – множитель, являющийся функцией P и f , известно, что при $P=0,9$ этот множитель равен 2,35, \bar{x} – среднее

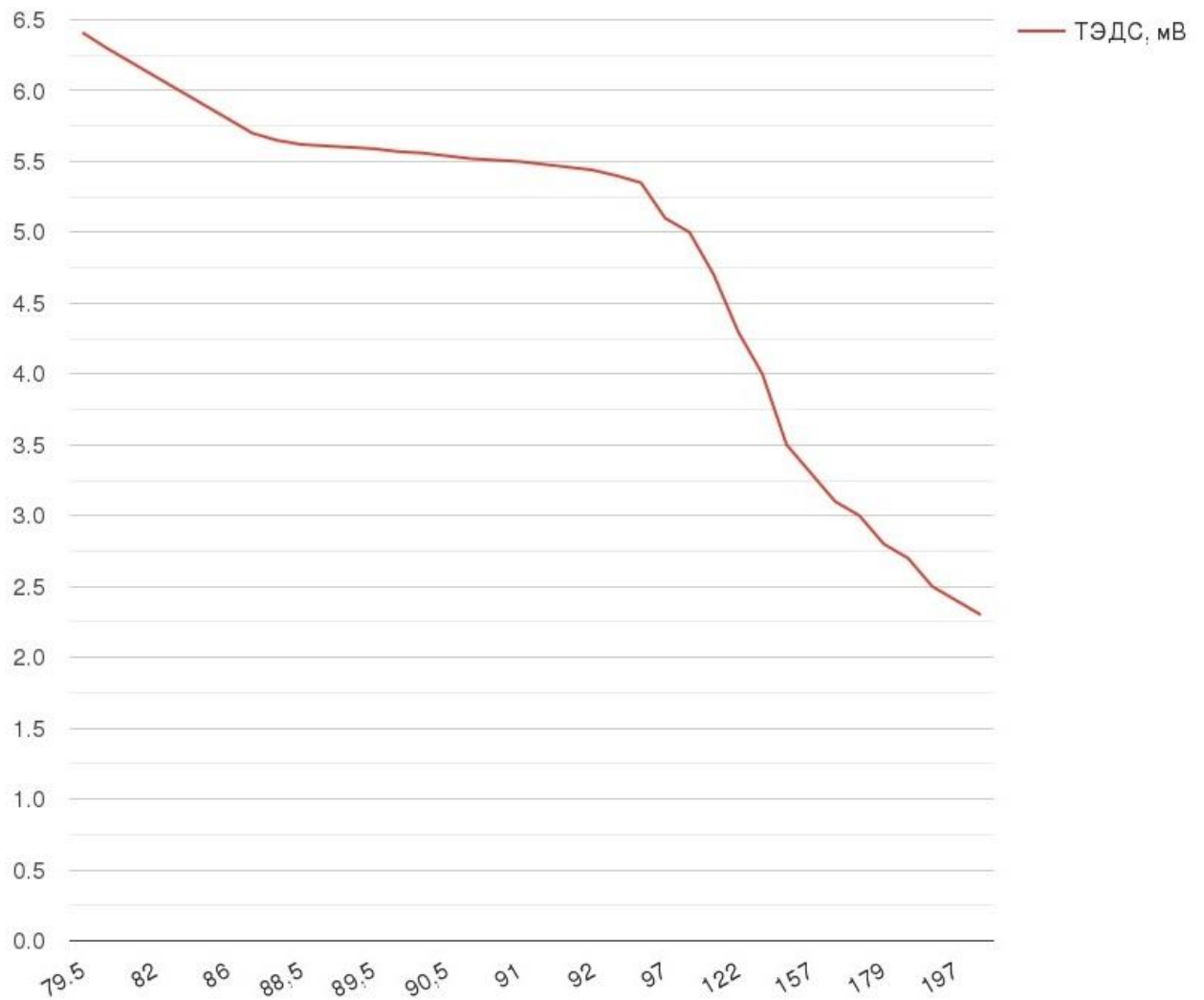
значение напряжения образца. Итак, погрешность среднего напряжения на образце в соответствии с формулой равна примерно 3 мкВ.

ТЭДС, мВ	T, К	U _{обр} , мкВ	ρ , мк(Ом*м)
6,41	79,5	7	1,3
6,3	80	6	1,11
6,2	81	6	1,11
6,1	82	6	1,11
6	83	6	1,11
5,9	84	6	1,11
5,8	86	5	0,93
5,7	87	0	0
5,65	88	2	0,37
5,62	88,5	44	8,16
5,61	88,5	73	13,53
5,6	89	82	15,2
5,59	89,5	89	16,5
5,57	90	91	16,84
5,56	90	98	18,17
5,54	90,5	102	18,91
5,52	90,5	108	20,02
5,51	90,5	109	20,2
5,5	91	111	20,58
5,48	91	114	21,13
5,46	91,5	115	21,32
5,44	92	118	21,87
5,4	93	121	22,43
5,35	94	125	23,17
5,1	97	128	23,73
5	101	130	24,1
4,7	109	133	24,65
4,3	122	138	25,58
4	132	143	26,51
3,5	152	158	29,29
3,3	157	176	32,63
3,1	166	182	33,74
3	171	187	34,66
2,8	179	193	35,78
2,7	184	202	37,45
2,5	192	212	39,3
2,4	197	217	40,23
2,3	200	220	40,78
	300	294	54,5

(рис.4)



(рис.5)



(рис.6)

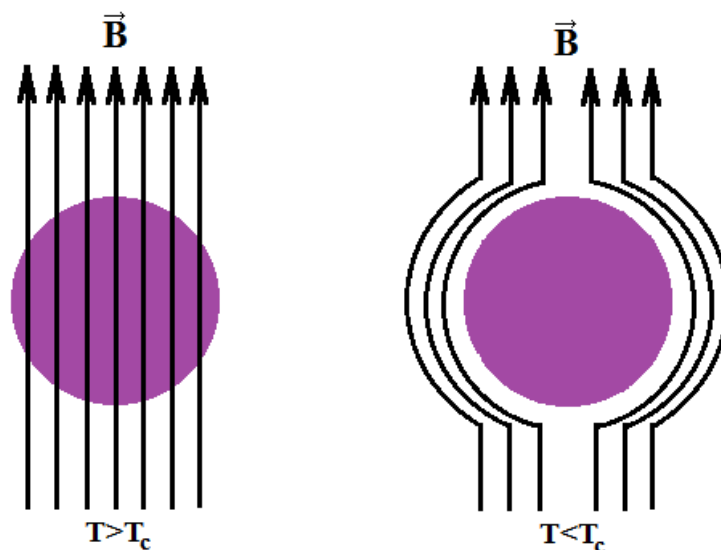
б) Получение бездиссипативного тока в сверхпроводнике

- 1) Охлаждаю пенопластовую чашку (рис.7), налив в неё небольшое количество жидкого азота из сосуда Дьюара.



(рис.7)

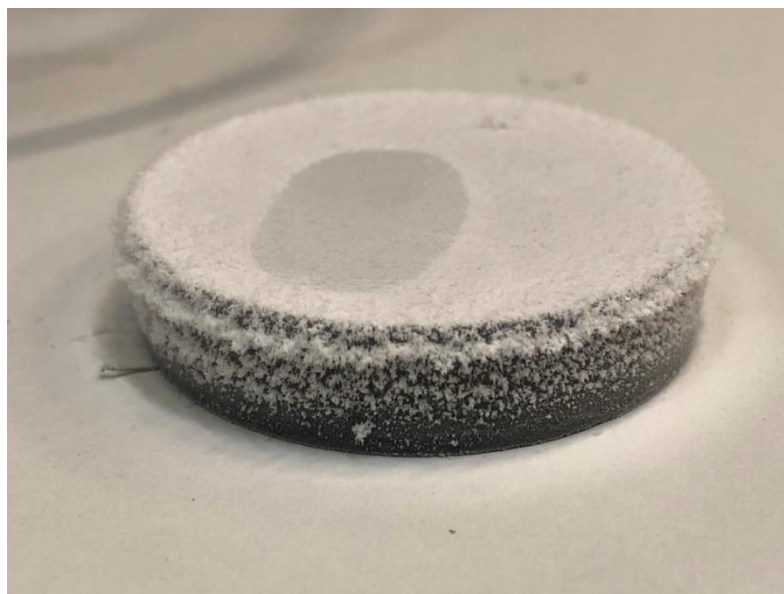
- 2) Беру немагнитным пинцетом образец из сверхпроводящей керамики и убеждаюсь в отсутствии в нём тока. Для этого подношу образец к стрелке компаса на 5...10 мм и убеждаюсь в отсутствии отклонения стрелки компаса.
 - 3) Располагаю на выступе в пенопластовой чашке образец сверхпроводящей керамики, поверх него кладу магнит. Наливаю в чашку жидкий азот до полного покрывания образца и магнита.
 - 4) По истечении 5 мин. пинцетом удаляю постоянный магнит. Беру пинцетом охлажденный образец из сверхпроводящей керамики и с помощью компаса убеждаюсь в наличии бездиссипативного тока (стрелка компаса должна следовать за сверхпроводником).
 - 5) Выход из сверхпроводящего состояния фиксируется тогда, когда стрелка компаса перестает двигаться за образцом.
- в) Наблюдение эффекта Мейсснера (рис.8)



\vec{B} – вектор магнитной индукции

(рис.8)

1) С помощью немагнитного пинцета размещаю в пенопластовой чашке сверхпроводник, у которого верхнее и нижнее основания представлены в виде круга (невысокий цилиндр). (рис.9)■



(рис.9) – образец после охлаждения жидким азотом

2) Доливаю жидкий азот до полного погружения исследуемого образца сверхпроводника.
3) После охлаждения кольца в течение 3...4 мин. размещаю над кольцом постоянный магнит, который парит над охлажденным

образцом из сверхпроводящей керамики (рис.10).



(рис.10)

Объяснить данное явление можно тем, что в сверхпроводнике возникают токи, выталкивающие магнитное поле. Их магнитное поле отталкивает постоянный магнит и компенсирует его вес.

Для того чтобы разобраться в поведении токов и полей в сверхпроводниках, нужно вспомнить закон магнитной индукции. Чтобы соотнести его с моим экспериментом сформулируем его так: «Индукционный ток всегда имеет такое направление, чтобы своим магнитным полем препятствовать изменению магнитного потока, которым он вызван».

Методы решения проблемы сверхпроводимости

Перед тем, как начать описывать методы решения проблемы сверхпроводимости, стоит сформулировать эту проблему. Итак, проблемой сверхпроводимости является обеспечение необходимых условий для ее существования. Если бы не эти условия, то человечество шагнуло бы в новый этап развития технологий в ближайшее время. Каковы же эти условия?

Основным и самым значительным условием является температура перехода материала в сверхпроводящее состояние. На данный момент у большинства известных сверхпроводников эта температура очень низкая и поэтому ее тяжело поддерживать в больших проектах.

Теперь поговорим о методах решения поставленной проблемы. Ученые, работающие в этой сфере, стараются различными способами повысить критическую температуру перехода в сверхпроводящее состояние. Яркими примерами этому служат образцы $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$, с которыми и было проведено наше исследование. Известно, что их критическая температура (93К) значительно отличается от критической температуры (4,2 К) первого известного сверхпроводника – ртути.

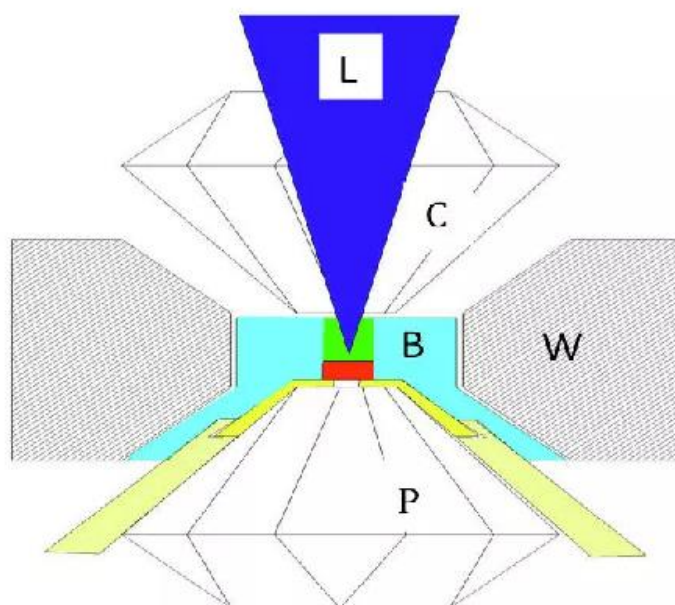
Может показаться, что невозможно создать сверхпроводник, критическая температура которого будет достаточно высокой, чтобы его можно было широко применять на практике. Но до того, как открыли сверхпроводимость ртути, никто даже не мог подумать о существовании такого феномена как сверхпроводимость. Поэтому ученые, которые подходят к экспериментам без мысли о невозможности чего-либо, и совершают новые открытия. В 2019 году группе ученых Рассела Хемли из университета Джорджа Вашингтона в США удалось добиться перехода образца супергидрида лантана (LaH_{10}) в сверхпроводящее состояние при температуре равной 260К. Это достижение означает, что получить критическую температуру равную комнатной можно будет в ближайшем будущем. Но обратной стороной этого рекорда является условие достижения такой температуры. Этим условием является давление в 180 гигапаскалей.

Кратко изложить проведение их эксперимента можно так:

Подготавливается камера с алмазными наковальнями и образцом диаметром около пятидесяти и толщиной два-три микрона. После этого на синхротроне образец нагревается лазером. Там ученые с помощью дифракции рентгеновских лучей убеждаются, что получена нужная фаза

супергидрида, предсказанная в теории. Затем в лаборатории происходит проверка сопротивления или магнитной восприимчивости в зависимости от температуры и, если все прошло удачно, то регистрируется сверхпроводящий переход.

Ученые этой группы применили совершенно новый подход – синтезировали гидрид лантана прямо в ячейке с алмазными наковальнями. Схема их установки представлена далее (рис.11).



(рис.11)

W – вольфрамовый тигель с изолятором из нитрида бора (В);

Р,С – алмазные наковальни;

Лантан (красный) поместили на платиновые электроды (желтые), добавили боразан (зеленый). При достижении давления синтеза для нагрева использовали лазер (синий, L).

С самого момента открытия сверхпроводимости до наших дней ученые совершают различные эксперименты и проводят исследования в области сверхпроводимости. Но с каждым проведенным исследованием, можно понять, что достижение более высоких критических температур все сложнее. Эксперименты должны продолжаться, ведь сверхпроводимость с ее свойствами имеет большие перспективы в использовании.

Предложения по практическому использованию результатов

Перед тем, как привести предложения по практическому использованию результатов стоит упомянуть об уже известных способах применения сверхпроводимости на практике:

1) Циклотроны

Явление сверхпроводимости используется для получения сильных магнитных полей, поскольку при прохождении по сверхпроводнику сильных токов, создающих сильные магнитные поля, отсутствуют тепловые потери.

Циклотрон – циклический ускоритель нерелятивистских тяжёлых заряженных частиц (протонов, ионов), в котором частицы движутся в постоянном и однородном магнитном поле, а для их ускорения используется высокочастотное электрическое поле неизменной частоты.

2) Детекторы фотонов на сверхпроводниках

В них используется наличие критического тока, используют также эффект Джозефсона, Андреевское отражение и т. д. Так, существуют сверхпроводниковые однофотонные детекторы для регистрации единичных фотонов ИК-диапазона, имеющие ряд преимуществ перед детекторами аналогичного диапазона, использующими другие способы регистрации.

3) Ячейки памяти

Вихри в сверхпроводниках второго рода можно использовать в качестве ячеек памяти. Подобное применение уже нашли некоторые магнитные солитоны. Существуют и более

сложные дву- и трёхмерные магнитные солитоны, напоминающие вихри в жидкостях, только роль линий тока в них играют линии, по которым выстраиваются элементарные магнетики (домены).

4) Сквиды

Важное применение находят миниатюрные сверхпроводящие приборы-кольца — сквиды, действие которых основано на связи изменения магнитного потока и напряжения. Они входят в состав сверхчувствительных магнитометров, измеряющих магнитное поле Земли, а также используемых в медицине для получения магнитограмм различных органов.

5) Маглевы

Поезда на магнитной подушке. Это поезда или трамваи, удерживаемые над полотном дороги, движимые и управляемые силой электромагнитного поля.

Одна из самых новых разработок в области высокотемпературной сверхпроводимости представлена далее:

5 февраля 2021 года в России испытали самолет с высокотемпературным сверхпроводниковым электродвигателем. На взлётно-посадочной полосе (ВПП) аэродрома Сибирского НИИ авиации им. С. А. Чаплыгина прошла серия испытаний летающей лаборатории на базе упомянутого Як-40 (рис.12). В его носовой части расположен тяговый авиационный электродвигатель на высокотемпературных сверхпроводниках мощностью 500 кВт (679 л.с.). Он вращает пропеллер, и таким образом должен обеспечивать достаточную тягу. Однако пока идут испытания. Этот самолёт на электрической тяге удалось разогнать по ВПП до скорости 140 км/ч. Разумеется для взлёта, набора высоты, самого полёта, а также для посадки сейчас придётся в нынешней

конфигурации задействовать и классические турбореактивные двигатели. Но суть конкретно этих испытаний состоит в том, чтобы максимально точно отладить работу связки "генератор, аккумуляторная батарея и электромотор" так, чтобы её КПД был максимальным. Все эти исследования направлены не только в сторону создания так называемого гибридного пассажирского самолёта, который потребляет меньше топлива, чем обычный, но и в сторону создания полностью электрического самолёта, работающего на аккумуляторах и электродвигателях.

В будущем все эти наработки должны легко масштабироваться под разные задачи, в том числе и для наземного, а также водного электрического и гибридного транспорта.



(рис.12) – экспериментальный Як-40

Вывод

Какое же научное и практическое значение имеет это исследование? Оно может быть использовано как методическое пособие по проведению лабораторной работы с образцами сверхпроводящей керамики $YBa_2Cu_3O_7$, так как в нем представлен ход работы с поясняющими картинками. Также в этом исследовании представлена общая информация о сверхпроводимости и то, как ее используют на практике на данный момент развития технологий.

То есть эта работа может помочь понять сверхпроводимость в комплексном порядке – от теории к практике.

Заключение

Теперь перейдем к подведению итогов этой научной работы. Приведем краткую формулировку результатов:

- критическая температура исследуемых образцов 93 К;
- ток в сверхпроводниках бездиссипативный;
- у сверхпроводников наблюдается эффект Мейсснера.

Открытие высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП) является очень важным в области электроэнергетики и других областях развития технологий. Ведь несмотря на то, что ВТСП-материалы оказались хрупкими и непрочными, поступали на рынок очень медленно, ученые всего мира решили примкнуть к развитию данной сферы технологий.

Все те, кто посвятили себя работе в этой области, стремились и до сих пор стремятся к одному – открытию сверхпроводимости при комнатной температуре. Дешевое использование ВТСП-материалов позволяет сократить примерно на 30% потерю энергии, которая уходит на нагрев обычных проводников. Также при использовании сверхпроводников в термоядерных энергетических установках можно получать сильные магнитные поля, необходимые для этой области энергетики. ВТСП позволяет создавать сверхбыстродействующие ЭВМ, транспортные средства на магнитной подушке и т.д. Что же будет при достижении комнатной сверхпроводимости (КТСП)? Если люди откроют КТСП, которая не будет требовать сложных условий для осуществления, то мы сможем использовать сверхпроводимость не только на заводах, различных предприятиях и в лабораториях, но и в повсеместной обывательской жизни. И это открытие повлияет как на мир физики и технологий, так и на мир экономики. Поэтому я считаю, что ни в коем случае нельзя прекращать работу в этой области, ведь однажды мы

достигнем этой путеводной звезды, как когда-то достигли
высокотемпературной сверхпроводимости!

Используемые источники

1. Википедия. Сверхпроводимость.
<https://ru.wikipedia.org/wiki/Сверхпроводимость>
2. Сверхпроводимость. Виталий Гинзбург, Евгений Андриюшин.
<https://elementy.ru/bookclub/book/265/Sverkhprovodimost>
3. Обработка результатов измерений при проведении физического эксперимента. Методические указания к лабораторной работе М-1 по курсу «Общей физики». А.И.Савельев, И.Н.Фетисов. Под редакцией С.П.Ерковича.
fn.bmstu.ru
4. M. Somayazulu et al., Evidence for superconductivity above 260 K in lanthanum superhydride at megabar pressures, Phys. Rev. Lett. 122 Jan 2019
<https://physics.aps.org/featured-article-pdf/10.1103/PhysRevLett.122.027001>
5. Википедия. Циклотрон.
<https://ru.wikipedia.org/wiki/Циклотрон>
6. Википедия. Маглев.
<https://ru.wikipedia.org/wiki/Маглев>
7. Российский самолет со сверхпроводниковыми двигателями.
<https://zen.yandex.ru/media/electrotransport/kak-prohodili-ispytaniia-samoleta-iaak40-so-sverhprovodnikovym-elektrovdigatелеm-v-nosovoi-chasti-601e6ae086f4e22208d01091>

<https://lenta.ru/news/2021/02/05/engine/>

СЕКЦИЯ МАТЕМАТИКА И КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК ВОДОРОДА, ПОВЫШАЮЩИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА СГОРАНИЯ БЕНЗИНОВОГО ДВС

Буров Александр Константинович

Гимназия №2 г. о. Краснознаменск, 11А класс

Научный руководитель:

Кузбасова Екатерина Владимировна

Учитель физики гимназия №2

Введение.

Регрессионный анализ – основной метод современной математической статистики, применяется в различных сферах науки и техники. Его популярность объясняется следующими причинами:

- относительная простота регрессионных моделей,
- применимость регрессионного анализа практически к любым экспериментальным данным,
- большая потребность в статистической обработке массивов данных с целью извлечения из них дополнительной информации.

Данная работа посвящена изучению метода корреляционно-регрессионного анализа для анализа влияния добавок водорода, повышающих эффективность процесса сгорания бензинового ДВС.

Создание оптимальной схемы процесса сгорания с использованием водорода в качестве добавки к основному (углеводородному) горючему

является предметом исследований, проводимых в настоящее время в ведущих научных центрах. Многими исследователями показано, что водород, в качестве добавки в углеводородное топливо, обладает рядом свойств, позволяющих по-новому организовать рабочий процесс двигателей с искровым зажиганием. А именно, значительно повысить их экономичность и снизить токсичность отработавших газов. В качестве топлива для двигателя внутреннего сгорания водород оказался очень взрывоопасным веществом. Из-за его низкой энергии воспламенения безопасность зажигания стала серьезной проблемой. Детонация двигателя является еще одним аспектом, который довольно распространен для двигателей, работающих на чистом водороде.

Исследования показывают, что добавки водорода к бензовоздушной смеси позволяют существенно расширить пределы воспламенения топливовоздушной смеси (ТВС), что, в свою очередь, приводит к уменьшению расхода топлива и снижению выбросов основных токсичных компонентов с отработавшими газами. Водород обладает высокой диффузионной способностью, большей скоростью сгорания, энергия воспламенения водорода на порядок меньше, чем у углеводородных топлив. Низшая теплота возгорания водорода составляет 120 МДж/кг (бензин 41-44 МДж/кг). А так как запасы водорода на нашей планете практически безграничны, все это привлекает к поиску новых путей применения добавок водорода к топливной смеси.

В настоящее время проводятся научно-исследовательские работы по исследованию влияния водорода на характеристики ДВС, в основном, экспериментального характера. Данная работа предлагает расчетный метод определения минимального количества массовой доли водорода в ТВС, при котором наблюдается существенное влияние водорода на технико-экономические и экологические показатели бензинового ДВС.

Корреляционно-регрессионный анализ — один из наиболее широко

распространенных и гибких приемов обработки статистических данных. Данный анализ применяется, когда явления и процессы не имеют функциональной зависимости.

Задачи корреляционного анализа сводятся к выделению важнейших факторов, которые влияют на результативный признак, выявлению связи между ними и оценке ее тесноты. Две величины имеют корреляционную связь, если изменение значений одной величины способствует изменению другой.

Задачи регрессионного анализа заключаются в установлении формы зависимости, определении уравнения регрессии и его использования для оценки неизвестных значений зависимой переменной, прогнозировании возможных значений результативного признака при задаваемых значениях факторных признаков. Регрессия заключается в том, что исходные табличные данные заменяются на аппроксимирующую функцию, которая описывает взаимосвязь между величинами в виде математической формулы.

Основная часть.

Основными задачами многофакторного корреляционно-регрессионного анализа являются следующие:

1. **Отбор факторов.** Все факторы должны быть количественно измеримы и иметь причинно-следственную связь с результирующим показателем. Объем выборки должен быть достаточно большим.
2. **Классификация факторов** с целью обеспечения системного подхода к исследованию их влияния на результаты.
3. **Моделирование связи** между факторными и результативными показателями. Оценка адекватности модели.

4. Оценка характера, знака и степени влияния факторов на отклик.

Рассмотрим факторный анализ на примере изучения влияния добавки водорода к бензину на эксплуатационные и экологические характеристики двигателя внутреннего сгорания. Для расчетов будем использовать двигатель Хендай Крета 1.6 литров, широко используемом в автомобильной технике.

1. Отбор факторов для анализа исследуемых показателей.

Расчет эксплуатационных характеристик двигателя проводился с помощью программного модуля Дизель РК, который позволяет проводить исследования для различных видов топлив.

В качестве исследуемых показателей были выбраны следующие:

эксплуатационные характеристики:

- Эффективный КПД
- Октановое число

экологические характеристики:

- Эмиссия SO₂

Факторы, влияющие на изменение результативных показателей:

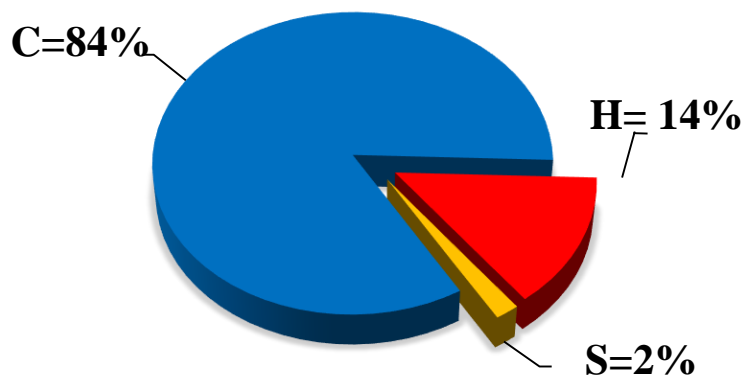
- отношение содержания водорода к углероду Н/С
- частота вращения вала
- коэффициент избытка воздуха

Данные для исследования:

№	%Н	Н/С	Частота вращения	Коэффициент избытка воздуха	КПД	Октановое число	Эмиссия SO ₂
			факторы		отклик		
1	0,000	0,181	1500	1,00	0,300	105,680	0,110
2	0,007	0,189	1550	1,03	0,304	103,780	0,107
3	0,014	0,197	1600	1,06	0,306	101,910	0,104
4	0,020	0,206	1650	1,09	0,309	100,000	0,101
5	0,027	0,214	1700	1,12	0,312	98,093	0,099
6	0,034	0,223	1750	1,15	0,315	96,360	0,096
7	0,041	0,232	1800	1,18	0,317	94,669	0,094

8	0,048	0,241	1850	1,21	0,319	93,046	0,092
9	0,054	0,250	1900	1,24	0,321	91,347	0,090
10	0,061	0,259	1950	1,27	0,323	89,688	0,088
11	0,068	0,269	2000	1,30	0,324	88,149	0,086
12	0,075	0,278	2050	1,33	0,326	86,619	0,084
13	0,082	0,288	2100	1,36	0,326	85,127	0,083
14	0,088	0,298	2150	1,39	0,327	83,657	0,081
15	0,095	0,308	2200	1,42	0,327	82,286	0,080
16	0,102	0,318	2250	1,45	0,328	80,987	0,079
17	0,109	0,328	2300	1,48	0,328	79,599	0,077
18	0,116	0,338	2350	1,51	0,328	78,343	0,076
19	0,122	0,349	2400	1,54	0,328	77,131	0,075
20	0,129	0,360	2450	1,57	0,328	75,913	0,074
21	0,136	0,371	2500	1,60	0,328	74,672	0,073
22	0,143	0,382	2550	1,63	0,327	73,542	0,072
23	0,150	0,393	2600	1,66	0,327	72,424	0,071
24	0,156	0,404	2650	1,69	0,326	71,383	0,070
25	0,163	0,416	2700	1,72	0,325	70,360	0,069
26	0,170	0,428	2750	1,75	0,324	69,365	0,068
27	0,177	0,440	2800	1,78	0,322	68,360	0,067
28	0,184	0,452	2850	1,81	0,321	67,405	0,066
29	0,192	0,467	2900	1,84	0,319	66,452	0,066
30	0,200	0,482	2950	1,87	0,318	65,518	0,064

Соотношение основных составляющих бензина:



2. Классификация факторов.

Одно из условий корреляционного анализа - однородность исследуемой информации относительно распределения ее около среднего уровня. Критериями однородности информации служат среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации, которые рассчитываются по каждому факторному показателю.

Среднеквадратическое отклонение показывает абсолютное отклонение индивидуальных значений от среднеарифметического. Оно определяется по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}},$$

где:

σ - среднеквадратическое отклонение

x_i - факторное значение

\bar{x} - среднеарифметическое

n - количество наблюдений.

Коэффициент вариации характеризует относительную меру отклонения отдельных значений от среднеарифметического. Он рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100,$$

где:

V – коэффициент вариации,

σ - среднеквадратическое отклонение,

\bar{x} - среднеарифметическое значение.

Чем больше коэффициент вариации, тем относительно больший разброс изучаемых объектов. Если коэффициент вариации выше 33%, это говорит о неоднородности информации и необходимости исключить нетипичные наблюдения.

Показатели статистической характеристики исходной информации:

Номер переменной	Среднеарифметическое значение	Среднеквадратическое отклонение	Вариация, %
X1 - Н/С	0,319	0,069	21,52%
X2 - частота вращения вала	2225	432,77	19,45%
X3 - коэффициент избытка воздуха	1,435	0,260	18,09%
Y1 - КПД	0,321	0,008	2,41%
Y2 - Октановое число	83,062	11,980	14,42%
Y3 - Эмиссия SO	0,082	0,013	15,86%

На основании самого высокого показателя вариации X1 можно определить необходимый объем выборки данных:

$$n = \frac{V^2 \cdot t^2}{m^2},$$

где:

n – необходимый объем выборки данных,

V – вариация, %,

t – показатель надежности связи, который при уровне вероятности P=0,05 равен 1,96,

m – показатель точности расчетов (допускается ошибка 8%).

n=28, значит принятый в расчет объем выборки (30 исследований) является достаточным для проведения корреляционного анализа.

Далее необходимо оценить тесноту связи между изучаемыми показателями.

Коэффициенты парной корреляции характеризуют тесноту связи между двумя показателями в общем виде с учетом взаимосвязей факторов, оказывающих воздействие на результативный показатель.

КПД	Y	X1	X2	X3
Y	1			
X1	0,6645	1		
X2	0,7148	0,8980	1	

X3	0,6249	0,9480	0,9991	1
-----------	--------	--------	--------	---

Показатели X2 и X3 имеют тесную корреляцию между собой. Такое явление называется мультиколлинеарностью. Исключим X3 (он имеет меньшую корреляцию с Y). Для аппроксимации КПД выбираем двухфакторную модель с факторами X1 и X2.

Октановое число	Y	X1	X2	X3
Y	1			
X1	-0,8856	1		
X2	-0,8943	0,8980	1	
X3	-0,9243	0,9480	0,9991	1

Исключим X2 (он имеет меньшую корреляцию с Y). Для аппроксимации Октанового числа выбираем двухфакторную модель с факторами X1 и X3.

Эмиссия SO2	Y	X1	X2	X3
Y	1			
X1	-0,8659	1		
X2	-0,8797	0,8980	1	
X3	-0,9197	0,9480	0,9991	1

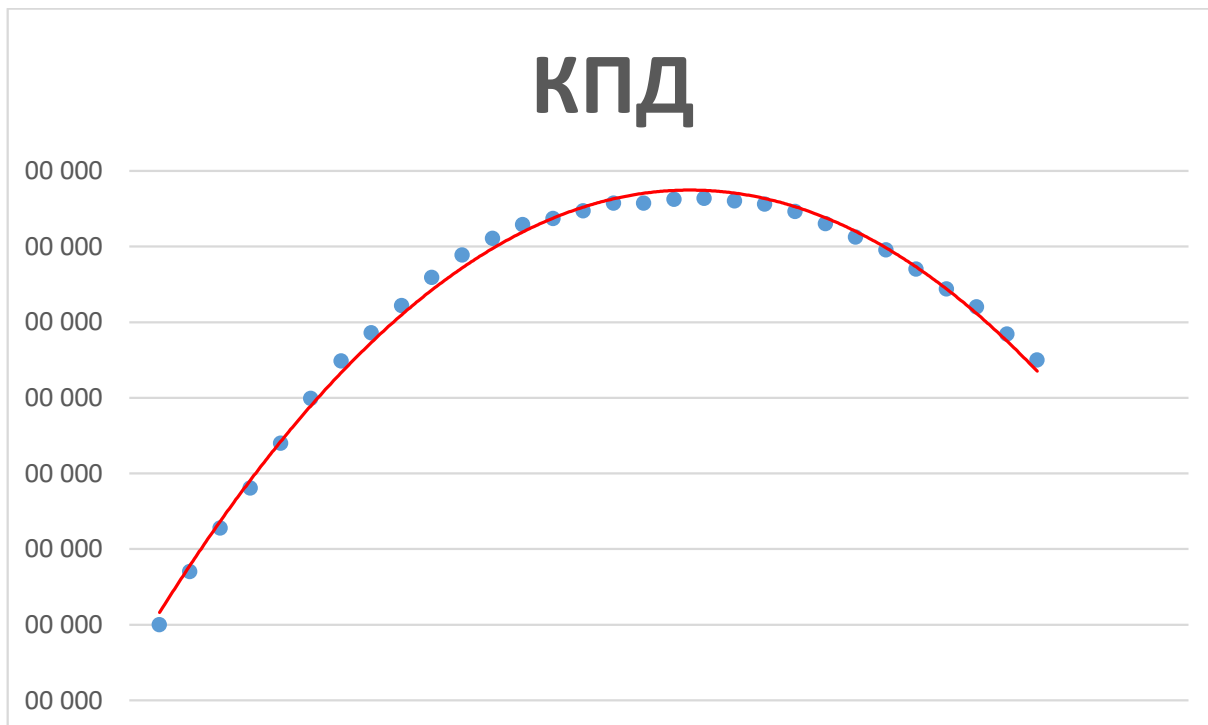
Исключим X2 (он имеет меньшую корреляцию с Y). Для аппроксимации Эмиссии SO2 выбираем двухфакторную модель с факторами X1 и X3.

3. Моделирование связи между факторными и результативными показателями.

Для каждого исследуемого результирующего показателя подберем соответствующий тип математического уравнения, которое наилучшим образом отражает характер изучаемой связи (прямолинейный, криволинейный). Как правило, тип аппроксимирующей функции назначается исследователем исходя из расположения исходных точек.

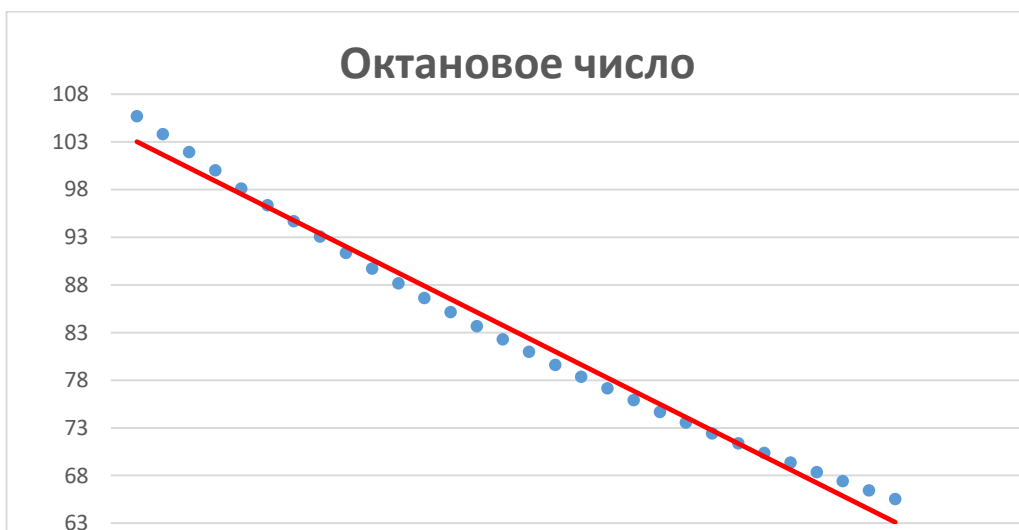
Для аппроксимации КПД выбираем полином 2 степени:

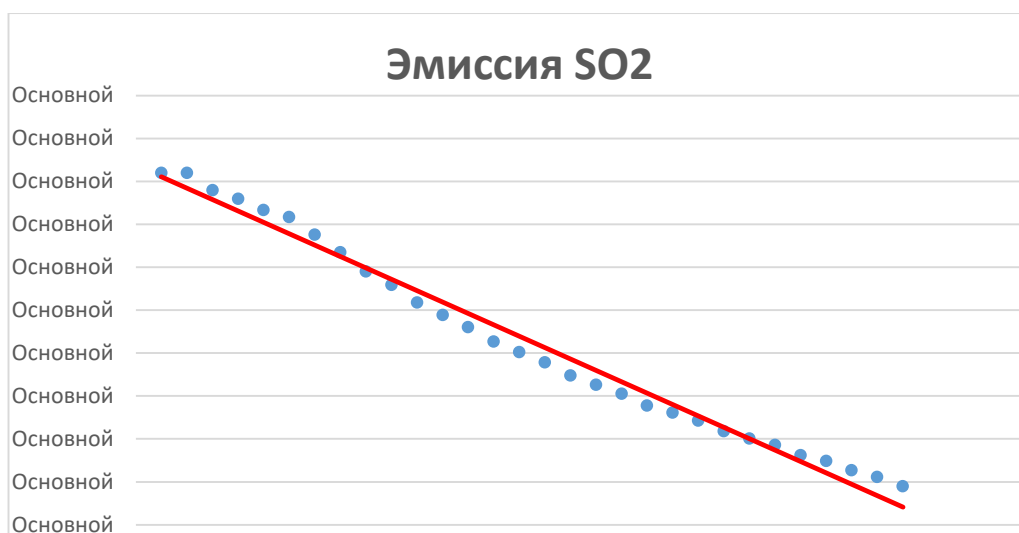
$$Y = a + bx_1 + cx_2 + dx_1^2 + tx_2^2 + fx_1x_2$$



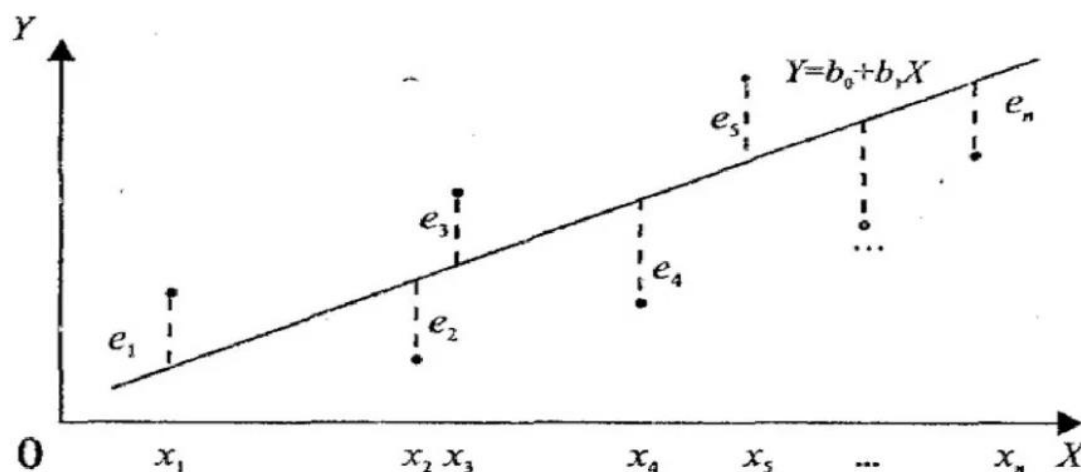
Для аппроксимации результирующих показателей Y_2 и Y_3 выбираем
 прямые зависимости:

$$Y = a + bx_1 + cx_3$$





Далее необходимо найти коэффициенты уравнения. Для этого чаще всего используется метод наименьших квадратов. Суть метода заключается в следующем: коэффициенты уравнения регрессии должны быть такими, чтобы сумма квадратов остатков была минимальной:



$$S = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2 \rightarrow \min,$$

где:

\hat{y}_i - расчетные (теоретические) значения исходного ряда;

y_i - фактические значения исходного ряда;

n - число наблюдений.

Возведение в квадрат позволяет устранить влияние знака погрешности. Величина S является мерой близости между исходными точками и аппроксимирующей функцией.

$$\sum_{i=1}^n (y - a - bx_1 - cx_2 - dx_3)^2 \rightarrow \min$$

Параметры a , b , c находим из условия минимума функции S . Для этого находим частные производные S по каждой переменной и приравниваем их к нулю. Из полученной системы уравнений находим численные значения всех коэффициентов. Расчет коэффициентов уравнения методом наименьших квадратов является трудоемким и производится с помощью программы, приведенной в Приложении 1.

Расчет уравнения связи проводится пошагово. Сначала в расчет принимается один фактор, который оказывает наиболее значимое влияние на результативный показатель, затем второй, третий и т.д. На каждом шаге рассчитывается уравнение связи, множественный коэффициент корреляции R , детерминации D , критерий Фишера и стандартная ошибка. Величина их на каждом шаге сравнивается с предыдущей. Чем выше величина коэффициента корреляции, детерминации и критерия Фишера и чем ниже величина стандартной ошибки, тем точнее уравнение связи описывает зависимости, сложившиеся между изучаемыми показателями. Если добавление следующих факторов не улучшает оценочных показателей связи, то их надо отбросить, т.е. остановиться на том уравнении, где эти показатели наиболее оптимальны.

Расчет коэффициента корреляции R производится по следующей формуле:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y - y_x)^2}{\sum (y - \bar{y})^2},$$

где:

y – значения результативного признака;

y_x - значения результативного признака, рассчитанные по уравнению регрессии;

\bar{y} - среднеарифметическое результативного признака.

Значение $R=0$ соответствует полной неопределенности, когда полученное уравнение никак не объясняет изменение y . Значение $R=1$ соответствует полной определенности, когда уравнение регрессии полностью повторяет исходные данные.

Коэффициент детерминации D получают возведением в квадрат коэффициента корреляции. Показывает насколько результирующий показатель объяснен исследуемыми факторами и сколько приходится на долю других.

Расчет критерия Фишера:

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - m}{m - 1},$$

где:

R – коэффициент корреляции;
 n – количество наблюдений;
 m – число параметров модели.

Полученное значение критерия Фишера сравнивается с критическим значением, найденным по таблице распределения Фишера-Снедекора. Для уровня значимости 0,05 и двухфакторной модели получаем $F_{\text{табл}}=3,35$, для полинома второй степени $F_{\text{табл}}=2,57$. При $F_{\text{расч}} > F_{\text{табл}}$ уравнение регрессии признается адекватным.

Расчет средней ошибки аппроксимации E проводится по формуле:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{n} \cdot \sum \frac{|y - y_x|}{y} \cdot 100\%,$$

где:

y – значения резульативного признака,
 y_x - значения резульативного признака, рассчитанные по уравнению регрессии,
 \bar{y} - среднеарифметическое резульативного признака.

Средняя ошибка аппроксимации показывает на сколько процентов в среднем отличаются исходные данные и предсказанные значения y .

Расчет уравнений регрессии.

3.1. Расчет уравнения связи для эффективного КПД.

	Уравнение связи КПД	R	D	F	E
введен X1	$Y=0,224768+0,53*X1-0,69*X1*X1$	0,824	0,680	28,62	0,908
введен X2	$Y=0,0893+0,099*X1+0,000209944*X2-0,18769*X1*X1-0,0000000692412*X2*X2+0,00014662*X1*X2$	0,998	0,995	971,54	0,050

3.2. Расчет уравнения связи для Октанового числа.

	Уравнение связи Октановое число	R	D	F	E
введен X1	$Y=125,539-133,296*X1$	0,986	0,971	949,253	2,121
введен X2	$Y = 148,832 - 5,01*X1 - 45,235*X3$	0,999	0,998	27734,30	0,274

3.3. Расчет уравнения связи для Эмиссии SO₂.

	Уравнение связи Эмиссия SO ₂	R	D	F	E
введен X2	$Y = 0,127401 - 0,142065*X1$	0,966	0,933	390,074	3,440
введен X1	$Y = 0,14 - 0,014*X1 - 0,039*X3$	0,999	0,999	11813,1	0,385

Наиболее полно описывает зависимость между изучаемыми показателями двухфакторные модели, полученные на втором этапе. Между факторными и результирующими показателями существует сильная корреляционная связь. Поскольку критерий Фишера для всех моделей больше $F_{табл}$, уравнения регрессии можно признать адекватными.

Проверка статистической значимости уравнений регрессии.

Помимо проверки адекватности уравнения регрессии, необходимо проверить статистическую значимость каждого коэффициента уравнения. Значимость коэффициентов линейного уравнения a , b , c оценивают с помощью t -критерия Стьюдента:

$$t_a = a \sqrt{\frac{n-2}{D_y}} \quad t_b = b \sqrt{\frac{(n-2) \cdot D_x}{D_y}}$$

$$D_y = \frac{\sum(y-y_x)^2}{n-m} \quad D_x = \frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-m}$$

где:

- a, b – коэффициенты уравнения регрессии,
- D_y – остаточная дисперсия результативного признака,
- D_x – остаточная дисперсия факторного признака,
- m – число параметров модели,
- n – количество наблюдений.
- t – критерий Стьюдента

$t_{\text{табличное}}=2,048$

Показатель	a	b	c
Октановое число	2879,549	8,884	235,231
Эмиссия SO2	353,167	3,237	26,443

$t_{\text{табличное}}=2,059$

Показатель	a	b	c	d	e	f
Эффективный КПД	930,9	101,1	1037,8	124,8	1528,4	569,3

Полученные значения t-критерия Стьюдента сравниваются с табличным значением t-распределения Стьюдента на уровне значимости 0,05 и числом степеней свободы 28 и 25. Так как все расчетные значения t-критерия больше t-табличного, то коэффициенты признаются статистически значимыми.

Бетта-коэффициенты и коэффициенты эластичности. Если возникает вопрос о сравнительной силе воздействия факторов на результативный показатель, необходимо посчитать стандартизованные коэффициенты регрессии, называемые бетта-коэффициентами:

$$B_i = b_i \frac{\sigma_{xi}}{\sigma_y},$$

где:

- b_i – коэффициент уравнения регрессии,
- σ_{xi} – среднеквадратическое отклонение фактора,
- σ_y – среднеквадратическое отклонение результирующего признака.

Коэффициенты эластичности показывают на сколько процентов в среднем изменяется функция с изменением аргумента на 1%.

$$\Xi = b_i \frac{\bar{x}_i}{\bar{y}},$$

где:

b_i - коэффициент уравнения регрессии,

\bar{x}_i – среднее арифметическое факторного признака,

\bar{y} - среднее арифметическое результирующего признака.

Эффективный КПД

Показатель	X1 (Н/С)	X2 (частота)
Бетта-коэффициенты	0,877	11,741

Октановое число

Показатель	X1 (Н/С)	X3 (коэффициент)
Бетта-коэффициенты	-0,029	-0,980
Коэффициенты эластичности	-0,0192	-0,781

Эмиссия SO2

Показатель	X1 (Н/С)	X3 (коэффициент)
Бетта-коэффициенты	-0,074	-0,777
Коэффициенты эластичности	-0,054	-0,681

4. Оценка характера, знака и степени влияния факторов на отклик.

4.1. Результативный признак КПД.

Характер влияния фактора X на отклик определяется наличием в модели квадратичного эффекта X². Знак коэффициента при эффекте X² определяет направление ветвей параболы. В уравнении регрессии КПД знаки коэффициентов при X1 и X2 отрицательны, следовательно, функция имеет максимум. Значения X1 и X2, при котором достигается экстремальное значение отклика, находится в области эксперимента. В модели присутствуют эффекты вида X1X2, характеризующие

взаимодействие факторов. В этом случае степень влияния факторов на отклик зависят от значений других факторов, то есть в одной зоне факторного пространства фактор может влиять сильнее, в другой - слабее; в одной - повышать отклик, в другой - понижать. Поэтому можно говорить лишь о локальном влиянии фактора на отклик в определенной зоне факторного пространства. Важно анализировать влияние факторов на отклик в зоне достижения экстремальных значений отклика:

Н/С	Частота	КПД
0,349	2400	0,3282

Проанализируем графические зависимости отклика при фиксированных значениях других факторов:

№	Н/С	Н/С max	Частота вращения	Частота вращения max	КПД (частота const)	КПД (Н/С const)	КПД расч
1	0,181	0,349	1500	2400	0,270	0,3369	0,3000
2	0,189	0,349	1550	2400	0,273	0,3394	0,3035
3	0,197	0,349	1600	2400	0,276	0,3415	0,3064
4	0,206	0,349	1650	2400	0,279	0,3433	0,3090
5	0,214	0,349	1700	2400	0,282	0,3448	0,3120
6	0,223	0,349	1750	2400	0,286	0,3459	0,3150
7	0,232	0,349	1800	2400	0,289	0,3466	0,3174
8	0,241	0,349	1850	2400	0,292	0,3471	0,3193
9	0,250	0,349	1900	2400	0,295	0,3471	0,3211
10	0,259	0,349	1950	2400	0,299	0,3469	0,3230
11	0,269	0,349	2000	2400	0,302	0,3462	0,3244
12	0,278	0,349	2050	2400	0,305	0,3453	0,3255
13	0,288	0,349	2100	2400	0,309	0,3440	0,3265
14	0,298	0,349	2150	2400	0,312	0,3423	0,3268
15	0,308	0,349	2200	2400	0,315	0,3403	0,3274
16	0,318	0,349	2250	2400	0,319	0,3380	0,3279
17	0,328	0,349	2300	2400	0,322	0,3353	0,3279
18	0,338	0,349	2350	2400	0,325	0,3322	0,3281
19	0,349	0,349	2400	2400	0,329	0,3288	0,3282
20	0,360	0,349	2450	2400	0,332	0,3251	0,3280
21	0,371	0,349	2500	2400	0,336	0,3210	0,3278
22	0,382	0,349	2550	2400	0,339	0,3166	0,3273
23	0,393	0,349	2600	2400	0,343	0,3118	0,3265
24	0,404	0,349	2650	2400	0,346	0,3067	0,3256
25	0,416	0,349	2700	2400	0,349	0,3012	0,3248
26	0,428	0,349	2750	2400	0,353	0,2954	0,3235

27	0,440	0,349	2800	2400	0,356	0,2893	0,3222
28	0,452	0,349	2850	2400	0,360	0,2827	0,3210
29	0,467	0,349	2900	2400	0,364	0,2759	0,3192
30	0,482	0,349	2950	2400	0,368	0,2687	0,3175

Влияние добавки водорода на КПД тах

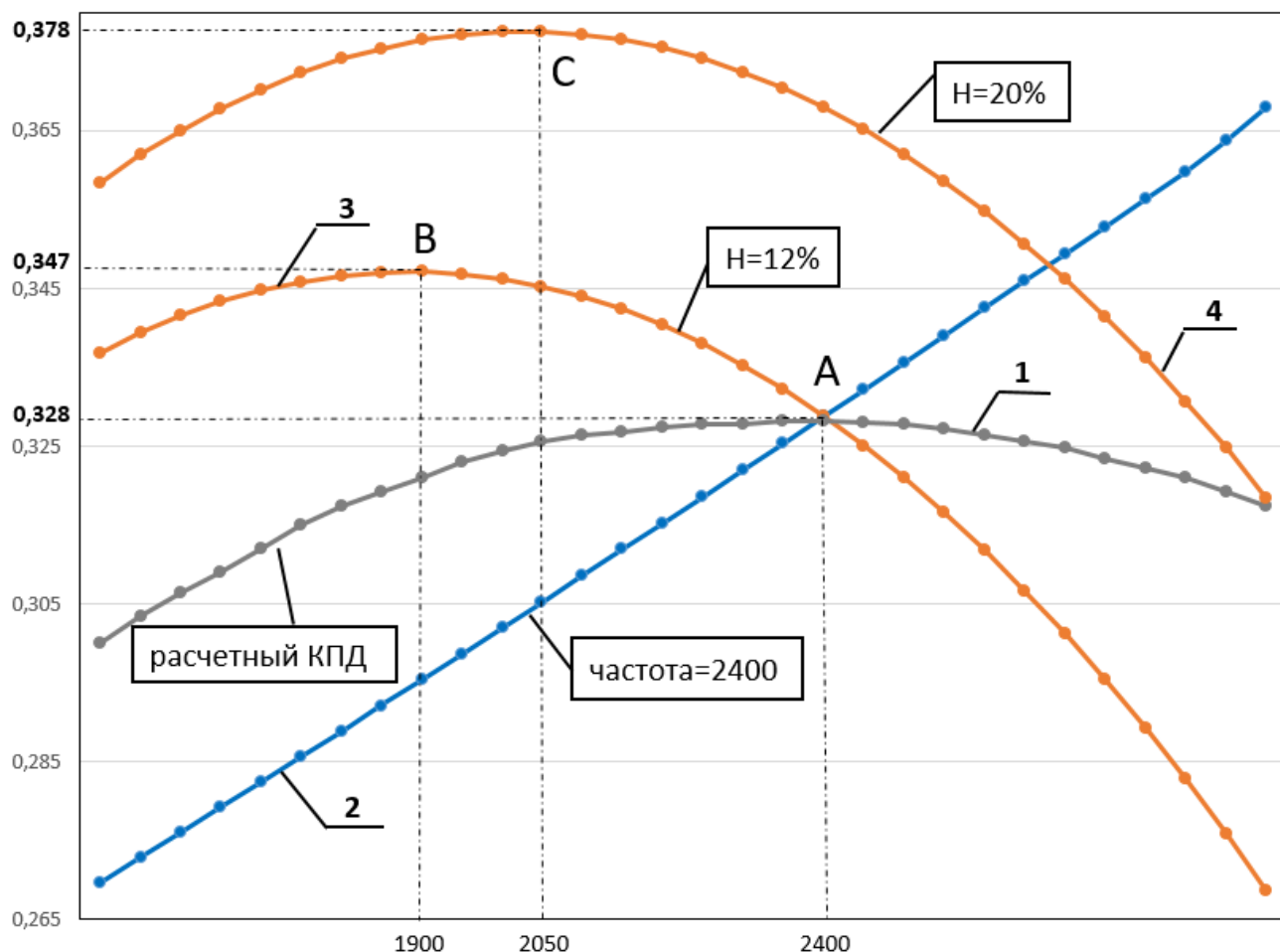


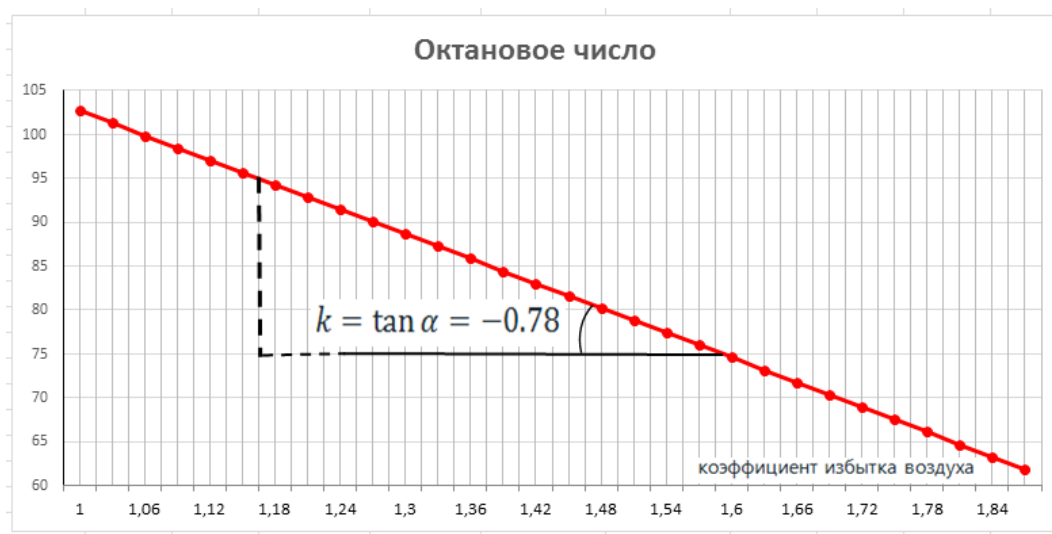
График 1 показывает изменение расчетного КПД. График 2 показывает равномерное увеличение эффективного КПД при увеличении добавки водорода к бензину при постоянной частоте вращения вала. Увеличение на 1% содержания водорода дает повышение КПД на 1,78%. В максимальной точке A расчетного КПД содержание водорода составляет 12,24%. При такой добавке водорода к бензину двигатель выходит на максимальный КПД, равный 0,347, при частоте оборотов 1900 (точка B график 3). При добавке водорода 20% двигатель выходит на максимальный

КПД, равный 0,378, при частоте оборотов 2050 (точка С график 4). При увеличении частоты вращения эффективный КПД уменьшается. Следовательно, добавка водорода эффективна для повышения КПД на режимах малых оборотов, в режиме городской езды. При дальнейшем разгоне автомобиля добавку водорода к бензину следует прекратить, чтобы не ухудшать эффективность работы ДВС.

В то же время добавка определенного количества водорода позволяет уменьшать количество бензина в том же размере. Т.е. добавка 12% водорода к топливу позволяет экономить 12% бензина при увеличении эффективного КПД.

4.2. Результативный признак Октановое число.

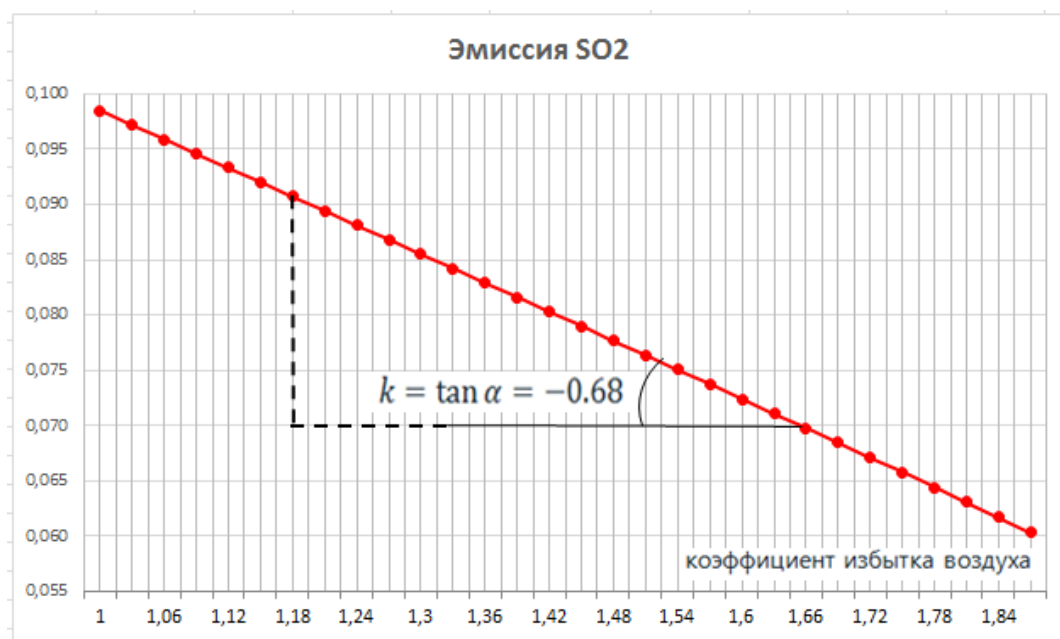
Наибольшее влияние на величину Октанового числа оказывает факторный показатель ХЗ – коэффициент избытка воздуха. Коэффициенты эластичности позволяют оценить количественное влияние каждого фактора на величину отклика. Увеличение коэффициента избытка воздуха на 1% уменьшает требования к Октановому числу на 0,78%. Даже небольшие добавки водорода к бензину позволяют переходить на топливные смеси с большим избытком воздуха. Таким образом, при достаточном обеднении смеси возможна бездетонационная работа ДВС.



Бензиновые двигатели развивают максимальную мощность при коэффициенте избытка воздуха $L=0,9$, так как при этом используется почти весь всасываемый кислород. Но одновременно большая часть компонентов топлива не сгорает. При $L > 1$ КПД двигателя снижается, так как неизрасходованному кислороду не с чем реагировать. Добавки водорода к бензовоздушной смеси позволяют существенно расширить пределы воспламенения топливной смеси, увеличивает скорость и полноту сгорания ТВС. Это позволяет использовать более бедные смеси топлива.

4.3 Результативный признак эмиссия SO_2 .

Бетта - коэффициенты, рассчитанные по коэффициентам уравнения регрессии двуокиси серы, показывают большее влияние фактора X_3 на уменьшение ее содержания. Увеличение содержания водорода на 1% позволяет уменьшить выброс SO_2 на 0,054%, увеличение коэффициента избытка воздуха на 1% дает уменьшение выбросов на 0,68%.



Выводы: все сказанное говорит о целесообразности применения регрессионного анализа для изучения влияния добавок водорода к бензину для повышения эффективности работы ДВС и снижения токсичности выбросов. Он позволяет изучить закономерности изменения результативного показателя в зависимости от поведения факторов, определить их влияние на результативный показатель, установить, какие из них являются основными, а какие второстепенными.

Перечень литературы:

1. Коновалов Ю.В. Статистическое моделирование с использованием регрессионного анализа: Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Компьютерное и статистическое моделирование» / Ю.В. Коновалов. – М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013 - 73 с.
2. В. А. Смирнов. Математическое моделирование в машиностроении в примерах и задачах: учебное пособие / В. А. Смирнов. – Старый Оскол: ТНТ, 2019. - 364 с.
3. А. Н. Карташевич. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости: учеб. Пособие / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка, А. В. Гордеенко – Минск: Новое знание; М.: инфра-М, 2014. – 421 с.
4. Г. В. Савицкая. Анализ хозяйственной деятельности предприятия : 4-е изд., перераб. И доп. – Минск: ООО “Новое знание”, 2000. – 688 с.

Приложение 1.

```
#include <iostream>

#include <fstream>

#include <string>

#include<cstdlib>

#include <iomanip>

#include <stdio.h>

using namespace std;

double ras( double a11, double a12, double a13, double a21, double a22, double
a23,double a31, double a32, double a33)

{return (double)a11*(double)a22*(double)a33 +
(double)a12*(double)a23*(double)a31 + (double)a13*(double)a21*(double)a32 -
(double)a13*(double)a22*(double)a31 - (double)a12*(double)a21*(double)a33 -
(double)a11*(double)a23*(double)a32;}

int main() {

ifstream file1;

ifstream file2;

ifstream file3;

    file1.open("C:\\Users\\sasha\\Documents\\Files\\DataC.txt");

    file2.open("C:\\Users\\sasha\\Documents\\Files\\DataOK.txt");

    file3.open("C:\\Users\\sasha\\Documents\\Files\\DataT.txt");

std::string s;

char* k = 0;

double c[31];

double o[31];

double t[31];

    int i = 1;

    while(getline(file1, s))
```

```
{      s.replace(1, 1, ".");
      const char* k = s.c_str();
      c[i] = atof (k);
      i = i + 1; }

i = 1;
while(getline(file2, s))
{      s.replace(2, 1, ".");
      const char* k = s.c_str();
      o[i] = atof (k);
      i = i + 1; }

i = 1;
while(getline(file3, s))
{      s.replace(1, 1, ".");
      const char* k = s.c_str();
      t[i] = atof (k);
      i = i + 1; }

printf(" \n");
for(i=1;i<31;i++)
    cout << c[i] << endl;

printf(" \n");
for(i=1;i<31;i++)
    cout << o[i] << endl;

printf(" \n");
for(i=1;i<31;i++)
    cout << t[i] << endl;

float sumy = 0;
```

```
float sumx1 = 0;
float sumx2 = 0;
float sumx1x2 = 0;
float sumx1y = 0;
float sumx2y = 0;
float sumx2x2 = 0;
float sumx1x1 = 0;
for(i=1;i<31;i++)
{
    sumy = sumy + o[i];
    sumx1 = sumx1 + c[i];
    sumx2 = sumx2 + t[i];
    sumx1x2 = sumx1x2 + c[i]*t[i];
    sumx1y = sumx1y + c[i]*o[i];
    sumx2y = sumx2y + t[i]*o[i];
    sumx1x1 = sumx1x1 + c[i]*c[i];
    sumx2x2 = sumx2x2 + t[i]*t[i];
}
double a11 = 30; double a12 = sumx1; double a13 = sumx2;
double a21 = sumx1; double a22 = sumx1x1; double a23 = sumx1x2;
double a31 = sumx2; double a32 = sumx1x2; double a33 = sumx2x2;
cout << a11 << endl;
cout << a12 << endl;
cout << a13 << endl;
cout << a21 << endl;
cout << a22 << endl;
```

```
cout << a23 << endl;
cout << a31 << endl;
cout << a32 << endl;
cout << a33 << endl;
cout << sumy << endl;
cout << sumx1y << endl;
cout << sumx2y << endl;
double d = ras(a11, a12, a13, a21, a22, a23, a31, a32, a33);
cout << (double)d << endl;
a13 = sumy;
a23 = sumx1y;
a33 = sumx2y;
double da2 = 0;
da2=ras(a11, a12, a13, a21, a22, a23, a31, a32, a33);
a12 = sumy;
a22 = sumx1y;
a32 = sumx2y;
a13 = sumx2;
a23 = sumx1x2;
a33 = sumx2x2;
double da1 = ras(a11, a12, a13, a21, a22, a23, a31, a32, a33);
a11 = sumy;
a21 = sumx1y;
a31 = sumx2y;
a12 = sumx1;
a22 = sumx1x1;
```

```
a32 = sumx1x2;
double db = ras(a11, a12, a13, a21, a22, a23, a31, a32, a33);
double a1 = (double)da1/(double)d;
double a2 = (double)da2/(double)d;
double b = (double)db/(double)d;
printf(" \n");
cout << (double)da1 << endl;
cout << (double)da2 << endl;
cout << (double)db << endl;
cout << (double)d << endl;
cout << (double)a1 << endl;
cout << (double)a2 << endl;
cout << (double)b << endl;
return 0;
}
```

СЕКЦИЯ МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И
РАЗРУШЕНИЯ КОНТАЙМЕНТА АЭС ПРИ УДАРЕ ДВИГАТЕЛЕЙ
ПАДАЮЩЕГО САМОЛЕТА***Острик Мария Афанасьевна**Зеленоградская СОШ, 11 класс***1. Введение**

Одним из наиболее опасных источников ударного воздействия на АЭС могут быть падающие самолеты [1-5]. Падение самолета – крайне тяжелое, но весьма редкое событие. Вообще говоря, вероятность случайного падения тяжелого летательного аппарата на ядерный реактор мала, порядка 10^{-6} 1/год [6], но его последствия катастрофичны и не могут не учитываться при проектировании АЭС. Более того, вероятность существенно увеличивается для тех случаев, когда АЭС располагаются непосредственно в зоне прохождения над ними воздушной трассы, что имеет место для ряда атомных станций. Нельзя исключать и специального перенаправления самолета на реактор при террористических актах.

Тем не менее, вероятности падения самолета для каждой АЭС оценивается индивидуально с учетом воздушной обстановки и, если эта вероятность менее 10^{-6} 1/год, то возможность воздействия игнорируется, в противном случае считается, что самолет упадет обязательно (принцип «или – или»).

Принято рассматривать падение на АЭС самолетов трех видов: общего назначения (малые самолеты, в том числе, частные и спортивные), военные и коммерческие. Согласно нормам удар самолетов общего назначения учитывается всегда при проектировании АЭС, вследствие их высокой аварийности. Воздействие удара военных или коммерческих самолетов рассматривается в зависимости от воздушной обстановки в районе АЭС. Отметим, что, несмотря на меньшую массу, военные самолеты создают большую по величине нагрузку, чем коммерческие, так как согласно формуле Риеры [7] динамическая составляющая нагрузки пропорциональна квадрату скорости самолета, которая у военных летательных аппаратов значительно выше, чем у коммерческих. Однако угон военного самолета намного менее вероятен, чем коммерческого и поэтому именно расчету последствий падения магистральных самолетов уделяется наибольшее внимание. Среди магистральных самолетов наиболее распространены летательные аппараты марок Boeing 707-320 (эталон коммерческого самолета при расчетах падения на АЭС во многих странах) и Boeing 747-400. Расчету воздействия удара от этих самолетов на АЭС посвящено большое число работ [1-5, 8].

Защитная оболочка реактора (контаймент), как правило, двухбарьерная: первая из бетонных композиций, вторая – внутренняя – металлическая [9]. Первая предназначена для защиты от механических нагрузок различной природы (ударов, ударных волн, излучения) вторая, в случае удара самолетом, для изоляции реакторной зоны от проливающегося топлива (например, Боинг-747 может быть заправлен 75 тоннами авиакеросина)

Фюзеляж самолета – довольно непрочная конструкция по сравнению с контайментом. Будучи тонкостенной оболочкой, он разрушается при взаимодействии с экранирующими реактор элементами. Характерное время действия нагрузки при таком разрушении составляет десятые доли секунды [7, 8], что много больше длительности распространения возмущения по толщине бетонной защитной оболочки (порядка нескольких миллисекунд) и, следовательно, при ударе легко деформируемого и разрушаемого фюзеляжа самолета будет преобладать оболочечная стадия деформирования контаймента. Отметим, что несмотря на относительную нежесткость фюзеляжа, он передает контайменту при ударе значительный импульс (для самолета 707-320 вплоть до 20 МН×с), который может привести к разрушению контаймента на оболочечной стадии деформирования.

Большой проникающей способностью обладают двигатели самолета. Ударное взаимодействие компактных и прочных двигателей с контайментом носит ярко выраженный волновой характер. Именно удары двигателей могут привести к пробитию защитной оболочки с последующим попаданием топлива в активную зону ядерного реактора.

2. Расчетные модели нестационарного деформирования и разрушения бетонов

Внешняя оболочка контаймента изготавливается из железобетона плотностью до 2500 кг/м³. При необходимости повысить уровень защищенности реактора используются специальные защитные бетоны плотностью вплоть до 4500 кг/м³. Наличие металлического армирования существенно влияет на деформационные и прочностные характеристики в плоскости армирования. В случае удара перпендикулярно этой плоскости и распространения волны по толщине контаймента усиление материала за счет армирования менее существенно для формирующегося при этом напряженно-деформированного состояния. Более того, неоднородность бетонной композиции, включающей металлическую компоненту, может быть причиной разрушений при отражении волн напряжений от этих неоднородностей, и наличие армирования не усилит, а ослабит сопротивление конструкции к ударным нагрузкам. Поэтому, в первом приближении, будем предполагать, что внешняя оболочка контаймента – бетонная.

Рассматриваемые скорости удара элементов самолета по контайменту ограничены разумным пределом порядка 100 м/с. Такой удар (при скорости менее 1 км/с) считается низкоскоростным. Для низкоскоростного удара важен учет сдвиговых напряжений и упругопластических деформаций в материалах соударяющихся тел.

Ударное воздействие на бетон приводит к нестационарным процессам в преграде, для которых характерны большие скорости деформаций, высокие уровни давлений и накопление дефектов в хрупко разрушающемся материале с их последующим ростом, приводящим к образованию систем трещин. Численное моделирование процессов в бетоне, разрушающемся при ударном воздействии, требует разработки корректных

моделей описания его нестационарного поведения.

Высокие уровни давлений не позволяют применять линейные модели для определения диагональной части тензора напряжений, и необходимо использование уравнений состояния бетона с учетом необратимого схлопывания пор. В то же время во многих практически важных случаях низкоскоростного удара тепловой частью давления можно пренебречь.

Накопление дефектов в процессе и после удара может быть учтено лишь в рамках кинетических моделей с введением скалярной или векторной мер поврежденности среды. Формулировка кинетических уравнений для мер поврежденности представляет собою сложную и до конца нерешенную задачу. В простейшем случае используется линейная модель, в которой приращение скалярной поврежденности прямо пропорционально приращению суммарной (объемной и сдвиговой) пластической деформации, а коэффициент пропорциональности зависит от давления.

Бетон относится к материалам чувствительным к скоростным эффектам. Учет скорости деформации необходим, прежде всего, при расчете поверхности текучести. С ростом скорости деформирования бетонов поверхность текучести увеличивает свои размеры. Также на неё оказывают существенное влияние степень поврежденности и давление. Как правило, для упрощения расчетной модели влияние скорости деформации на поверхность текучести выделяется в отдельный множитель.

Таким образом, для описания поведения бетона необходимо использование связанных моделей упругопластичности и поврежденности [10] с учетом эффектов вязкости.

Образование и развитие в процессе нестационарного деформирования бетона систем макротрещин, имеющих преимущественное направление, делает его при силовом воздействии принципиально анизотропным материалом. Описание анизотропии, возникающей в процессе деформирования, существенно усложняет расчет [11]. Еще одним анизотропным свойством является значительная разница прочности бетона на растяжение и сжатие, что также необходимо учитывать.

Отдельной и весьма важной проблемой является определение констант, входящих в расчетные модели описания поведения бетонов. Облегчающим фактором может быть наличие у них физического смысла и корреляционных зависимостей, как между различными константами, так и между одной и той же константой для образца и бетонного массива (масштабный эффект) [12].

Анализ литературных источников показывает, что на современном этапе не существует одной базовой динамической модели бетона, адекватно описывающей этот чувствительный к скорости деформаций хрупко разрушающийся материал. В зависимости от требуемой точности описания нестационарного поведения бетона, располагаемых вычислительных ресурсов и сложности решаемой задачи в расчетном коде могут потребоваться модели разного уровня детализации взаимосвязанных процессов деформирования и разрушения бетонов. Поэтому достаточно развитый программный продукт для решения 3D-задач ударного воздействия на сооружения и конструкции из бетона должен включать следующие модели деформирования и разрушения цементных композиций (расположены в порядке увеличения детализации и корректности описания поведения материалов) [13]:

- модель одного из вариантов деформационной теории пластичности, например модель

- бетона Гениева Г.А. (без скоростных эффектов; дилатансия, зависимость поверхности разрушения от третьего инварианта тензора напряжений, константно обеспечена) [14];
- модель Холмквиста-Джонсона-Кука (широко распространена, ПК ANSYS, константно обеспечена, скалярная мера поврежденности) [15];
 - модель упруговязкопластичности Пэжины, конкретизированную для бетона (популярна среди механиков, тензорная мера поврежденности) [16];
 - структурную микромеханическую модель Гарсона (GTN-модель), конкретизированную для бетона (ПК LS-DYNA и ABAQUS, скалярная мера поврежденности -пористость, поверхность текучести на основе решения периодически расположенных в идеально пластическом материале пор, дилатансия, пластическая сжимаемость) [17-19];
 - структурную двухуровневую микромеханическую модель Кукуджанова В.Н., конкретизированную для бетона (обобщение GTN-модели, тензорная мера поврежденности с кинетическими уравнениями, дислокации, поры и микротрещины) [20].

Применительно к бетонным композициям только первые две из этих моделей константно обеспечены и могут быть использованы для расчета ударного воздействия двигателей на бетонный контеймент. В работе [13] описан численный алгоритм реализации определяющих уравнений НДС-модели. Однако эта модель не чувствительна к третьему инварианту тензора напряжений. Деформационная теория пластичности бетона Гениева Г.А. не обладает этим недостатком, но она применима только к статическим задачам при траекториях нагружения близких к простым и не учитывает накопления поврежденности. Представляется целесообразным обобщить эти две модели посредством их синтеза.

При обобщении за основу берется подход к описанию поведения бетона согласно НДС-модели за исключением поверхности пластического текучести, которая принимается в виде, синтезирующем подходы обеих моделей:

$$\left(\frac{T_s}{T_c}\right)^2 = \left(1 - D + f\frac{P}{T_c}\right) (1 + C \ln(\dot{\epsilon}_I))^2 (1 + \delta), \quad (1)$$

$$\delta = e \left(\frac{S(1 + C \ln(\dot{\epsilon}_I))}{T_s}\right)^3, \quad f = \frac{3T_c(R_c - R_p)}{R_c R_p}, \quad e = \frac{R_c R_p}{3T_c^2} - 1,$$

$$T_s = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{S_{xx}^2 + S_{yy}^2 + S_{zz}^2 + 2(\sigma_{xy}^2 + \sigma_{xz}^2 + \sigma_{yz}^2)}, \quad (2)$$

$$S^3 = \frac{\sqrt{3}}{2} (S_{xx}^3 + S_{yy}^3 + S_{zz}^3 - 3(\sigma_{xy}^2 S_{zz} + \sigma_{xz}^2 S_{yy} + \sigma_{yz}^2 S_{xx}) + 6\sigma_{xy}\sigma_{xz}\sigma_{yz}),$$

где P – давление; T_s – предельная интенсивность касательных напряжений (корень из второго инварианта девиатора напряжений); D – скалярная мера поврежденности; S – инвариантная величина, куб которой с точностью до коэффициента $3^{3/2}/2$ совпадает с третьим инвариантом девиатора напряжений; R_c , R_p , T_c – пределы прочности бетона при одноосных сжатиях, растяжениях и чистом сдвиге; C , f , e – константы; $\dot{\epsilon}_I$ – интенсивность скоростей деформаций.

В (1) поправка $\delta = \delta(S)$ введена для учета влияние на поверхность текучести третьего инварианта S , а множитель $1 + C \ln(\dot{\epsilon}_I)$ учитывает влияние скорости деформации

аналогично тому, как это делается в НЭС-модели. При этом константа C имеет тот же смысл и величину, что весьма полезно, поскольку при практическом использовании НЭС-модели эта константа определялась для многих марок бетона.

Расчет степени поврежденности делается в соответствии с НЭС-моделью, в которой накопление поврежденности пропорционально накоплению пластической деформации

$$\Delta D = \frac{\Delta \varepsilon^P + \Delta \mu^P}{\max(\varepsilon_{fmin}, D_1(P/R_c + R_{pg}/R_c)^{D_2})},$$

$$\Delta \varepsilon^P = \Delta \varepsilon_i - \Delta T/(\sqrt{3}G), \quad \Delta \mu^P = \Delta(\mu - P/K(\mu)),$$

где $\Delta \varepsilon^P, \Delta \mu^P$ – приращения сдвиговой и объемной пластических деформаций; D_1, D_2 – константы материала; ε_{fmin} – константа, введенная для подавления накопления поврежденности от слабых волн растяжений; R_{pg} – предел прочности при всестороннем (гидравлическом) растяжении.

Представленная модель пластического деформирования и разрушения бетона – принципиально нелинейна, и при своей численной реализации нуждается в организации итерационных процессов. При этом итерации необходимы в каждой расчетной ячейке кода и, следовательно, должны быстро сходиться. В предлагаемом алгоритме требуемая на практике точность (относительная погрешность менее 0,1%) достигается за несколько (3...5) итераций.

Перед расчетом считываются материальные константы и при отсутствии некоторых (обязательно наличие плотности ρ_0 и прочности на одноосное сжатие R_c) из них проводится их оценка на основе корреляционных соотношений [13]. Если необходимо и имеются соответствующие корреляционные соотношения, делается пересчет констант, полученных на бетонных образцах на случай бетонного массива [12].

Таблица. 1. Схема алгоритма в декартовой системе координат

№	рассчитываемая величина или операция	расчетное соотношение
1	скорость изменения относительного объема	$\dot{\theta} = \dot{\varepsilon}_{xx}^{n+1/2} + \dot{\varepsilon}_{yy}^{n+1/2} + \dot{\varepsilon}_{zz}^{n+1/2}$
2	девиатор напряжений в предположении упругости	$S_{ij}^e = S_{ij}^n + 2G \left(\dot{\varepsilon}_{ij}^{n+1/2} - \frac{1}{3} \theta \delta_{ij} \right) \Delta t$
3	интенсивности касательных напряжений	$T^n = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{S_{xx}^n{}^2 + S_{yy}^n{}^2 + S_{zz}^n{}^2 + 2(\sigma_{xy}^n{}^2 + \sigma_{xz}^n{}^2 + \sigma_{yz}^n{}^2)};$ $T^{en} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{S_{xx}^e{}^2 + S_{yy}^e{}^2 + S_{zz}^e{}^2 + 2(\sigma_{xy}^e{}^2 + \sigma_{xz}^e{}^2 + \sigma_{yz}^e{}^2)}$
4	интенсивность скорости деформаций	$\dot{\varepsilon}_i^{n+1/2} = \sqrt{2}/3 \left(\sqrt{(\dot{\varepsilon}_{xx} - \dot{\varepsilon}_{yy})^2 + (\dot{\varepsilon}_{xx} - \dot{\varepsilon}_{zz})^2 + (\dot{\varepsilon}_{yy} - \dot{\varepsilon}_{zz})^2 + 6(\dot{\varepsilon}_{xy}^2 + \dot{\varepsilon}_{xz}^2 + \dot{\varepsilon}_{yz}^2)} \right)^{n+1/2}$
5	подготовка к итерациям (присваивание значений с предыдущего шага по времени)	$N_{iter} = -1; \quad D^{n+1} = D^n;$ $S^{n+1} = \frac{\sqrt[6]{3}}{\sqrt[3]{2}} (S_{xx}^n{}^3 + S_{yy}^n{}^3 + S_{zz}^n{}^3 - 3(\sigma_{xy}^n{}^2 S_{zz}^n + \sigma_{xz}^n{}^2 S_{yy}^n + \sigma_{xy}^n{}^2 S_{zz}^n) + 6\sigma_{xy}^n \sigma_{xz}^n \sigma_{yz}^n)^{\frac{1}{3}}$
6	начало итераций по D^{n+1} и S^{n+1}	M_{iter}: $N_{iter} = N_{iter} + 1$
7	проверка сходимости	if($N_{iter} > 10$) then {output("all is bad"); pause; stop}

8	девиатор = упругому; расчет давления	$S_{ij}^{n+1} = S_{ij}^e; \quad P^{n+1} = Fpress(P^n, \rho^n, \rho^{n+1}, D^{n+1})$
9	предельное значение интенсивности касательных напряжений	численное решение уравнения пятой степени относительно T_{seq} (см. (5.3)): $(T_{seq}/T_c)^2 = (1 - D^{n+1} + f P^{n+1}/T_c)(1 + Cln(\dot{\epsilon}_i^{n+1/2}))^2 \left(1 + e \left(S^{n+1} \frac{(1 + Cln(\dot{\epsilon}_i^{n+1/2}))}{T_{seq}} \right)^3 \right)$ $T_s = \min [T_{smax}, T_{seq}]$
10	корректировка девиатора напряжений	if($T^e > T_s$) then $S_{ij}^{n+1} = S_{ij}^e (T_s/T^e)^n$
11	интенсивность касательных напряжений напряжений	$T^{n+1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{S_{xx}^{n+1 2} + S_{yy}^{n+1 2} + S_{zz}^{n+1 2} + 2(\sigma_{xy}^{n+1 2} + \sigma_{xz}^{n+1 2} + \sigma_{yz}^{n+1 2})};$
12	приращение пластической деформации	$\Delta \epsilon^p = \dot{\epsilon}_i^{n+1/2} \Delta t - \frac{T^{n+1} - T^n}{\sqrt{3}G} + \frac{(\rho^{n+1} - \rho^n)}{\rho_0} - \left(\frac{P}{K}\right)^{n+1} + \left(\frac{P}{K}\right)^n$
13	степень поврежденности	$D^{n+1} = D^n + \Delta \epsilon^p / \max(\epsilon_{fmin}, D_1((P^{n+1} + P^n)/(2R_c) + R_{pg}/R_c)^{D_2})$ $D^{old} = D^{n+1};$
14	параметр S (величина пропорциональная третьему инварианту)	$S^{old} = S^{n+1};$ $S^{n+1} = \frac{\sqrt[6]{3}}{\sqrt{2}} (S_{xx}^{n+1 3} + S_{yy}^{n+1 3} + S_{zz}^{n+1 3} - 3(\sigma_{xy}^{n+1 2} S_{zz}^{n+1} + \sigma_{xz}^{n+1 2} S_{yy}^{n+1} + \sigma_{xy}^{n+1 2} S_{zz}^{n+1}) + 6\sigma_{xy}^{n+1} \sigma_{xz}^{n+1} \sigma_{yz}^{n+1})^{1/3}$
15	переход на новую итерацию при нарушении точности по D	if(abs($D^{n+1} - D^{old}$) > $10^{-5} D^{n+1} + 10^{-12}$) then go to Miter
16	переход на новую итерацию при нарушении точности по S	if(abs($S^{n+1} - S^{old}$) > $10^{-5} S^{n+1} + 10^{-12}$) then go to Miter
17	новое давление	$P^{n+1} = Fpress(P^n, \rho^n, \rho^{n+1}, D^{n+1})$
18	окончательная корректировка девиатора напряжений	численное решение уравнения пятой степени относительно T_{seq} : $(T_{seq}/T_c)^2 = (1 - D^{n+1} + f P^{n+1}/T_c)(1 + Cln(\dot{\epsilon}_i^{n+1/2}))^2 \left(1 + e \left(S^{n+1} \frac{(1 + Cln(\dot{\epsilon}_i^{n+1/2}))}{T_{seq}} \right)^3 \right);$ $T_s = \min [T_{smax}, T_{seq}]; \quad \text{if}(T^e > T_s) \text{ then } S_{ij}^{n+1} = S_{ij}^e (T_s/T^e)^n$

При определении напряженного состояния $\sigma_{ij}^{n+1} = -P^{n+1} \delta_{ij} + S_{ij}^{n+1}$ ($i=x, y, z; j=x, y, z;$ δ_{ij} – символ Кронекера) и степени поврежденности D^{n+1} на новый момент времени t^{n+1} должны быть известны величины на предыдущем шаге: плотности ρ^n, ρ^{n+1} , степень поврежденности D^n ; давление P^n компоненты девиатора тензора напряжений S_{ij}^n ; компоненты скоростей деформаций $\dot{\epsilon}_{ij}^{n+1/2}$. Расчет предполагает итерации по степени поврежденности D^{n+1} и величине S^{n+1} пропорциональной третьему инварианту девиатора тензора напряжений. Алгоритм каждой итерации строится по методу Уилкинса [21]. Последовательность вычислений и расчетные соотношения представлены в таблице 1. Расчет давления P^{n+1} по заданным плотностям и поврежденности делается в отдельной процедуре-функции $P^{n+1} = Fpress(P^n, \rho^n, \rho^{n+1}, D^{n+1})$ согласно НЖС-модели. Этот численный алгоритм является дальнейшим развитием алгоритма, подробно рассмотренного в [13].

3. Валидация численной модели поведения бетона

Как правило [22-25], валидация нестационарных численных моделей бетона проводится посредством сравнения глубины проникания DOP (depth of penetration) и

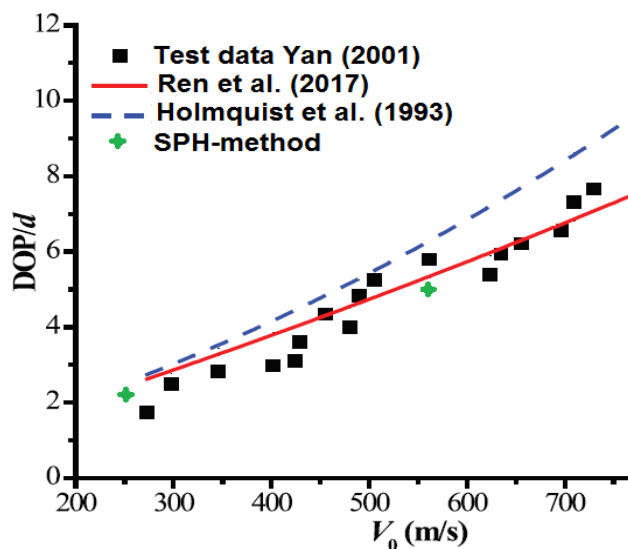


Рис. 1. Глубина проникания

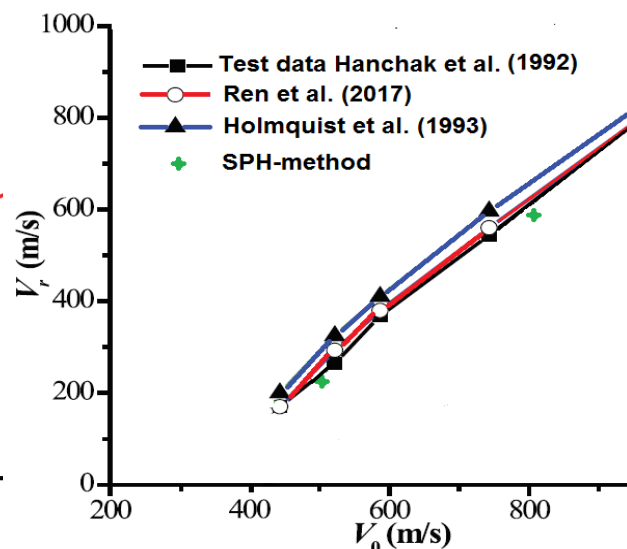


Рис. 2. Баллистическая кривая

баллистической кривой (зависимости остаточной скорости после пробития бетонной плиты заданной толщины от скорости удара) с соответствующими экспериментальными данными. В большинстве случаев используются результаты расчетов методом конечных элементов (например, конечных элементов расчетного комплекса LS-DYNA), SPH-методом и методом конечных объемов.

Используя неявный 2D SPH-метод [26] в цилиндрической системе координат, были проведены тестовые расчеты с данными из [24, 27, 28]. На рис. 1-2 представлены результаты сравнения для глубины проникания и баллистической кривой. Видно, что согласие удовлетворительное, но неявный SPH-метод прогнозирует чуть более жесткое поведение бетона, чем конечно-элементный подход.

4. Результаты расчетов ударов двигателей по контейменту

Первоначально, рассматривался удар сверху одного из двигателей по сферическому куполу внешней защитной оболочки. Размеры контеймента показаны на рис. 3. Воздействие компактного двигателя самолета BOEING 707-320 моделировалось ударом железного шара радиусом 0,394м (массой 2 т) со скоростью 100м/с. Результаты расчетов для распределений степени поврежденности D и плотности представлены на рис. 4-6. Видно, что зоны разрушения (красный цвет: $D \geq 1$) образуются в основном на свободных поверхностях и внутри контеймента под ударником. В процессе движения ударника в бетоне перед ним образуется область уплотнения, что приводит к его торможению и

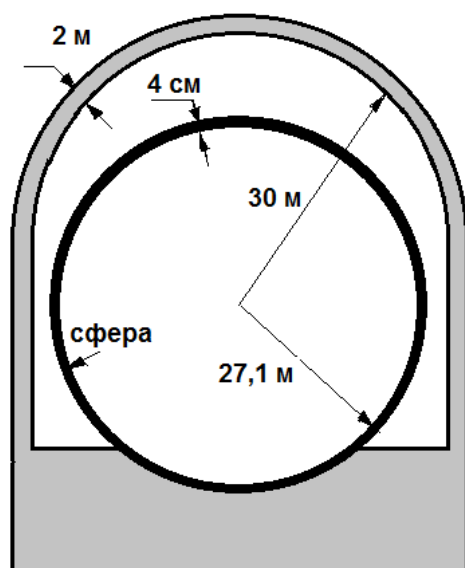
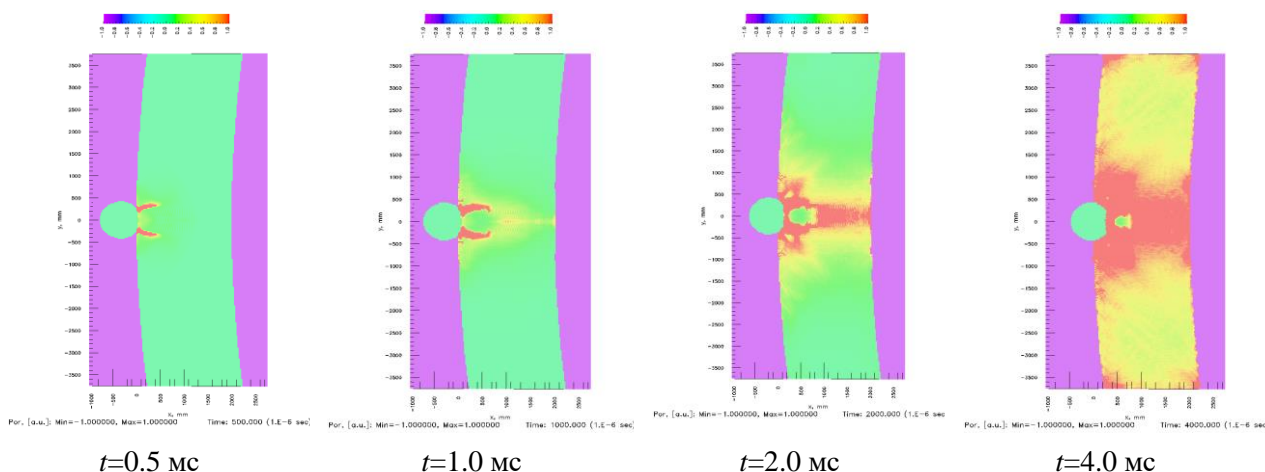


Рис. 3. Геометрия контеймента

двух центральных. Поэтому представляется целесообразным рассмотреть удар двух центральных двигателей. Результаты расчетов для распределений степени поврежденности D представлены на рис. 7. Положение еще не долетевших до контеймента двух крайних двигателей также представлено на рис. для общности картины

остановке (ударник застревает в бетонной конструкции). Но к моменту времени $t=4$ мс вся область под двигателем оказывается разрушенной по всей толщине в цилиндре диаметром порядка 2 м. При этом разрушение сферического купола в окрестности удара по всей толщине оболочки может привести к обрушению разрушенного бетона на внутреннюю металлическую оболочку контеймента. Для оценки последствий такого обрушения необходимы дальнейшие исследования.

На магистральном самолете BOEING 707 - 320 четыре двигателя. При этом при перпендикулярном боковом ударе по цилиндрической стенке дальние двигатели начинают взаимодействовать с контейментом значительно позже (в масштабах времени развития волновых процессов при ударе)

Рис. 4. 2D - распределение степени поврежденности (D) в сферическом куполе в различные моменты времени

взаимодействия). Видно, что зоны поврежденности бетона локализируются в окрестности удара. Взаимодействие зон поврежденности начинается при временах порядка 5 мс (согласно рис. 7 образуется желтая ($D \approx 0,5$) перемычка между этими зонами) от начала удара, когда двигатели практически остановились в защитной оболочке. Следовательно, удары двигателей можно считать отдельно, а последствия воздействия определять посредством сложения распределений степени поврежденности бетона от каждого из них. При этом, конечно, если позволяют вычислительные ресурсы, удобно посчитать отдельно удары двух центральных и двух крайних двигателей, а затем сложить результаты для полей степени поврежденности.

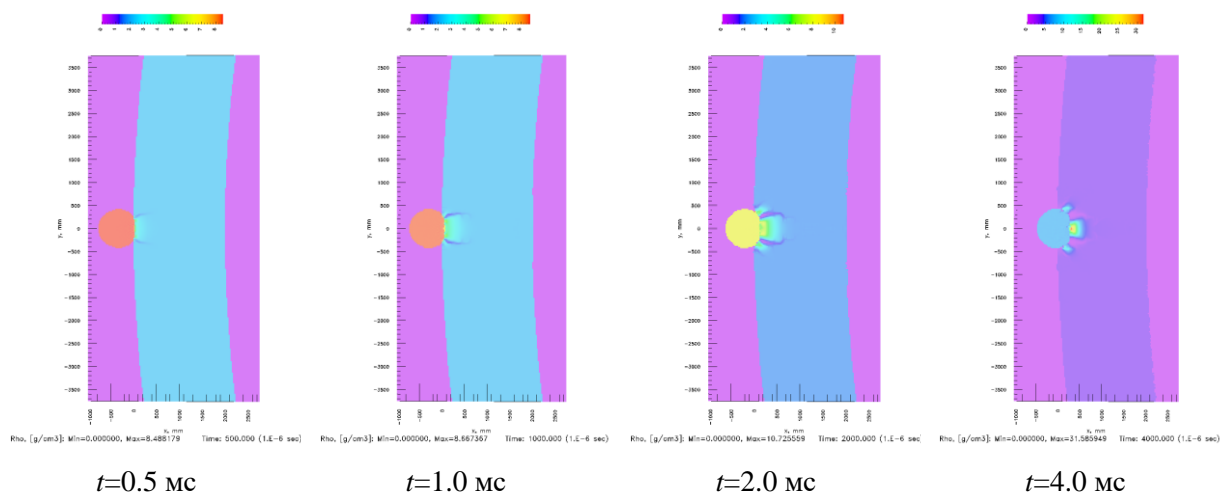


Рис. 5. 2D - распределение плотности в сферическом куполе и двигателе в различные моменты времени

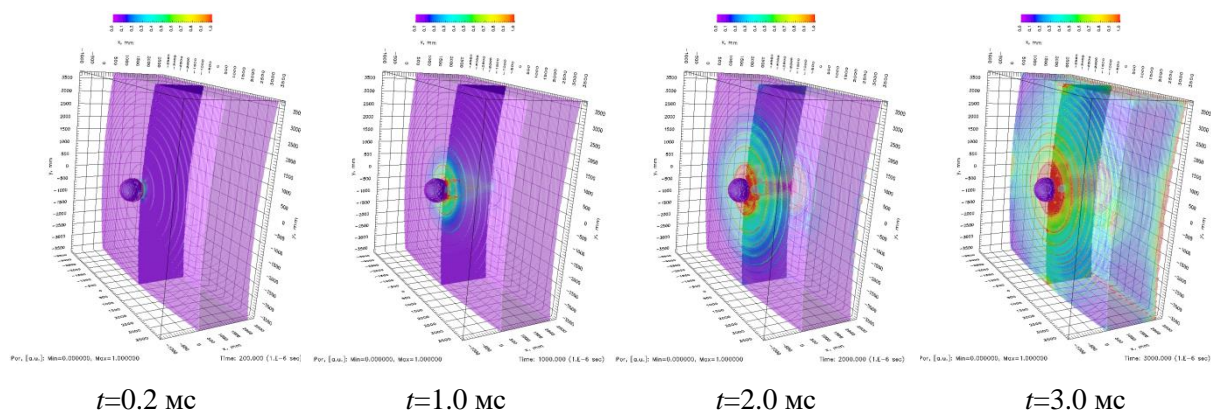


Рис. 6. 3D - распределение степени поврежденности (D) в сферическом куполе в различные моменты времени

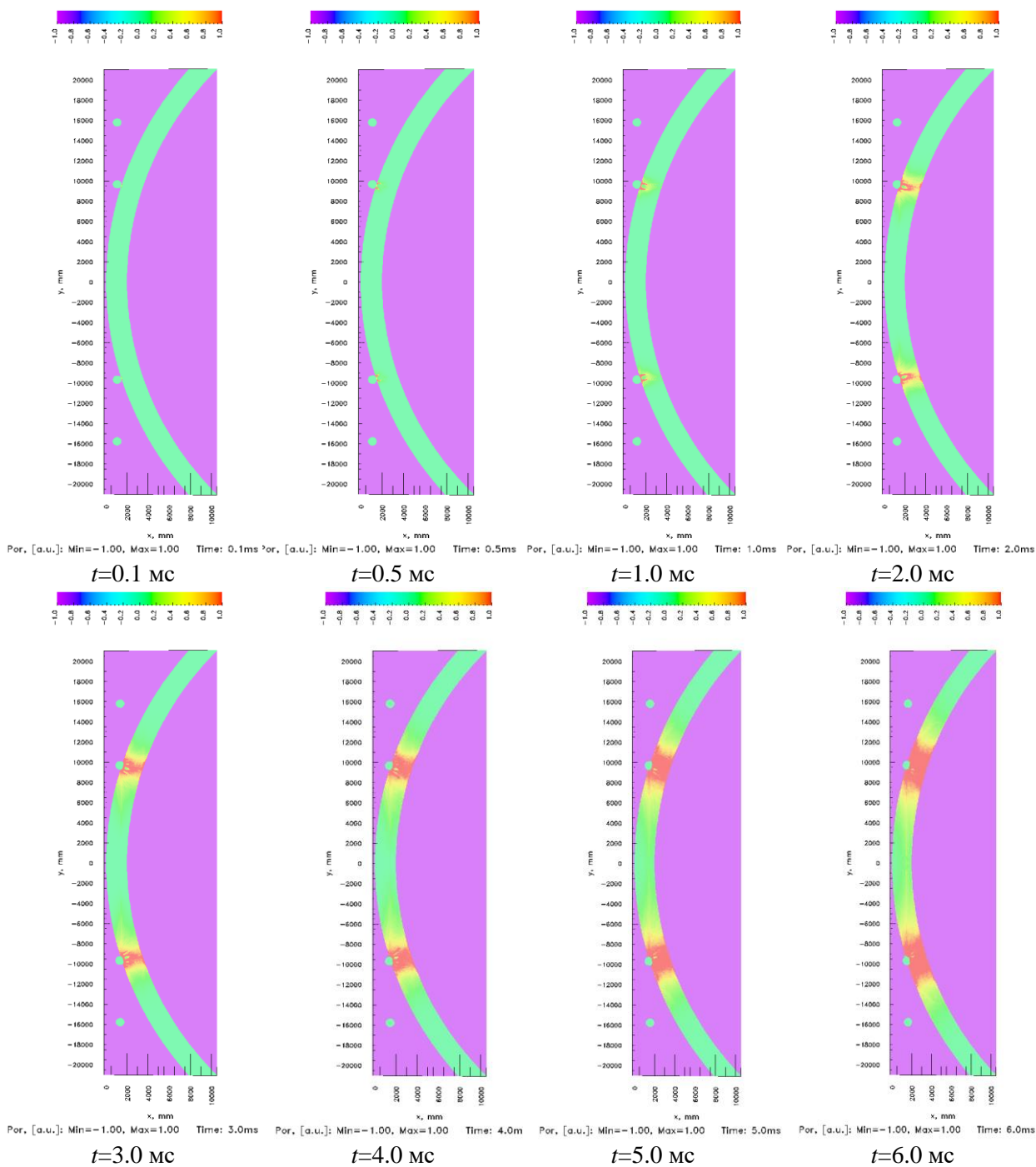


Рис. 7. 2D - распределение степени поврежденности (D) в цилиндрической части контейнента при ударе двух центральных двигателей в различные моменты времени

Выводы

1) Предложенные определяющие уравнения для нестационарного деформирования и разрушения бетона обобщают соотношения моделей Гениева Г.А. и Холмквиста-Джонсона-Кука.

2) Разработанный численный алгоритм реализации этих определяющих уравнений обладает повышенной счетной устойчивостью и не создают аварийных ситуаций в коде, даже когда большая часть конструкции разрушена.

3) Области разрушений контеймента локализируются на свободных поверхностях и вблизи двигателя. При увеличении скорости удара сопротивление контеймента возрастает, благодаря формированию зоны сжатия перед фронтом двигателя. Но в то же время увеличивается число трещин, что вносит вклад в образование пробки, когда они выходят на тыльную свободную поверхность.

4) Результат воздействия каждого из четырех двигателей самолета BOEING 707-320 локализован в зоне удара и взаимным влиянием соседних ударов на волновой стадии деформации можно пренебречь, следовательно, удары двигателя могут рассматриваться отдельно, и последствия удара могут быть определены путем сложения распределений степени повреждения бетона от каждого из них.

5) При воздействии двигателя на сферический купол со скоростью 100 м/с возможно обрушение его центральную часть на внутреннюю металлическую оболочку контеймента.

Литература

1. Iqbal M.A., Rai S., Sadique M.R., Bhargava P. Numerical simulation of aircraft crash on nuclear containment structure //Nuclear Engineering and Design. 2012. Vol. 243. P. 321–335.
2. Sadique M.R., Iqbal M.A., Bhargava P. Nuclear containment structure subjected to commercial and fighter aircraft crash //Nuclear Engineering and Design. 2013. Vol. 260. P. 30–46.
3. Kostov M., Henkel F.O., Andonov A. Safety assessment of A92 reactor building for large commercial aircraft crash //Nuclear Engineering and Design. 2014. Vol. 269. P. 262–267.
4. Siefert A., Henkel F.O. Nonlinear analysis of commercial aircraft impact on a reactor building — Comparison between integral and decoupled crash simulation //Nuclear Engineering and Design. 2014. Vol. 269. P. 130–135.
5. Duc-Kien Thai, Seung-Eock Kim. Safety Assessment of a Nuclear Power Plant Building Subjected to an aircraft Crash //Nuclear Engineering and Design. 2015. Vol. 293. P. 38–52.
6. Касьян А.И., Медведь А.Н., Нестеров И.А., Тандура В.П. К оценке вероятности падения летательного аппарата на площадку атомной электростанции //НТЖ Двигатель 2015. № 2 (98). С. 24-27. www.dvigately.ru.
7. Riera J. D. On the Stress Analysis of Structures Subjected to Aircraft Impact Forces //Nucl. Engng. and Des. 1968. Vol. 8. P. 415–426.
8. Бирбраер А.Н., Роледер А.Ю. Экстремальные воздействия на сооружения. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. 594 с.
9. Демидов А.П., Савченко В.А. Защитные оболочки реакторных отделений зарубежных АЭС //Энергетическое строительство за рубежом. – 1989, № 5. С. 2-7.
10. Кукуджанов В.Н. Связанные модели упругопластичности и поврежденности и их интенсификация //Изв. РАН. Механика твердого тела. 2006. №6. С. 103–135.
11. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона — М.: Стройиздат, 1996. 416с.
12. Замышляев Б.В., Евтерев Л.С. Модели динамического деформирования и разрушения грунтовых сред М.: Наука, 1990, 215с.
13. Острик А.В., Ким В.В. Расчетные модели нестационарного деформирования и разрушения бетонов (обзор) //Конструкции из композиционных материалов. 2020. Вып. 4 (160). С 11-24.
14. Гениев Г.А., Киссюк В.П., Тюпин Г.А. Теория пластичности бетона и железобетона. М.: Стройиздат, 1974. 316 с.

15. Holmquist T. J., Johnson G. R., Cook W. H. A computational constitutive model for concrete subjected to large strains, high strain rates, and high pressures //Proc. 14th Int. Symp. Ballistics. Quebec City, Canada, 26-29 September, 1993. Vol. 2. P. 591–600.
16. Пэжина Н.Н. Основные вопросы вязкопластичности. М.: Мир, 1968. 175 с.
17. Gurson A.L. Continuum Theory of Ductile Rupture by Void Nucleation and Growth: Part I. Yield Criteria and Flow Rules for Porous Ductile Media. Journal of Engineering Materials and Technology, 1977. VOL. 99.Num. 1. P. 2–15.
18. Tvergaard V. Influence of voids on shear band instabilities under plane strain conditions. International Journal of Fracture, 1981. VOL. 17. Num. 4. P. 389–407.
19. Chu C.C., Needleman A. *Void Nucleation Effects in Biaxially Stretched Sheets*, Journal of Engineering Materials and Technology, 1980. Vol. 102. Num. 3. P. 249-256.
20. Кукуджанов В.Н. Микромеханическая модель разрушения неупругого материала и ее применение к исследованию локализации деформаций // Известия РАН. МТТ, 1999. №5. С. 72-87.
21. Уилкинс М.Л. Расчёт упруго-пластических течений //Вычислительные методы в гидродинамике /Под ред. Б.Олдера, С.Фернбаха, М. Ротенберга. М.: Мир, 1967. С. 212-263.
22. Johnson G.R. Numerical algorithms and material models for high-velocity impact computations// Int. J. of Impact Eng. 2011. Vol. 38. P. 456-472.
23. Islam M. J., Swaddiwudhipong S., Liu Z. S. Penetration of concrete targets using a modified Holmquist-Johnson-Cook material model // International Journal of Computational Methods. 2012. Vol. 9, Num. P. 19.
24. Gen-Mao Ren, Hao Wu, Qin Fang, Xiang-Zhen Kong Parameters of Holmquist–Johnson–Cook model for high-strength concrete-like materials under projectile impact // Int. J. of Protective Structures. 2017.
25. Johnson G.R., Holmquist T. J., Gerlach Ch. Strain-rate effects associated with the HJC concrete model // EPJ Web of Conferences 183, 01008 (2018).
26. Острик А.В., Ломоносов И.В., Ким В.В. Высокоскоростной удар астероида Апофис по поверхности Луны //Сборник трудов VI Всероссийской конференции «Механика композиционных материалов и конструкций, сложных и гетерогенных сред» им. И.Ф. Образцова и Ю.Г. Яновского. Т.2. М.: Изд-во ИПРИМ РАН, 2016. С. 229-244.
27. Hanchak SJ, Forrestal MJ, Young ER, et al. Perforation of concrete slabs with 48MPa (7ksi) and 140MPa (20ksi) unconfined compressive strength // International Journal of Impact Engineering 1992. 12(1). P. 1–7.
28. Yan SH Study of Penetration Theory and Experiments on High-Strength Fiber Reinforced Concrete //2001. Nanjing, China: PLA University of Science and Technology.

СЕКЦИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

«ПОВЫШЕНИЕ КПД ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ГИБРИДНОГО АВТОМОБИЛЯ ПУТЕМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИЗБЫТОЧНОЙ ТЕПЛОТЫ, ВЫДЕЛЯЕМОЙ ДВИГАТЕЛЕМ, В ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕЛЬТЬЕ» НА ПРИМЕРЕ ИЗГОТОВЛЕННОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ МОДЕЛИ

Захаркина Анна Андреевна

МБОУ «Гимназия №6», г. Брянска, 11 класс

Научный руководитель:

Степаниденко Александр Иванович

МБОУ «Гимназия №7», г. Брянска

1. Введение.

В современном мире сложно представить жизнь людей без автомобилей. Они прочно вошли в нашу жизнь. Наиболее прогрессивными и технологичными из современных автомобилей являются гибридные (например, Toyota Prius) авто. Такие автомобили используют в своей работе, наряду с двигателем внутреннего сгорания, электродвигатель, питающийся от ли-ион аккумуляторной батареи. Транспорт с гибридной силовой установкой расходуют до 30% меньше топлива по сравнению с автомобилями аналогичной мощности, и минимизирует количество вредных выбросов. Однако они имеют ряд недостатков. Аккумуляторная батарея может разряжаться до критического состояния, особенно при низкой температуре наружного воздуха, это усугубляет слабо развитая инфраструктура зарядных станций. Увеличивается расход топлива, и сокращается срок службы аккумуляторной батареи. В связи с этим возникает необходимость дополнительной подзарядки аккумуляторной батареи, а также повышения КПД автомобиля с целью снижения расхода топлива.

Одним из существенных факторов снижения КПД автомобиля являются тепловые потери при эксплуатации двигателя внутреннего сгорания - охлаждение двигателя и теплота, выбрасываемая с выхлопными газами. Используя тепловую энергию,

выделяемую двигателем внутреннего сгорания и преобразуя ее в электрическую энергию, станет возможным увеличением КПД двигателя на 20% и практической подзарядкой аккумуляторной батареи. Это возможно с применением усовершенствованных элементов Пельтье (на основе которых преобразуем тепловую энергию в электрическую).

2.Цели и задачи исследования.

Цель: «Повышение КПД двигателя и снижение расхода топлива автомобиля Toyota Prius PHV».

Задачи:

1. Изучить необходимую информацию по данной теме;
2. Описать устройство модели;
3. Создать модель устройства;
4. Описать устройство в гибридном автомобиле;
5. Подвести итоги.

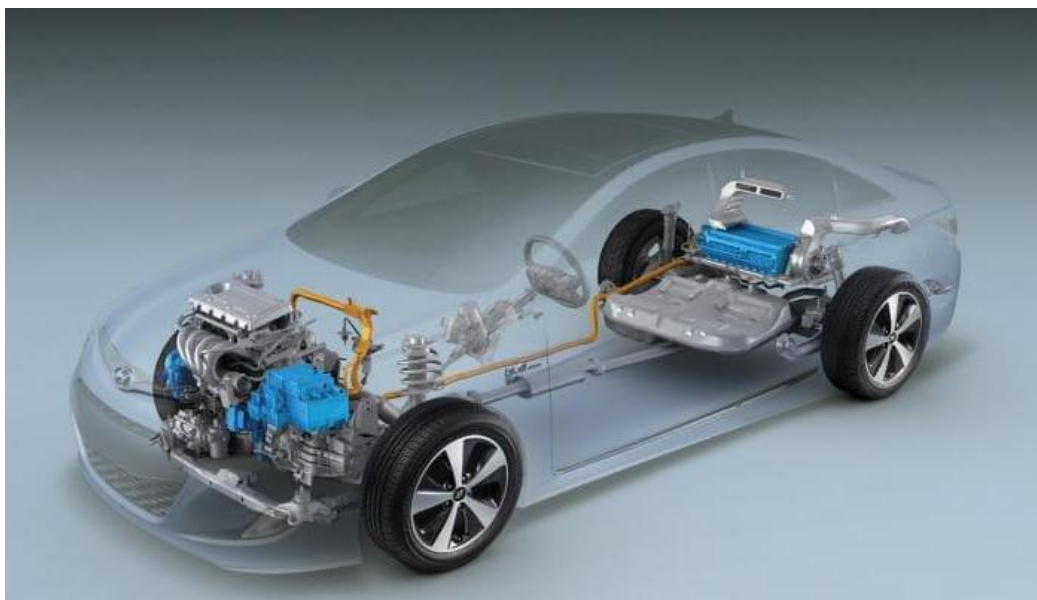
Метод решения: Использование избыточной тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания (потерь в окружающую среду), для преобразования в тепловую энергию, с помощью элемента Пельтье, применяемую с целью подзарядки силовой Li-ion аккумуляторной батареи автомобиля далее ВВБ.

3.Принцип работы и устройство гибридных двигателей.

В настоящее время в современных автомобилях используют гибридный двигатель, который обеспечивает снижение расхода топлива.

Двигатель состоит из бензиновой (дизельной) и электрической силовых установок.

Конструкция автомобиля с гибридной силовой установкой (Рис.1)



3.1. Описание устройства гибридного автомобиля

Силовые установки автомобиля состоят из:

1. Двигателя внутреннего сгорания. Конструкция разрабатывалась так, чтобы облегчить вес, минимизировать затраты топлива и количество вредных выбросов;
2. Электрического двигателя. Он сгенерирован с системой торможения и может вырабатывать энергию для заряда аккумуляторных батарей. Двигатель встраивается в силовую систему или располагается отдельно;
3. Трансмиссии. В зависимости от типа гибрида существуют интегрированные коробки передач, КПП с механикой или автоматическим управлением.
4. Топливного бака. Обеспечивает подачу топлива в ДВС;
5. Аккумуляторы. В гибридных машинах устанавливаются две батареи – высоковольтная (силовая) для работы мотора и малая 12 В для запитки бортовой системы. Системы запускаются от аккумулятора стандартного типа, высоковольтный и инвертор функционируют только при постоянном охлаждении;

6. Инвертор. Нужен для преобразования тока, идущего от высоковольтного аккумулятора в переменный трехфазный для электромотора, регулировки распределения энергии;
7. Генератор. Работает по принципу электрического агрегата, производит электроэнергию.

3.2. Функционирование двигателя-гибрида (на примере Гибридного Тойота Приус PHEV)

Принцип бесперебойной работы современного гибридного двигателя основывается на отдельном или одновременном функционировании ДВС и электромотора. Для управления системой применяется бортовой компьютер он по режиму движения определяет вид активного силового агрегата.

Гибридный силовой привод автомобиля состоит из бензинового двигателя внутреннего сгорания объемом 1,8 л и мощностью 98 л. с. (145 Н·м) работающий по циклу Атkinsona и двух синхронных электромоторов переменного тока мощностью 81 л. с. (207 Н·м). Кроме двигателей гибридная схема включает в себя инвертор, аккумуляторную батарею и генератор, который также выполняет роль стартера для пуска бензинового двигателя. Батарея может заряжаться несколькими способами: при торможении (рекуперация энергии), от двигателя через генератор и используя кинетическую энергию автомобиля.

Работой высоковольтной батареи (ВВБ) управляет контроллер. Состояние батареи оценивается по таким параметрам, как напряжение на элементах, температура, внутреннее сопротивление.

Когда автомобиль движется на низкой скорости (например, в плотном городском трафике «пробке») практически всегда расходуется заряд батареи (за исключением тех случаев, когда батарея сильно разряжена), это связано с особенностью ДВС гибридного автомобиля. В ситуации, когда машина тормозит, энергия рекуперации напротив — заряжает ВВБ.

Процесс расхода и восстановления энергии контролируется компьютером и происходит без участия пользователя.

Емкость батареи составляет 25 А*ч и состоит из 95 элементов. Общее напряжение – 351,5 Вольт, а суммарная запасаемая энергия – 8,8 кВт*ч. Количества циклов заряда/разряда доходит до 5000 циклов.

Вторая кислотно-свинцовая батарея является вспомогательной. Ее емкость 28 А/ч и напряжение 12 В. Назначение батареи – резервная подпитка электроники и систем авто, когда не функционируют гибридная система и главное реле батареи высокого напряжения. Источником постоянного тока во время работы гибридной системы является преобразователь постоянного тока. При необходимости он подзаряжает дополнительную батарею.

По заявлению производителей на одно заряде автомобиль способен проехать где-то 68 км. При этом скорость ограничена отметкой в 135 км/ч.

3.3. Характеристики гибридных автомобилей TOYOTA PRIUS

Узел	Хар-ка	Ед.изм.	III	IV	
			ZVW30	ZVW50	ZVW51
			2009 - 2015	2015 - н.в.	
ДВС ICE	Объем	см ³	1779		
	Мощность	кВт	73	72	
	Крутящий момент	Н·м	142	142	
	Скорость вращения	об/мин	5200	5200	
	Максимальный КПД	%	38,5	40	
	Выбросы	г/км	89	70	
Электромотор MG2	Мощность	кВт	60	53	
	Крутящий момент	Н·м	207	163	
	Скорость вращения	об/мин	13500	17000	
	Пер.число MG2/PSD		2,64	2,834	
	Напряжение	В	650	600	
Генератор MG1	Мощность	кВт	42	23	
	Крутящий момент	Н·м	?	40	
	Скорость вращения	об/мин	13500	17000	
	Напряжение	В	650	600	
Высоковольтная батарея ВВБ	Технология		Ni-MH		Li-ion
	Емкость	А·ч	6,5		3,6
	Напряжение	В	201,6		207,2
	Масса	кг	41	40	24
Прочее	Пер.число MG2/колеса		8,615	10,838	
	Расход топлива	л/100км	4,0	3,3	
	Мощность суммарная	кВт	100	90	

3.3. Преимущества и недостатки гибридных автомобилей

Преимущества:

- Гибридные автомобили расходуют до 30 % меньше топлива по сравнению с «бензиновыми» машинами с теми же характеристиками и нагрузкой. .

- Уменьшенное количество вредных выбросов за счет технологий рекуперативного торможения, наличия емкой АКБ;
- Автомобиль легко заводится в любой мороз и при любой погоде, потому что вместо стартера используется электродвигатель, а электродвигатель запускается ВВБ, мощность которой не сравнима с мощностью обычного аккумулятора.
- Быстрый старт. Электродвигатель всегда выдает максимальный крутящий момент на старте, он не зависит от работы бензинового двигателя.
- В экстренных ситуациях автомобиль может служить самостоятельным источником электроэнергии. Его заряда хватает на 4 дня, при этом отдача будет достигать 40 кВт*ч электроэнергии

Недостатки:

- Машину нельзя оставлять на стоянке больше, чем на 3 месяца. Иначе ВВБ разрядится, и ее нужно будет ремонтировать или заменять. При длительной стоянке необходимо заводить двигатель каждые 2 месяца и давать ему поработать около 30 минут.
- ВВБ быстро разряжается, особенно при низкой температуре воздуха;

Устранить этот недостаток возможно, путем преобразования теплоты, выделяемой поршневым двигателем внутреннего сгорания в электрическую энергию, используя элементы Пельтье. Наиболее высоким КПД элементы Пельтье будут обладать при низкой температуре наружного воздуха, при наибольшей разности температур их поверхностей.

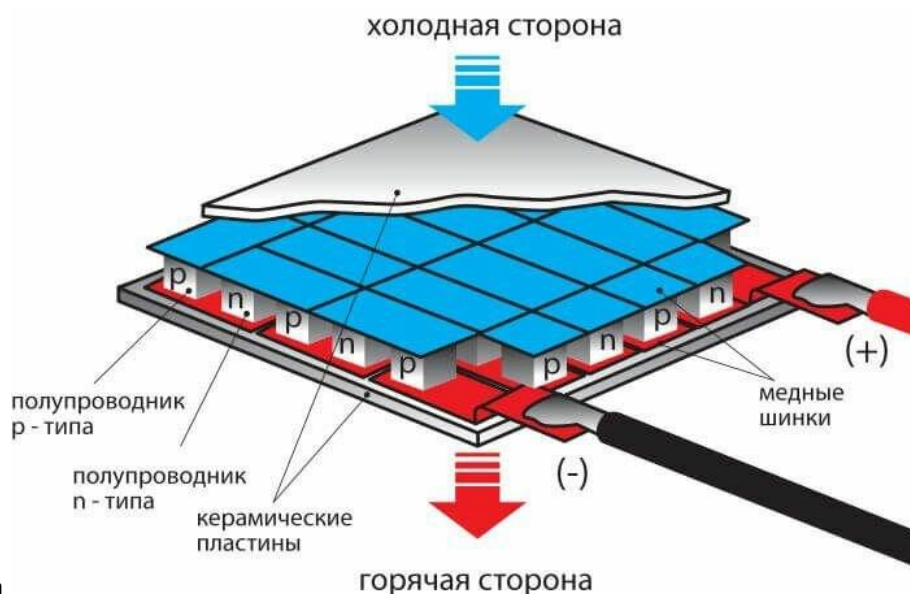
4.Элемент Пельтье.

4.1. Эффект Пельтье.

Элемент Пельтье — это термоэлектрический преобразователь, принцип действия которого базируется на эффекте Пельтье.

Основное назначение элемента Пельтье – охлаждение или нагревание. Работа элемента Пельтье основана на контакте двух полупроводниковых материалов с разной энергией электронов в зоне проводимости. Во время протекания тока через контакт таких материалов, электрон приобретает энергию для того, чтобы перейти в более высокоэнергетическую зону проводимости другого полупроводника. При поглощении этой энергии места контактов охлаждаются, а при протекании тока в обратном направлении нагреваются. Чем больше разница температуры «холодной» и «горячей»

поверхностей элемента и соответственно полупроводников, тем большее напряжение (разность потенциалов) возникает и больший ток выдает элемент.



Строение Элемента

Пельтье основано на одной или более пар небольших полупроводниковых параллелепипедов — одного n-типа и одного p-типа, соединённых попарно при помощи металлических перемычек.

Металлические перемычки одновременно служат термическими контактами и изолированы непроводящей плёнкой или керамической пластинкой. Пары параллелепипедов соединяются таким образом, что образуется последовательное соединение многих пар полупроводников с разным типом проводимости, так чтобы сверху были одни последовательности соединений (n->p), а снизу противоположные (p->n). Электрический ток протекает последовательно через все параллелепипеды. В зависимости от направления тока верхние контакты охлаждаются, а нижние нагреваются — или наоборот. Таким образом электрический ток переносит тепло с одной стороны элемента Пельтье на противоположную и создаёт разность температур. И обратный эффект — чем больше разность температур, тем больший ток выдает элемент. Именно обратный эффект Пельтье - Эффект Зеебека я использовала в своей работе.

4.2. Эффект Зеебека.

Эффект Зеебека состоит в том, что в электрической цепи, составленной из разных проводников, возникает термоЭДС, если места контактов поддерживаются при разных температурах. Когда цепь замкнута, то в ней течет электрический ток, причем изменение знака у разности температур спаев сопровождается изменением направления термотока.

Эффект Зеебека также иногда называют просто термоэлектрическим эффектом.

Величина возникающей термоЭДС зависит только от внутренних свойств проводников (полупроводников) и температур их горячей стороны и холодной стороны. Система из двух различных проводников (полупроводников), спаянных в точках соприкосновения, называется термоэлементом или термопарой. В небольшом интервале температур термоЭДС можно считать пропорциональной разности температур.

Возникает эффект Зеебека за счет, возникающих в узкой при контактной области разнородных проводников (полупроводников), и вызвано несколькими составляющими:

1. Различная зависимость средней энергии электронов от температуры в различных веществах. Если на каждом проводнике термопары происходит изменение температур, то электроны на горячих концах приобретают более высокие энергии (и, соответственно, скорости), чем на холодных.

2. В различных веществах разная зависимость от температуры контактной разности потенциалов.

При контакте двух металлов (или полупроводников) возникает контактная разность потенциалов. Контактная разность потенциалов вызвана отличием энергий Ферми (энергия Ферми – энергия самого высшего заполненного состояния электронов в кристалле) у контактирующих твердых тел. При создании контакта уровни Ферми становятся одинаковыми, и возникает разность потенциалов, равная

$$e\Delta U = F_1 - F_2$$

Где F – энергия Ферми, e – заряд электрона. В контакте тем самым существует электрическое поле.

3. Фононное увлечение.

Возникновение потока носителей заряда в проводнике (полупроводнике или металле) вследствие их взаимодействия с неравновесными фононами. В образце, в котором создан градиент температуры, возникает поток фононов от горячего конца к холодному.

Рассеиваясь на электронах, фононы передают им часть своего квазиимпульса и увлекают их к холодному концу образца. В замкнутой цепи этот эффект даёт дополнительный вклад в термоэлектрический ток, в разомкнутой - в термоЭДС (термоЭДС увлечения).

5. Описание модели

5.1 Описание макета лабораторной установки.

В своей работе я использовала 2 элемента Пельтье SP1848 27145 SA со следующими заводскими характеристиками:

Разница температур (°C)	20	40	60	80	100
Выходное напряжение(В)	0.97	1.8	2.4	3.6	4.8
Сила тока(мА)	225	368	469	558	669

Имитируем принимаемое тепло от двигателя внутреннего сгорания и температуру °охлаждающей жидкости автомобиля ($\approx 95^{\circ}\text{C}$) горячей восковой свечой, нагревающей алюминиевые радиаторы. Между ними закрепим 2 элемента Пельтье.

В результате эксперимента были получены следующие фактические значения:(рис.1-6)

№ опыта	Режим работы вентилятора (обдува радиатора)	Присоединенная нагрузка (резистор 6.7 кОм)	Температура нижнего радиатора (°C)	Температура верхнего радиатора (°C)	Разница температур (°C) поверхности элементов	значение напряжения (В)	Значение тока(А)
1.	Обдув включен	Без нагрузки	54	48	6	1.7	0.23
2.	Обдув включен	Без нагрузки	64	44	20	2.89	0.33
3.	Обдув включен	С нагрузкой	64	44	20	2.89	0.3
4.	Обдув выключен	с нагрузкой 6.7 кОм	65	50	15	2.16	0.27

Подключать 2 элемента Пельтье будем последовательно, тогда напряжение будет вычисляться по следующей формуле:

$$U_{06}=U_1+U_2; U_{06}= 2U$$

$U_{об} = 2.89В$ (2 опыт). Сила тока при последовательном соединении одинаковая.

5.2. Описание реальной установки в автомобиле.

В радиатор охлаждения двигателя и кондиционера, монтируются элементы Пельтье (термопары двух металлов (или полупроводников) создающих контактную разность потенциалов) таким образом, чтобы тепло от охлаждающей жидкости двигателя внутреннего сгорания, проходящей по алюминиевым трубкам радиатора охлаждения, передавалась на «горячую стенку элементов Пельтье», а к «холодной» стенке крепились алюминиевые пластины охлаждения.

В реальных условиях при движении автомобиля разница температур может быть от 20°C до 80°C.

Разница температур(°C)	Значение $U_{об}$ (В)	значение $I_{об}$ (А)	Мощность (Вт)
20	289	0.66	190.74
40	578	1.32	762.96
60	860	1.98	1702.8
80	1100	2.5	2750

Будем считать, что разница в среднем 60°C. Тогда по результату опытных данных можно считать, что $I = 1980\text{мА}$.

В автомобиле я предлагаю использовать 200 элементов Пельтье, применяя смешанное соединение. Так, две пары (по 100 последовательно подключенных элементов) будут соединяться параллельно. (рис.7)

Таким образом, общая сила тока цепи будет складываться из сил тока на участках последовательного соединения, а общее напряжение будет одинаковым во всей цепи и равным напряжению на одном последовательном участке.

Так, при разнице температур 60°C, сила тока $I = 990\text{мА}$, тогда $I_{об} = 1980\text{мА}$, а $U_{об} = 860\text{В}$, и $P = I_{об} * U_{об}$; $P \approx 1702.8$ Вт тогда $A = Pt$; $A = 1702.8 * 3600 \approx 6130$ кДж; Значит система из элементов Пельтье будет вырабатывать 1.7 кВт/ч.

5.3 Экономическая выгода

Суммарная запасаемая энергия ВВБ– 8,8 кВт*ч, и по заявлению производителей на

одном заряде автомобиль способен проехать где-то 68 км. Таким образом на 100 км пробега на электротяге необходимо 12,9 кВт*ч энергии ВВБ напряжением – 351,5 Вольт

Энергоэффективность 200 шт. элементов Пельтье (встроенных в радиаторы охлаждения) зависит от разницы температур охлаждающей жидкости и наружного воздуха и скорости обдува радиатора, и составляет в среднем 1.7 кВт/ч.

По данным производителя расход топлива (бензин АИ95) составляет 4.1 литра на 100 км. То есть при движении на электромоторах вместо 4.1 литра топлива будет израсходовано 12.9 кВт*ч электроэнергии.

Таким образом, при применении системы элементов Пельтье позволит сэкономить $4.1 * 1.7 / 12.9 = 0.54$ литра бензина АИ-95 на 100 км пробега, что составляет 13 %.

Снижение расхода топлива в городском режиме до $4.1 - 0.54 = 3.56$ литра на 100 км.

При среднегодовом пробеге 20000 км. экономия составит 712 литров бензина АИ-95.

При минимальной цене бензина на заправках в средней полосе России 46 рублей за литр годовая экономия составит 32752 рубля.

5.4. Затраты на внедрение

Удорожание автомобиля при стоимости установки, состоящей из 200 элементов, так как один элемент стоит 190 руб., то составит $190 * 200 = 38000$ руб. (без учета стоимости дополнительных алюминиевых пластин радиатора и установки в автомобиль).

Стоимость стабилизатора напряжения и проводки в среднем составит 3000 рублей.

Срок окупаемости проекта 1.5 года.

При промышленном массовом производстве радиаторов с элементами Пельтье возможно снижение стоимости внедрения.

5.5. Усовершенствованные элементы Пельтье.

Для усовершенствования элементов Пельтье нужно увеличить плотность полупроводников, а для улучшения теплоотвода необходимо в заводских условиях покрыть наружные поверхности элементом алюминием. При установке элементов Пельтье в заводских условиях при массовом производстве радиаторов охлаждения, срок окупаемости уменьшится, тем самым использование элементов будет более востребованными и увеличится технологичность изготовления элементов Пельтье, что приведет к повышению КПД.

В настоящее время увеличение КПД элементов Пельтье, использующих теплоту системы охлаждения ДВС, стало возможным из-за повышения рабочей температуры охлаждающей жидкости ДВС до 110 С благодаря развитию высокотемпературных свойств моторных масел (термостабильность, температура вспышки) и охлаждающих жидкостей (температура вскипания, антикоррозионные свойства).

Считаю возможным в будущем значительное увеличение энергоэффективности элементов Пельтье (возможно с использованием других материалов при их массовом изготовлении) при развитии технологий, применяющих эффект Зеебека.

6.Итоги исследования.

При использовании элементов Пельтье в системе охлаждения современного автомобиля возможно снизить расход бензина на 13 %.

Возможно снижение расхода топлива автомобиля Toyota Prius PHV до 3.65 литра на 100 км в городском режиме.

Также эффективным будет использование в обычных автомобилях с ДВС оснащенных системой старт – стоп, поскольку действующие системы несовершенны и быстро разряжают аккумулятор и перестают работать в городском режиме.

При применении в любых автомобилях снижение расхода топлива происходит за счет снижения потребления энергии генератором.

7.Заключение.

Была проделана большая работа, в процессе которой я получила много новой, интересной, полезной информации о двигателях гибридных автомобилей, узнала о элементах Пельтье и применила их на практике, получив электрический ток посредством преобразования от тепловой энергии.

Усовершенствовала свои навыки расчёта силы тока и напряжения при параллельном и последовательном соединениях, а также расчет работы и мощности.

Рассмотрела развитие массового использования альтернативной энергии – от элементов Пельтье при производстве поршневых двигателей внутреннего сгорания и повышения их

КПД.

В результате работы я выполнила цель работы проекта: смогла повысить КПД двигателя и уменьшить расход топлива двигателя гибридного автомобиля.

Сделала макет рабочей установки. Выполнила все задачи, поставленные перед началом работы. А главное получила удовольствие от проделанной работы!

7.Список используемых источников.

- 1.А.В. Пёрышкин. Физика. 8 кл.: учеб. для общеобразоват. учреждений – М. : Дрофа, 2012. – 191.
2. Г.Я. Мякишев. Физика. 11 класс: учеб. Для общеобразоват. учреждений с прил. на электрон. носителе : базовый и профил. уровни. – М.: Просвещение, 2008. – 399 с.
- 3.А.А. Капустин, В.А. Раков. Гибридные автомобили.
- 4.Алиевский Б.Л. Специальные электрические машины. М.: Энергоатомиздат, 1994 г.
5. Анатычук Л.И. Термоэлементы и термоэлектрические устройства. Справочник – Киев: Наукова Думка, 1979. – 385 с. – ISBN 200000919939
- 6.<https://fb.ru/article/426370/preobrazovanie-teplovoy-energii-v-elektricheskuyu-s-vyisokim-kpd-sposobyi-i-oborudovanie>.
7. <https://avtobond.ru/gibridnye-avtomobili/toyota/toyota-prius-phv-podzaryazhaemyj-gibrid-harakteristiki/>

Приложение
Рис. 1-2
Опыт 1:





Рис.3-4
Опыт: 2





Рис.5-6
Опыт 3:



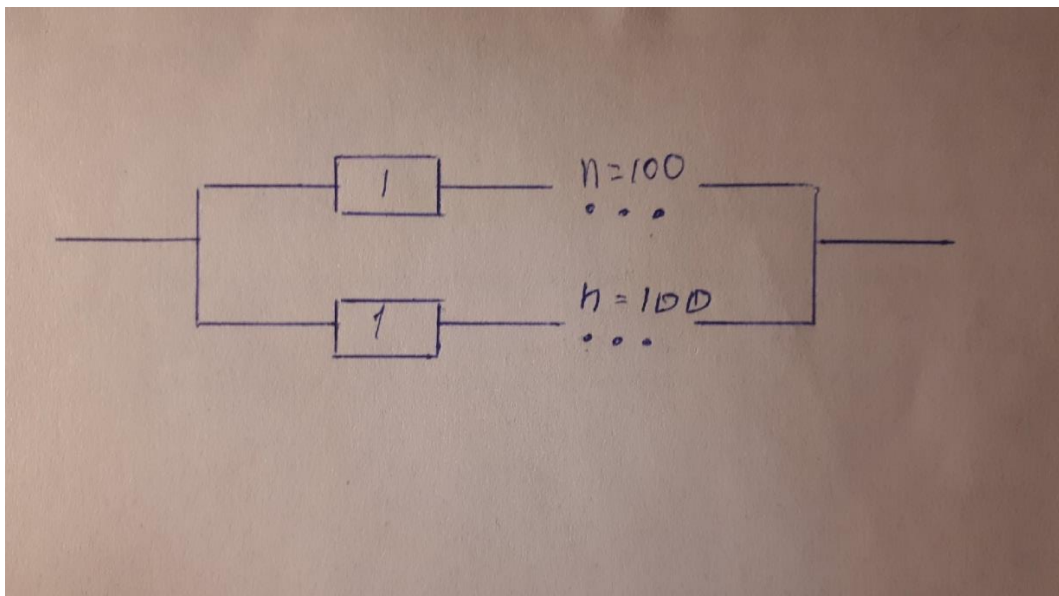


Рис.7-8
Опыт 4:





Рис.9



АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ТВЕРДООКСИДНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА

Клименко Михаил Вячеславович

МБОУ «Лицей ФТШ» г. Обнинск, 11 класс

Научный руководитель:

Чернов Ефим Ильич

к.т.н., генеральный директор АО «ЭКОН», г. Обнинск

ВВЕДЕНИЕ

Твердооксидный топливный элемент (ТОТЭ) прежде всего интересен как перспективный источник энергии благодаря своей высокой эффективности по сравнению с традиционными источниками энергии. В отличие от тепловых машин, КПД топливных элементов не ограничен циклом Карно, а ограничен термодинамическим КПД, и составляет, в зависимости от температуры, от 80% до 70%. На практике, учитывая и другие потери, возможно достигать, в зависимости от используемого топлива, КПД в 55%. КПД 70 - 90% достижим в гибридной установке ТОТЭ, где электрохимический генератор тока совмещен с газовой турбиной и системой тепловой регенерации, способной использовать высокую температуру установки и газа (около 1000⁰С) для дополнительной генерации энергии и повышения эффективности [1].

Современные топливные элементы подразделяются на несколько типов: на твердополимерные топливные элементы с протоннообменной мембраной, щелочные топливные элементы, метанольные топливные элементы, топливные элементы на основе расплавленного карбоната, твердооксидные топливные элементы. В данной работе исследуется именно твердооксидный топливный элемент (ТОТЭ), так, как он имеет некоторые преимущества среди вышеперечисленных. К ним относятся: возможность использования более дешевых материалов, использование в качестве топлива не только чистого водорода, но и углеводородов, подвергающихся внешнему или внутреннему риформингу, а также использование внешнего атмосферного воздуха без дополнительной серьезной очистки. В конструкции ТОТЭ отсутствуют движущиеся или жидкие элементы, что обеспечивает высокую её надежность, кроме того, не требуется частое обслуживание

263

системы [2].

Установки ТОТЭ имеют высокую удельную мощность. С учетом использования достаточно дешевых компонентов, не включающих в себя дорогих редкоземельных элементов в качестве сырья для производства, а также общее снижение цены из-за эффекта масштаба, в случае перспектив будущего массового производства, ТОТЭ могут конкурировать по цене с традиционными источниками энергии.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1 Принцип работы

На рисунке 1 представлена схема работы ТОТЭ. Он работает на принципе непрерывного электрохимического взаимодействия между водородом, топливом – восстановителем, на аноде, и окислителем – кислородом воздуха, на катоде. При подключении нагрузки к цепи ячейки, электроны двигаются к катоду, где образуются ионы кислорода, которые движутся сквозь твердый электролит к аноду, где реагируют с водородом, образуя воду и выделяя электроны, которые движутся по цепи к нагрузке, тем самым, образуя замкнутую электрическую цепь.

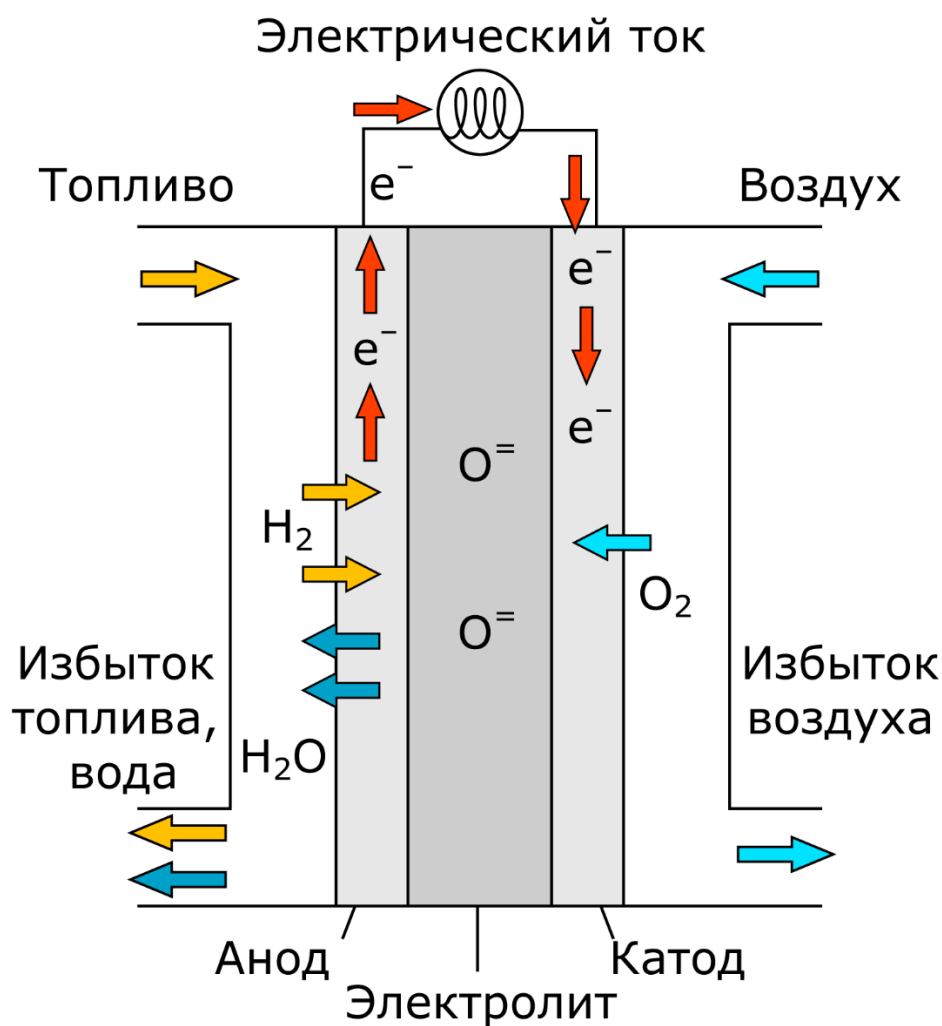


Рисунок 1. Переведенная иллюстрация [3]

2 Конструкция топливной ячейки

Топливная ячейка состоит из электродов – анода и катода, электролита, располагающегося между электродами, а также интерконнекторов, служащих для съема тока с ячейки, прилегающих к плоскости электродов и содержащих газовые каналы.

К двум основным типам конструкций ТОТЭ относятся трубчатые и планарные. Однако сейчас благодаря получению большей удельной мощности более распространена планарная конструкция, которая и будет рассмотрена в этой работе.

В качестве электролита используется твердооксидная керамика, содержащая диоксид циркония, стабилизированный оксидом иттрия до кубической структуры (YSZ). Данный электролит обладает достаточно высокой проводимостью ионов, но только при температурах свыше 700 °С. Изначально электролиты имели толщину 200 – 100 мкм, современные технологии производства позволяют делать электролиты от 10 мкм. Толщина электролита существенный параметр для ТОТЭ [2].

В качестве анода используется керамометаллическая смесь никеля и YSZ. В качестве катода используются перовскиты (общим видом ABO_3) на основе манганитов лантана и стронция (LSM).

На сегодняшний день применяются два основных типа конструкции планарных ТОТЭ:

- Электролит-несущая. Ранние прототипы ТОТЭ в основном были построены по этой конструкции, где электролит обеспечивал структурную поддержку конструкции анод-электролит-катод, показана на рисунке 2. Толщина электролита около 100 - 200 мкм, толщина электродов около 50 мкм. Электролит такой толщины имеет значительное сопротивление движению ионов, поэтому ячейки в основном являются высокотемпературными. Данная конструкция в прошлом удовлетворяла техническим возможностям производства электролитов, однако с развитием производства более тонких электролитов данный тип вытесняется электрод-поддерживающей конструкцией.

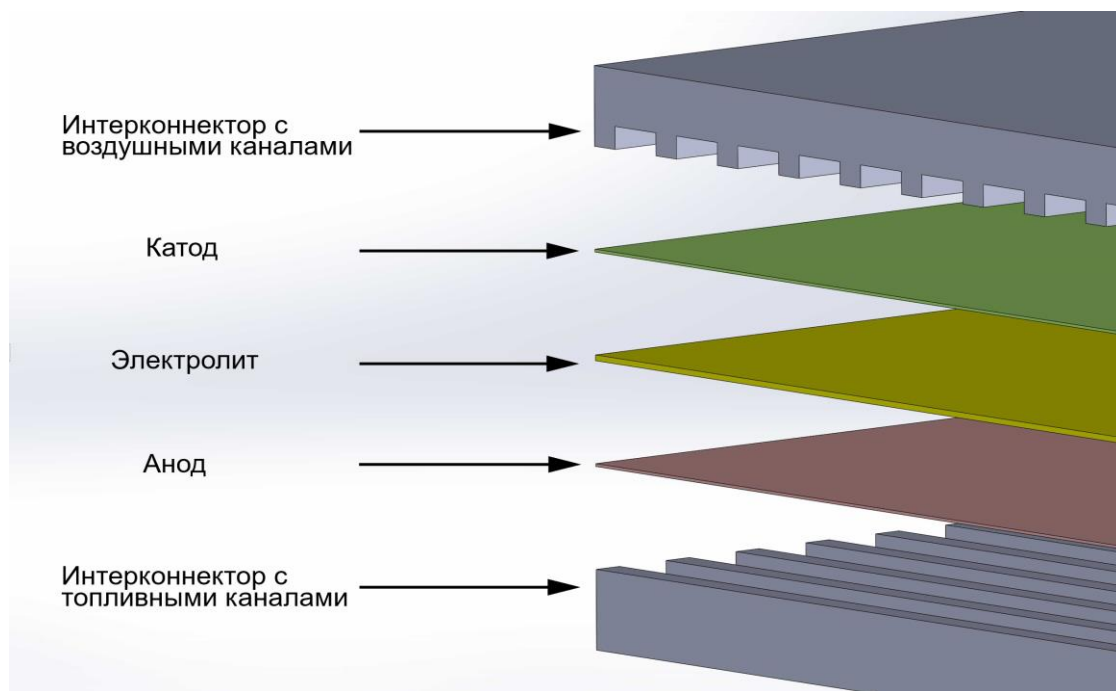


Рисунок 2.

• Электрод-несущая, а именно анода. Характеризуется толщиной электролита 20 – 30 мкм, катода 50 мкм, анода – 500 мкм. Данный тип конструкции дает возможность получения большей удельной мощности за счет снижения сопротивления движению ионов в тонком электролите при меньшей температуре, показан на рисунке 3:

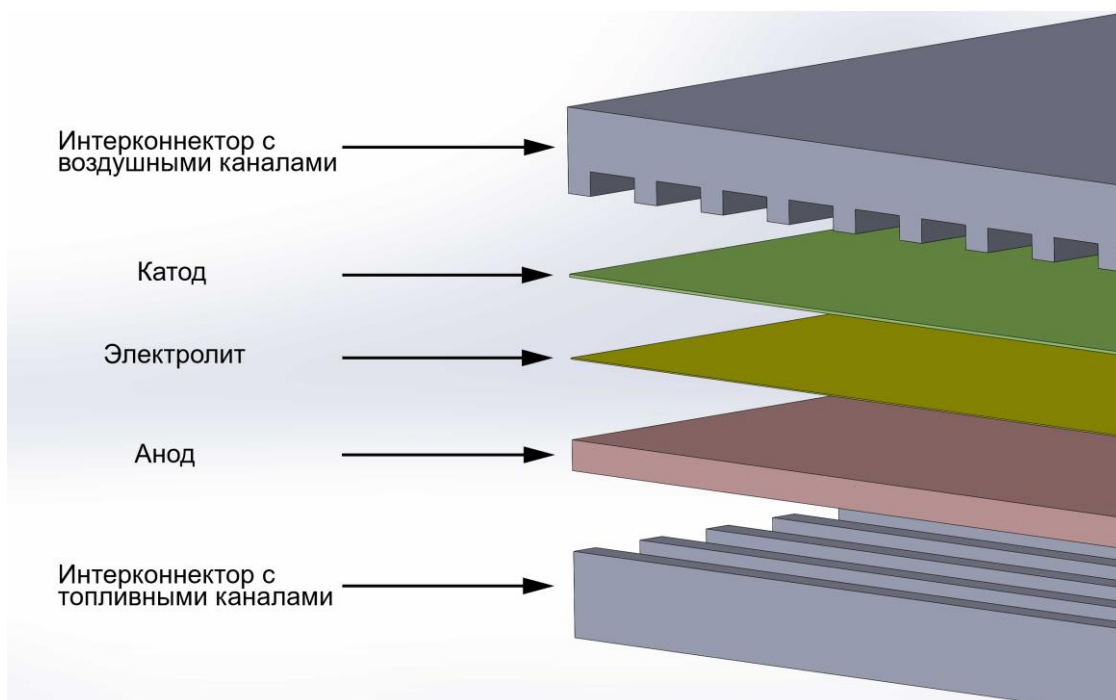


Рисунок 3.

Ячейки объединяются в стек, чередованием элементов, с использованием двустороннего интерконнектора, как показано на рисунке 4:

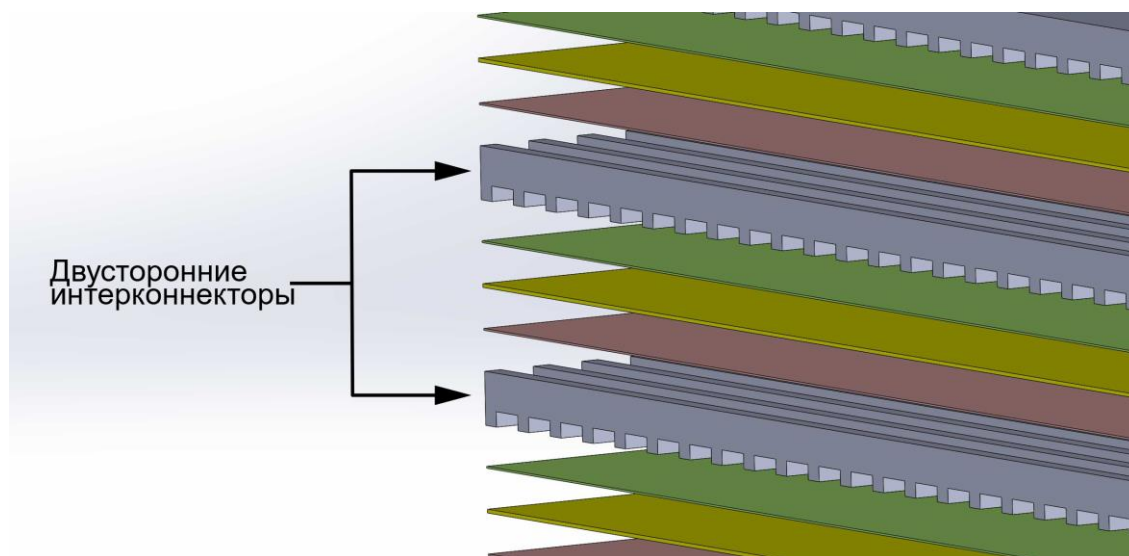


Рисунок 4.

3 Обзор современных разработок

ТОТЭ гибкий источник энергии в плане своей модульности – масштабируемости, выбора топлива. В настоящий момент на практике испытаны ТОТЭ в диапазоне мощностей от 1-250 кВт как лабораторные и промышленные образцы, разрабатываются проекты до 1 МВт. Была продемонстрирована работа стека элементов в течении 30000 ч без остановки. За последние годы сделан большой прогресс в повышении удельной мощности и уменьшения температуры работы без потери эффективности ячейки [4].

Однако при этом на данный момент ТОТЭ не имеют широкого коммерческого распространения [4] [5]. Это связано прежде всего с дороговизной производства элементов конструкции ячейки, так, как производство компонентов ячейки в принципе затратно, так, как не имеет промышленного размаха на сегодняшний день. А методы производства новых компонентов, с помощью которых были получены самые высокие результаты в идеальных условиях, еще более затратны, и в основном не годятся даже для мелкосерийного производства ячеек даже в лабораторных условиях. Но при этом, ячейки, собранные при помощи уже освоенных методов производства, тоже могут представлять интерес, так, как в случае промышленного производства уже сейчас будут иметь меньшую цену. В принципе, ТОТЭ мало известен как перспективный источник энергии в сравнении с традиционными.

Поэтому первой задачей было исследование работы ТОТЭ и определение его характеристик в качестве возможного перспективного источника энергии, при этом

основываясь на характеристиках элементов конструкции ТОТЭ с достигнутыми на сегодняшний день возможностями производства.

Также, следует иметь ввиду, что ТОТЭ, как и все химические генераторы тока, имеет прямую зависимость от своей полезной работы - нагрузки как зависимость, прямо влияющую на протекающую внутри него химическую реакцию. Поэтому вместе с ТОТЭ, использующимся промышленно, требуется создать дополнительные системы, регулирующие нагрузку на сам топливный элемент так, как некоторые значения тока нагрузки могут либо вывести элемент из строя, либо сделать его работу неэффективной [6]. Также ТОТЭ не способен менять свою мощность быстро и в широких пределах без потери эффективности, поэтому требуются дополнительные системы, включающие в себя и набор аккумуляторных батарей для запасания энергии и её последующей отдачи [2], на работу ячейки может влиять инвертор тока, как часть внешней энергосистемы, что требует дополнительного анализа [1].

Поэтому, следующей поставленной задачей было изучение динамической работы ТОТЭ на уровне энергосистемы.

Задачи решены путем построения математической модели ТОТЭ.

4 Обзор математических моделей

Для расчетов основных характеристик топливных ячеек применяются разные математические модели в зависимости от поставленных задач. Их можно разделить на два типа – статические, обсчитывающие элемент или группу элементов в независимости от времени, и динамические, решающие эту же задачу в реальном времени, что важно для определения динамических характеристик элемента на уровне энергетической системы.

Данные модели также отличаются по количеству измерений [7]:

- 0D модели, представляющие из себя точку, то есть, имеющие только вход и выход и определенный упрощенный набор функций, определяющий выходные данные и решающие наиболее общие задачи за счет своей простоты, и позволяющие охватить процессы без жесткой привязки к конструкции.

- 1D модели, решающие задачу не в одной области, как 0D, а во множестве областей за счет разбиения расчетной области топливной ячейки на части, в каждой из которых последовательно описываются и представляются физические уравнения, решаемые последовательно. Так как модель 1D, то разбиение имеет вид разделенной на части линии, направленной, обычно, вдоль направления газового потока. Эти модели точнее, чем 0D, и позволяют охватить больше физических процессов.

- 2D и 3D представляют из себя модели, описывающие процессы, протекающие в

топливной ячейке, ещё точнее за счет увеличения степеней свободы, что позволяет принимать в расчет еще больше физических процессов. Например, можно оценить влияние конструкции каналов на газовый поток, или рассмотреть концентрацию отдельных веществ в объемной трехмерной области.

Для решения поставленной задачи в этой работе была использована ноль-мерная (0D) математическая модель элемента, решенная как статическая модель, применимая для теоретической оценки элемента при его проектировании, так и динамически решенная путем создания модели в ПО Matlab Simulink.

Выбор измерения модели прежде всего обусловлен общим представлением о характеристиках элемента, без учета подробной конструкции, а также простотой реализации, что позволяет анализировать элемент используя минимальное количество вводных данных. Это упрощает параметризацию модели для поиска наиболее эффективных вариантов конструкции и условий работы, а также значительно упрощает создание динамической модели.

К примерам реализованной статической ноль-мерной модели ТОТЭ можно отнести работу [8], где авторами представлена термодинамическая модель, предназначенная для статической оценки ТОТЭ на уровне цельной системы, не учитывая потери концентрации, а также используя конкретные значения входных данных, не исследуя подробно их влияние на работу ячейки. В работе [9] разработана гибридная модель, где ТОТЭ совмещена с газовой турбиной для повышения эффективности, что было исследовано в зависимости от условий работы ТОТЭ. В работах [10] и [11] представлены уже одномерные модели ТОТЭ, с подробным учетом потерь, подкрепленные сходимостью с экспериментальными данными, откуда автором было взято много данных для выполнения представленной исследовательской работы. В работе [12] описана статическая и динамическая модель планарного ТОТЭ, где также были подробно рассмотрены все потери ячейки при работе под нагрузкой. В работе [4] представлена одномерная динамическая модель ТОТЭ, реализованная в среде ПО Matlab Simulink, во многом основанная на данных и сравниваемая с результатами работы [12], отличающаяся в основном большим числом дискретизации расчетной области ячейки.

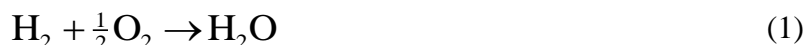
Среди динамических ноль-мерных моделей ячеек, не только ТОТЭ, созданных прежде всего для исследования ТОТЭ на уровне энергосистемы можно выделить работу [13], где была разработана динамическая ноль-мерная модель топливного элемента с протонообменной мембранной, где электрохимические потери рассматривались в упрощенной форме. В работе [14] представлена усовершенствованная версия модели, с более подробным рассмотрением электрохимии. В работе [6] представлена динамическая модель

именно ТОТЭ, также с упрощенной электрохимией. В работах [15] [16] представлено несколько динамических ноль-мерных моделей, созданных российскими исследователями, также для исследования ТОТЭ на уровне энергосистемы, и также с упрощенной электрохимией.

Модель, представленная в настоящей работе, занимает нишу между двумя выше рассмотренными группами моделей, то есть представляет из себя в общем ноль-мерную модель, в частности отдельного учета потерь одномерную, решенную статически, для более широкого исследования влияния конструкции и других параметров на работу ячейки, так и динамически, но, как и в случае со статической моделью, электрохимические процессы будут рассмотрены подробнее, что позволяет в случае использования модели для исследования работы ТОТЭ на уровне энергосистемы более точно оценить влияние различных потерь на его работу.

5 Построение математической модели ТОТЭ. Электрохимическая модель ТОТЭ

В ячейке протекает реакция обратного электролиза воды:



Электрохимические реакции происходят на так называемой трехфазной границе [1]. Это часть электрода, где одновременно существуют ионы, электроны и молекулы газа. Здесь можно рассмотреть две реакции. Первая протекает на трехфазной границе катода, где кислород переходит в ионную форму и проходит через электролит к границе раздела электролит-анод. Там протекает вторая реакция: взаимодействие водорода с ионами кислорода с образованием воды.



ЭДС топливной ячейки для данной реакции в условиях без подключенной нагрузки можно найти по уравнению Нернста (4), где: E_0 – стандартный потенциал при данной температуре, T – температура работы элемента, $P_{\text{H}_2\text{O}}$, P_{H_2} , P_{O_2} – соответственно парциальное давление воды (в газовой фазе), водорода и кислорода, а также стандартное относительное давление $P_0 = 1$ атм.

$$E = E_0 - \frac{RT}{2F} \ln \left(\frac{P_{\text{H}_2\text{O}} P_0^{1/2}}{P_{\text{H}_2} P_{\text{O}_2}^{1/2}} \right) \quad (4)$$

Парциальные давления также еще можно представить через концентрации, где $X_{\text{H}_2\text{O}}$,

X_{H_2} , X_{O_2} - соответственно концентрации газов, а P_{op} - давление в топливной ячейке, атм.

$$E = E_0 - \frac{RT}{2F} \ln \left(\frac{X_{H_2O}}{X_{H_2} X_{O_2}^{1/2} P_{op}^{1/2}} \right) \quad (5)$$

Для того, чтобы рассмотреть зависимость между ЭДС ячейки и концентрацией газов используют коэффициент степени утилизации топлива, или коэффициентом полноты сгорания U_f [1]:

$$U_f = \frac{\dot{n}_{H_2,I} - \dot{n}_{H_2,O}}{\dot{n}_{H_2,I}} = \frac{\dot{n}_{H_2,U}}{\dot{n}_{H_2,I}} \quad (6)$$

$$X_{H_2} = \frac{\dot{n}_{H_2,I} - \dot{n}_{H_2,U}}{\dot{n}_{AnO}} = 1 - U_f \quad (7)$$

$$X_{H_2O} = \frac{\dot{n}_{H_2,U}}{\dot{n}_{AnO}} = U_f \quad (8)$$

$$X_{O_2} = \frac{\dot{n}_{O_2,O}}{\dot{n}_{CaO}} = \frac{\lambda - U_f}{\frac{\lambda}{0.21} - U_f} \quad (9)$$

Где $\dot{n}_{H_2,I}$ - моль водорода на входе в ячейку, $\dot{n}_{H_2,O}$ - моль водорода на выходе, $\dot{n}_{H_2,U}$ - моль использованного водорода, \dot{n}_{AnO} - моль веществ, выходящих из газовых каналов анода, $\dot{n}_{O_2,O}$ - моль кислорода на выходе газовых каналов катода, \dot{n}_{CaO} - моль веществ, выходящих из газовых каналов катода, λ - коэффициент избытка воздуха, обычно принимается 2-8, в целях дополнительного охлаждения ячейки [1]. Подставляя (7), (8) и (9) в (5), уравнение Нернста принимает следующий вид (10):

$$E = E_0 - \frac{RT}{2F} \ln \left(\frac{U_f \left(\frac{\lambda}{0.21} - U_f \right)^{1/2}}{(1 - U_f)(\lambda - U_f)^{1/2} P_{op}^{1/2}} \right) \quad (10)$$

График зависимости (10) E от U_f представлен на рисунке 5:

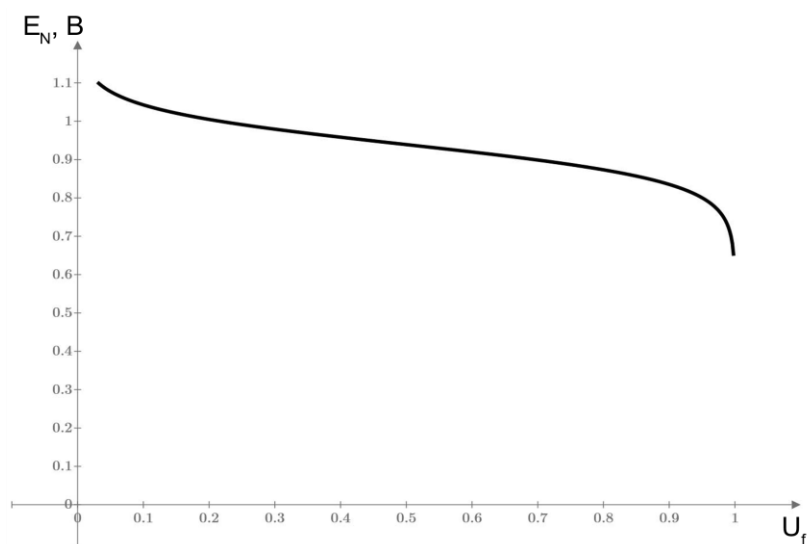


Рисунок 5.

Из графика на рисунке 5 видно, что коэффициент полноты сгорания топлива является важной характеристикой ячейки, так, как от нее напрямую зависит идеальный ЭДС ячейки. При $U_f \rightarrow 0$ ЭДС $\sim \infty$, далее от 0.1 до 0.8 зависимость почти линейная, после чего ЭДС быстро падает до нуля при $U_f \rightarrow 1$. При эксплуатации ячейки обычно выбирают определенное фиксированное значение этого параметра, которое поддерживается выбором определенных соотношений между количеством топлива и нагрузкой. Обычно выбирается значение $U_f = 0.8$, так, как это значение в первом приближении наиболее оптимально с точки зрения эффективного расхода топлива так, как падение напряжения в этом случае мало, по сравнению со значениями больше 0.8. В данной работе $U_f = 0.8$ принято, как отправная точка для исследования, однако эта характеристика далее будет исследована подробнее.

Потенциал ячейки, работающей под нагрузкой, отличается от идеального за счет потерь.

Потери, которые были рассмотрены при создании статической модели. [2]

- Потери снижения активности. Представляют из себя потери снижения активности электрохимических реакций, протекающих на электроде. Зависят от типа самой реакции, температуры, материала электрода и его структуры, и текущей нагрузки элемента.

- Омические потери. Омические потери вызваны ионным сопротивлением электролита и электронным сопротивлением электродов, а также контактным сопротивлением между элементами. Зависят от температуры.

- Потери снижения концентрации. Вызваны ограничением транспорта реагентов и зависят от нагрузки, структуры (пористости) электродов.

Тогда потенциал ячейки будет соответственно определяться:

$$V = E - \eta_{\text{act}} - \eta_{\text{ohm}} - \eta_{\text{conc}} \quad (11)$$

5.1 Потери снижения активности

Потери снижения активности возникают вследствие разницы потенциала между электродом и электролитом из-за химической кинетики реакции в виде существования энергетического барьера, преодоление которого необходимо для протекания реакции [17].

Потери снижения активности выражают через уравнение Батлера – Фольмера (12), связывающего текущий удельный ток и потери снижения активности.

$$j = j_{0,\text{electrode}} \left[\exp\left(\frac{\alpha n F}{RT} \eta_{\text{act,electrode}}\right) - \exp\left(-\frac{\beta n F}{RT} \eta_{\text{act,electrode}}\right) \right] \quad (12)$$

$$j = \frac{I}{A} \quad (13)$$

Где α и β соответственно коэффициенты передачи заряда прямой и обратной реакции, $\eta_{\text{act,electrode}}$ - потеря снижения активности на электроде, n – число переданных электронов, $j_{0,\text{electrode}}$ - удельный ток обмена, соответствующий удельному току на электроде в состоянии равновесия, когда скорость прямой и обратной реакции равна.

Для упрощенного рассмотрения реакции сумма коэффициентов приравнивается к 1:

$$\alpha + \beta = 1 \quad (14)$$

$$j = j_{0,\text{electrode}} \left[\exp\left(\frac{\alpha n F}{RT} \eta_{\text{act,electrode}}\right) - \exp\left(-\frac{(1-\alpha) n F}{RT} \eta_{\text{act,electrode}}\right) \right] \quad (15)$$

И принимается $\alpha = 0.5$, тогда, используя гиперболические функции из (12) выражаются потери активации на каждом из электродов:

$$\eta_{\text{act,anode}} = \frac{RT}{F} \sinh^{-1} \left(\frac{j}{2j_{0,\text{anode}}} \right) \quad (16)$$

$$\eta_{\text{act,cathode}} = \frac{RT}{F} \sinh^{-1} \left(\frac{j}{2j_{0,\text{cathode}}} \right) \quad (17)$$

Где плотность тока обмена находят, используя закон Аррениуса как зависимость от концентрации газа, а также энергии активации соответствующего электрода [18].

$$j_{0,\text{anode}} = k_{\text{anode}} \left(\frac{P_{\text{H}_2}}{P_{\text{op}}} \right) \left(\frac{P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{op}}} \right) \cdot \exp\left(-\frac{E_{\text{act,anode}}}{RT}\right) \quad (18)$$

$$j_{0,cathode} = k_{cathode} \left(\frac{P_{O_2}}{P_{op}} \right)^{0.25} \cdot \exp \left(- \frac{E_{act,cathode}}{RT} \right) \quad (19)$$

Тогда потеря активации выражается как сумма (16) и(17):

$$\eta_{act} = \eta_{act,anode} + \eta_{act,cathode} \quad (20)$$

Потери снижения активности зависят от материалов и качества электрода, а также, температуры, причем по экспоненциальному закону. Поэтому повышение температуры значительно уменьшает потери активации.

5.2 Омические потери

Омические потери – это сопротивление материалов конструкции перемещению заряда. Омическое сопротивление можно рассмотреть, как сумму электронного сопротивления, выраженного в сопротивлении движению электронов, и ионного сопротивления, выраженного в сопротивлении движению ионов, а также контактного сопротивления элементов конструкции [1] [12].

Наиболее значительное влияние на величину омических потерь оказывает ионное сопротивление электролита [2], которое происходит при движении ионов кислорода через электролит с трехфазной границы катода на трехфазную границу анода. Сопротивление зависит от толщины электролита, а также от температуры, на рисунке 6 представлен график этой зависимости. С повышением температуры ионное сопротивление экспоненциально уменьшается из-за повышения ионной проводимости материала электролита.

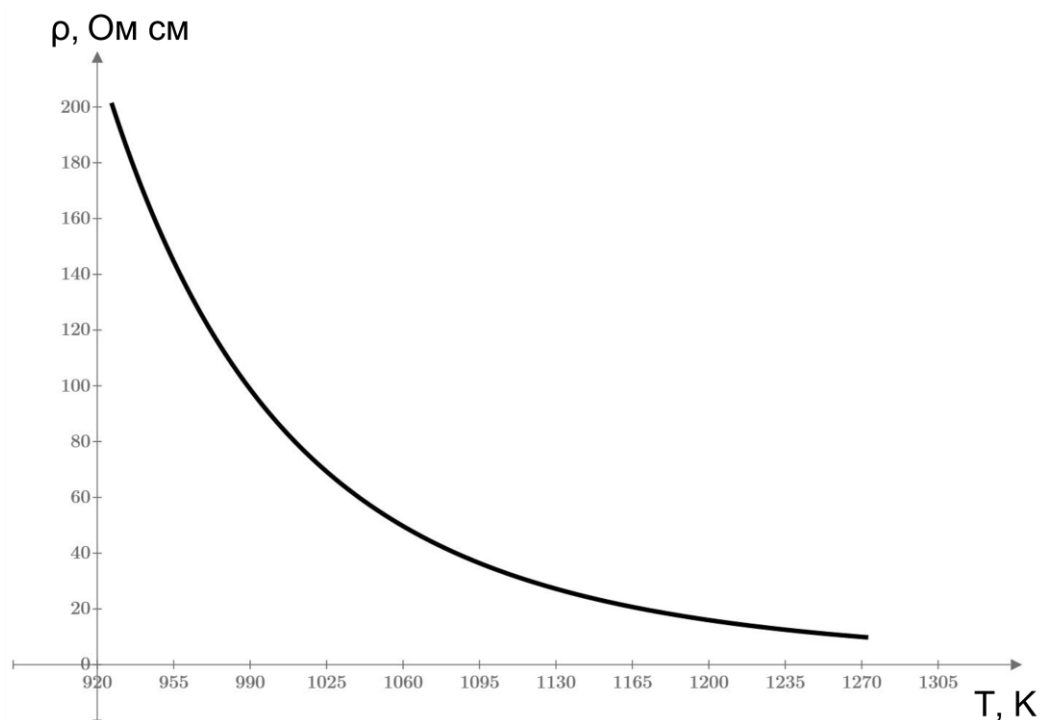


Рисунок 6.

Толщина электролита и рабочая температура очень важные параметры работы топливной ячейки. Современные разработки существенно продвинулись вперед главным образом за счет возможности делать очень тонкие электролиты, что позволяет либо существенно увеличить производительность при сохранении характерной для большинства вариантов ТОТЭ высокой температуры, либо без потери производительности опустить рабочую температуру ниже, что облегчит массовое использование ТОТЭ.

Электронное сопротивление происходит при движении электронов в объеме электродов, но оказывает на порядок меньшие потери, чем ионное сопротивление электролита.

Ионное и электронное сопротивление находится, используя соответствующие полуэмпирические формулы, построенные по результатам экспериментальных измерений сопротивления, где σ – проводимость, величина, обратная сопротивлению, а A , B – некоторые табулированные коэффициенты [18].

$$\sigma_{\text{electrode}} = \rho_{\text{electrode}}^{-1} = A_{\text{el}} \cdot \exp\left(-\frac{B_{\text{el}}}{T}\right) \quad (21)$$

$$\sigma_{\text{anode}} = \rho_{\text{anode}}^{-1} = \frac{A_a}{T} \cdot \exp\left(-\frac{B_a}{T}\right) \quad (22)$$

$$\sigma_{\text{cathode}} = \rho_{\text{cathode}}^{-1} = \frac{A_c}{T} \cdot \exp\left(-\frac{B_c}{T}\right) \quad (23)$$

Сопротивление R обычно представляют в виде удельного сопротивления r . Тогда:

$$R = \frac{L \cdot \rho}{S} \quad (24)$$

$$r = L \cdot \rho \quad (25)$$

$$r_{\text{ohm}} = (L_{\text{electrode}} \cdot \rho_{\text{electrode}} + L_{\text{cathode}} \cdot \rho_{\text{cathode}} + L_{\text{anode}} \cdot \rho_{\text{anode}}) \quad (26)$$

Где L – толщина элементов топливной ячейки, S – площадь элемента.

Также введена величина контактного сопротивления, взятая из литературы и отражающая сопротивление контакта на границах между элементами, сопротивления интерконнекторов, позволяющая приблизить значение сопротивления к реальному.

$$r_{\text{con}} = 0.03 \text{ Ом см}^2 \text{ [17]} \quad (27)$$

Тогда омические потери выражаются в виде (28):

$$\eta_{\text{ohm}} = j \cdot (r_{\text{ohm}} + r_{\text{con}}) \quad (28)$$

5.3 Потери изменения концентрации

Потери изменения концентрации возникают из-за различия концентрации реагирующих веществ в газовых каналах и в самой зоне реакции на трехфазной границе [11], что происходит из-за того, что процесс переноса реагентов и продуктов может быть медленнее, чем соответствующий текущей плотности тока из-за диффузии [12]. Различается внутренняя диффузия, которая происходит в порах электродов, и составляет основную часть потерь, а также внешняя диффузия, проходящая в газовых каналах.

Для определения потерь изменения концентрации записывается уравнение Нернста (4) для случая работы под нагрузкой, когда концентрации веществ на трехфазной границе не равны концентрациям в газовом канале [12].

$$E_{\text{ТФГ}} = E_0 - \frac{RT}{2F} \ln \left(\frac{P_{\text{H}_2\text{O,ТФГ}}}{P_{\text{H}_2,\text{ТФГ}} P_{\text{O}_2,\text{ТФГ}}^{1/2}} \right) \quad (29)$$

Разница между (29) и (4) для условий работы без нагрузки и есть потери изменения концентрации.

$$\eta_{\text{conc}} = -\frac{RT}{2F} \ln \left(\frac{P_{\text{H}_2,\text{ТФГ}} P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{H}_2\text{O,ТФГ}} P_{\text{H}_2}} \right) - \frac{RT}{4F} \ln \left(\frac{P_{\text{O}_2,\text{ТФГ}}}{P_{\text{O}_2}} \right) \quad (30)$$

Это уравнение (30) переписывается через концентрацию веществ.

$$\eta_{\text{conc}} = -\frac{RT}{2F} \ln \left(\frac{X_{\text{H}_2,\text{ТФГ}} X_{\text{H}_2\text{O}}}{X_{\text{H}_2\text{O,ТФГ}} X_{\text{H}_2}} \right) - \frac{RT}{4F} \ln \left(\frac{X_{\text{O}_2,\text{ТФГ}}}{X_{\text{O}_2}} \right) \quad (31)$$

С учетом пренебрежения внешней диффузии, концентрации на трехфазной границе находятся для модели одномерной (с учетом распределения по толщине электрода) диффузии по следующим выражениям (32), (33) и (34) [11] [12]:

$$X_{\text{H}_2,\text{ТФГ}} = X_{\text{H}_2} - \frac{jRTL_a}{2FD_{\text{eff},a} P_c} \quad (32)$$

$$X_{\text{H}_2\text{O,ТФГ}} = X_{\text{H}_2\text{O}} + \frac{jRTL_a}{2FD_{\text{eff},a} P_c} \quad (33)$$

$$X_{\text{O}_2,\text{ТФГ}} = 1 - (X_{\text{O}_2} - 1) \cdot \exp \left(\frac{jRTL_c}{4FD_{\text{eff},c} P_c} \right) \quad (34)$$

Где $D_{\text{eff},a}$ и $D_{\text{eff},c}$ - коэффициенты диффузии H_2 , H_2O и O_2 , N_2 соответственно в аноде и катоде, P_c - рабочее давление в ячейке, в Па. Соответственно подставляя в (31) получается

для каждого электрода:

$$\eta_{\text{conc,a}} = -\frac{RT}{2F} \ln \left(\frac{1 - \left(\frac{jRTL_a}{2FD_{\text{eff,a}} P_c X_{\text{H}_2}} \right)}{1 + \left(\frac{jRTL_a}{2FD_{\text{eff,a}} P_c X_{\text{H}_2\text{O}}} \right)} \right) \quad (35)$$

$$\eta_{\text{conc,c}} = -\frac{RT}{2F} \ln \left(\frac{1}{X_{\text{O}_2}} - \left(\frac{1}{X_{\text{O}_2}} - 1 \right) \cdot \exp \left(\frac{jRTL_c}{4FD_{\text{eff,c}} P_c} \right) \right) \quad (36)$$

$$\eta_{\text{conc}} = \eta_{\text{conc,a}} + \eta_{\text{conc,c}} \quad (37)$$

Общее уравнение потенциала ячейки принимает следующий вид (38):

$$V = E - \left(\eta_{\text{act,anode}} + \eta_{\text{act,cathode}} \right) - \eta_{\text{ohm}} - \left(\eta_{\text{conc,a}} + \eta_{\text{conc,c}} \right) \quad (38)$$

Уравнение удельной мощности имеет вид (39):

$$W = V \cdot j \quad (39)$$

5.4 Эффективность или КПД элемента

КПД элемента состоит из нескольких частей. Прежде всего, у топливной ячейки есть термодинамическая эффективность, выраженная в отношении изменения энергии Гиббса к изменению энтальпии веществ при данной температуре.

$$\eta_{t,\max} = \frac{\Delta \bar{g}_f}{\Delta \bar{h}_f} \quad (40)$$

Термодинамическая эффективность зависит от температуры и протекающих реакций. Для топливной ячейки, работающей на водороде и кислороде, термодинамическая эффективность варьируется от 83% до 70% при изменении температуры до 1000⁰C [17]. В отличие от цикла Карно, термодинамический КПД топливной ячейки падает при увеличении температуры.

Также у топливного элемента есть КПД по напряжению, который можно выразить как отношение реальной работы к идеальной. Реальная работа меньше идеальной из-за потерь, в возникающих при работе топливной ячейки под нагрузкой – суммы потерь снижения активности, омических потерь, а также потерь изменения концентрации, где имеется также ввиду отличие установленных концентраций веществ от идеальных возможных условий.

$$\eta_V = \frac{W_{V,\text{real}}}{W_{V,\text{ideal}}} = \frac{V}{E_0} \quad (41)$$

Третьей составляющей эффективности топливной ячейки является эффективность использования топлива, которая наблюдается из-за того, что в топливной ячейке вследствие заранее выбранного установленного режима, или вследствие утечек реагирующего топлива, топливо полностью не используется. Тогда эффективность использования топлива будет равна отношению использованного в ходе реакции топлива к изначально поданному в ячейку.

$$\eta_{\text{fuel}} = \frac{\dot{n}_{\text{FU}}}{\dot{n}_{\text{FI}}} = U_f \quad (42)$$

Соответственно общая эффективность топливной ячейки, включающая в себя все потери, возникающие из природы протекающих реакций или при работе топливной ячейки под нагрузкой, будет равна произведению вышеперечисленных составляющих КПД ячейки (43):

$$\eta_{\text{fc}} = \eta_{t,\max} \cdot \eta_V \cdot \eta_{\text{fuel}} \quad (43)$$

6 Исследование работы топливного элемента

При установлении постоянного коэффициента полноты сгорания топлива можно будет рассмотреть работу ячейки в качестве зависимости V от j в виде вольтамперной характеристики элемента (38), а также удельной мощности элемента W от j (39), а также оценить эффективность ячейки используя (43)

В ходе данной работы рассчитаны и построены графики для двух типов конструкции – электролит-несущей, и анод-несущей, для четырех характерных точек температуры – 973, 1073, 1173, 1273 К.

Сначала рассмотрим построенные графики вольтамперной характеристики и удельной мощности элемента:

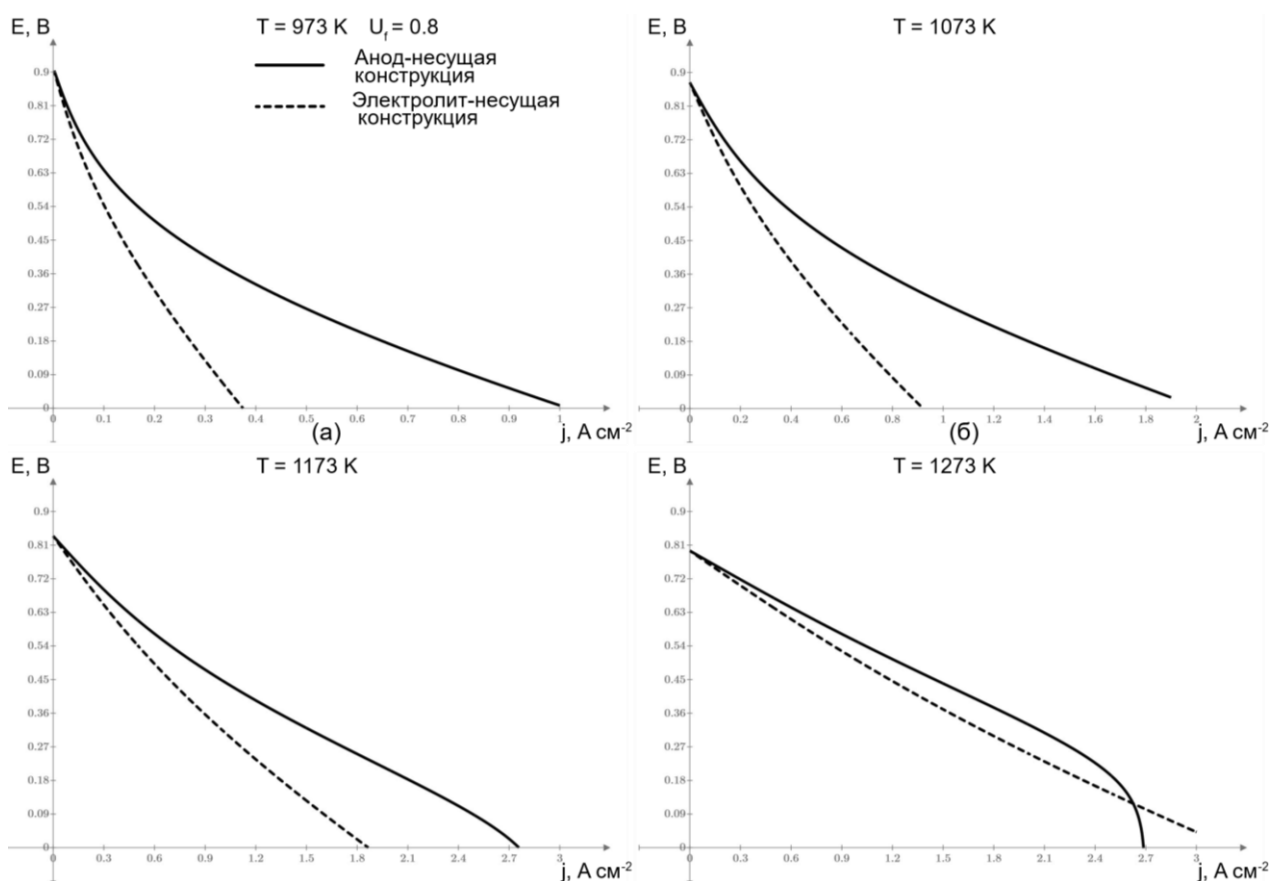


Рисунок 7.

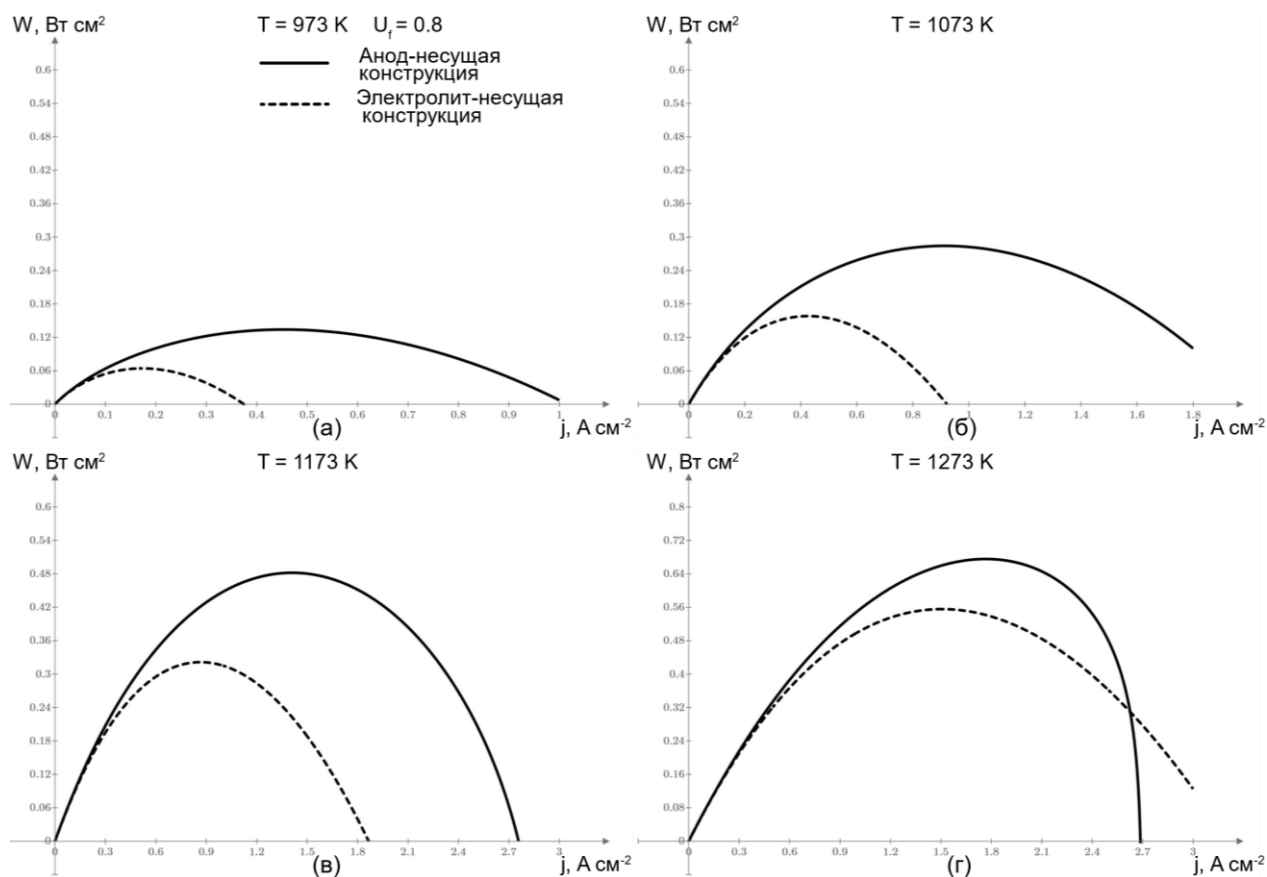


Рисунок 8.

На графиках, представленных на рисунках 7-8 а, б прежде всего видно серьезное различие в работе топливных ячеек двух конструкции при низких температурах: 973 и 1073 К. Ячейка с электролит-несущей конструкцией теряет производительность из-за высокого сопротивления достаточно толстого электролита при этих температурах. Ячейка с анод-несущей конструкцией при данных температурах может достигать большего удельного тока, соответственно и большей удельной мощности. Например, исследуемая ячейка с анод-несущей конструкцией при температуре 1073 К (800 °С) может обладать удельной мощностью 200 - 300 Вт см², сравнимой с большинством реально-испытанных ячеек с электролит-несущей конструкцией при температурах 1273 К (1000 °С) [2], что говорит о целесообразности использования анод-несущей конструкции при низких температурах без потери эффективности.

Также при температурах 973 и 1073 К достаточно велики потери снижения активности на электродах, которые экспоненциально уменьшаются с ростом температуры. При температурах 973 К и 1073 К (Рисунок 7, а, б) на низком удельном токе видно сильное падение напряжения, зона потерь снижения активности. При температурах 1173 и 1273 К (Рисунок 7, в, г) потери снижения активности уменьшаются, и график

сглаживается, эта зона становится менее заметной.

При больших удельных токах на всех температурах заметен линейный участок – зона омических потерь, которая и обычно составляет большую часть потерь в зонах оптимальной производительности ячейки.

При температурах, 1173 К и 1273 К (Рисунок 7, в, г) – ситуация с производительностью меняется. При такой температуре потери снижения активности и омические потери уменьшаются, но при этом становятся более заметными потери изменения концентрации. Особенно это заметно с анод-несущей конструкцией: 500 мкм анод имеет весьма значительные потери снижения концентрации, поэтому можно даже выделить максимальную плотность тока – 2.7 А см^{-2} , ограниченную потерями снижения концентрации, которая весьма характерна для ячеек подобной конструкции [19]. Эту зону потерь снижения концентрации хорошо видно на графике вольтамперной характеристики для 1273 К, где при приближении значения удельного тока к максимальному удельному току напряжение резко падает до нуля. При данных температурах заметно, что вольтамперная характеристика ячейки с электролит-несущей конструкцией приближается к вольтамперной характеристике анод-несущей конструкции из-за падения сопротивления электролита и больших потерь снижения концентрации на последней. При этом, в зоне наибольшей эффективности, определенной далее, анод-несущая конструкция остается предпочтительнее.

Для определения примерной зоны наибольшей эффективности следует рассмотреть сначала зависимость удельной мощности от удельного тока. Видно, что график имеет форму параболы, и принимает максимальное значение при средних значениях удельного тока, однако, чтобы определить, является ли точка с максимальной удельной мощностью зоной наибольшей производительности, нужно отдельно рассмотреть еще и эффективность топливной ячейки.

Эффективность в принципе может принимать максимальное значение как произведение термодинамической эффективности на степень утилизации топлива при отсутствии тока нагрузки. С нагрузкой ситуация изменится, и будет зависеть как от температуры, так и от конструкции. Термодинамическая эффективность с температурой уменьшается [17], также уменьшается и максимальная эффективность ячейки.

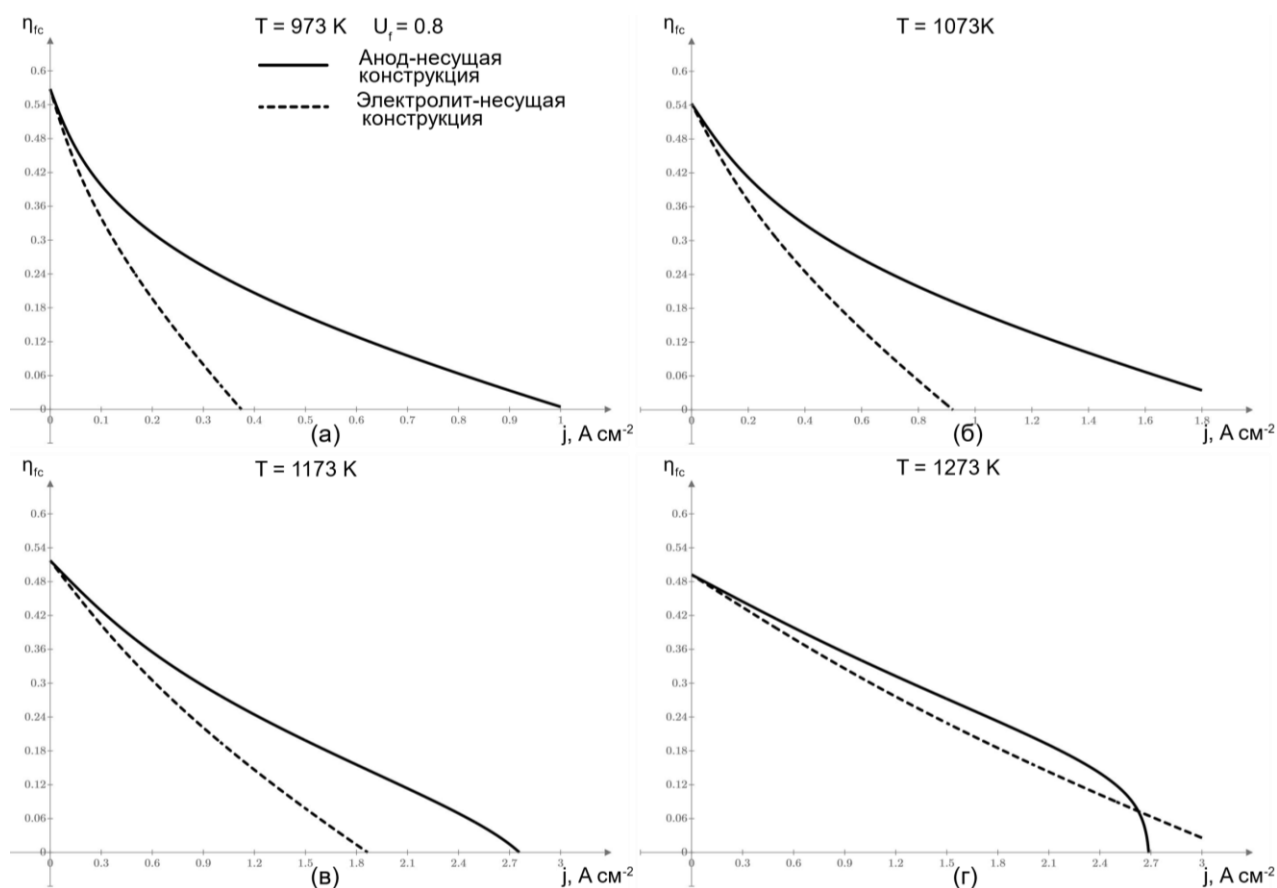


Рисунок 9.

С точки зрения приведенных графиков эффективности на рисунке 9 нас интересует область с как-можно меньшим падением эффективности на единицу повышения удельного тока, а также абсолютное значение эффективности в этой точке так, как идея использования топливных элементов, а в частности ТОТЭ, в качестве перспективного источника энергии лежит в их высокой эффективности, поэтому топливная ячейка должна обладать общей эффективностью как минимум в 30-40%, что равно или превышает эффективность большинства обычных источников электроэнергии.[4]. Показано, что изученные ячейки обладают такой эффективностью при высокой удельной мощности.

Также можно отдельно выделить то, что использование углеводородов (метана, пропана) в качестве топлива дает в среднем на 24% большую эффективность за счет увеличения термодинамической эффективности ячейки [4], что делает использование углеводородов в качестве топлива еще более эффективным, чем чистого водорода.

Из рисунка 9, а, б видно, что при температурах 973 и 1073К топливные ячейки в основном ограничены резким падением напряжения в следствие потерь снижения активности, и достижение допустимой эффективности возможно только при очень низких удельных токах, а соответственно и низкой удельной мощности. Поэтому наиболее

эффективно использование ячеек при температурах 1173 и 1273К, рисунок 9, в, г, где в начале нет резкого падения напряжения, а далее эффективность, как и напряжение, падает медленнее на единицу прироста удельного тока.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что анод-несущая конструкция топливной ячейки при работе на 1173 К является оптимальным выбором типа топливной ячейки и условий работы с учетом технологий производства, доступных на данный момент.

Для более подробного исследования следует также рассмотреть влияние коэффициента полноты сгорания топлива на работу топливной ячейки. Поэтому были построены сравнительные графики для выбранной конструкции и условий работы от 0.7 до 0.9 с шагом в 0.5 U_f , и $U_f = 0.8$ для сравнения.

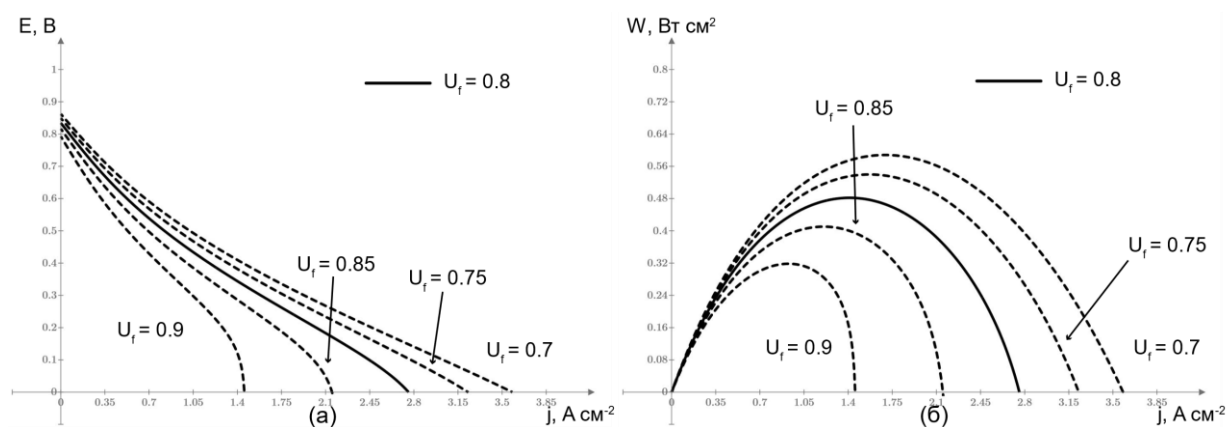


Рисунок 10.

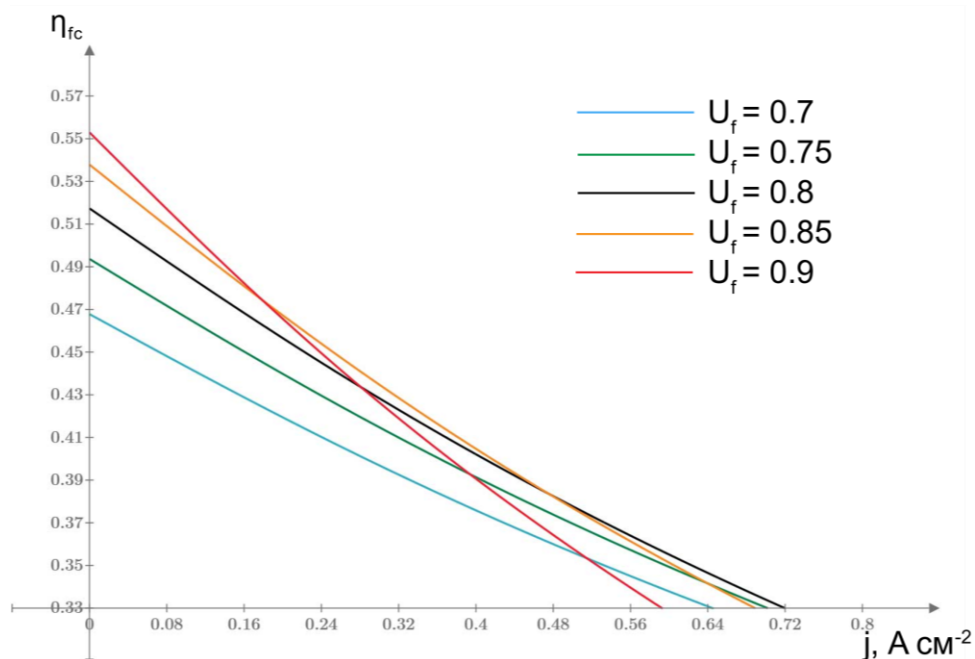


Рисунок 11

Из графика (рисунок 10 а), видно, что увеличение степени полноты сгорания топлива значительно снижает рабочее напряжение ячейки, снижение же степени полноты сгорания повышает рабочее напряжение ячейки, при этом в меньшей степени, чем снижает при повышении степени полноты сгорания топлива, соответственно из рисунка 10 б, видно, что при высокой степени полноты сгорания топлива удельная мощность значительно меньше, чем при высокой, или средней. Далее, из графика эффективности, (рисунок 11), при рассмотрении в области $j < 0.8 \text{ А см}^{-2}$, как в области, с эффективностью больше 30%, видно, что из-за изменения степени полноты сгорания меняется облик графика, однако тут также ячейка (при высокой степени полноты сгорания $U_f = 0.9$) теряет эффективность быстрее, прежде всего из-за больших потерь изменения концентрации. С другой стороны, эффективность ячейки с $U_f = 0.85$ почти на всем промежутке между 0.16 и 0.5 А см^{-2} больше чем в остальных случаях, что в соответствии с ранее представленными зависимостями напряжения и удельной мощности от удельного тока говорит о том, что реальное оптимальное значение степени утилизации топлива лежит между 0.75 и $0.85 U_f$.

В результате с помощью построения статической ноль-мерной модели была определена наиболее эффективная конфигурация, а также условия работы для ТОТЭ как перспективного источника электроэнергии. Однако для определения динамических характеристик системы нужна была динамическая модель, которая и была построена в виде динамической ноль-мерной модели ТОТЭ при работе на заранее определенной температуре и конструкции.

Для демонстрации возможности разрабатываемой модели исследовалась работа топливной ячейки, было изучено влияние колебаний токов инвертора (как часть внешней электрической инфраструктуры ячейки), связанных с погрешностями работы последних, что важно для исследования работы ячейки в приближенных к реальным условиям [1] [14].

7 Построение динамической модели

Представленная динамическая модель представляет из себя простейшую динамическую химическую модель ТОТЭ. Она подобна модели continuous stirred-tank reactor (CSTR) [7], или модели реактора непрерывного действия и полного перемешивания, широко используемой в химии, с основным отличием в зависимости

от времени – динамическим изменением характеристик.

Основные упрощения:

- Модель не имеет дискретизации, все происходит в одном объеме, концентрация реагентов в любой точке ячейки одинакова.
- Газы идеальные и подчиняются соответствующим законам.
- Условия изотермические. Это имеет смысл так, как модель предполагает оценить основные и главные зависимости ТОТЭ в энергосистеме, такие как колебания тока в цепи, что происходит на очень маленьком временном отрезке [14], так и общую зависимость в рамках целой системы, что лежит на длинном отрезке времени. Временные константы [20] электрохимических реакций и скорости изменения концентрации много меньше, чем временные константы теплоемкости компонентов, что позволяет оценить колебания на небольшом отрезке времени, а с другой стороны, в рамках упрощенного рассмотрения всей системы, где временные промежутки изменения режима работы больше временных констант теплоемкости компонентов, что позволяет пренебречь изменением температуры.
- Общее давление системы не изменяется.
- В случае исследования стека из элементов, топливо и окислитель распределяется равномерно среди ячеек.

В динамическую модель перенесены все элементы потерь из статической модели, что позволяет выполнить необходимые исследования.

Изменение парциального давления компонентов определяются по законам идеальных газов, а именно уравнение состояния идеального газа при неизменном объеме, давлении и температуре, дифференцируемого по времени [14]:

$$p_i = \frac{RT}{V_{el}} \cdot n_i \quad (44)$$

$$\frac{dp_i}{dt} = \frac{RT}{V_{el}} \cdot q_i \frac{d\eta_c}{dt} = \frac{1}{C} j - \frac{1}{\tau} \cdot \eta_c \quad (45)$$

$$\frac{dp_i}{dt} = \frac{RT}{V_{el}} \left(q_{in,electrode} \cdot X_{i,in} - q_{out,electrode} \cdot X_{i,out} \pm q_{i,gen/cons} \right) \quad (46)$$

$$\frac{dp_i}{dt} = \frac{RT}{V_{el}} \left(q_{in,electrode} \cdot X_{i,in} - \frac{p_i}{P_{op}} (q_{in,electrode} - q_{out,electrode}) \pm \frac{I(t)}{n_{el}F} \right) \quad (47)$$

Где p_i парциальное давление i -того вещества (H_2 , H_2O , O_2), V_{el} - объем электрода, n_i - моль i -того вещества, q_i - моль/с i -того вещества, $q_{in,electrode}$ $q_{out,electrode}$ - моль/с на входе

и выходе с газовых каналов электродов, $X_{i,in}$ $X_{i,out}$ - концентрация на входе и выходе из газовых каналов электродов, $q_{i,gen/cons}$ - производство или затрата моль/с веществ в ходе химической реакции, n_{el} - количество обмененных электронов в ходе химической реакции. В построенной автором динамической системе вышеперечисленное уравнение выглядит для катода, аналогично, как и для анода, как показано на рисунке 12.

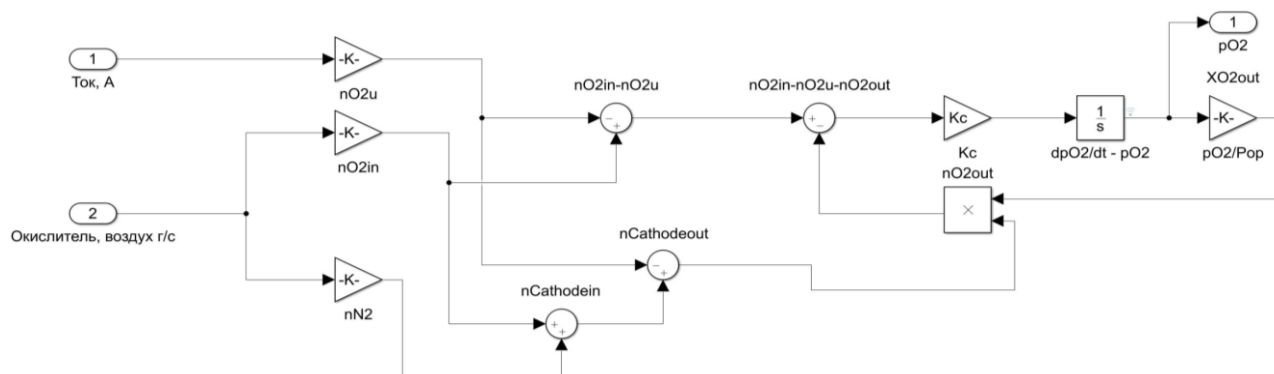


Рисунок 12.

Также следует принять во внимание еще один вид потерь, характерный для данной динамической системы: потери электрической ёмкости [1][5], который, однако, не везде учитывается отдельно и подробно [6][13][14][15][16]. Потери возникают из-за того, что на трехфазной границе, и в прилегающих областях – на границе электролита и электрода сохраняется электрический заряд и энергия, что соответственно называется эффектом ёмкости двойного слоя, и представляет из себя конденсатор, разряжающийся и заряжающийся при изменении проходящего тока. Это можно представить как конденсатор, подключенный параллельно элементам потерь активации и концентрации, омические потери не затрагиваются, так, как они и так линейно относятся по закону Ома к протекающему току. При неизменной плотности тока потери электрической ёмкости со временем становятся равны нулю. Данный вид потерь определяет некоторую задержку между изменением тока и напряжения, представляя из себя задержку первого порядка, что можно выразить как (48), (49) [17]:

$$\frac{d\eta_c}{dt} = \frac{1}{C} j - \frac{1}{\tau} \cdot \eta_c \quad (48)$$

$$\tau = C \cdot \frac{(\eta_{act} + \eta_{conc})}{j} \quad (49)$$

Где η_c - потери электрической ёмкости, C – электрическая ёмкость, τ - характеристическое время задержки. Значение ёмкости принимается для ТОТЭ около $C = 288$

$2 \Phi \text{ м}^{-2}$ [1].

Блок расчета потерь электрической ёмкости в построенной автором динамической системе выглядит как показано на рисунке 13.

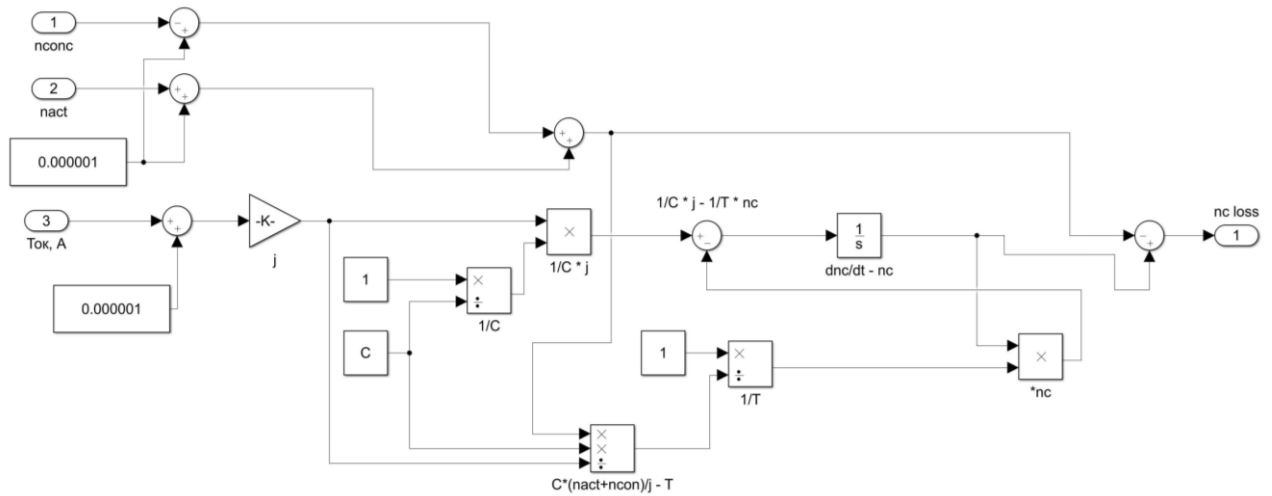


Рисунок 13.

Тогда напряжение ячейки в динамической системе выражается по уравнению (50):

$$V = E - (\eta_{act,anode} + \eta_{act,cathode}) - \eta_{ohm} - (\eta_{conc,a} + \eta_{conc,c}) - \eta_c \quad (50)$$

Общая схема построенной автором динамической системы показана на рисунке 14.

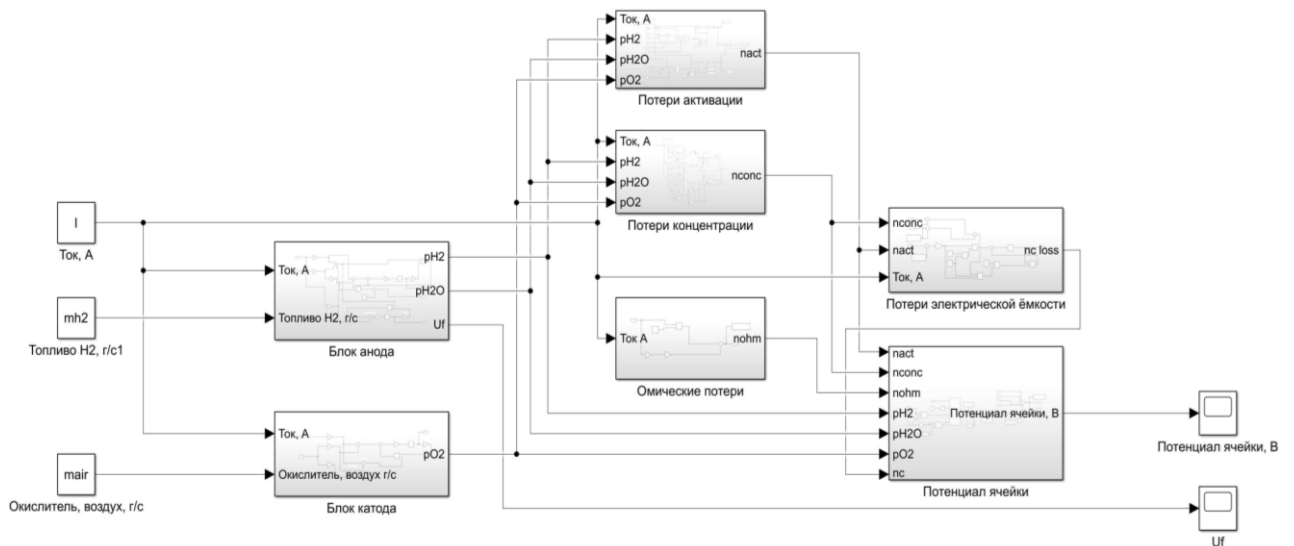


Рисунок 14.

8 Исследование влияния колебаний инвертора

Влияние колебаний инвертора на работу ячейки было рассмотрено в представленной

работе. Колебания тока происходят из-за погрешностей работы инвертора, и различаются в зависимости от частоты его работы [14]. В Simulink колебания можно смоделировать с помощью генератора квадратных волн, примененного к входу тока.

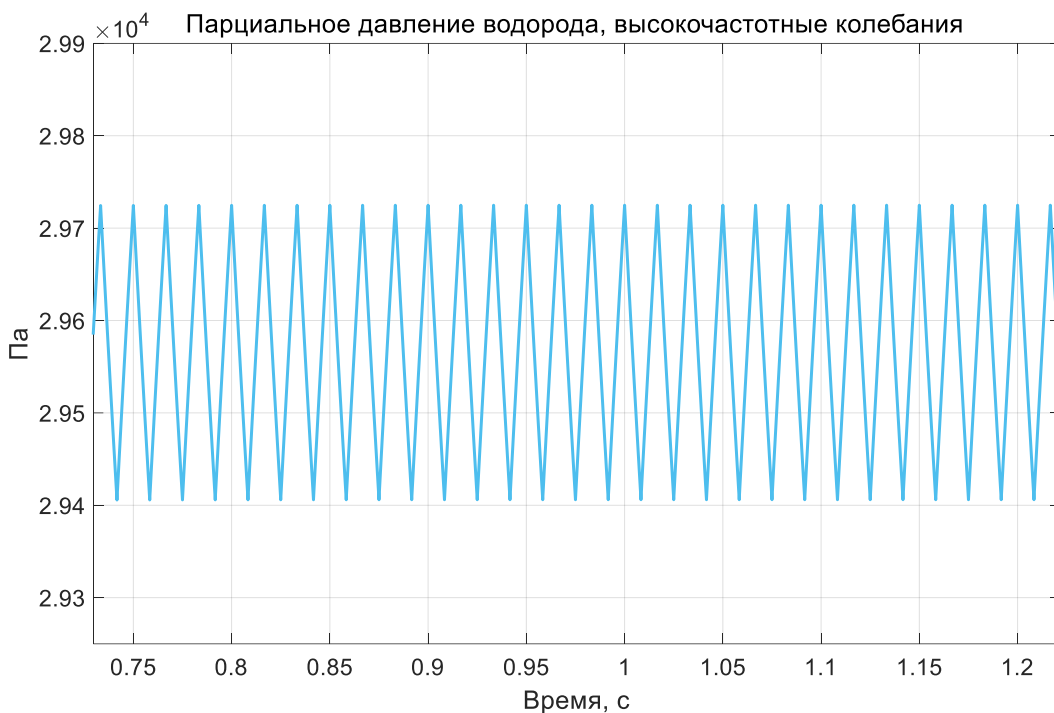


Рисунок 15.

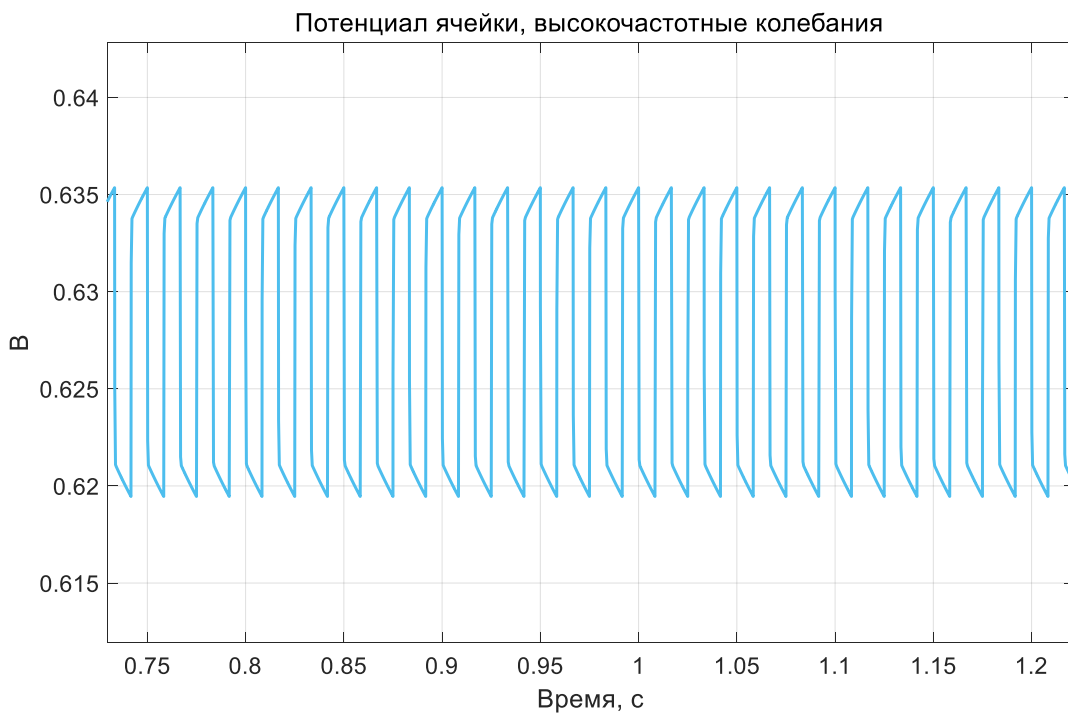


Рисунок 16.

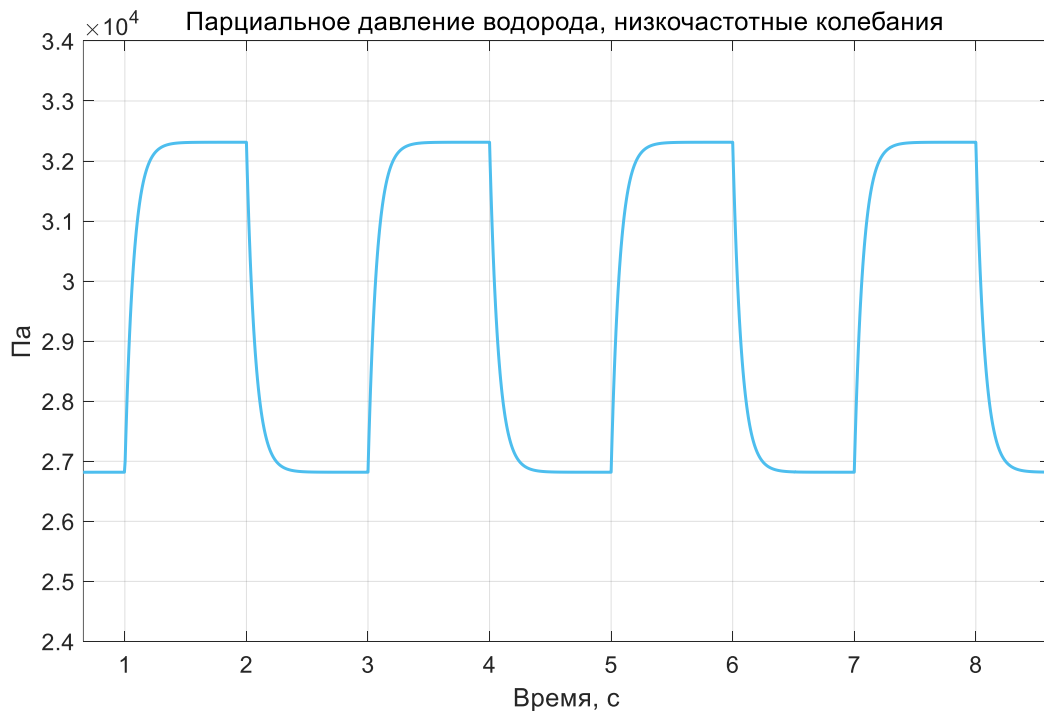


Рисунок 17.

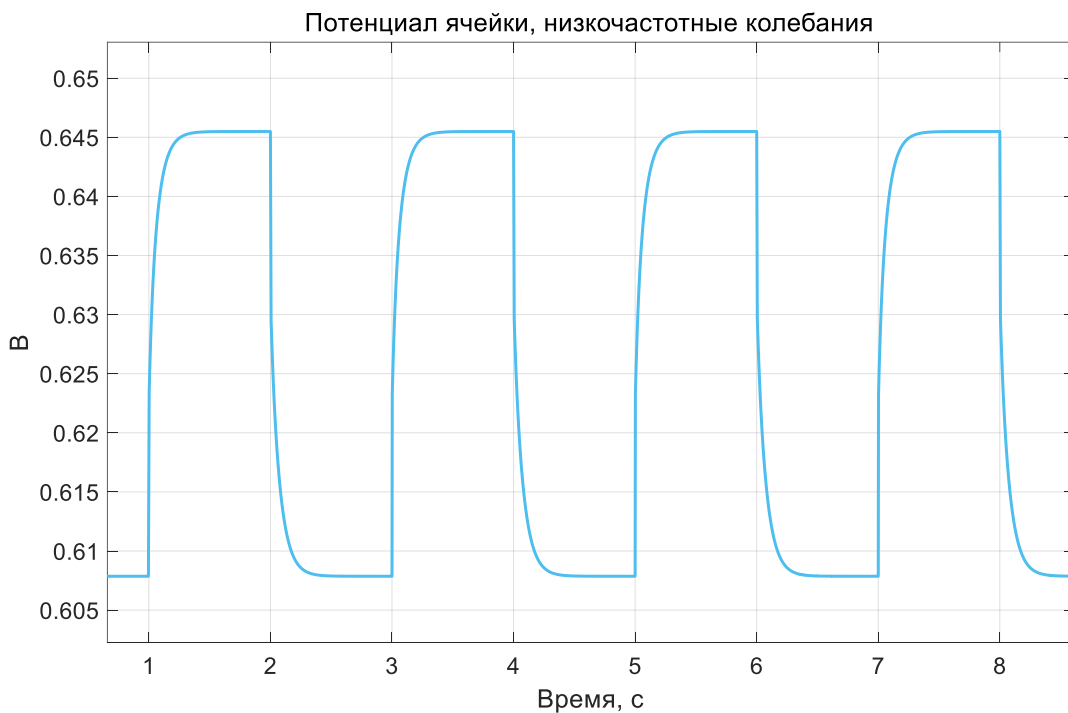


Рисунок 18.

Из графиков, приведенных на рисунках 15, 16 видно, что при высокочастотных (60

Гц) колебаниях тока инвертора с амплитудой около $\pm 4\%$ от исходного тока $I = 13$ А, взятые как средние значения из литературных источников [14], колебания напряжения и концентрации водорода не успевают стабилизироваться и обуславливаются прежде всего электрохимией и ёмкостным сопротивлением, как быстрыми процессами. Рассчитанное характеристическое время меньше 1 мс, что сходится с данными работ [20] и [21]. Колебания успевают приобретать стабилизированную форму только при приближении частоты колебаний к 0.5 Гц, что видно на графиках, представленных на рисунках 17,18, где четко выделяется стабильная зона как концентрации, так и напряжения при этом, на графике изменения напряжения (рисунок 18) видно зону электрохимического изменения, как самую быструю, и медленную зону изменения концентрации реагентов, что согласуется с исследованиями, представленными в работах [1] и [14].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе представленной работы была выполнена оптимизация некоторых характеристик статической и динамической ноль-мерной модели ТОТЭ. С помощью статической модели было исследовано общее влияние конструкции и выбора работы на эффективность ТОТЭ в более широком охвате, чем это было сделано ранее, используя аналогичные или близкие модели. Показано, что ячейка ТОТЭ анод-несущей конструкции имеет КПД, превышающий КПД большинства традиционных источников энергии, даже не используя системы регенерации. Созданная динамическая модель несколько более подробно учитывает электрохимические потери, чем похожие ноль-мерные модели ТОТЭ [6][13][14][15][16], пригодные для дальнейшего исследования ТОТЭ на уровне энергосистемы. Далее было исследовано влияние колебаний токов инвертора на топливную ячейку соответственно с более подробным учетом электрохимии, чем это было сделано для подобных ноль-мерных моделей ранее [14]. В принципе, выбор среды ПО Matlab Simulink позволяет осуществить достаточно широкое дальнейшее исследование модели, например, для создания модели управляющего контура или исследования использования дополнительных систем регенерации для повышения КПД ячейки.

При этом, использование именно ноль-мерного измерения модели позволяет исследовать ТОТЭ в независимости от подробной, конкретной конструкции, именно для этого топливного элемента, но и позволяет оценить в сравнении разные конструкции и условия работы с требуемой сложностью и быстродействием, что важно для динамической модели. Для повышения точности следует использовать именно одномерные модели (по направлению газового канала), что не было сделано сразу из-за высокой сложности для начального исследования, и будет сделано в дальнейшем, подобно работам [11] [12]. Также в настоящей модели отсутствует баланс температуры газов и твердых тел, что не требуется для проведенных статических и динамических исследований вследствие их характера и адекватных упрощений, однако необходимо для других более подробных исследований, и будет сделано в дальнейшем, подобно работам [11] [12].

Выводы

Был изучен фундаментальный принцип работы твердооксидного топливного элемента.

Произведено теоретическое статическое ноль-мерное исследование работы топливного элемента, по которому определена наиболее оптимальная конструкция и условия работы.

Была построена динамическая модель топливного элемента.

Показана возможность использования данной модели для динамического исследования работы топливной ячейки.

Дальнейшее направление исследований

Усложнение модели топливного элемента.

Создание динамической модели позволяет прежде всего проводить динамические исследования работы топливной ячейки для очень широкого круга задач будущего практического воплощения топливного элемента. В будущих исследованиях предполагается исследование контуров систем управления подачи топлива и воздуха, для обеспечения эффективной работы ячейки, а также исследование использования дополнительных систем регенерации для повышения КПД ячейки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Bove, Roberto & Ubertini, Stefano. (2008). Modeling Solid Oxide Fuel Cells: Methods, Procedures and Techniques. 10.1007/978-1-4020-6995-6.
2. EG and G Technical services Inc. (2004). Fuel Cell Handbook (Seventh Edition). U.S. Department of Energy. 10.2172/834188.
3. Твердооксидный топливный элемент [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Твердооксидный_топливный_элемент (дата обращения: 12.12.2020)
4. Azzopardi, M. (2017). Dynamic Model Implementation for a Multi-Purpose 1-D Planar SOFC: Gaining Insight Behaviour into an Intermediate Temperature SOFC. <http://resolver.tudelft.nl/uuid:2a4683ac-f345-464c-97ce-b11bc3631ed2>
5. Behling, Noriko. (2012). Fuel Cells: Current Technology Challenges and Future Research Needs. Fuel Cells: Current Technology Challenges and Future Research Needs. 1-685.
6. Padullés, J., Ault, G., & McDonald, J. (2000). *An integrated SOFC plant dynamic model for power systems simulation. Journal of Power Sources*, 86(1-2), 495–500. 10.1016/s0378-7753(99)00430-9
7. Bao, Cheng & Wang, Ying & Feng, Daili & Jiang, Zeyi & Zhang, Xinxin. (2018). Macroscopic modeling of solid oxide fuel cell (SOFC) and model-based control of SOFC and gas turbine hybrid system. *Progress in Energy and Combustion Science*. 66. 83-140. 10.1016/j.peccs.2017.12.002.
8. Bove R., Lunghi P., Sammes N.M. (2005). *SOFC mathematic model for systems simulations. Part one: from a micro-detailed to macro-black-box model. International Journal of Hydrogen Energy*, 30(2), 181–187. 10.1016/j.ijhydene.2004.04.008
9. Costamagna, P., Magistri, L., & Massardo, A. F. (2001). *Design and part-load performance of a hybrid system based on a solid oxide fuel cell reactor and a micro gas turbine. Journal of Power Sources*, 96(2), 352–368. 10.1016/s0378-7753(00)00668-6
10. Costamagna, P. (1998). *Modeling of Solid Oxide Heat Exchanger Integrated Stacks and Simulation at High Fuel Utilization. Journal of The Electrochemical Society*, 145(11), 3995. 10.1149/1.1838904
11. Costamagna, P., Selimovic, A., Del Borghi, M., & Agnew, G. (2004). *Electrochemical model of the integrated planar solid oxide fuel cell (IP-SOFC). Chemical Engineering Journal*, 102(1), 61–69. 10.1016/j.cej.2004.02.005

12. Aguiar, P. & Adjiman, C.S. & Brandon, N.P. (2004). Anode-supported intermediate temperature direct internal reforming solid oxide fuel cell. I: Model-based steady-state performance. *Journal of Power Sources*. 138. 120-136. 10.1016/j.jpowsour.2004.06.040.
13. Famouri, P., & Gemmen, R. S. (n.d.). Electrochemical circuit model of a PEM fuel cell. 2003 IEEE Power Engineering Society General Meeting (IEEE Cat. No.03CH37491). 10.1109/pes.2003.1267364
14. Gemmen, Randall. (2003). Analysis for the Effect of Inverter Ripple Current on Fuel Cell Operating Condition. *Journal of Fluids Engineering-transactions of The Asme - J FLUID ENG*. 125. 10.1115/1.1567307.
15. Лоскутников А. А., Горюнов И. М., Бакиров Ф. Г., Липилин А. С., Кулаев В. В. Разработка модуля термодинамического расчета твердооксидных топливных элементов SOFC // Вестник ВГТУ. 2010. №10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-modulya-termodinamicheskogo-rascheta-tverdooksidnyh-toplivnyh-elementov-sofc> (дата обращения: 08.12.2020).
16. Лоскутников Александр Александрович, Горюнов Иван Михайлович, Бакиров Федор Гайфуллович Математическое моделирование кэу на основе ГТУ и ТОТЭ в компьютерной среде // Вестник УГАТУ = Vestnik UGATU. 2012. №2 (47). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskoe-modelirovanie-keu-na-osnove-gtu-i-tote-v-kompyuternoj-srede> (дата обращения: 08.12.2020).
17. Revankar, Shripad & Majumdar, Pradeep. (2014). Fuel Cells: Principles, Design, and Analysis. 10.1201/b15965.
18. Bossel UG. Facts and figures. Energy Agency Final Report. Swiss Federal Office of Energy, 1992.
19. Chan, S., Khor, K., & Xia, Z. (2001). A complete polarization model of a solid oxide fuel cell and its sensitivity to the change of cell component thickness. *Journal of Power Sources*, 93(1-2), 130–140. 10.1016/s0378-7753(00)00556-5
20. Gemmen, R. S., & Johnson, C. D. (2005). Effect of load transients on SOFC operation—current reversal on loss of load. *Journal of Power Sources*, 144(1), 152–164. 10.1016/j.jpowsour.2004.12.027.
21. Qi, Y., Huang, B., & Chuang, K. T. (2005). Dynamic modeling of solid oxide fuel cell: The effect of diffusion and inherent impedance. *Journal of Power Sources*, 150, 32–47. 10.1016/j.jpowsour.2005.02.080.

СЕКЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ БУДУЩЕГО

СИСТЕМА ТЕСТИРОВАНИЯ МИКРОКОМПРЕССОРОВ

Брагин Константин Александрович

ГБОУ Школа №1508, 11 класс

Научный руководитель:

Кюрджиев Юрий Владимирович

к.т.н., доцент, МГТУ им. Н.Э. Баумана

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день, в промышленности активно используют газоанализаторы. Газоанализатор включают в себя набор датчиков, компрессор, щуп. Важным элементом является компрессор, он используется для поступления газа к датчикам. Зачастую заявленные технические характеристики компрессора отличаются от реальных. Для уточнения реальных характеристик компрессора необходимо провести его тестирование. Оно включает в себя расчёт массового и объёмного расхода газа при определённом напряжении и частоте ШИМ, что позволяет провести сравнение с заявленными характеристиками. Существующие системы вносят погрешности в измерения поскольку создают сопротивление на пути газа или являются неточными, сложными в эксплуатации. Эти проблемы можно решить, если измерять расход газа на основании изменения давления в герметичной колбе. Низ колбы заполнен жидкостью, уровень которой колеблется. Зная время необходимое для изменения уровня жидкости до определённых значений можно рассчитать объёмный и массовый расходы. Данная система не создаёт никаких сопротивлений, является простой в эксплуатации. Для эффективного управления установкой тестирования

необходим электронный блок управления. Его возможно реализовать как на базе систем Arduino, так и непосредственно на микроконтроллере семейства ATmega. микроконтроллер ATmega работает быстрее, поскольку его программирование производится на более низкоуровневом C, в отличие от C++ для Arduino, что позволяет более эффективно им управлять. Так же на микроконтроллере возможен быстрый и удобный доступ к таким низкоуровневым инструментам как таймеры прерывания, регистры ввода/вывода. Решению задачи создания эффективной, не создающей сопротивления системы тестирования компрессора посвящена данная работа.

1 Обзор существующих методик измерения расхода газа

На текущий момент используется множество способов измерения расхода газа¹⁾. Вот некоторые из них: гравиметрический, с использованием поршня с ртутным уплотнителем, тепловой, при помощи суживающих устройств.

1.1 Гравиметрический

Гравиметрический метод основан на измерении изменении массы балона с газом. С помощью редуктора и вентиля тонкой регулировки обеспечивается постоянство потока газа. Общая схема изображена на рис 1.

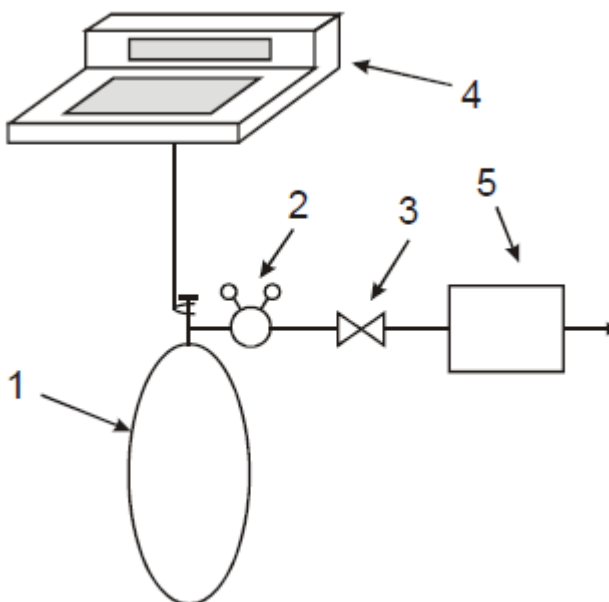


Рис. 1. 1 – баллон, 2 – редуктор, 3 – вентиль тонкой регулировки, 4 – весы, 5 – калибруемое устройство

Преимуществом данной системы является её простота, независимость от параметров газа, но для достижения приемлемой точности необходимо дорогостоящее и высокотехнологичное измеряющее оборудование, большое количество времени. Допустимый диапазон расхода составляет 1-50000

¹⁾ Способы измерения расхода газа взяты из научно-технического вестника информационных технологий, механики и оптики. 2006, том 6, номер 8 (май).

л\мин.

1.2 Использование поршня с ртутным уплотнителем

Данный метод основан на поднятии поршня давлением газа в стеклянной колбе. По мере поднятия поршня, из-за давления газа, срабатывают фотодатчики, начинается отсечка времени. На основании затраченного времени и объёма сосуда измеряется массовый расход. Схема приведена на рис 2.

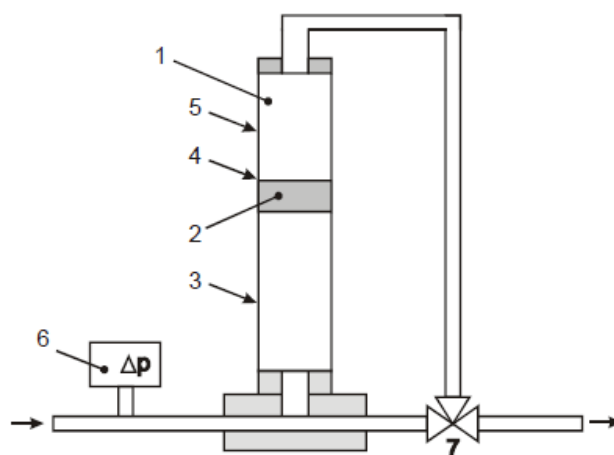


Рис. 2. 1 – стеклянная трубка, 2 – поршень, 3, 4, 5 – фотозлектрические датчики, 6 – датчик давления.

Несомненное преимущество такой установки – высокая точность, относительная погрешность составляет 0,2-0,5%. Допустимый диапазон расхода составляет 5-50000 л\мин. Однако измерения и расчет расхода занимают длительное время. Установка позволяет производить измерение расхода только инертных газов. Другим существенным недостатком является использование ртути для уплотнения, газ, проходящий через колбу, насыщается её парами, что делает его ядовитым для человека, необходима установка под вытяжку. Так же, при расчётах необходимо учитывать массу поршня, потери газа, который просачивается через уплотнитель. Давление поршня создаёт сопротивление, что не позволяет рассчитать реальные характеристики компрессора без нагрузки.

1.3 Тепловой измеритель расхода

Этот метод основан на изменении температуры газа. Зная параметры газа и количество теплоты, переданное ему возможно подсчитать массу газа, прошедшего через датчик. Схема приведена на рис 3.

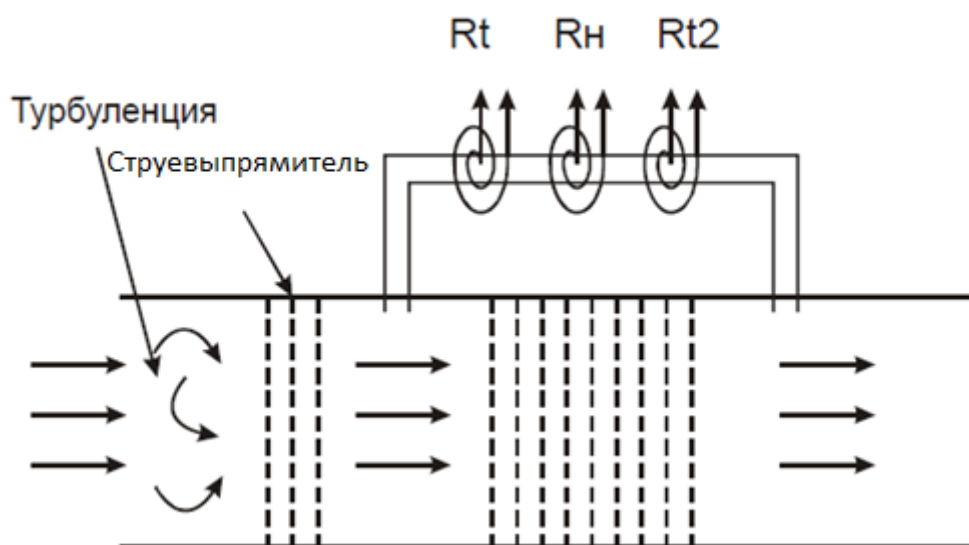


Рис. 3

Газ проходящий через R_H нагревается, с помощью терморезисторов R_t, R_{t2} измеряется изменение температуры. На основании этого рассчитывается давление. Преимуществами этого способа является независимость от параметров газа, высокая точность, относительная погрешность составляет от 0,5% до 1%. Допустимый диапазон расхода составляет 1-50000 л\мин. Этот подход к измерению широко распространён. Существенным недостатком является создание сопротивления на пути газа, что так же не позволяет использовать его для расчёта реальных характеристик.

1.4 Измерение с помощью суживающих устройств

Данный метод основан на изменении давления газа при проходе через суживающее устройство, диаметр которого меньше диаметра трубы. Схема приведена на рис 4.

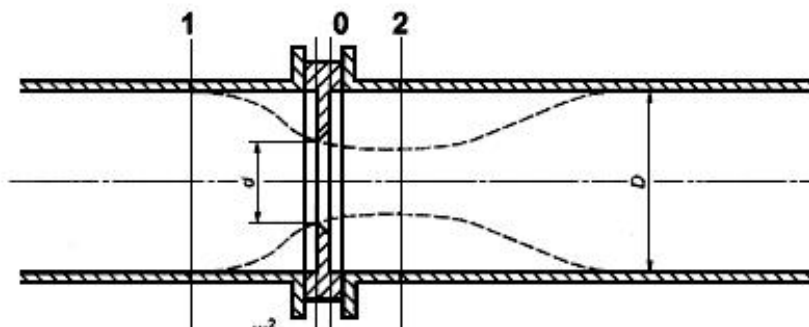


Рис 4. 1,2 — датчики давления, 0 — суживающее устройство.

Зная давление на срезах 1, 2, параметры трубы и суживающего устройства, а также плотность, температуру и прочие параметры газа возможно рассчитать объёмный и массовый расход. Зачастую перед этим устройством ставят струевыпрямитель, что обеспечивает равномерный поток газа. Этот метод широко применяется для расчёта расхода и описан в ГОСТ 8.586.1-2005. К недостаткам относится зависимость от точности измерения параметров газа, что приводит к общей погрешности порядка 1-2%, эта погрешность явно недостаточна для измерения параметров микрокомпрессоров. Также, суживающие устройства вносят сопротивление, не позволяющее измерить реальные технические параметры микрокомпрессора.

Таким образом, существующие системы измерения расхода газа не обеспечивают достаточной точности, сложны в обслуживании, или вносят сопротивление. Поскольку для понимания поведения компрессора необходимо знать характеристики его работы без какой-либо нагрузки, т.к. наличие сопротивления или нагрузки вносит изменения в производительность, потребление тока, то существующие системы не

целесообразно применять для тестирования микрокомпрессора.

2 Принцип работы системы измерения расхода воздуха через микрокомпрессор

Существующие методики тестирования так или иначе вносят сопротивления на пути газа, соответственно оценка реальных технических характеристик компрессора невозможна, поскольку заявленные технические характеристики компрессора справедливы для работы без нагрузки. Таким образом, необходимо проводить тестирование избегая всякого сопротивления. Схема установки для измерения расхода газа представлена на рис 5.

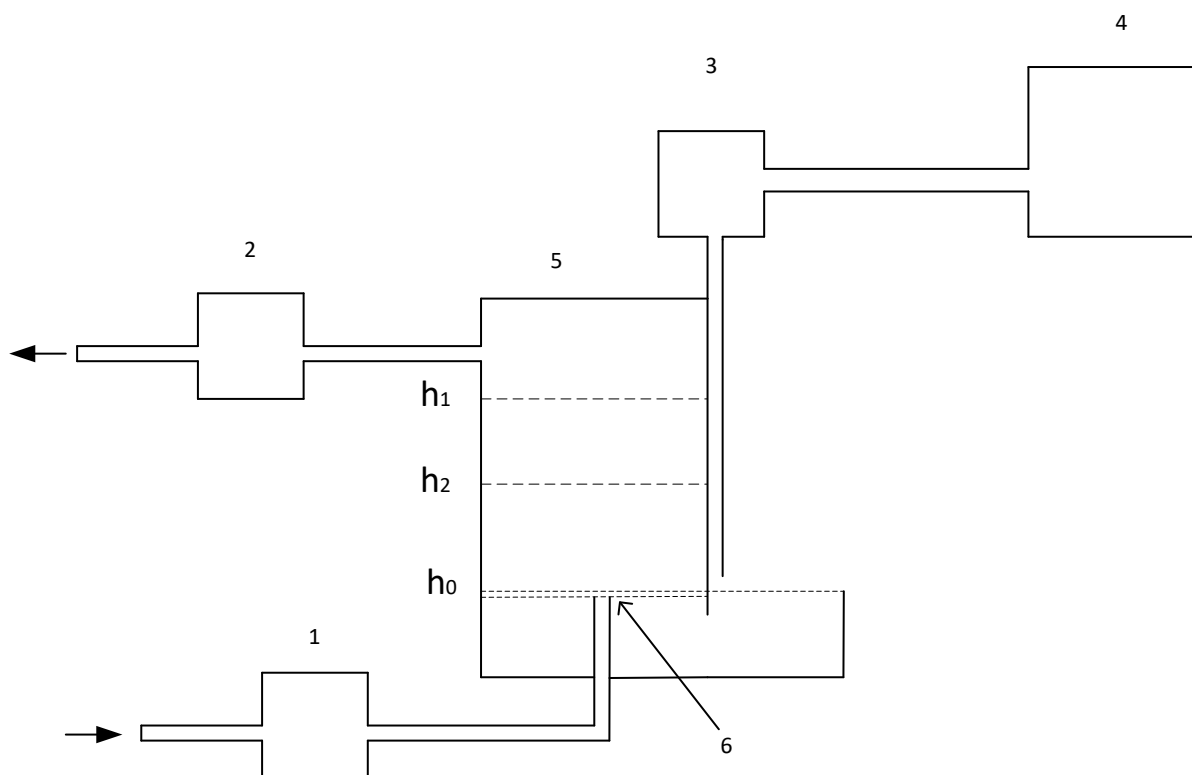


Рис 5. 1 — тестируемый компрессор, 2 — компрессор откачки воздуха, 3 — масляный насос, 4 — ёмкость с маслом, 5 — герметичная колба, 6 — срез выходной трубки тестируемого компрессора.

В основе метода лежит измерение изменения уровня жидкости в

герметичном сосуде за промежуток времени. Изначально уровень масла находится на отметке h_0 . Компрессора 2, 3 начинают работу. Компрессор 2 откачивает воздух из-под колбы, компрессор 3 обеспечивает постоянство уровня масла вне колбы на отметке h_0 , откачивая масло из резервуара 4. Как только уровень масла пересекает отметку h_1 компрессора 2, 3 прекращают работу, Уровень масла вне колбы устанавливается на отметке h_0 , внутри колбы на h_1 . Давление на срезе трубки 6 оставляет $P = P_a - P_{\text{добав.натяж.жидк.}}$, это гарантирует отсутствие всяких сопротивлений при работе компрессора. Тестируемый компрессор 1 закачивает воздух в герметичную колбу 5. По мере уменьшения уровня масла ниже отметки h_1 начинается отсечка времени до момента прохождения уровня h_2 . Прохождение отметок фиксируется при помощи пар лазер-фоторезистор. Зная температуру и молярную массу воздуха, время работы нетрудно рассчитать массовый расход по формуле (13) и объёмный расход по формуле (14). Электронная система управления обеспечивает учёт времени, работу микрокомпрессоров, лазеров, фоторезисторов, расчёт расхода и вывод результатов.

2.1 Вывод формулы расчёта массового и объёмного расхода

Усреднённый массовый расход G за время Δt считается как изменение массы газа в промежуток времени. Поскольку масса газа, расходуемого компрессором, будет равна массе газа поступившего в колбу для расчёта массового расхода газа компрессором достаточно подсчитать массу газа, поступившего в колбу.

$$G = \frac{\Delta m}{\Delta t} \text{ [кг/с]}, \quad (1)$$

где G — массовый расход газа, кг/с;

Δm — изменение массы газа в процессе измерения, кг;

Δt — время измерения, с.

Масса вещества рассчитывается как произведение плотности вещества на его объём.

$$m = \rho V \text{ [кг]}, \quad (2)$$

где ρ — плотность газа, кг/м³;

V — объём газа, м³.

Объём рассчитывается как произведение разности высоты сосуда и уровня жидкости на площадь основания сосуда.

$$V_2 = (l - h_2)S \text{ [м}^3\text{]} \quad (3)$$

$$V_1 = (l - h_1)S \text{ [м}^3\text{]}, \quad (4)$$

где l — расстояние от трубки до вершины сосуда, м;

h_1, h_2 — расстояния от трубки до уровня воды в 1, 2 состояниях соответственно, м.

Масса вещества выражается из уравнения Менделеева — Клапейрона.

$$PV = \frac{m}{Mr} RT \quad (5)$$

$$m = \frac{PVMr}{RT} \text{ [кг]}, \quad (6)$$

где Mr — молярная масса газа, кг/моль;

R — универсальная газовая постоянная;

T — температура газа, К;

P — давление газа, Па.

Давление газа можно рассчитать, как

$$P_1 = P_a - \rho gh_1 \text{ [Па]} \quad (7)$$

$$P_2 = P_a - \rho gh_2 \text{ [Па]}, \quad (8)$$

где P_a — атмосферное давление, Па;

ρ — плотность воды, кг/м³.

Масса газа будет выражаться как:

$$m_1 = \frac{(P_a - \rho gh_1)V_1Mr}{RT} \text{ [кг]} \quad (9)$$

$$m_2 = \frac{(P_a - \rho gh_2)V_2Mr}{RT} \text{ [кг]} \quad (10)$$

Соответственно расход газа выражается как

$$G = \frac{m_2 - m_1}{\Delta t} \text{ [кг/с]} \quad (11)$$

$$G = \frac{\frac{(P_a - \rho gh_2)V_2Mr}{RT} - \frac{(P_a - \rho gh_1)V_1Mr}{RT}}{\Delta t} \text{ [кг/с]} \quad (12)$$

$$G = \Delta t Mr \frac{(P_a - \rho gh_2)V_2 - (P_a - \rho gh_1)V_1}{RT} \text{ [кг/с]} \quad (13)$$

Объёмный расход выражается как

$$Q_v = \frac{V_2 - V_1}{\Delta t} \text{ [м}^3\text{/с]}, \quad (14)$$

Где Q_v — объёмный расход.

Таким образом, массовый расход зависит лишь от температуры и времени

работы, а объёмный расход только от времени работы.

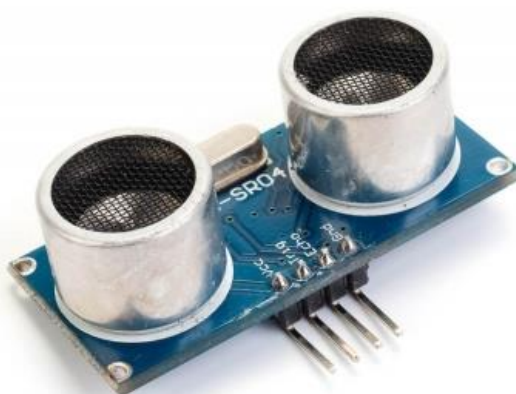
2.2 Выбор рабочей жидкости измерительной системы

Значимой проблемой является учёт давления паров воды. Поскольку давление насыщенных паров воды сильно различается в зависимости от температуры и составляет от 0,6 кПа до 5 кПа, от 0°C до 30°C соответственно, а при 100°C достигает 100 кПа, необходимо учитывать это давление при расчётах. Это влечёт за собой ещё одну проблему. Температура воды может отличаться от температуры газа, в результате чего температура газа изменится. Также, для получения температуры воды необходим отдельный высокоточный датчик т.к. малейшие погрешности в измерении температуры воды влекут за собой серьёзные погрешности в давлении. Решением является использования специального вакуумного масла. Прозрачность масла практически не отличается от прозрачности воды, таким образом, оно не мешает прохождению света лазеров. Давление паров этого масла составляет десятые доли Па, что позволяет пренебречь им. Таким образом, было принято решение заменить воду на вакуумное масло.

2.3 О способах измерения уровня жидкости

Другим важным вопросом является способ измерения уровня жидкости. Существует несколько вариантов: ультразвуковой датчик, датчик уровня воды, отсечка с помощью лазеров и фоторезисторов в контрольных точках. Каждый из них имеет свои плюсы и минусы.

Ультразвуковой датчик представляет из себя источник ультразвука и его приёмник (рис. 6). Источник и приёмник могут быть как единым компактным модулем, так разнесены на отдельные платы.



Плюсы:

- Лёгкость устано
- Лёгкость получения данных оо уровне жидкости.
- Низкое энергопотребление, 2 мА в режиме ожидания и 15 мА при активном облучении.

Минусы:

- Низкая точность, недостаточная для учёта малого расхода газа. Погрешность датчика составляет порядка 1 см, погрешность перевода из аналогово в цифровой сигнал составляет 0,389 см. При диапазоне измерений 2 – 400 см, разрядности АЦП 10 бит.
- Является источником ультразвука, что может негативно влиять на людей и работу других приборов.

Датчик уровня воды представляет из себя пластину (рис 7), сопротивление которой меняется по мере погружения её в воду.

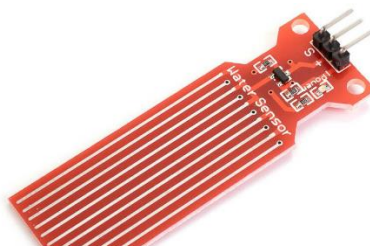


Рис. 7. Датчик уровня воды.

Плюсы:

- Чрезвычайно низкое энергопотребление поскольку отсутствует какое-либо излучение.

Минусы

- Низкая точность, недостаточная для учёта малого расхода газа.
- Работает только в электропроводящей жидкости.
- Малый диапазон измерений.
- Сложность установки и изоляции управляющих элементов.

Использование оптического способа является наиболее приемлемым способом измерения уровня жидкости поскольку свойства пучка света не меняются при изменении внешних условий, таких как: температура, давление, влажность. Из-за изменения освещённости меняется сопротивление фоторезистора, это легко зафиксировать. По мере повышения уровня масла луч лазера частично преломляется, частично рассеивается, соответственно меняется сопротивление фоторезистора. Зная время, за которое уровень масла пересекает отметки и разницу высот можно узнать уровень масла в любой момент времени.

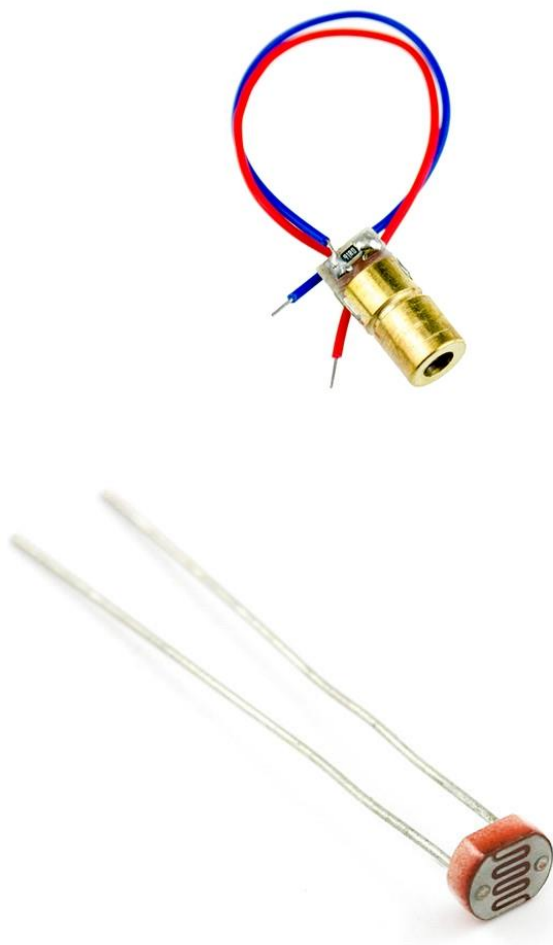


Рис. 8. Лазер и фоторезистор.

Плюсы:

- Высокая точность. Луч лазера тонок, что позволяет точно определить время пересечения.

Минусы:

- Возможность попадания пучка света в глаза человека. Решается жёсткой фиксацией в безопасном положении, например при помощи эпоксидной смолы.
- Сравнительно высокое энергопотребление. Потребляемый ток составляет около 40 мА. Один из лазеров можно отключать по мере изменения уровня жидкости

Анализ возможных вариантов показал, что использование лазеров вместе

с фоторезисторами является наиболее приемлемым способом измерения уровня жидкости т.к. обеспечивает наибольшую точность, логика работы проста и поддается алгоритмизации.

2 Электронная система управления

Поскольку ручное проведение измерений и вычислений является весьма неточным, современные технологии позволяют автоматизировать практически все процессы проведения тестирования целесообразно использовать микроконтроллеры для сбора и анализа данных, управление тестированием. На сегодняшний момент на рынке присутствует множество микроконтроллеров, одноплатных компьютеров. Наиболее популярными являются платы Arduino, или микроконтроллеры ATmega, на которых и построены большинство плат Arduino. Поскольку платы Arduino являются готовыми продуктами, имеют фиксированный набор выходов, большие габариты и малую масштабируемость было принято решение использовать непосредственно микроконтроллеры ATmega. Одним из представителей этого семейства является микроконтроллер ATmega8. В сборке задействованы 3 микрокомпрессора, 2 лазера, 2 терморезистора, LCD экран для вывода результатов тестирования, микроконтроллер ATmega8-16PU в корпусе PDIP. Также, поскольку не рекомендовано пускать через МК большие токи, на каждую линию нагрузки используется отдельный биполярный транзистор КТ209А. Для повышения точности измерений и качества работы используется внешний тактовый генератор на 8 МГц и пара конденсаторов для фильтрации помех, создаваемых микроконтроллером. Принципиальная схема системы управления изображена на рис 9.

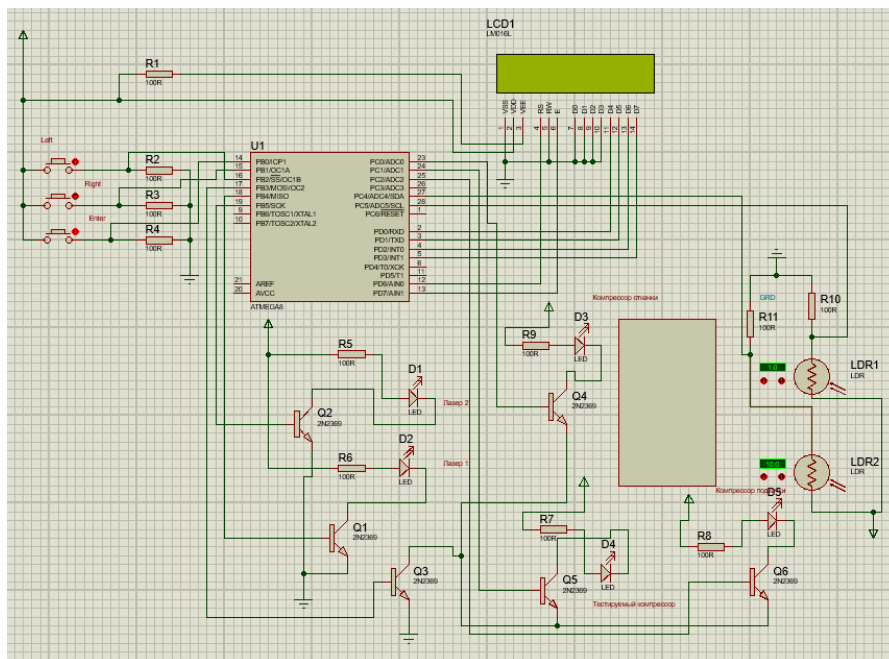


Рис. 9. Логическая схема.

Так же была разработана печатная плата, её схема представлена на рис 10.

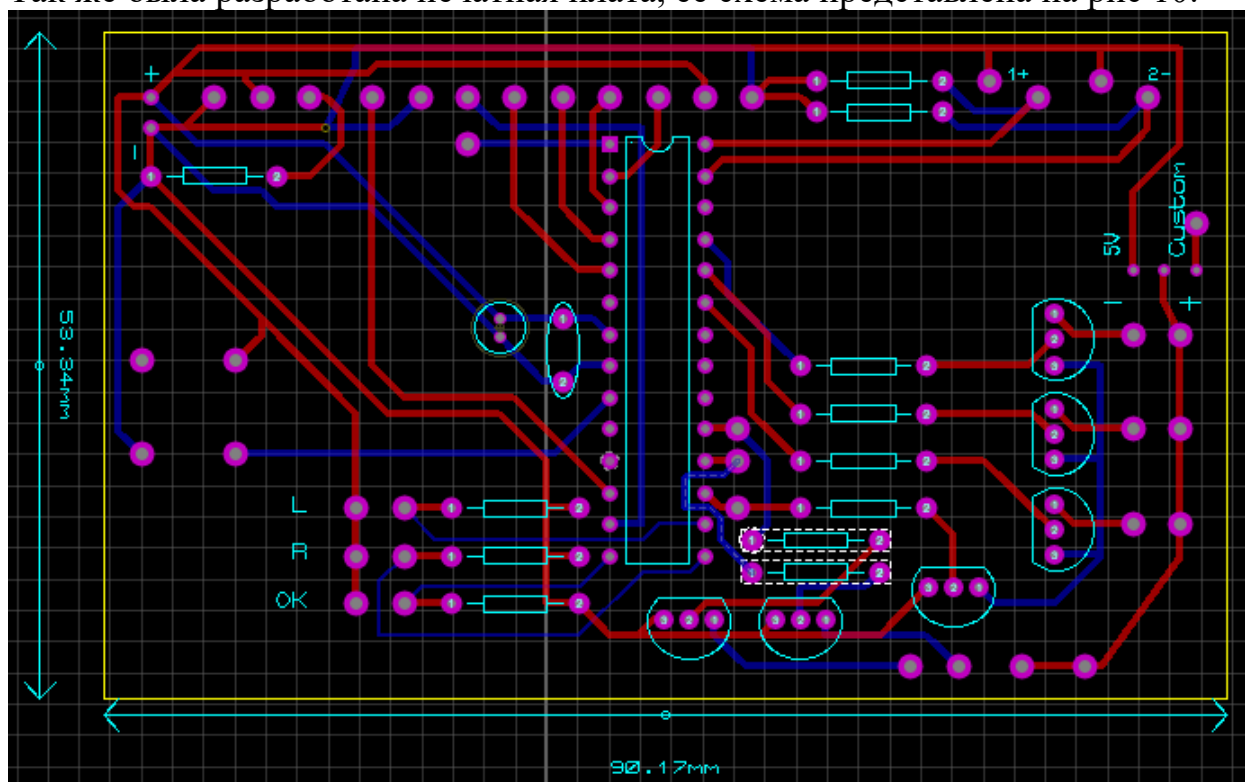


Рис. 10. Разводка печатной платы.

На рис. 11 представлена 3д модель печатной платы.

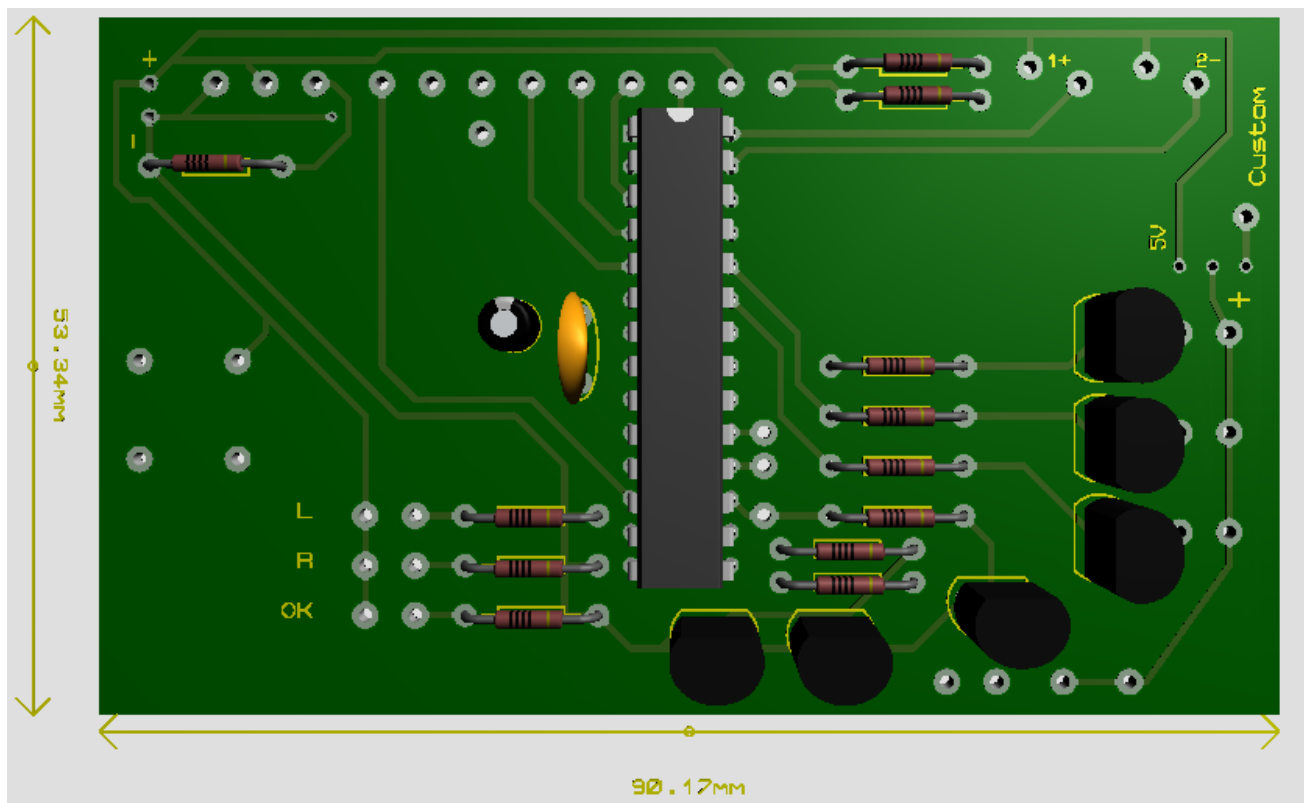


Рис. 11. 3д модель разводки печатной платы.

Исходный код управления микроконтроллером и разводка печатной платы доступны по ссылке <https://github.com/koty166/Project-source>.

4 Заключение

В результате исследовательского проекта разработана система тестирования микрокомпрессоров. Установка для проведения тестирования представлена на рис 12.

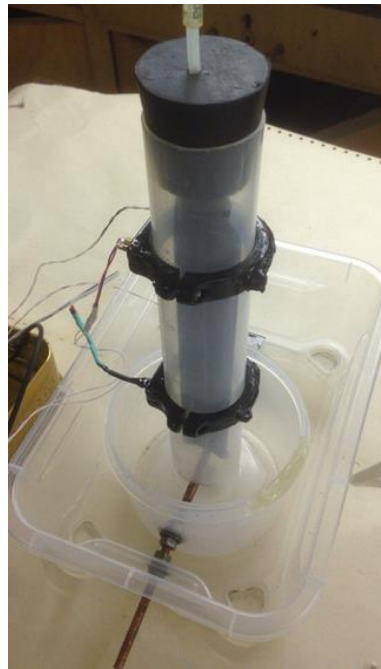


Рис. 92. Колба для проведения тестирования.
Электронная система управления без периферии и датчиков на рис 13.

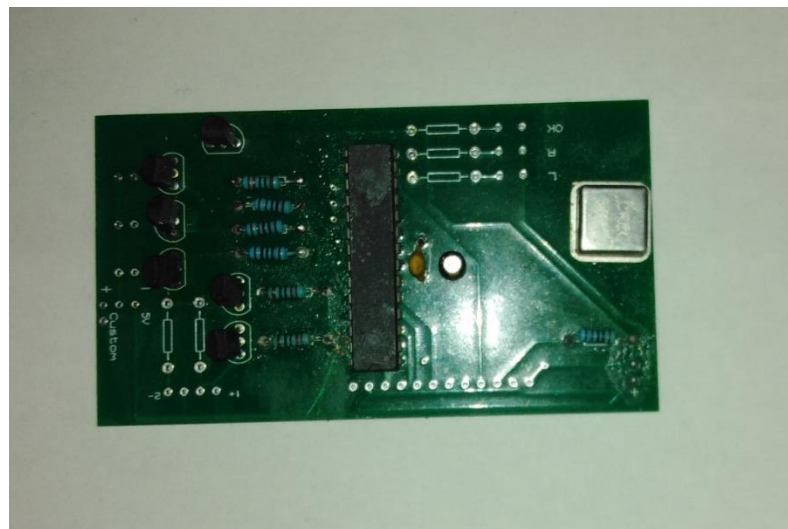


Рис. 13. Печатная плата без периферии.
Электронная система управления с LCD экраном и датчиками на рис 14.

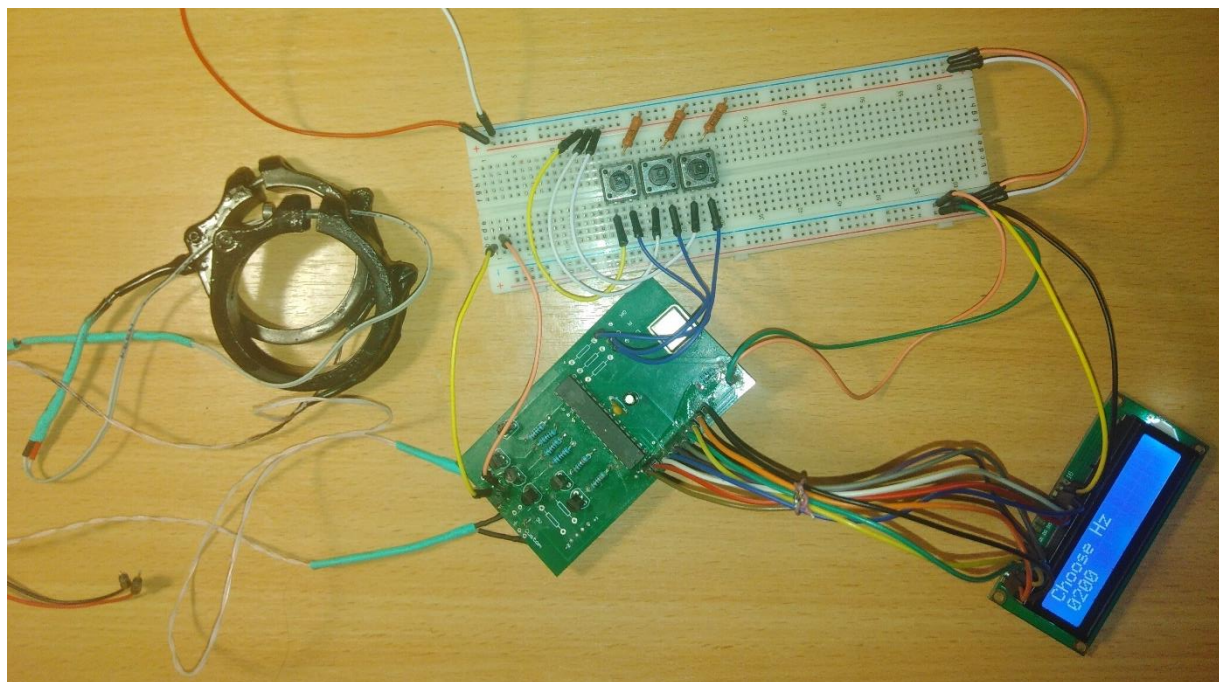


Рис. 14. Печатная плата с периферией.

Данную систему можно использовать для тестирования магнитоэлектрических мембранных микрокомпрессоров. Результаты тестирования, затраченное время и параметры ШИМ выводятся на LCD экран. Возможна установка печатной платы в корпус, например напечатанный на 3д принтере.

5 Список используемых источников

1. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2006, том 6, номер 8 (май).

СЕКЦИЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ПРОИЗВОДСТВО
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ
ДОСТУПА К ДИСТАНЦИОННЫМ МЕРОПРИЯТИЯМ С
ЗАЩИТОЙ ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ПРОСМОТРА**

ONLINE KEY TECHNOLOGY

Сергеев Владислав Антонович

В наше время существует проблема территориальной разрозненности аудитории, когда жители разных городов лишены возможности посещать мероприятия в других регионах. Онлайн-трансляции устраняют проблему отсутствия возможности лично присутствовать на мероприятии и вместимости зрительного зала. Прямая трансляция в сети Интернет не только не снижает числа посетителей, приобретающих билеты на само событие, но и способствует привлечению новых зрителей.

Видеоконтент набирает обороты и пользуется большим спросом среди пользователей Интернета. Он доступен всем пользователям на любых устройствах.

К сожалению, не все люди могут попасть на те мероприятия, которые они хотели бы посетить. Причины бывают разные. Например, человек болеет или он находится в другом городе или даже стране. Отличным решением в такой ситуации является онлайн-трансляция (прямой эфир). Человек посмотрит то мероприятие, которое хотел и сможет это сделать где угодно и как ему удобно. А факт того, что это прямой эфир, даст ему ощущение участия. Но прямая трансляция не проблема, если мероприятие бесплатно, а что делать, если оно платное? Организатор не будет устраивать бесплатную трансляцию мероприятия, если он продаёт билеты на него. Ведь тогда он понесёт убытки. Что, если организатор сможет проводить не открытые, а закрытые трансляции платных мероприятий и продавать на них билеты? Тогда человек, который хочет, но не может попасть на это мероприятие лично, сможет купить билет на онлайн-трансляцию. А организатор сможет провести трансляцию и при этом не терять прибыль от продажи обычных билетов. Такая система сможет найти компромисс между удобством зрителя и выгодой организатора, сохранив коммуникативность между ними. Именно это и делает система закрытых трансляций ОКТ (Online Key Technology).

Система ОКТ создана для тех, кто хочет увеличить доступность и

доход своего мероприятия. Организатор сможет продавать электронные билеты на онлайн-трансляцию своего события, а зрители смогут посмотреть его в удобной для них обстановке на любом экране. Закрытая трансляция также даёт возможность устроить вебинар, “мини-концерт” или семинар прямо у себя дома. ОКТ избавляет от необходимости поиска помещения для проведения мероприятия, ведь всё можно провести в “виртуальном” зале. ОКТ защищает трансляцию и продажу билетов на неё. По одному билету мероприятие не смогут смотреть несколько человек, в отличие от других систем.

Система ОКТ упоминалась в СМИ как решение проблемы для тех, кто, находясь дома, хочет попасть на матч, концерт или форум (рис. 1).



Рис. 1. СМИ о системе ОКТ.

Система имеет множество функций для всех пользователей. В личном кабинете организатор может управлять своими мероприятиями, создавать новые, настраивать свой профиль и параметры аккаунта. Чтобы создать событие, пользователь заполняет форму, в которой он может выбрать и указать: название, дату начала и окончания мероприятия, описание, контактный Email, баннер и его выравнивание, цветовую схему, цену билета, способ вывода средств и номер счёта, возрастное ограничение, подпись организатора и чат со зрителями. Если все поля пройдут автоматическую валидацию системой, то станет доступна страница предпросмотра, после чего будет возможность создать мероприятие. Каждое мероприятие имеет свою уникальную ссылку страницы, на которой зрители могут ознакомиться с ним и купить билет. Для каждого события в “Панели мероприятий” предоставляются разделы: “Редактор мероприятия”, “Генератор афиши”, “Статистика мероприятия” и “Панель трансляции мероприятия”.

В “Редакторе мероприятия” можно редактировать ранее указанную информацию о событии.

В разделе “Генератор афиши” организатор может изменить название, описание, выравнивание изображения и фоновый цвет афиши. После нажатия кнопки “Создать афишу” будет создано JPG изображение высокого качества (рис. 2), загрузка которого начнётся автоматически.

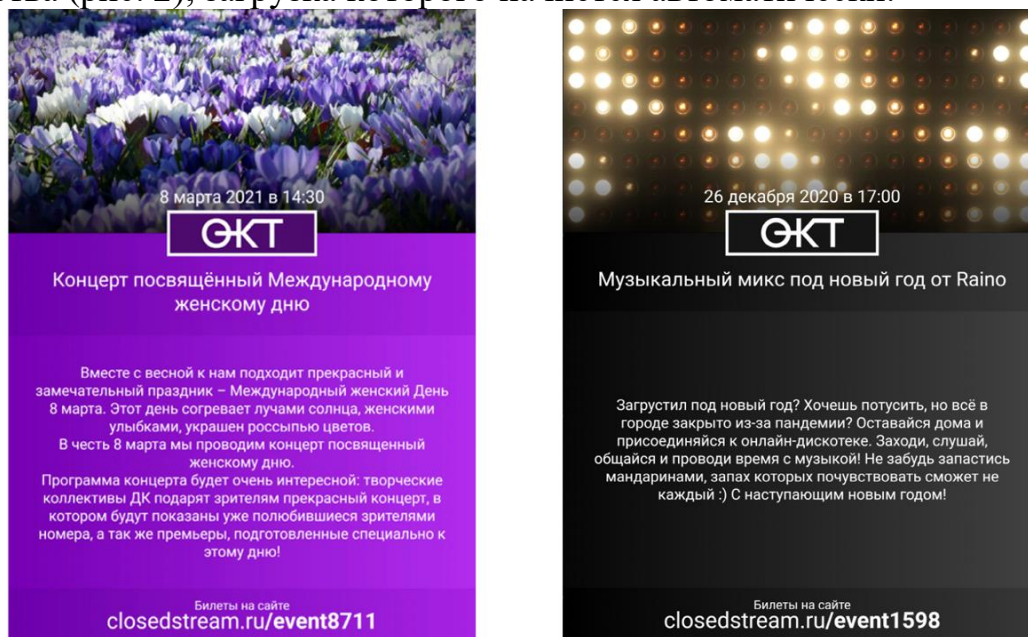


Рис. 2. Примеры сгенерированных афиш.

В “Статистике мероприятия” можно посмотреть как общую информацию, так и о каждом зрителе отдельно, включить или отключить уведомления о покупках на Email, подготовить отчёт и распечатать его, а также выдать пригласительный билет. Хотелось бы обратить отдельное внимание на формирование отчётов. Для экономии бумаги и тем самым сохранения экологии, расположение элементов в отчёте сделано так, чтобы оно было максимально компактным и занимало как можно меньше места. Отчёт бывает трёх типов: актуальный на данный момент до начала мероприятия, актуальный на данный момент во время мероприятия и итоговый. Информация в этих отчётах будет немного отличаться количеством информации. Например, в отчёте до начала мероприятия не будет “Процента просмотра” у зрителей, а во время трансляции и в итоговом будет. Также в отчёт включена дополнительная информация об организаторе для более удобной бумажной систематизации.

В “Панели трансляции мероприятия” организатор может получить ключи, необходимые для подключения к системе через программы для стриминга. На странице также расположена статус панель, плеер, кнопки управления, таймер, модули, рекомендации и чат. В статус панели отображается текущее состояние видеопотока и количество зрителей в реальном времени, которое появится после начала трансляции. С помощью кнопок управления организатор может изменить ключ трансляции до наступления даты начала мероприятия в целях безопасности, если его данные были скомпрометированы, и завершить мероприятие досрочно, если есть такая необходимость. Таймер является удобным ориентиром для

организатора. Он отсчитывает время до начала мероприятия, время с момента начала мероприятия и дополнительное время по наступлению запланированного окончания мероприятия. Модули позволяют организатору дополнить и сделать свою трансляцию более динамичной. Он может использовать персональную заставку в своей трансляции, а также может подключить чат, чтобы он отображался в реальном времени прямо на экране.

Организатор, рекламируя своё мероприятие, распространяет полученную им ссылку для привлечения аудитории и продажи билетов. Также для визуальной составляющей он может использовать сгенерированную системой афишу своего события. Структура страницы имеет интуитивно понятный интерфейс, приятный дизайн, а также адаптацию всех указанных организатором дат и времени под конкретный часовой пояс посетителя (рис. 3).

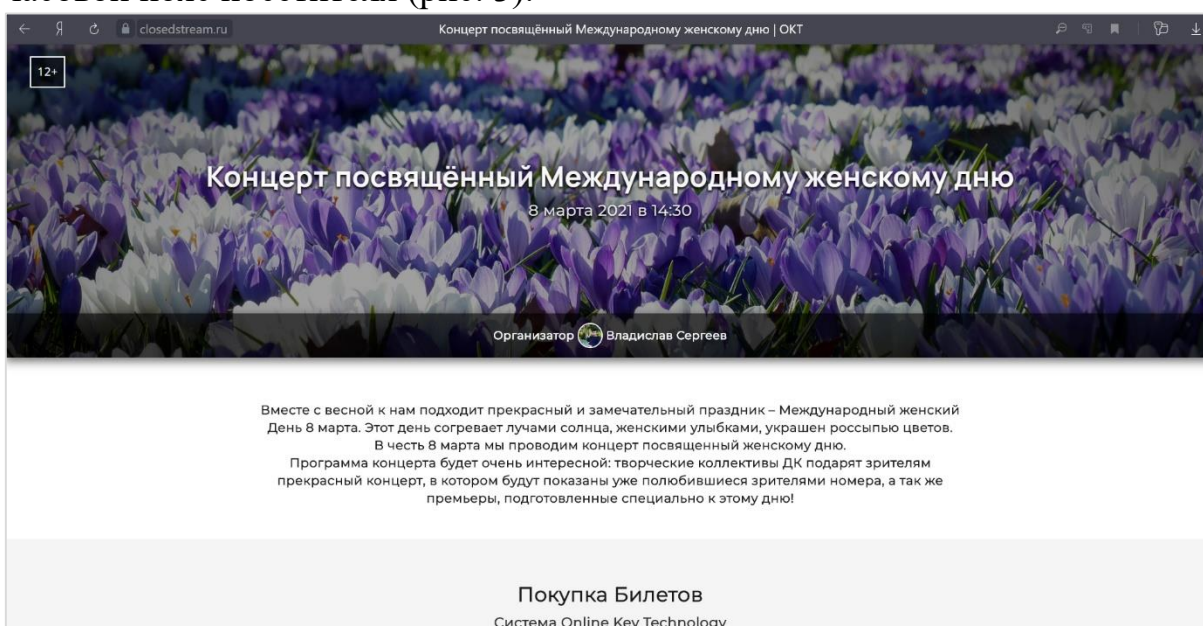


Рис. 3. Пример части страницы мероприятия.

После заполнения формы “Оформление билета”, зритель попадает на страницу покупки, на которой может выбрать удобный для себя способ оплаты. После завершения процедуры покупки, зрителю будет отправлено письмо с билетом на указанный им в форме Email. Зритель, перейдя по ссылке из письма, если мероприятие уже началось, попадёт на страницу просмотра. Если мероприятие ещё не началось, то на страницу ожидания. Ссылка-билет имеет защиту, которая не позволит использовать билет больше, чем одному человеку, но и не будет создавать для него какие-то трудности или ограничения (рис. 4).

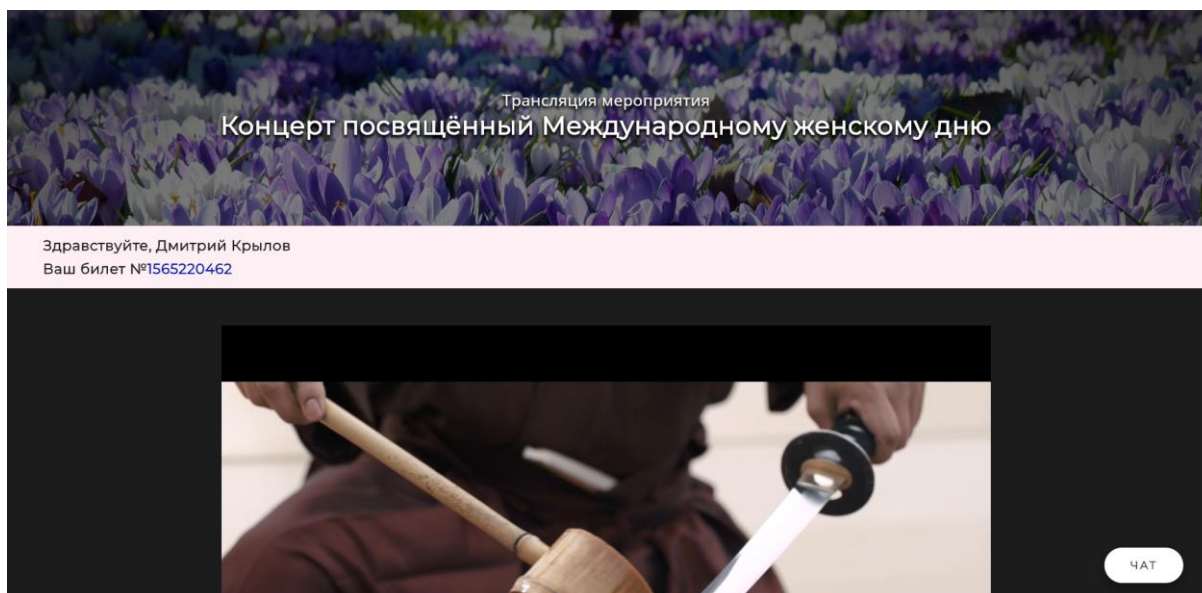


Рис. 4. Страница просмотра трансляции мероприятия.

Во время трансляции мероприятия, в зависимости от настроек организатора, зрителю может быть доступен чат, ответы на часто задаваемые вопросы и плеер для просмотра. В случае непредвиденных сбоев интернета у зрителя или организатора, система будет пытаться сделать всё возможное, чтобы восстановить видеопоток трансляции и чат, а также будет информировать зрителя/организатора о наличии проблем. Вся информация, включая соединение между трансляцией организатора и зрителем, проходит через собственный сервер системы, который обеспечивает дополнительную безопасность и стабильность данных, что исключает возможность получения доступа “из вне”. Как отмечают пользователи, даже при скорости интернета в 10 МБ/с, трансляция в разрешении Full HD не зависает.

При превышении времени окончания мероприятия, указанного организатором, более чем на один час или досрочном завершении страница просмотра для зрителя автоматически закрывается с уведомлением, что мероприятие завершено, а для организатора будет закрыт доступ ко всем разделам события, кроме “Статистика мероприятия”, в котором станет доступен более подробный итоговый отчёт, а также будет отправлен отчёт о продажах на его Email. В течение пяти дней на его счёт, указанный в настройках мероприятия, будет переведена сумма всего дохода от проданных билетов с учётом комиссии, указанной при выборе способа вывода средств.

Система ОКТ оптимизирована под различные устройства для максимальной кроссбраузерности и кроссплатформенности, адаптирована под мобильные устройства и вообще любые размеры экранов, от наручных часов до больших телевизоров, полностью протестирована и опробована в реальных условиях. Система регулярно модернизируется, обновляется и проверяется на отсутствие неисправностей. Были проведены различные мероприятия: концерты, вебинары, семинары и лекции. Заказчики оставили положительные отзывы о работе, удобстве и стабильности системы. ОКТ занимает ТОП-1 по популярным, высокочастотным запросам в Яндекс,

Mail.ru, Рамблер и DuckDuckGo.

Список используемых источников:

1. Сайт “Система ОКТ – закрытая трансляция мероприятий”
<https://closedstream.ru>
2. Джон Дакетт HTML и CSS Разработка и дизайн веб-сайтов М. Эксмо 2013
(Мировой компьютерный бестселлер)
3. Денис Колисниченко PHP и MySQL. Разработка Web приложений БХВ-Петербург 2013
4. Гиберт Дамашке PHP и MySQL НТ Пресс 2011
5. Фримен Э. Робсон Э. Изучаем программирование на JavaScript Питер СПб 2018

СЕКЦИЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА
ВЫВЕДЕНИЯ КОНФЕРЕНЦИИ «КОСМОНАВТИКА»

**КОМПОЗИТНЫЕ КОНСТРУКЦИИ БОЛЬШОГО ОБЪЕМА ДЛЯ
КОСМИЧЕСКОГО ТУРИЗМА**

Самикова Анна Романовна

ГБОУ Школа №491 «Марьино», 11 класс

Научный руководитель:

Прокопович Лариса Михайловна

Учитель физики ГБОУ Школа №491 «Марьино»

Введение

На протяжении нескольких столетий космос является объектом человеческих наблюдений. Интерес к нему не утихает с каждым годом, а наоборот возрастает. Все то, что совсем недавно звучало бы совсем абсурдно- сегодня воплотило человеческим разумом. Лучшие умы человечества трудятся во имя идеи освоения космического пространства. На данный момент люди располагают даже готовыми проектами космических отелей. Например, российская компания «Orbital Technologies» объявила о своих планах строительства первого отеля в космосе. С появлением новых технологий появляются новые виды туризма. При наличии определенных финансовых возможностях человек способен побывать в космосе, как турист. Космический туризм только начинают развиваться, поэтому на данный момент он является самым дорогим и экстремальным видом путешествия.

На данный момент известны некоторые космические модули, которые

активно используются не только для хранения топлива, но в проведении различных экспериментов. В таблице 1 – «Модули» - приведены не только названия космических модулей, но и их назначение, функция.

На конец 2018 года МКС состоял из 15 модулей. В российском сегменте - 5 модулей, при этом модуль "Заря" является собственностью США, поскольку его изготовление профинансировало НАСА. К модулям России относятся «Заря», «Звезда», «Пирс», «Рассвет», «Поиск». Намечается увеличение количества модулей, так Россия в 2019 году пристыкует к МКС научный модуль "Наука". В американском сегменте - 10 модулей, при этом модули Коламбус и Леонардо принадлежат Европейскому космическому агентству, а Кибо - Японскому. К модулям США относятся «Юнити», «Дестини», «Квест», «Гармония», «Транквилити», «Купол», «ВЕАМ», «Коламбус», «Леонардо», «Кибо».

Таблица 1 – «Модули»

Название	Назначение, функция модуля
Функциональный грузовой блок "Заря" - американский модуль (Россия)	1. многократный прием топлива, его хранение; 2. обеспечение электроэнергией станции на первом этапе и временного пребывания экипажей.
Служебный модуль "Звезда" (Россия)	1. управление Российским сегментом МКС (т.е. управление всеми остальными модулями РС МКС); 2. обеспечение жизнедеятельности экипажа станции.
Стыковочный отсек «Пирс» (Россия)	1. обеспечение внекорабельной деятельности; 2. обеспечение транзитной передачи топлива.

Название	Название, функции модуля
<p><u>Малый исследовательский модуль "Рассвет" (Россия)</u></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. организация порта, обеспечивающего стыковки кораблей; 2. транзитная передача топлива; 3. доставка на МКС грузов НАСА; 4. предоставление зон хранения грузов, организация рабочих мест и размещение научной аппаратуры для проведения экспериментов.
<p><u>Малый исследовательский модуль "Поиск" (Россия)</u></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. проведение научно-прикладных экспериментов и исследований внутри и снаружи модуля; 2. организация дополнительного порта, обеспечивающего стыковку транспортных кораблей; 3. предоставление до 2 м³ полезных объемов в гермоотсеке для размещения научной аппаратуры (НА) и хранения грузов; 4. обеспечение транзитной передачи топлива.
<p>Модуль «Юнити» (США)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. наличие 6 стыковочных шлюзов для присоединения модулей МКС и коридора.

Название	Назначение, функция модуля
Модуль «Дестини» (США)	<ol style="list-style-type: none"> 1. проведение научно-исследовательских работ в медицине, материаловедении, биотехнологии, физике, астрономии и многих других областях наук; 2. содержит все необходимое для жизнеобеспечения.
Модуль «Квест» (США)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Возможность выхода в открытый космос в скафандрах или российского производства, или американского.
Модуль «Гармония» (США)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обеспечение электропитанием и обменом данными с другими модулями, которые присоединены к нему.
Модуль «Трансквилити» (США)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Полезный объем равный 74 кубометра; 2. Современная система СЖО.
Модуль «Купол» (США)	<ol style="list-style-type: none"> 1. позволяет вести наблюдения как за работами на МКС, так и за Землей.
Модуль ВЕАМ (США)	<ol style="list-style-type: none"> 1. проверка модуля на прочность, герметичность и работу в жестких условиях космоса, на защиту от радиации и других видов космических излучений, противостоянию мелкому космическому мусору; 2. результаты работы дадут ответ на вопросы дальнейших разработок и строения подобных космических аппаратов.

Название	Назначение, функция модуля
Модуль «Коламбус» (США)	<ol style="list-style-type: none"> 1. размещены приборы и аппаратура для определенных исследований; 2. имеются оборудования на внешней стороне модуля в условиях вакуума, что позволяет вести эксперименты по состоянию бактерий в экстремальных условиях, а также понять возможность появления жизни на других планетах или вести астрономические наблюдения; 3. ведется наблюдение за солнечной активностью и степенью воздействия Солнца на нашу Землю
Модуль «Леонардо» (США)	<ol style="list-style-type: none"> 1. доставка необходимых грузов на МКС; 2. входит в состав МКС как багажный <p>Герметичный многофункциональный модуль для постоянного размещения грузов.</p>
Модуль «Кибо» (США)	<ol style="list-style-type: none"> 1. благодаря отсекам человек может находиться в обычной, повседневной одежде; 2. хранить необходимое оборудование, результаты исследований, образцы и их транспортировка; 3. получать необходимые результаты об открытом космосе; 4. механическая рука; 5. стойки для проведения <p>биоэкспериментов дает возможность делать опыты по выращиванию различных кристаллов и в том числе биологических.</p>

Проблема: Возможно ли создать поточную линию космического туризма для расширения сферы деятельности человека в космосе?

Цель работы: создание модели космического модуля.

Задачи:

1. Изучить физические основы и конструктивные модели туристического жилого комплекса
2. Найти материал, который используется для этого построения
3. Определение тепловых характеристик металлоконструкций комплекса
4. Какие условия и требования СЖО должны быть выполнены на орбите для космических туристов

Мотивация создания модулей – развитие космического туризма и научных исследований.

1. Определение тепловых характеристик металлоконструкций комплекса

Космос «горячий», и конструктор, следовательно, должен принять меры к тому, чтобы предохранить космический аппарат от разрушающего действия высоких температур. Однако если взять пластинку и разместить ее в космическом пространстве так, чтобы на нее не поступали никакие тепловые потоки (например, поместить ее вдали от светил, планет и т. д.), то ее температура с течением времени окажется близкой к абсолютному нулю и составит всего 4 К. Этот эксперимент наглядно показывает, что космос «холодный».

Температура частиц воздуха в космосе весьма высокая, а температура тела, размещенного в этой «горячей» среде, оказывается низкой. Из-за малой плотности «космического воздуха» его молекулы очень редко соударяются с помещенным в его среде телом и в результате, несмотря на свою высокую температуру, не могут передать ему такое количество энергии, какое необходимо для заметного повышения его температуры. Специалисты по этому поводу говорят, что в космосе мала передача тепла за счет естественной конвекции.

Это означает, что космическое пространство одновременно является и «холодным» (4 К без нагрева), и «горячим» (473 К при освещении Солнцем). Следовательно, конструктор космических кораблей вынужден решать две прямо противоположные задачи: предохранять космический аппарат и от переохлаждения, и от перегрева. Решить первую задачу можно, вообще говоря, довольно просто – утеплить корпус аппарата своего рода космической «шубой» и, кроме того, подогревать отдельные части его конструкции (хотя последнее приводит к излишним затратам располагаемых энергоресурсов), вторая задача более коварна – охлаждение требует более серьезных усилий.

Улучшить условия отвода тепла в космос можно двумя способами. Во-первых, путем уменьшения отношения AS/ϵ (As -средний спектр коэффициента поглощения; ϵ -степень черноты её поверхности), что на практике достигается с помощью соответствующей обработки излучающей, или, как ее еще принято называть, радиационной поверхности. Широкое распространение получило, например, нанесение на эту поверхность специальных лакокрасочных покрытий, обеспечивающих рабочее значение $As/\epsilon = 0,5$ (в этом случае температура снизится и составит примерно 60°C). Во-вторых, можно отказаться от полной теплоизоляции одной из сторон рассмотренной ранее пластинки (т. е. уменьшить отношение площадей, воспринимающей и излучающей тепловой поток). Тогда тепло будет поступать на нее, с одной стороны, а излучаться – с двух.

Однако космический аппарат нагревается не только Солнцем, но и теплом, выделяемым его бортовой аппаратурой и членами экипажа. Отвести это избыточное тепло можно путем увеличения площади радиационной поверхности. За счет соответствующего выбора величины этой площади можно при заданной температуре отводить от космического аппарата весьма большие тепловые потоки.

Спасая от переохлаждения космический аппарат на теневой стороне, конструктор может «укутать его шубой», но тогда на солнечной стороне нельзя будет избавиться от лишнего тепла и аппарат перегреется: закипит электролит в аккумуляторах, выйдут из строя различного рода элементы бортовой аппаратуры и т. д. Какой же выход из этого противоречия?

ТЕПЛОВИК. Как показали уточненные расчеты, один из приборов, работающих в открытом космосе, перегревается. Для того чтобы его охладить, мы просим выделить дополнительно два ватта мощности для его подогрева.

ЭНЕРГЕТИК. Конечно, резервы энергетики на борту объекта у нас ничтожны, но два ватта выделяют для него.

Зачем же его тогда подогревать прибор?

Если на внешней стороне корпуса будет установлен какой-нибудь датчик, то этот прибор изолирован от корпуса, а значит, он имеет свою температуру, определяемую внешними и внутренними тепловыми потоками. Для того чтобы этот прибор в тени Земли не «замерзал», его закрывают «шубой», практически не пропускающей тепло. Но оптические «окна» остаются открытыми, а значит, на солнечной стороне орбиты на них могут поступать тепловые потоки. Кроме того, при работе прибора возникает его внутреннее тепловыделение.

Поэтому, для того чтобы сбросить все лишнее тепло и поддерживать постоянную температуру, на одной стороне поверхности «шубы» делают специальные вырезы, которые называются радиационные поверхности. На эти поверхности наносят лакокрасочные покрытия. Желательно, чтобы эти поверхности находились на той стороне прибора, которая вообще не освещается Солнцем. Выбирая величину площади радиационной поверхности, необходимую для сброса избыточного тепла, можно обеспечить максимальную температуру прибора ниже ее допустимого верхнего предела. Но «сброс» тепла с радиационной поверхности будет происходить также и в тени Земли. При этом может оказаться, что прибор на теневом участке орбиты не работает, т. е. не выделяет тепла.

В результате он будет охлаждаться, и нет другого выхода, кроме как с помощью автоматически включаемого обогревателя его нагревать. Если нужно на несколько градусов снизить максимальную температуру прибора, необходимо соответствующим образом увеличить площадь радиационной поверхности, а значит, и увеличить мощность обогревателя. Вот почему в приведенном разговоре энергетик не только совершенно спокойно отнесся к, казалось бы, абсурдной просьбе тепловика, но и удовлетворил ее.

Предлагаемый вариант многослойного тканевого пакета состоит из четырех слоев: первый и третий – ЭВТИ, а второй и четвертый – тканевый пакет из кевлара.

1. ЭВТИ, покрытый армидой металлизированной тканью (для уменьшения солнечных бликов), $\varepsilon_1=0,62$ (степень черноты), $\lambda_1=0,00013$ Вт/(м*К); $\delta_1=10$ мм.

2. Тканевый пакет из кевлара, $\delta=3$ мм(противометеоритная защита), $\lambda_2=0,04$ Вт/(м*К).

3. ЭВТИ, $\delta_3=40$ мм.

4. Тканевый пакет из кевлара, $\delta_4=4$ мм.

Эффектная теплопроводность пакета: $\lambda_\Sigma=\delta_\Sigma/R_\Sigma$, где δ_Σ – толщина пакета, R_Σ – полное термическое сопротивление пакета. R_Σ можно рассчитывать аналогично электрическому сопротивлению при последовательном сопротивлении. $R_\Sigma=R_1+R_2+R_3+R_4$ или $R_\Sigma=(\delta_1+\delta_3)/\lambda_1+(\delta_2+\delta_4)/\lambda_2$.

Модуль находится на околоземной орбите и в этом случае поглощает лучистые тепловые потоки: прямого солнечного излучения Q_c , отраженного Землей солнечного излучения $Q_{з.о}$. Поверхность оболочки излучает теплоту в окружающее пространство.

Проникающая через оболочку теплота представляет собой разность поглощаемого и излучаемого потоков:

$$Q_{пр}=Q_c+Q_3+Q_{з.о}-Q_{и}$$

Расчеты проводятся при следующих допущениях:

А) Конструкция представляет собой цилиндр с диаметром 3,2м и длиной 4,0м.

Б) Наружная поверхность оболочки изотермична ($T_1=const$) и температура внутренней поверхности оболочки T_2 постоянна.

Запишем уравнение:

$Q_{пр} = A_s J_0 F_m + \alpha_{мод-з} \epsilon E_3 F_{мод} + \alpha_{мод-з} A_s A_3 J_0 F_{мод} - \sigma_0 \epsilon T_1^4 F_{мод}$, где A_s – коэффициент поглощения солнечных лучей наружной поверхностью материала модуля;

$J_0 = 1400 \text{ Вт/м}^2$ – плотность потока солнечного излучения;

$E_3 = 277 \text{ Вт/м}^2$ – плотность собственного излучения Земли;

ϵ – степень черноты материала наружной поверхности модуля;

$A_3 = 0,39$ – альбеда Земли;

$\sigma_0 = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К}^4)$ – постоянная Стефана-Больцмана;

$\alpha_{мод-з}$ – коэффициент взаимной облученности модуля и Земли.

Зависимость коэффициентов взаимной облученности модуля и Земли $\alpha_{мод-з}$ в зависимости от относительной высоты орбиты $H = H/R_3$ (R_3 – радиус Земли, H – высота орбиты) показаны на рисунке 4.

$F_{мод}$ – площадь внешней поверхности оболочки модуля;

F_m – модель модуля (площадь проекции модуля на плоскость, перпендикулярную солнечным лучам),

$$F_m = 2 \cdot r \cdot L$$

$$F_{мод} = F_m \pi + 2 F \pi r^2$$

С другой стороны, величина $Q_{пр}$ определяется согласно уравнению теплопередачи через пакет оболочек:

$Q_{пр} = (F_{мод} / R_{\Sigma}) (T_1 - T_2)$, где T_1 – температура внешней поверхности оболочки;

T_2 – температура внутренней оболочки, $T_2 = 20 \text{ }^\circ\text{C} = 293\text{K}$.

Для решения уравнений необходимо задаться взаимным расположением Солнца, земли и модуля. Основными расчетными случаями являются случаи максимальных и минимальных тепловых потоков, воспринимаемых оболочкой модуля, это представлено на рисунке 5.

Случай А.

Модуль находится в тени Земли. Продольная ось корабля направлена по радиусу к Земле. $\alpha_{мод} = 0,27$.

Случай Б.

Модуль находится на освещенной орбите на линии, соединяющей центры Земли и Солнца. Ось его перпендикулярна радиусу Земли и лучам Солнца.

$$\alpha_{\text{мод-з}} = 0,35.$$

Высота относительно орбиты $H = 0,08$.

В случае А $\alpha_{\text{мод-з}} = 0,35$.

Исходные данные: $\lambda_{\text{мод}} = 0,00017 \text{ Вт}/(\text{м}^*\text{К})$, $\epsilon = 0,9$, $A_s = 0,5$, $\delta_{\text{мод}} = 0,057\text{м}$.

Исходя из полученных данных, выявлена зависимость температуры внешней поверхности от степени черноты и толщины оболочки модуля. На первом и втором графике представлена зависимость температуры от степени черноты на солнце (рисунок 6) и в тени (рисунок 7). На следующих двух графиках представлена зависимость Q от степени черноты в тени (рисунок 8) и на солнце (рисунок 9).

На пятом и шестом графике показана зависимость температуры от толщины оболочки на солнце (рисунок 10) и в тени (рисунок 11), и зависимость Q от толщины на солнце (рисунок 12) и в тени (рисунок 13).

Опираясь на эти данные, были получены следующие результаты: для модуля в тени при заданных ранее параметрах температура внешней оболочки будет 266К, а на солнце-291, что доказывает, что теплоизоляционный слой достаточно защищает.

2. Технические требования к созданию жилого комплекса

В результате 4 сентября 2001 года Российское авиационно-космическое агентство, РКК «Энергия» и компания MirCorp подписали соглашение о создании автономной посещаемой станции Mini Station 1 на основе существующих технологий и элементов российских станций и космических кораблей. Предполагалось, что «отель в космосе» будет включать базовый жилой модуль и транспортный корабль «Союз ТМА». Планируемый срок эксплуатации составит 15 лет. 2-3 человека смогут работать на борту станции кратковременными трёхнедельными наездами с тем, чтобы для поддержания работоспособности Mini Station 1 хватало одного «Прогресса М1» и одного «Союза ТМА» в год.

По проекту, станция запускается на орбиту вблизи МКС с помощью ракеты «Союз-У2», совершает самостоятельный полёт и сможет пристыковываться к российскому сегменту. По словам Манбера, корабль «Союз ТМА» с туристом на борту сначала причалит к Mini Station 1, а затем перелетит на МКС. На обратном пути он вновь состыкуется с «космическим отелем», чтобы вернуть на Землю проживающих на орбите туристов. Модель отеля можно увидеть, посмотрев рисунок 1, рисунок 2, рисунок 3.

30 ноября 2025 года будет представлен космический корабль «Федерация», который полетит на Луну. Согласно прилагаемому техническому заданию, цель – это создание комплекса пилотируемого транспортного корабля, имеющего в своем составе пилотируемый транспортный корабль нового поколения для осуществления полётов на околоземную и за пределы околоземной орбиты, в том числе к Луне, обеспечивающего безопасное возвращение экипажа на Землю со 2-ой космической скоростью, а также создание ракетно-космических комплексов, обеспечивающих проведение лётных исследований

пилотируемого транспортного корабля на околоземной орбите и при полётах к Луне в беспилотном и пилотируемом режиме.

3.1 Комплекс пилотируемого транспортного корабля

3.1.1 В состав КПТК должны входить:

- космическая головная часть КГЧ;
- учебно-тренировочные средства ПТК и КГЧ.

3.1.2 В состав КГЧ должны входить:

- пилотируемый транспортный корабль;
- ракетный блок аварийного спасения;
- сборочно-защитный блок.

3.1.3 КПТК должен обеспечивать:

- запуски пилотируемых транспортных кораблей на околоземные и окололунные орбиты;

- спасение экипажа в аварийных ситуациях на стартовом комплексе, на активном участке полета РКН, на этапе спуска в атмосфере и приземления;

- обучение персонала для выполнения работ с лётными изделиями и наземным технологическим оборудованием, включая подготовку пусков КГЧ.

3.1.4 Космическая головная часть должна быть унифицированной для полетов на окололунные и на околоземные орбиты.

3.2 Пилотируемый транспортный корабль

3.2.1 ПТК предназначен для доставки экипажа и полезного груза на окололунную или околоземную орбиты и последующего их возвращения на Землю.

3.2.2 В процессе полета пилотируемый транспортными корабль должен обеспечивать:

- перелет с околоземной орбиты на окололунную орбиту с использованием средства межорбитальной транспортировки;

- сближение и стыковку на окололунной (околоземной) орбите с элементами орбитальной лунной (околоземной) инфраструктуры;
- функционирование в составе околоземной орбитальной или окололунной орбитальной инфраструктуры;
- полет по окололунной/околоземной орбите в пилотируемом и беспилотном режимах;
- переход с окололунной орбиты на траекторию полета к Земле;
- затопление ДО в заданном районе Мирового океана;
- спуск ВА, штатную посадку ВА, обеспечивающую сохранность здоровья экипажа, точность приземления, а также пригодность ВА для дальнейшего использования.

3.2.3 При выполнении полётов к Луне должно выполняться следующее соотношение численности экипажа, длительности автономного полёта ПТК и массы полезного груза:

- численность экипажа - не менее 4 человек;
- масса доставляемого/возвращаемого груза - не менее 100 кг;
- длительность автономного полета к Луне, полёта по ОИСЛ и возвращения на Землю - не менее 30 суток;
- длительность полета в составе элемента окололунной орбитальной инфраструктуры с учетом обеспечения ПТК средствами элемента окололунной орбитальной инфраструктуры в части СЖО, СЭС, СОТР и т.д. – не менее 180 суток при суммарной длительности полета не менее 190 суток.

3.2.4 При выполнении полётов по околоземной орбите должно выполняться следующее соотношение численности экипажа, длительности автономного полёта ПТК и массы полезного груза:

- штатная численность экипажа - 4 человека (должна обеспечиваться возможность размещения для спуска не более 6 человек);
- масса: доставляемого/возвращаемого груза - не менее 500 кг;

- длительность автономного полёта ПТК по околоземной орбите:

1) при обслуживании ЭЗОИ - не менее 3 суток;

2) при выполнении целевых полетов с экипажем 4 человека - не менее 14 суток;

3) при выполнении целевых полетов с экипажем не менее 2 человек - не менее 30 суток;

- длительность полета в составе элемента околоземной орбитальной инфраструктуры с учетом обеспечения ПТК средствами элемента околоземной орбитальной инфраструктуры в части СЖО, СЭС, СОТР и т.д. - не менее 365 суток.

3.2.5 Кратность применения возвращаемого аппарата при выполнении околоземных полётов и полётов к Луне - 10.

3.2.6 ПТК должен обеспечивать автоматическое и ручное проведение следующих операций при взаимодействии с элементами окололунной (околоземной) орбитальной инфраструктуры:

- стыковку;

- расстыковку.

3.2.7 Заправки топлива должны обеспечивать:

- сближение и стыковку с ЭЛОИ (ЭЗОИ);

- построение и поддержание ориентации ПТК на окололунной (околоземной) орбите во время автономного полёта;

- выдачу импульса отлёта от Луны для возвращения на Землю.

3.2.8 Бортовые системы и компоновка командного отсека ВА должны обеспечивать управление ПТК при выполнении всех полетных режимов одним человеком с любого из двух рабочих мест командного отсека ВА.

3.2.9 ПТК должен обеспечивать посадку в заданных районах на территории Российской Федерации на сушу в радиусе не более 5 км.

3. Условия и требования СЖО на орбите для космических туристов

Условия и требования СЖО - это один из важнейших факторов, влияющих на условия пребывания людей в космосе на космическом модуле.

В его состав входят следующие системы:

1. СОГС - система обеспечения газового состава
2. СВО - система водообеспечения
3. ССГО - система санитарно-гигиенического обеспечения
4. СОП - система обеспечения питанием
5. СОТР - система обеспечения теплового режима.

В космическом отеле так же необходим "КСОЖ космонавта" - "Комплекс систем обеспечения жизнедеятельности космонавта в пилотируемом космическом аппарате". А в его составе имеются следующие системы:

1. СЗК – система защиты космонавта, например, от перегрузок, динамической невесомости и т.д.
2. СОД – система обеспечения деятельности космонавта (средства, которые могут поддерживать космонавта в работоспособном состоянии)
3. СМО – система медицинского обеспечения космонавта, а именно средства медицинского контроля космонавта, средства, предназначенные для профилактики различных заболеваний.

Существуют так называемые биологические спутники Земли: «БИОН» и «ФОТОН». Они предназначены для исследований влияния факторов космического полёта на организм животных (радиация, невесомость и тд). Создаются такие условия полета, в которых человек категорически не должен участвовать, т.к. исход событий может быть неблагоприятным. Следует отметить, что Россия - единственная страна в мире, имеющая автоматические космические аппараты для исследований на биологических объектах. Другие же страны мира используют наши

аппараты.

Биологический спутник «БИОН» оснащен системами водообеспечения и кормления животных, в нем также присутствует системы терморегуляции и «день-ночь».

Система обеспечения газового состава автоматических космических аппаратов "БИОН" и "ФОТОН" предназначена для обеспечения животных кислородом, удаления диоксида углерода и газообразных микропримесей в спускаемом аппарате. Система состоит из:

1. Патронов с кислородосодержащим веществом и поглотителем вредных микропримесей;
2. Патрона с поглотителем диоксида углерода и вредных микропримесей;
3. Электровентиляторов;
4. Датчиков для индикации работоспособности вентиляторов и герметичности газовых трактов;
5. Газоанализатора;
6. Блока управления и контроля.

Система работает следующим образом. Воздух объекта вентилятором прокачивается через регенеративный патрон, где очищается от диоксида углерода и вредных примесей и обогащается кислородом.

Несмотря на повышенную безопасность и надежность, незначительные энергетические потребности при функционировании систем жизнеобеспечения на основе запасов расходуемых веществ, взятых с Земли, последние имеют существенный недостаток: их масса и габариты возрастают прямо пропорционально длительности космической экспедиции и количеству членов экипажей. По достижении определенной продолжительности полета СЖО на основе запасов могут быть препятствием для реализации экспедиции. В таблице 2 приведены массовые характеристики СЖО, основанных на запасах расходуемых веществ

применительно к экспедиции длительностью 50, 100 и 500 суток для экипажа, состоящего из 6 человек.

Масса компонентов СЖО (кислород, вода и пища) для марсианских экспедиций - 6 членов экипажа, длительность экспедиций - 50, 100 и 500 суток (без учета массы тары, упаковки, средств хранения).

В 1967-1968 годах в Институте медико-биологических проблем МЗ был проведен уникальный годовой медико-технический эксперимент с участием трех испытуемых: Г.А. Мановцева, А.Н. Божко и Б.Н. Улыбышева. В гермокамерном эксперименте, длившемся 365 суток, проходила медико-биологическая и техническая оценка нового комплекса регенерационных систем жизнеобеспечения. В состав СЖО наземного лабораторного комплекса входили:

1. Система удаления диоксида углерода;
2. Система очистки атмосферы от вредных микропримесей;
3. Система генерирования кислорода;
4. Система регенерации воды из влагосодержащих продуктов жизнедеятельности испытуемых;
5. Санитарно-гигиеническое оборудование;
6. Оранжерея;
7. Система контрольно-измерительной аппаратуры

№ п / п	Наименование компонентов СЖО	Масса на 1 чел/сут, кг	Масса на 6 чел 1 сут,кг	Масса на 6 чел. 50 сут, кг	Масса на 6 чел. 100 сут, кг	Масса на 6 чел. 500 сут, кг
1.	Кислород	0,96	5,76	288,0	576,9	2880,0

2.	Вода:	16,9	101,4	5070,0	10140,0	50700,0
	- питьевая	2,5	15,0	750,0	1500,0	7500,0
	-душ, умыван ие	4,5	27,0	1350,0	2700,0	13500,0
	-на стирку белья	7,0	42,0	2100,0	4200,0	21000,0
	- техниче ская	0,6	3,6	180,0	360,0	1800,0
	-для витами ной оранжер еи	0,3	1,8	90,0	180,0	900,0
	-для мытья посуды	2,0	12,0	600,0	1200,0	6000,0
3.	Пища	1,75	10,50	525,0	1050,0	5250,0
	Итого:	19,51	117,66	5883,0	11766,0	58830,0

Таблица 2 – Требования к СЖО

4. Деятельность людей в космическом отеле

Клиенты отеля смогли бы выбирать тип кровати, вертикальный или горизонтальный, у них была бы возможность пользоваться душем в отличие от МКС. Пищу в отель планировалось доставлять с грузовиками, в отеле её нужно было бы только разогреть в микроволновке. Спиртные напитки запрещены. Пятидневное пребывание в отеле стоило бы 100 тысяч фунтов

стерлингов, а все расходы в целом составили бы 500 тысяч фунтов.

Планировалось использовать станцию не только для туризма, но и как платформу для научных исследований. В частности, таких как кристаллизация белков, обработка материалов, дистанционное зондирование Земли.

Разработчики проекта ориентируются на богатых частных лиц, которых такое предложение может заинтересовать, а также на сотрудников частных компаний, которые хотят проводить исследования в космосе. Кроме того, отель может служить запасной стоянкой для

профессиональных космонавтов, если что-то произойдет на МКС.

5. Заключение

Для создания космического модуля необходимо учитывать и технические характеристики, и условия системы жизнеобеспечения. Данные, полученные из расчетов, свидетельствуют о том, что если расположить модуль на солнце, температура наружной поверхности оболочки возрастает с увеличением ее толщины: чем больше толщина, тем больше температура, а проникающей теплоты меньше. В тени наоборот: чем больше толщина, тем меньше температура и выделяемая модулем теплота.

Также можно учитывать то, что количество теплоты при расположении модуля в тени принимает отрицательное значение. Это означает, что модуль не выделяет тепло, поэтому необходима система обогрева для обеспечения нормальных условий внутри модуля.

Стоит заметить зависимость степени черноты оболочки модуля и температуры: чем больше значение степени черноты оболочки модуля, тем меньше температура его наружной поверхности и проникающий тепловой поток.

6. Приложение



Рисунок 1 – Общий вид модуля



Рисунок 2 – вид модуля слева

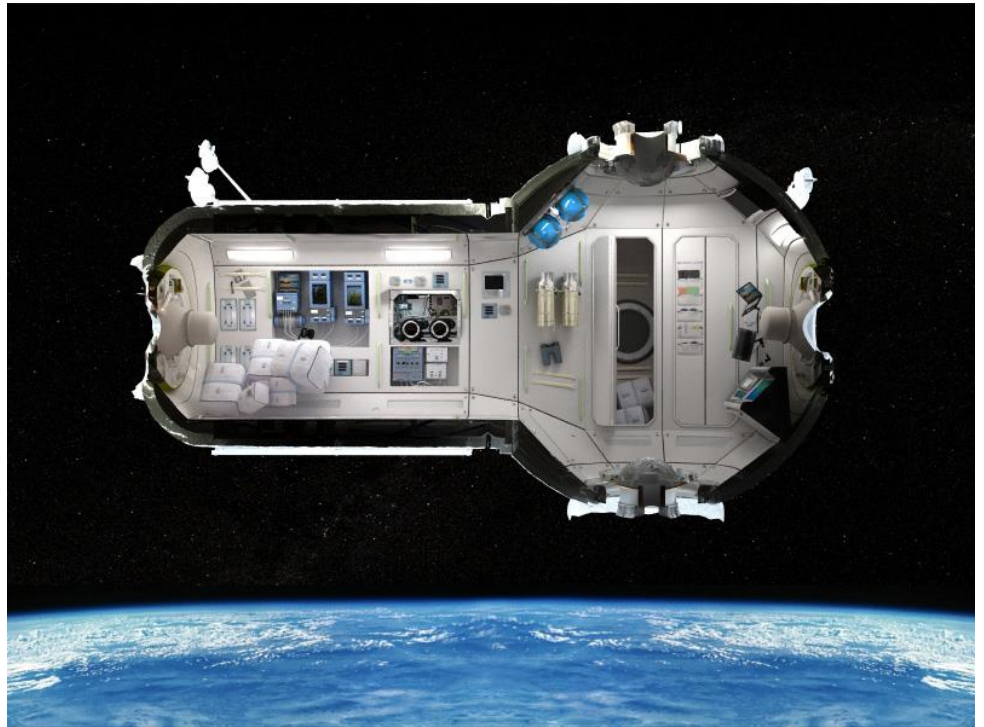


Рисунок 3 – вид модуля справа

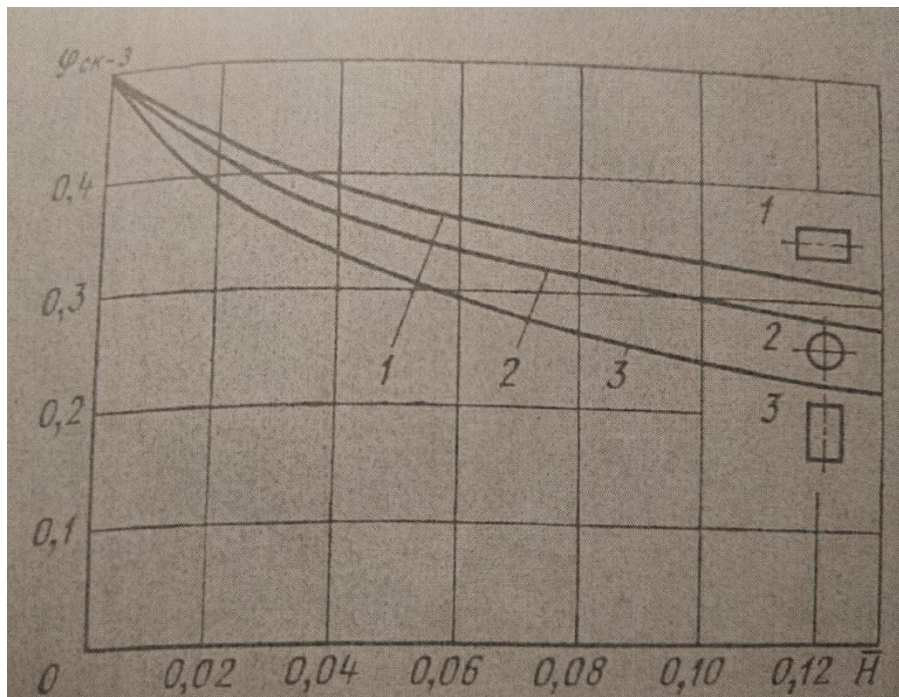


Рисунок 4 – коэффициенты взаимной облученности на разных орбитах:

1 – модуль-цилиндр, перпендикулярный радиусу Земли, 2 – модуль-шар, 3 – модуль-цилиндр, параллельный радиусу Земли.

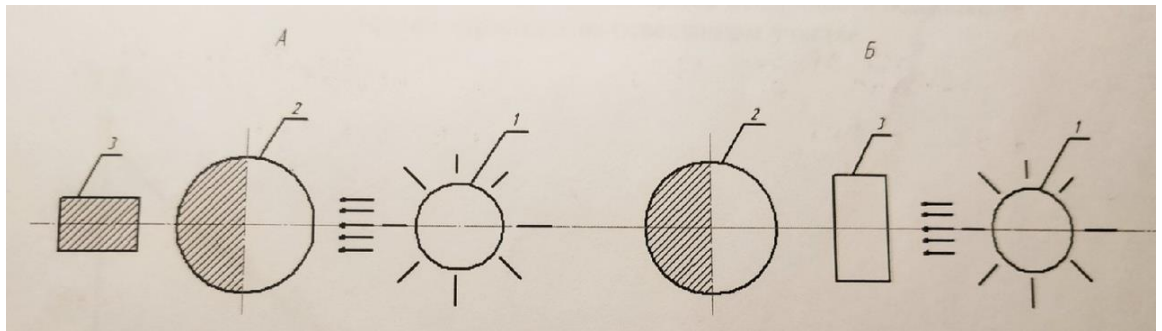


Рисунок 5 – Расчетные случаи взаимного расположения модуля, Земли и Солнца (1 – Солнце, 2 – Земля, 3 – модуль).

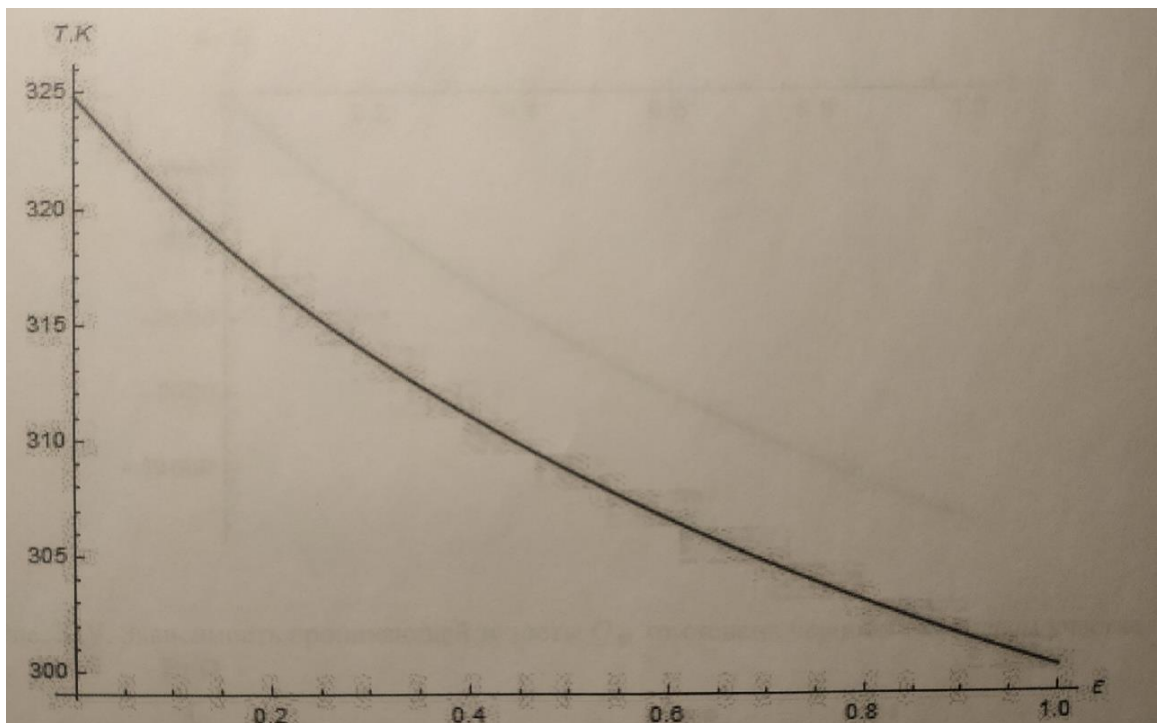


Рисунок 6 – Зависимость температуры внешней поверхности оболочки от степени черноты ϵ на освещенном участке.

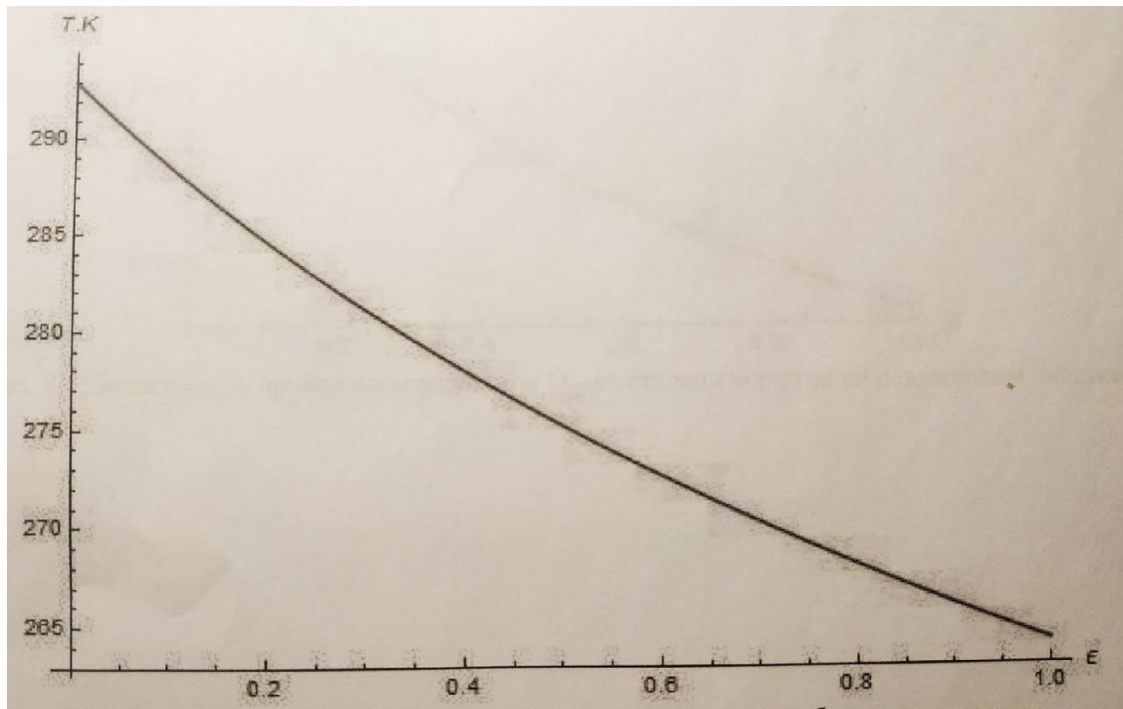


Рисунок 7 – Зависимость температуры внешней поверхности от степени черноты ϵ на теневом участке.

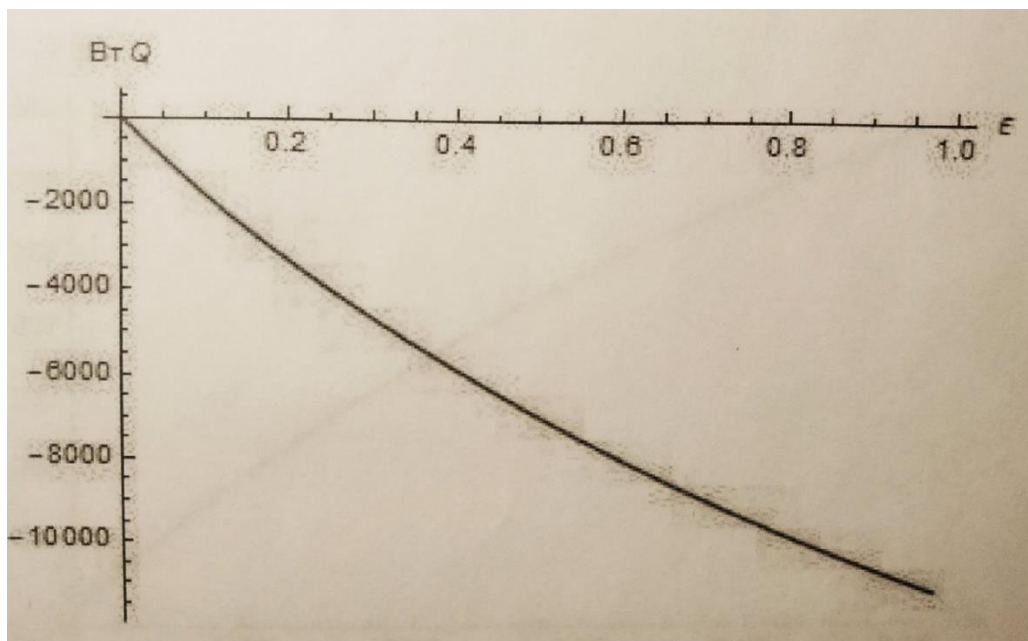


Рисунок 8 – Зависимость проникающей теплоты $Q_{пр}$ от степени черноты ϵ на теневом участке.

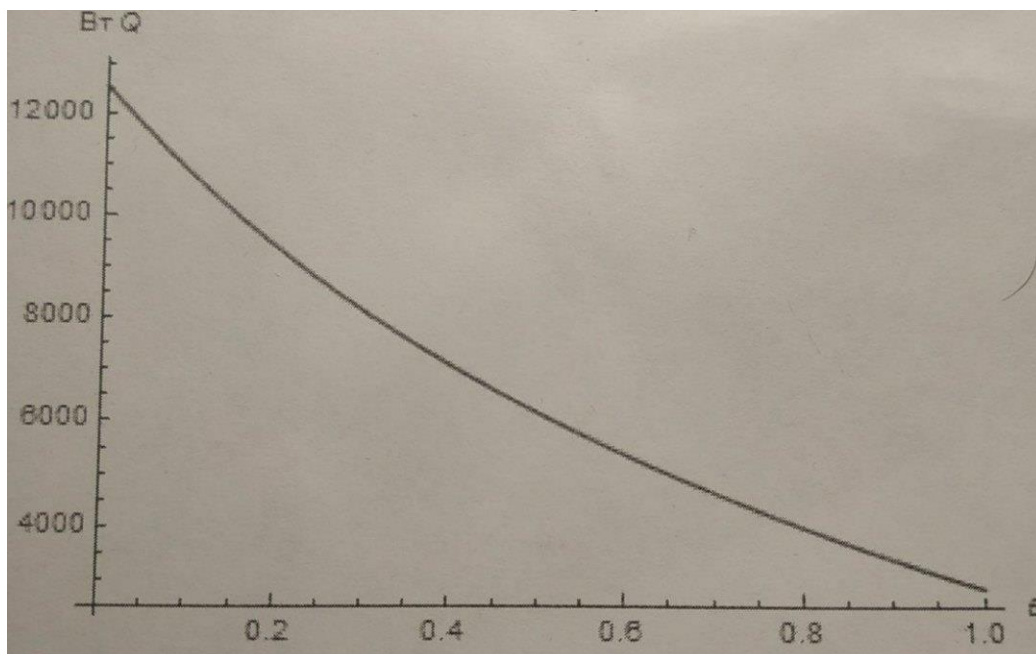


Рисунок 9 – Зависимость проникающей теплоты от степени черноты на освещенном участке.

7. Список использованных источников.

1. «Тепловая защита в космической технике» Г. М. Салахутдинов 64 стр Издательство «Знание» Москва 1982г
2. <https://3dnews.ru/940117>
3. Ю.Е. СИНЯК «Системы жизнеобеспечения обитаемых космических объектов», 2008.
4. «Космические орбиты» Уманский С.П., Издательство «Просвещение», 1996 – 271с.
5. <https://cont.ws/@dmitri1967/398768>
6. <https://rb.ru/report/34097/9.html>
7. <https://rb.ru/article/rossiya-postroit-na-orbite-kosmicheskiy-otel-foto-video/6757907.html>
8. <https://www.energia.ru/ru/iss/rs/zarya.html>
9. <https://www.energia.ru/ru/iss/rs/zvezda.html>
10. <https://astro-azbuka.ru/astronomiya/mezhdunarodnaya-kosmicheskaya-stancziya-mks>
11. <https://alemak.livejournal.com/2056.html>

8. Список сокращений

КПТК – комплекс пилотируемого транспортного корабля

КГЧ - космическая головная часть

ПТК – пилотируемый транспортный корабль

ВА – возвращаемый аппарат

СЭС - система электроснабжения

СОТР – система обеспечения теплового режима

ЭВТИ – экранно-вакуумный изолятор

НПИ - научно-прикладные исследования