



Сборник проектных работ
победителей и призёров
регионального этапа
всероссийского конкурса
научно-технологических проектов
«**БОЛЬШИЕ ВЫЗОВЫ**»

Тамбов
2025

Министерство образования и науки Тамбовской области

Тамбовское областное государственное бюджетное
образовательное учреждение дополнительного образования
«Центр развития творчества детей и юношества» –
Региональный модельный центр дополнительного образования детей

Региональный центр выявления, поддержки и развития способностей
и талантов у детей и молодежи Тамбовской области «Космос»

**Сборник проектных работ
победителей и призёров
регионального этапа всероссийского конкурса
научно-технологических проектов
«Большие вызовы»**

Тамбов
2025

Печатается по решению экспертно-методического совета ТОГБОУ ДО «Центр развития творчества детей и юношества» – Регионального модельного центра дополнительного образования детей

Автор-составитель: А. Ю. Мамонтов

Сборник проектных работ победителей и призёров регионального этапа всероссийского конкурса научно-технологических проектов «Большие вызовы» / Авт.-сост.: А. Ю. Мамонтов ; ТОГБОУ ДО «Центр развития творчества детей и юношества» – Региональный модельный центр дополнительного образования детей. – Тамбов, 2025. – 210 с.

В сборник включены материалы проектных работ победителей и призёров регионального этапа всероссийского конкурса научно-технологических проектов «Большие вызовы». Печатается в авторской редакции.

Тамбов: ТОГБОУ ДО «Центр развития творчества детей и юношества» – Региональный модельный центр дополнительного образования детей, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	6
НАПРАВЛЕНИЕ «АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ И БИОТЕХНОЛОГИИ»	7
<i>Ноздрюхин Илья Романович.</i> Анализ почвы на приусадебном участке	8
<i>Иванов Илья Романович.</i> Влияние регуляторов роста растений на всхожесть семян огурцов и их развитие	15
<i>Плыкин Антон Алексеевич.</i> Влияние минерального удобрения «Нанокремний» на проращивание семян огурцов: эксперимент и анализ	30
<i>Попов Александр Александрович.</i> Протеиновая школьная булочка	36
НАПРАВЛЕНИЕ «БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ, ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ, АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ И БЕЗОПАСНОСТЬ»	41
<i>Харин Иван Александрович.</i> Гибридная рекомендательная система на базе искусственного интеллекта	42
<i>Калинин Александр Павлович.</i> Пешеход превыше всего	53
<i>Турлакова Иоланта Денисовна.</i> Исследование и разработка гидропонной системы для выращивания культурных растений	58
<i>Банников Павел Александрович.</i> Various Data (API + Mobile app)	67
<i>Белов Денис Романович.</i> Уникальные 3D-багеты для картин, генерируемые нейронными сетями	70
НАПРАВЛЕНИЕ «НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ»	89
<i>Аленинская Диана Алексеевна.</i> Очистка углеродных квантовых точек для применения в качестве химических сенсоров	90
<i>Авдеев Арсений Олегович.</i> Исследование характеристик приповерхностного слоя металлов и сплавов, легированного медью в вакууме	105
<i>Ульева Ирина Ивановна.</i> Получение углеродных наночастиц, обладающих оптической активностью	110
<i>Гриднева Дарья Александровна.</i> Насыщение приповерхностного слоя стали медью, используя напыление в вакууме	118
<i>Шукин Даниил Владимирович.</i> Разработка технологии диффузионного борирования стали	125
НАПРАВЛЕНИЕ «ПЕРЕДОВЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»	133
<i>Черемисин Фёдор Николаевич.</i> Исследовательский проект – роботизированный оптико-нейронный метод технического контроля	134
<i>Лутошкина Ксения Сергеевна.</i> Исследование факторов, влияющих на стабильность хранения красителей, на примере красителя Основного КРАТА БРАУН ДМА 9700, производимого в цехе № 15 АО «Пигмент»	153
<i>Макарова Алина Васильевна.</i> Реверс-инжиниринг и оптимизация БПЛА самолётного типа	163
НАПРАВЛЕНИЕ «СОВРЕМЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА»	178
<i>Бубенко Даниил Романович.</i> Дефицит энергоресурсов	179
<i>Кулиш Кирилл Алексеевич.</i> Альтернативные источники электрического тока	184
<i>Полищук Иван Сергеевич.</i> Альтернативные способы получения энергии. Ветровая энергетика	197

Введение

На основании соглашения о совместном проведении всероссийского конкурса научно-технологических проектов «Большие вызовы» между образовательным фондом «Талант и успех» и региональным центром выявления, поддержки и развития способностей и талантов у детей и молодёжи «Космос» Тамбовского областного государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного образования «Центр развития творчества детей и юношества» от 01.11.2021 №11/21 – 8204/ССВ, в соответствии с приказом министерства образования и науки области от 21.01.2025 № 94 «О проведении регионального трека Всероссийского конкурса научно-технологических проектов “Большие вызовы” в 2024/2025 учебном году», в целях выявления и развития у обучающихся творческих способностей и интереса к проектной, научной (научно-исследовательской), инженерно-технической, изобретательской, творческой деятельности, пропаганды научных знаний и достижений в период с 30 декабря 2024 года по 28 марта 2025 года проведён региональный трек всероссийского конкурса научно-технологических проектов «Большие вызовы» в 2024/2025 учебном году (далее – Региональный конкурс).

В Тамбовской области Региональный конкурс проводится в седьмой раз. Количество тематических направлений в рамках Регионального конкурса постепенно прибавляется, в настоящее время он проводится по пяти тематическим направлениям: «Агропромышленные и биотехнологии», «Большие данные, искусственный интеллект, автоматизированные системы и безопасность», «Передовые производственные технологии», «Новые материалы и нанотехнологии» и «Современная энергетика».

Региональный конкурс включает два этапа – отборочный (на платформе ОЦ «Сириус») и финальный (на площадке в очном формате). Данная организационно-технологическая модель проведения Регионального конкурса обеспечивает наиболее глубокую проработку проектных работ к финалу.

Отборочный тур Регионального конкурса проходил с 15 февраля 2025 года. В данном этапе приняли участие 79 школьников.

25 марта 2025 года проведён финал регионального трека всероссийского конкурса научно-технологических проектов «Большие вызовы» в 2024/2025 учебном году (далее – финал Регионального конкурса).

В финал Регионального конкурса вышли со своими проектами 29 обучающихся общеобразовательных организаций Тамбовской области из 9 муниципальных образований (г. Мичуринск, г. Тамбов, г. Рассказово, г. Уварово, г. Моршанск, Тамбовский МО, Пичаевский МО, Токарёвский МО, Кирсановский МО).

Члены экспертных советов по каждому тематическому направлению Регионального конкурса выразили общее мнение, что идеи, которые легли в основу научно-технологических проектов школьников, направлены на решение актуальных проблем региона и России.

Ф. И. О. участника: Ноздрюхин Илья Романович
Название проекта: «Анализ почвы на приусадебном участке»
Статус участника: победитель

Введение

В почве постоянно и одновременно протекают процессы ферментативного каталитического окисления, восстановления, гидролиза. В результате происходит обогащение почвы неорганическими и органическими веществами, круговорот веществ – сущность развития почвы и её важнейшего свойства – плодородия.

Однако постоянно возделываемые почвы, особенно на приусадебных участках и огородах, сильно истощаются от сезона к сезону. Поэтому анализ почвы перед сезоном посадки имеет большое значение для успешного выращивания растений и обеспечения их здоровья: позволяет оптимизировать условия для роста растений, что в конечном итоге ведёт к повышению урожайности и улучшению качества сельскохозяйственной продукции. Каждый человек, который занимается выращиванием растений, должен познакомиться с моим проектом. Ведь растения – это живой организм, которому необходимо расти и развиваться за счёт питательных элементов почвы.

Гипотеза: своевременный анализ почвы позволит определить приёмы агротехники на нужном участке почвы.

Цель: проведение качественного анализа почвы на приусадебном участке.

Задачи:

1. Изучить литературу по теме проекта.
2. Определить участки для выполнения работы.
3. Отобрать образцы почв.
4. Провести лабораторные исследования.
5. Сравнить показатели с нормами и сделать выводы.

Методы: обзор литературы, эксперимент, анализ.

ГЛАВА 1. Литературный обзор

1.1. Представление о почве и её компонентах

Почва – это сложная природная система, которая играет ключевую роль в экосистемах Земли. Она является основой для роста растений, местом обитания многочисленных организмов и важным элементом круговорота веществ в природе. Понимание структуры почвы, её компонентов и их функций необходимо для эффективного управления земельными ресурсами и сохранения биологического разнообразия.

Структура почвы. Почва состоит из нескольких слоёв, каждый из которых имеет свои характеристики и функции. Главные слои почвы – это:

1. Гумусовый слой (А-горизонт). Этот верхний слой содержит органические вещества, такие как разлагающиеся остатки растений и животных. Он богат питательными веществами и активно участвует в поддержании жизни растений. Гумус придаёт почве тёмный цвет и улучшает её структуру, а также водоудерживающие способности.

2. Подстилающий слой (Е-горизонт). Этот слой, как правило, менее богат органическим веществом; здесь происходят процессы выщелачивания – удаления растворимых веществ. Почвы с выраженным Е-горизонтом могут быть менее продуктивными.

3. Тайный слой (В-горизонт). Этот слой формируется из минералов, вымытых из верхних слоёв. Он может содержать различные виды глины и другие минералы, которые накапливаются здесь. Тайный слой зачастую является более плотным и менее пористым, чем верхние слои.

4. Материнская порода (С-горизонт). Это слой, состоящий из несмытых и пористых минералов, на которых формируется сама почва. Он служит источником минералов для верхних слоёв почв.

5. Основные горные породы (R-горизонт). Это слой, состоящий из кристаллических или осадочных пород, который находится глубже остальных слоёв.

1.2. Требование к качественным показателям почв

Свойства почвы на участках могут значительно варьироваться в зависимости от множества факторов, включая климат, растительность, рельеф и использование земли. Эти свойства

вливают на продуктивность почвы и её способность поддерживать сельскохозяйственные культуры, а также определяют экологические условия на данных территориях.

Физические свойства почвы: 1. Структура. Почвы могут иметь разные типы структуры, включая зернистую, крупнопористую или плотную. Структура влияет на дренаж, влагоудерживающую способность и воздухопроницаемость. Зернистая структура способствует лучшей аэрации и дренажу, тогда как плотные почвы могут удерживать воду, но плохо пропускают воздух. 2. Текстура. Текстура определяет соотношение песка, ила и глины. Песчаные почвы быстро высыхают и часто бедны питательными веществами, тогда как глинистые почвы задерживают воду и обладают высокой питательной ценностью, но могут плохо дренироваться. Состав текстуры повлияет на выбор культур для посадки. 3. Влажность. Уровень влажности почвы является ключевым фактором для роста растений. Влажные почвы поддерживают здоровье растений, тогда как слишком влажные могут привести к гниению корней, а сухие негативно сказываются на всхожести семян и развитии растений.

Химические свойства почвы: 1. pH почвы. Уровень pH определяет кислотность или щёлочность почвы, что влияет на доступность питательных веществ для растений. Почвы с нейтральным pH (6-7) обычно более плодородны. Кислотные и щелочные почвы могут потребовать внесения различных удобрений для оптимизации роста культур. 2. Содержание питательных веществ. Основные элементы: азот, фосфор и калий – определяют плодородие почвы. Почвы, богатые этими элементами, обеспечивают растения необходимыми веществами для роста. Недостаток питательных веществ может привести к дефициту и снижению урожайности.

Биологические свойства почвы: 1. Органические вещества. Содержание гумуса в почве влияет на её структуру, водоудерживающую способность и питательную ценность. Гумус улучшает плодородие почвы, способствуя лучшему развитию корневой системы растений и поддержанию здоровой микрофлоры. 2. Биоразнообразие. Наличие микроорганизмов, червей и других почвенных организмов способствует улучшению структуры почвы и разложению органических остатков. Эти организмы играют важную роль в поддержании здоровья экосистемы и обеспечении устойчивости почвы. Свойства почвы на участках являются критически важными для понимания её потенциала и ограничений. Определение физических, химических и биологических характеристик почвы позволяет оптимизировать её использование для сельского хозяйства, садоводства и других целей, а также обеспечивать устойчивое управление земельными ресурсами.

ГЛАВА 2. Практическая часть

2.1. Планирование и организация эксперимента

Экспериментальные исследования проводили в лаборатории «Агрокуб» на базе Татановской СОШ. Объектом исследования являются пробы почвы из-под разных культур растений приусадебного участка в с. Татаново. Предметом исследования являются качественные показатели анализа почвы. На основе статистических данных взял основные показатели почвы для обозначения нормы (табл. 1).

Таблица 1. Свойства почв для выбранных видов культур

Свойства почв	Название культур		
	Картофель	Капуста	Морковь
Морфологические			
1. Цвет	Тёмная	Светлая	Буряя
2. Влагоёмкость	Удерживающая влагу		
3. Механический состав	Глинистая и суглинистая, супесчаная и легкосуглинистая	Песчаная и суглинок	Песчаная и суглинок
Химические			
1. Кислотность	5,5-5,8	5,5-6,0	6-7
2. Карбонаты	Наличие		
3. Жёсткость	От 500 и выше		

В качестве обогатителей используются удобрения.

При отборе проб почвы для химического анализа следовали установленным стандартам и рекомендациям, чтобы обеспечить достоверность получаемых результатов

согласно ГОСТ 17.4.3.01-83. Пробы оснащали информацией о месте и дате отбора, глубине отбора. Упаковка происходила в контейнеры.

2.2. Исследование показателей качества почв

Определение морфологии «методом шнура», или пробой на скатывание. Небольшое количество сырой почвы берётся на ладонь и разминается до тестообразного состояния. Хорошо размятую почву раскатывают на ладони ребром другой руки в шнур толщиной около 3 мм и сворачивают в кольцо диаметром около 3 см (можно сворачивать почвенный жгут, например, вокруг одного или нескольких пальцев). При этом, в зависимости от механического состава почвы, получаются различные результаты (рис. 1).

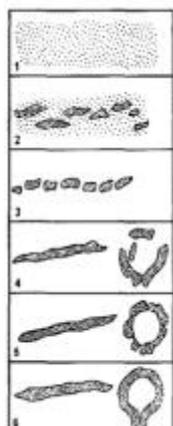


Рис. 12. Определение механического состава почвы методом шнура:

- 1 — шнур не образуется — песок;
- 2 — образуются зачатки шнура — супесь;
- 3 — шнур дробится при раскатывании — легкий суглинок;
- 4 — образуется сплошной шнур и кольцо, распадающееся при свертывании — средний суглинок;
- 5 — образуется сплошной шнур и кольцо с трещинами — тяжелый суглинок;
- 6 — образуется сплошной шнур и кольцо без трещин — глина.



Рисунок 1. Определение механического состава образцов почвы методом шнура

При взаимодействии почвы с водой определили её влагоёмкость (рис. 2).



Рисунок 2. Определение влагоёмкости образцов почвы

По треугольнику почвенных окрасов для каждого образца определили цвет почвы (рис. 3).



Рисунок 3. Определение окрасов образцов почвы

Результаты опытов представлены в таблице результатов 3.

Для проведения химических анализов готовили почвенные вытяжки.

Приготовление водной почвенной вытяжки:

1. В стакан на 200 мл поместите 20-50 г высушенной и охлаждённой до комнатной температуры почвы. Взвесьте стакан с почвой и без неё, определив массу почвы (m, г).

2. Добавьте к почве дистиллированную воду в количестве $5 \times m$ мл (5 мл воды на 1 г почвы). Перемешайте содержимое стакана в течение 3-5 мин. с помощью лопатки.

3. Отфильтруйте содержимое стакана через бумажный фильтр, собирая готовую вытяжку в нижнем стакане. Вытяжка должна быть однородной и не содержать частиц почвы.

Кислотность определяли титриметрическим методом в присутствии индикатора фенолфталеина. Общая кислотность анализируемой воды определяется количеством титрованного раствора, израсходованного на титрование до pH 8,1-8,3.

Титровали раствором гидроксида натрия до появления розовой окраски (рис. 4).

Формула для расчёта: $Ko = (V \times 0,1 \times 1000) / VII = 2 \times V$.



Рисунок 4. Определение кислотности образцов почвенных вытяжек титриметрическим способом

Результаты вносили в таблицу 3.

Метод определения карбонат- и гидрокарбонат-ионов является титриметрическим (ГОСТ Р 52963, ПНД Ф 14.1:2.245-07, РД 52.24.493-2008) при уменьшённом количестве отбираемой пробы и пригоден для анализа питьевой, природной, минеральной лечебно-столовой и т. п. вод, а также почвенных вытяжек.

Выполнение анализа (рис. 5).



Рисунок 5. Определение карбонат- и гидрокарбонат-ионов

А. Титрование карбонат-иона

1. Ополосните коническую колбу несколько раз анализируемой водой. Налейте в колбу пробу воды до метки «50 мл».

2. Добавьте пипеткой 3-4 капли раствора фенолфталеина. Раствор перемешайте круговыми покачиваниями. Примечание: при отсутствии окрашивания раствора либо при слабо-розовом окрашивании считайте, что карбонат-ион в пробе отсутствует.

3. Постепенно титруйте пробу на белом фоне с помощью градуированной пипетки со шприцем-дозатором раствором соляной кислоты до обесцвечивания и определите объём раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование по фенолфталеину ($V_{ф}$, мл).

Раствор после титрования карбонат-иона оставьте для дальнейшего определения в нём массовой концентрации гидрокарбоната-иона.

Б. Титрование гидрокарбонат-иона

4. Налейте в склянку до метки «10 мл» в пробу воды либо используйте раствор после определения карбонат-иона.

5. Добавьте пипеткой 1 каплю раствора смешанного индикатора. Раствор перемешайте круговыми движениями.

6. Постепенно титруйте пробу на белом фоне с помощью градуированной пипетки со шприцем-дозатором раствором соляной кислоты при перемешивании, до перехода синезелёной окраски в серую.

Определите объём раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование по смешанному индикатору ($V_{см}$, мл). При использовании раствора карбонат-иона значением $V_{см}$ необходимо считать суммарный объём раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование карбоната и гидрокарбоната (т. е. с учётом $V_{ф}$, мл).

С. Расчёт щёлочности

$$Щ_{св} = V_{ф} \times H \times 1000 / V_a = V_{ф} \times 5.$$

$$Щ_о = V_{см} \times H \times 1000 / V_a = V_{см} \times 5.$$

Номер образца	Щ _{св} (мл)	Щ _о (мл)
1	3,5	7,5
2	5	9
3	7,5	10

Д. Расчёт массовой концентрации карбонат- и гидрокарбонат-ионов

Для определения массовой концентрации карбонат- и гидрокарбонат-ионов используйте значения свободной и общей щёлочности, рассчитанные выше, применяя соотношения между щелочами, приведённые в ГОСТ Р 52963-2008.

Соотношение между свободной и общей щёлочностью	Молярная концентрация гидрокарбонатов $C_{гк}$, ммоль/л	Молярная концентрация карбонатов $C_{к}$, ммоль/л
$Щ_{св} = 0$	$Щ_о$	0
$2 Щ_{св} < Щ_о$	$Щ_о - 2 Щ_{св}$	$Щ_{св}$
$2 Щ_{св} = Щ_о$	0	$Щ_{св}$
$2 Щ_{св} > Щ_о$	0	$Щ_о - Щ_{св}$
$Щ_{св} = Щ_о$	0	0

По расчётам определили значения свободной и общей щёлочности и рассчитываем массовую концентрацию гидрокарбонатов и карбонатов (молярная масса $гк = 61$, а $к = 60$).

$$C_{гк} = \square (Щ_о - \square 2 Щ_{св}) \times 61.$$

$$C_{к} = \square Щ_{св} \times \square 60.$$

Е. Расчёт карбонатной жёсткости

Номер образца	Жёсткость
1	210,5
2	361
3	755

$$Жк = \square C_{к} + C_{гк}.$$

2.3. Анализ результатов

Анализ результатов приведён в сводной таблице 2.

Таблица 2. Анализ результатов образцов почв

Свойства почв	Название культур		
	Картофель	Капуста	Морковь
Морфологические			
1. Цвет	Тёмно-каштановая	Светло-серая	Тёмно-бурая
2. Влагоёмкость	Просачивание	Впитывание	Фильтрация
3. Механический состав	Тяжёлый суглинок	Тяжёлый суглинок	Средний суглинок
Химические			
1. Кислотность	1	1	2,4
2. Карбонаты	Отсутствуют		Вода потемнела, и выпал белый осадок
3. Жёсткость	210,5	361	755

Рекомендации, исходя из полученных результатов:

1. Для изменения влагоёмкости почвы и повышения её способности удерживать влагу можно применять несколько методов: улучшение структуры почвы, мульчирование, системы орошения, севооборот, проведение аэрации, изменение угла наклона.

2. Чтобы изменить механический состав почвы из тяжёлого суглинка в средний суглинок, можно применить следующие методы: добавление песка, внесение органических веществ, культивирование и рыхление, проведение агрономических мероприятий, установку дренажных систем.

3. Чтобы уменьшить кислотность почвы, можно применить следующие методы: внесение извести, добавление золы, внесение органических веществ, использование гипса, регулярный анализ почвы.

4. Для повышения содержания карбонатов в почве можно использовать следующие методы: внесение извести, добавление кальциевой селитры, внесение органических материалов, использование молотого известняка, использование культур, которые накапливают карбонаты (люпина и других бобовых).

5. Чтобы повысить жёсткость почвы, можно использовать следующие методы: внесение песка, улучшение органического вещества, уплотнение почвы, выбор подходящих растений (растений с глубокими корнями, таких как сорго или кукуруза), правильный режим полива.

ВЫВОДЫ

1. Изучены литературные источники по теме проекта: учебники, научные статьи. Изучены требования к отбору образцов и проведению экспериментов. Проведены исследования для определения состава и количества растворённых компонентов в почве.

2. Эта тема сегодня в тренде, много информации об удобрении и анализе почвы. Но общепринятого принципа ещё нет, возможно, это связано с глобальным переизбытком аграрных мнений. Но организация единого метода конкретной группы пользователей – владельцев приусадебных участков – вполне осуществима.

3. Проведён качественный анализ почвы, в ходе которого мы определили состав и провели лабораторные исследования, сравнили показатели с нормами. Обнаружили низкий уровень содержания в почве карбонатов и жёсткости почвы и высокий уровень кислотности, выдвинули рекомендации для внесения в почву соответствующих удобрений.

4. Для соответствия предложенным рекомендациям в дальнейшем планируется обогащение почвы перед сезоном посадки для получения высококачественной сельскохозяйственной продукции. В конечном итоге получим желаемый результат. Поставленная гипотеза подтвердилась.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Муравьев А. Г., Каррыев Б. Б., Ляндзберг А. Р. Оценка экологического состояния почвы : Практическое руководство / Под ред. к. х. н. А. Г. Муравьева. – Изд. 5-е, перераб. и дополн. – СПб.: Крисмас+, 2019. – 208 с., ил. ISBN: 978-5-89495-257-4
2. Руководство по анализу воды. Питьевая и природная вода, почвенные вытяжки / Под ред. к. х. н. А. Г. Муравьева. – Изд. 5-е, перераб. и дополн. – Санкт-Петербург : Крисмас+, 2021. – 360 с., ил. ISBN 978-5-89495-268-0
3. Ганжара Н. Ф. Почвоведение с основами геологии : учебник для подготовки бакалавров по направлению 110400 «Агрономия» / Н. Ф. Ганжара, Б. А. Борисов ; М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Рос. гос. аграр. ун-т – МСХА им. К. А. Тимирязева. – Москва : РГАУ-МСХА, 2012. – 361 с., [10] л. цв. ил. : ил., портр., табл.; 21 см. ISBN 978-5-9675-0870-7
4. Окунева, Е. Ю. Морфологические признаки почв : учебно-методическое пособие / Е. Ю. Окунева, Н. В. Кобелёва. – Санкт-Петербург : РГПУ им. Герцена, 2021. – 36 с. – ISBN 978-5-8064-2996-5. – Текст : электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1865657> (дата обращения: 09.10.2024).
5. Почвоведение. Общее почвоведение (морфологические, физические, химические свойства почв и оценка их качества) : практикум для обучающихся по направлениям подготовки: 35.03.03 «Агроэкология», 35.03.05 «Садоводство», 35.03.10 «Ландшафтная архитектура» / А. А. Околелова, Г. С. Егорова, А. П. Тибирьков [и др.]. – Волгоград : Волгоградский ГАУ, 2022. – 76 с. – Текст : электронный. – URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2183435> (дата обращения: 09.10.2024).
6. Почвоведение с основами геологии / В. П. Ковриго, И. С. Кауричев, Л. М. Бурлакова, 2000 [Электронный ресурс]. – URL: <https://obuchalka.org/20201020126077/pochvovedenie-s-osnovami-geologii-kovrigo-vp-kaurichev-i-s-burlakova-l-m-2000.html>.
7. Анализ почвы : минералогические, органические и неорганические методы анализа / М. Пансю, Ж. Готеру, 2014. – <https://obuchalka.org/20190824113113/analiz-pochvimineralogicheskie-organicheskie-i-neorganicheskie-metodi-analiza-pansu-m-goteru-j-2014.html>.
8. Ториков В. Е. Система удобрения в адаптивном земледелии : учебное пособие для вузов / В. Е. Ториков, Н. М. Белоус, О. В. Мельникова. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 196 с. : вклейка (8 с.). – Текст : непосредственный. ISBN 978-5-507-46518-7

Ф. И. О. участника: Иванов Илья Романович
Название проекта: «Влияние регуляторов роста растений
на всхожесть семян огурцов и их развитие»
Статус участника: призёр

Введение

Тамбовская область славится как аграрный регион, где выращиваются овощные, зерновые, кормовые, масличные, плодово-ягодные культуры. Широкому распространению вышеперечисленных групп на Тамбовщине способствуют благоприятные климатические и почвенные условия. Однако проблема повышения продуктивности растений в связи с возрастающими потребностями населения в продуктах питания и сырье является по-прежнему актуальной. Одним из способов повышения урожайности является использование регуляторов роста. Эти препараты в последнее время приобретают всё большую популярность в растениеводстве. Их применяют с целью повышения всхожести семян, устойчивости растений к неблагоприятным воздействиям окружающей среды, возбудителям заболеваний.

Современный рынок представлен широким многообразием препаратов, стимулирующих всхожесть семян, рост и развитие растений. Нам захотелось проверить эффективность их действия на практике и определиться в целесообразности приобретения данных средств. Поэтому целью нашего исследования явилось изучение влияния регуляторов роста на прорастание семян, а также выявление наиболее эффективного и доступного по цене препарата.

Для эксперимента использовали семена известных и широко возделываемых (Приложение 1, рис. 1) в Тамбовской области партенокарпических гибридов (образующих плоды без оплодотворения) следующих сортов огурцов: «Изумрудная россыпь»; «Белая гвардия»; «Капитошка»; «Диво дивное».

В ходе проекта были поставлены следующие задачи:

- 1) изучить влияние наиболее распространённых и доступных по цене регуляторов роста растений;
- 2) опытным путём определить всхожесть семян огурцов, замоченных в растворах различных регуляторов роста растений;
- 3) среди исследуемых регуляторов роста выявить наиболее эффективный для прорастания семян огурцов;
- 4) составить рекомендации по выращиванию огурцов, исходя из полученных результатов исследования.

Гипотеза: применение регуляторов роста при предпосевной обработке семян огурцов приводит к увеличению всхожести и ускоренному дальнейшему развитию растений.

Объекты исследования – регуляторы роста, пользующиеся спросом у населения (Приложение 1, рис. 3): «Биозащита», «Эпин-экстра», «Циркон» и «Янтарная кислота».

Предмет исследования: действие регуляторов роста на прорастание семян огурцов и развитие растений.

Методы исследования:

- теоретические: анализ литературы;
- эмпирические: построение гипотезы, измерение, эксперимент;
- интерпретационные: количественная и качественная обработка результатов.

Место проведения исследования: лаборатория МБОУ «СОШ № 15».

Сроки проведения: 01.10.2023 – 15.01.2024.

Материал

Огурец – распространённая на Тамбовщине овощная культура, пользующаяся популярностью из-за многочисленных полезных свойств.

Для получения высокого урожая необходимо учитывать экологические характеристики растения. Выяснили, что огурец требователен к теплу. Его семена начинают

прорасти при температуре не ниже 12-15 °С. Оптимальная температура для прорастания и последующего развития – 25-30 °С. Огурец – влаголюбивое растение. Его корневая система сосредоточена в основном в верхнем слое почвы, где влага очень подвижна. Потребность в воде возрастает по мере увеличения ассимиляционного аппарата и особенно во время плодоношения, поэтому культура огурца немыслима без полива. Наряду с высокой влажностью почвы, для огурца необходима и повышенная влажность воздуха. При культуре огурца в теплицах и парниках создают оптимальную влажность воздуха – 85-95 %.

Огурец – светолюбивое растение короткого дня, поэтому при выращивании рассады применяют сокращённый 12-часовой день для ускорения развития растений. Тепличные сорта огурца менее требовательны к интенсивности освещения, что позволяет возделывать их в зимнее и осеннее время в условиях недостаточной освещённости. Оптимальная реакция почвенной среды (рН) для огурца – 6,2-6,8.

Чтобы улучшить всхожесть семян огурцов, ускорить их рост и развитие для получения более ранних и обильных урожаев, подготовить растения к неблагоприятным климатическим условиям, а также защитить их от различных вредителей и болезней, применяются особые низкомолекулярные вещества – регуляторы роста [3].

Они могут быть как природные, так и искусственно синтезированные. Природные регуляторы роста образуются внутри растения и называются фитогормонами. Искусственно синтезированные химические препараты обладают сходным с природными регуляторами роста действием. Природные фитогормоны и искусственно синтезированные препараты, активизирующие рост, объединены в группу стимуляторов роста, а тормозящие – в группу ингибиторов. Одни стимуляторы воздействуют на проращивание семян, другие улучшают корнеобразование, третьи повышают количество завязей, тем самым способствуя увеличению урожайности, четвёртые увеличивают листовую массу и стимулируют развитие дополнительных побегов, пятые помогают пережить стресс от заморозков или перегрева. К числу наиболее активных и изученных стимуляторов роста (фитогормонов) относят:

- ауксины (способствуют развитию корней, улучшению обмена веществ);
- цитокинины (улучшают рост почек, участвуют в делении клеток);
- гиббереллины (стимулируют прорастание семян, цветение, плодоношение);
- брассиностероиды (поддерживают иммунную систему, регулируют созревание плодов).

Препараты содержат биологически активные вещества, витамины, микро- и макроэлементы.

Разработаны также и синтетические регуляторы. В них используются аналоги перечисленных выше фитогормонов. По эффективности они не уступают натуральным (естественным) фитогормонам [4].

Исходя из задач данного исследования, рассмотрим механизм прорастания семян при действии на них регуляторов роста. Ювенильный этап онтогенеза включает в себя прорастание семян и рост вегетативных органов (стеблей, листьев, корней). Подразделяется он на две фазы: развитие проростка и накопление вегетативной массы. В свою очередь, прорастание семян состоит из 4 фаз: набухания, проклёвывания, гетеротрофного роста в темноте (в почве), перехода к автотрофному способу питания – всходам. В этот период в семенах и растениях проходят сложные биохимические процессы. Семена при набухании поглощают до 250 % воды к абсолютно сухой массе, а затем кожица их лопается и проклёвывается первичный корешок. Ткани и органы ювенильных растений имеют относительно высокое содержание фитогормонов, участвующих во всех физиологических процессах. Сложные химические соединения (крахмал, белки, жиры, углеводы и др.) гидролизуются и переходят в растворимое состояние, в результате чего зародыш семени, получив пищу, из состояния покоя переходит к активной жизнедеятельности, и семена начинают прорасти, начиная с первичного корешка, а затем побега. Известно, что прорастание семян, как и жизнедеятельность растений в целом, регулируется многокомпонентной гормональной системой, в которой отдельные фитогормоны проявляют своё действие в неразрывной связи с другими. Так, при набухании семян гиббереллины

и другие гормоны переходят из связанной в свободную форму и оказывают влияние на активацию метаболизма в зародышах, в первую очередь на энергетический обмен, синтез нуклеиновых кислот и белка. Одна из важных ролей фитогормонов заключается в поддержании тесного взаимодействия между зародышем и эндоспермом семени, так как интенсивный рост проростка должен быть обеспечен соответствующим уровнем притока питательных веществ из запасяющего органа. В ростовых процессах регуляторами обмена веществ являются фитогормоны (ауксины, гиббереллины, цитокинины), которые образуются в самом растении и относятся к природным (эндогенным) росторегуляторам. Синтетические (экзогенные) росторегуляторы, как аналоги эндогенных, часто обладают более высокой активностью, ускоряя ростовые процессы, начиная с прорастания семян. Исходя из этой теоретической предпосылки, мы рассмотрели влияние изучаемых росторегуляторов на схожесть и энергию прорастания семян [2].

Методика исследований

Для проведения исследования нами были куплены в семенном магазине партенокарпические гибриды огурцов разных сортов: «Изумрудная россыпь», «Белая гвардия», «Капитошка», «Диво дивное» (Приложение 2).

Для замачивания семян использовали растворы синтетических стимуляторов роста растений: янтарную кислоту, биозащиту, циркон, эпин-экстра (Приложение 3) – и талую воду. Растворы регуляторов роста растений готовили строго по инструкции. Раствор янтарной кислоты получали растворением 0,2 грамма его в 100 мл дистиллированной воды. Биозащиту массой 0,005 грамма растворяли в 100 мл, циркон 0,2 мл растворяли в 100 мл воды, раствор эпин-экстра готовили путём смешивания 0,05 мл стимулятора с 100 мл дистиллированной воды.

Исходя из инструкций, время замачивания семян в растворах разных регуляторов роста и воды отличалось. В растворах циркона и эпин-экстра время замачивания семян составляло 2 часа. В растворе янтарной кислоты время замачивания составило 1 час, а в биозащите – 3 часа. Время замачивания в талой воде составило 4 часа (Приложение 4).

Температура растворов регуляторов роста и воды была 18-20 °С. Температура в лаборатории составляла 24 °С.

Посев семян огурцов производили в ёмкости объёмом 0,5 см³ с полностью готовым к применению универсальным питательным грунтом. В состав грунта входили: торф верховой, торф низинный, песок, известняковая (доломитовая) мука, комплексное минеральное удобрение. Питательный грунт содержал все доступные для растений макро- и микроэлементы.

Результаты исследований и их обсуждение

Основная часть исследования началась в ноябре 2023 года.

Посев семян огурцов производили 30.11.2023 года. Ёмкости помещали на фитостеллаж с искусственной подсветкой. Методом визуального наблюдения выявили, что первые всходы появились на 5 день после посадки. В зависимости от используемого для замачивания регулятора роста растений сроки всхожести у сортов огурцов разные (Приложение 5).

В течение вегетационного периода вели наблюдения за развитием растений огурцов (Приложение 6).

Уход за огурцами заключался в поливе растений водой и контроле влажности воздуха. Так как оптимальное содержание влажности в атмосфере должно составлять не менее 70 %, то ежедневно в период с 8:00 до 18:30 каждые 2 часа производили мелкодисперсное опрыскивание огурцов.

Определение результатов действия регуляторов роста растений на всхожесть семян огурца.

В таблице 1, приведённой ниже, мы можем наблюдать даты появления всходов огурцов, которые мы брали для данного опыта.

Результаты показывают положительное влияние регуляторов роста на всхожесть семян огурцов. При действии таких стимуляторов роста, как «Циркон» и «Янтарная

кислота», всхожесть семян ускоряется. При их действии первые всходы появляются часто на 5-6 день после посева семян. Примерно одинаковые результаты действия на прорастание семян оказывают препараты «Биозащита» и «Эпин-экстра». При действии этих препаратов многие всходы появляются несколько позже, в среднем на 7-8 день. Прорастание семян, замоченных в талой воде, в основном задерживается на несколько дней. Первые всходы появляются часто на 9-10 день. В зависимости от сорта огурцов отставание в прорастании семян составляет до 4-5 дней по сравнению с семенами, замоченными в регуляторах роста растений. Всхожесть семян огурцов под влиянием регуляторов роста повышается, однако энергия прорастания, которую определяют на 3 день, оказалась равна нулю, так как семена стали прорасти не раньше чем на 5 день.

Сроки появления всходов огурцов.

Название препаратов / всхожесть	Сорта огурцов			
	«Изумрудная россыпь»	«Белая гвардия»	«Капитошка»	«Диво дивное»
Дата появления всходов				
Талая вода	10.12.2023 (10 день)	08.12.2023 (8 день)	09.12.2023 (9 день)	09.12.2023 (9 день)
Всхожесть	80 %	80 %	70 %	70 %
Биозащита	05.12.2023 (5 день)	08.12.2023 (8 день)	07.12.2023 (7 день)	09.12.2023 (9 день)
Всхожесть	90 %	90 %	80 %	80 %
Эпин-экстра	08.12.2023 (8 день)	07.12.2023 (7 день)	05.12.2023 (5 день)	08.12.2023 (8 день)
Всхожесть	90 %	90 %	80 %	80 %
Циркон	07.12.2023 (7 день)	07.12.2023 (7 день)	05.12.2023 (5 день)	05.12.2023 (5 день)
Всхожесть	90 %	90 %	80 %	80 %
Янтарная кислота	05.12.2023 (5 день)	07.12.2023 (7 день)	06.12.2023 (6 день)	07.12.2023 (7 день)
Всхожесть	90 %	90 %	80 %	80 %

Наблюдение за ростом и развитием всходов огурцов.

В таблице 2 представлено развитие каждого сорта в период с 7 декабря 2023 года по 11 января 2024 года.

Таблица 2

Развитие всходов огурцов.

Название препаратов	Развитие огурцов разных сортов			
	«Изумрудная россыпь»	«Белая гвардия»	«Капитошка»	«Диво дивное»
07.12.2023				
Талая вода	-	-	-	-
Биозащита	1,3 см	-	1,8 см	-
Эпин-экстра	-	1,7 см	1,7 см	-
Циркон	2,5 см	-	2,8 см	1,5 см
Янтарная кислота	1,6 см	-	2,8 см	1,4 см
14.12.2023				
Талая вода	2,3 см (+2,3 см)	1,1 см (+1,1 см)	1,0 см (+1,0 см)	1,2 см (+1,2 см)
Биозащита	3,8 см (+2,5 см)	3,3 см (+3,3 см)	4,2 см (+2,4 см)	3,2 см (+3,2 см)
Эпин-экстра	2,4 см (+2,4 см)	3,7 см (+2 см)	3,8 см (+2,1 см)	3,9 см (+3,9 см)
Циркон	4,3 см (+1,8 см)	3,1 см (+3,1 см)	5,7 см (+2,9 см)	4,4 см (+2,9 см)
Янтарная кислота	5,4 см (+3,8 см)	4,1 см (+4,1 см)	5,6 см (+2,8 см)	3,9 см (+2,5 см)

21.12.2023				
Талая вода	8,0 см (+5,7 см)	8,4 см (+7,3 см)	8,8 см (+7,8 см)	7,7 см (+6,5 см)
Биозащита	7,8 см (+4 см)	8,1 см (+4,8 см)	9,3 см (+5,1 см)	9,3 см (+6,1 см)
Эпин-экстра	6,5 см (+4,1 см)	7,8 см (+4,1 см)	9,1 см (+5,3 см)	8,4 см (+4,5 см)
Циркон	8,5 см (+4,2 см)	7,1 см (+4 см)	9,9 см (+4,2 см)	8,6 см (+4,2 см)
Янтарная кислота	9,6 см (+4,2 см)	7,3 см (+3,2 см)	10,1 см (+4,5 см)	7,5 см (+3,6 см)
28.12.2023				
Талая вода	14,2 см (+6,2 см)	15,8 см (+7,7 см)	13,6 см (+4,8 см)	14,3 см (+6,6 см)
Биозащита	13,6 см (+5,8 см)	16,8 см (+8,7 см)	14,1 см (+5,0 см)	16,4 см (+7,1 см)
Эпин-экстра	10,9 см (+4,4 см)	12,4 см (+4,6 см)	18,3 см (+9,2 см)	14,3 см (+5,9 см)
Циркон	15,7 см (+7,2 см)	12,6 см (+5,5 см)	17,3 см (+7,4 см)	13,6 см (+5,0 см)
Янтарная кислота	15,4 см (+5,8 см)	11,6 см (+4,3 см)	16,3 см (+6,2 см)	11,8 см (+4,3 см)
04.01.2024				
Талая вода	17,9 см (+3,7 см)	20 см (+4,2 см)	18,1 см (+4,5 см)	18,2 см (+3,9 см)
Биозащита	18,9 см (+5,3 см)	19,3 см (+2,5 см)	17,3 см (+3,2 см)	21,1 см (+4,7 см)
Эпин-экстра	13,5 см (+2,6 см)	15,5 см (+3,1 см)	21,8 см (+3,5 см)	18,6 см (+4,3 см)
Циркон	18 см (+2,3 см)	15,1 см (+3,5 см)	22 см (+4,7 см)	17,8 см (+4,2 см)
Янтарная кислота	19,4 см (+4,0 см)	15,7 см (+4,1 см)	21,2 см (+4,9 см)	16,1 см (+4,3 см)
11.01.2024				
Талая вода	20,7 см (+2,8 см)	21,2 см (+1,2 см)	21,4 см (+3,3 см)	22,1 см (+3,9 см)
Биозащита	20,1 см (+1,2 см)	21,1 см (+1,8 см)	20,7 см (+3,4 см)	21,4 см (+0,3 см)
Эпин-экстра	14,5 см (+1,0 см)	16,0 см (+0,5 см)	23,2 см (+1,4 см)	19,9 см (+1,3 см)
Циркон	21,0 см (+3,0 см)	17,0 см (+1,9 см)	26,1 см (+4,1 см)	20,3 см (+2,5 см)
Янтарная кислота	22,0 см (+2,6 см)	16,7 см (+1,0 см)	22,3 см (+1,1 см)	16,5 см (+0,4 см)

В процессе наблюдений за ростом и развитием огурцов выяснили, что лучшие показатели имеют те из них, семена которых были обработаны регуляторами роста растений «Циркон» и «Янтарная кислота». Недельный прирост таких растений составляет более 4 см. Действие препаратов «Биозащита», «Эпин-экстра» также оказывает положительное влияние на скорость прорастания семян огурцов и их развитие, но в меньшей степени, чем вышеуказанных. Развитие семян огурцов, замоченных в талой воде, имеет положительную динамику, и чем старше растение, тем рост его происходит быстрее. Объяснение этому находим в выработке растениями естественных фитогормонов, ускоряющих их рост и развитие. Однако синтетические регуляторы роста в большей степени оказывают влияние на ростовые процессы растений (Приложение 7, рис. 1-4).

Выводы

1. Результаты проведённых исследований показали, что все испытываемые регуляторы роста растений в той или иной степени стимулируют процесс прорастания семян.

Однако абсолютная величина рассматриваемых показателей (энергия прорастания, всхожесть семян, длина ростков и т. д.) в значительной степени зависит от вида и концентрации стимуляторов, качества и сорта семенного материала.

2. Экспериментальным путём установили, что предпосевная обработка семян при замачивании регуляторами роста повышает их всхожесть на 10 %, дальнейшее развитие растений происходит достаточно активно, что связано с возможностью проростков сразу включать в метаболизм введённые питательные вещества, в то время как препараты, внесённые в почву, могут быть использованы значительно позже, когда будет достаточно развита корневая система растения.

3. Наилучшими стимуляторами роста огурцов среди исследованных образцов являются «Циркон» и «Янтарная кислота». Препараты «Биозащита» и «Эпин-экстра» немного им уступают. Семена огурцов, замоченные в талой воде, прорастали позже, но их рост и развитие практически не отличались от огурцов, семена которых были выдержаны перед посевом в регуляторах роста растений, однако предпосевная обработка семян вышеуказанными препаратами укрепляет иммунитет растений и повышает в дальнейшем урожайность, что оправдывает целесообразность их применения (Приложение 7, рис. 1-4).

4. При условии соблюдения всех норм, прописанных в инструкции по приготовлению растворов регуляторов роста растений, а также необходимых условий для развития растений (температурный и световой режим, влажность и т. д.) можно значительно ускорить всхожесть семян огурцов, катализировать процессы их вегетационного периода.

Гипотеза подтвердилась: применение регуляторов роста при предпосевной обработке семян огурцов приводит к увеличению всхожести и ускоренному дальнейшему развитию растений.

Практическая значимость работы

Проведённые исследования и анализ литературных источников по изучаемой проблеме позволили доказать целесообразность применения в растениеводстве регуляторов роста, помогли составить основные правила подготовки семян для выращивания огурцов, что важно для получения хорошего урожая.

Правила предпосевной подготовки семян огурцов:

- 1) определить энергию прорастания и всхожести семян;
- 2) отобрать полновесные семена от щуплых, для чего их опускают в 5%-ный раствор поваренной соли (50 г на 1 л воды) с последующим промыванием в чистой воде и высушиванием до сыпучести опустившихся на дно семян;
- 3) прогреть отобранные полновесные семена, подвесив их в марлевом мешочке вблизи печи или отопительной батареи (это обеззараживает семена, всходы будут более быстрые и дружные, увеличится конечный урожай); данную процедуру проводят за 1,5-2 месяца до посева;
- 4) провести предпосевное закаливание с целью повышения холодостойкости растений и получения более ранней продукции (семена поместить в холодильник при температуре 1-3 °С, чередовать температуры 3-6 дней);
- 5) перед посевом обработать семена в растворах регуляторов роста растений [5].

Заключение

Огурец обладает полноценным набором полезных веществ и свойств, поэтому стал незаменимым и востребованным для круглогодичного употребления продуктом. Новые агротехнологии выращивания овощей, в том числе и огурцов, позволяют существенно уменьшить сроки получения урожая. Несмотря на то, что в ходе эксперимента нам удалось испытать только небольшую часть искусственных регуляторов роста растений, результаты проведённой проектной работы показали эффективность их применения, особенно хорошо зарекомендовали себя препараты «Янтарная кислота» и «Цитрон». Влияние стимулирующих составов мы определяли по энергии прорастания, всхожести семян и скорости формирования рассады. Для получения хорошего урожая важно, чтобы всходы появлялись в первые 3-4 дня после посадки. Растения, полученные из семян, которые проросли позже 7-го дня,

дают урожай до 27 % от возможного. Чем дольше семена остаются в земле и не появляются проростки, тем сильнее риск заражения рассады возбудителями грибковых заболеваний. Вот почему для ускорения выращивания сельскохозяйственных культур в теплицах становится целесообразным применение стимуляторов роста. Однако в силу недостаточной информированности практиков об этих препаратах использовать их надо с осторожностью. Главное – не допустить передозировку, так как можно не только не наблюдать ожидаемый положительный эффект, но и получить противоположный результат, угнетающий физиологические процессы в растении. Наиболее правильная тактика в этом случае, как и с любыми удобрениями, – «лучше недодать, чем передать» [1].

Список используемых источников:

1. Безуглова О. С. Новый справочник по удобрениям и стимуляторам роста. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. – 384 с.
2. Коф Э. М., Борисова Т. А., Аскоченская Н. А. Фитогормоны при формировании и покое семян / В кн.: Природные и синтетические регуляторы онтогенеза растений; под ред. Н. И. Якушкиной. – Москва: ВИНТИ, 1990. – С. 47-65.
3. Овощеводство // Агротехника возделывания культуры огурца. – 2013. – № 12. – С. 18-23.
4. Регуляторы роста растений / Под ред. В. С. Шевелухи. – Москва: Агропромиздат, 1990. – 185 с.
5. Жукова П. С., Аниховская Т. Е. Результаты испытания регуляторов роста при выращивании огурца // Овощеводство: Науч. тр. – Минск, 1996. – Вып. 9. – С. 131-142.
6. Пашин В. И., Попов В. Ф. Урожайность, плодовитость и жизнеспособность семян огурца при применении регуляторов роста / Влияние регуляторов роста на развитие и продуктивность растений. – Ставрополь, 1988. – С. 89-100.
7. Фролов С. А. Технологические приёмы возделывания овощных культур. – Краснодар: КГАУ, 2004. – 50 с.

Приложение

Приложение 1.

Социологический опрос 150 жителей области.

1. Какие сорта огурцов Вы предпочитаете в домашнем хозяйстве? (несколько вариантов ответа)

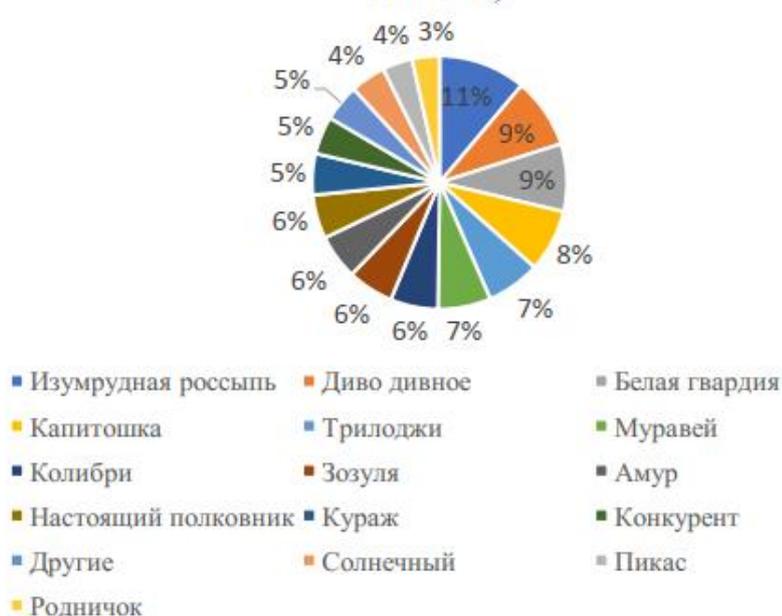


Рис. 1. Вопрос: «Какие сорта огурцов вы предпочитаете в домашнем хозяйстве?»

2. Используете ли Вы регуляторы роста в домашнем хозяйстве?
(1 вариант ответа)



Рис. 2. Вопрос: «Используете ли вы регуляторы роста в домашнем хозяйстве?»

3. Если используете регуляторы роста в домашнем хозяйстве, выберите их (несколько вариантов ответа)



Рис. 3. Вопрос: «Если используете регуляторы роста в домашнем хозяйстве, выберите их».

Приложение 2.

Сорта огурцов, используемые в исследовании.



Приложение 3.

Исследуемые регуляторы роста растений.

	<p>Янтарная кислота – биологический стимулятор роста растений. Вещество было получено в 17 веке путём перегонки янтаря, отсюда название соединения. Клетки и ткани любого живого организма синтезируют янтарную кислоту естественным образом в минимальных количествах. Это своего рода натуральный универсальный промежуточный продукт энергетических обменных процессов в организме растений, животных и человека. Обработка семян и молодых проростков приводит к закреплению действия препарата в период всей жизнедеятельности растения.</p>
	<p>Биозащита – регулятор роста растений от перерастания рассады. Применяется в качестве корневой и внекорневой подкормки для рассады томатов, земляники, цветочных культур (горшечные растения). Препарат ускоряет созревание урожая, повышает качество плодов, усиливает иммунитет растений к болезням, повышает содержание витаминов в плодах, активизирует развитие корневой системы.</p>
	<p>Циркон – регулятор роста и развития растений, корнеобразователь, индуктор цветения. Получен из растительного сырья. Повышает всхожесть и энергию прорастания семян. Ускоряет цветение, рост и развитие растений на 5-10 дней. Обладает высокой корнеобразующей активностью. Способствует укоренению рассады и черенков. Ускоряет их приживаемость при пересадках и снижает накопление тяжёлых металлов.</p>
	<p>Эпин-экстра – препарат иммуномодулятор, стимулятор роста растений. Синтезирован в лабораторных условиях при помощи нанотехнологий. Биостимулятор аккумулирует естественные защитные силы насаждений, способствует повышению урожая на 10-15 %. Основное вещество биопрепарата «Эпибрассинолид» – аналог вырабатываемого в небольших количествах растениями гормона брассина. Фитогормон ускоряет деление клеток и блокирует продуцирование веществ, тормозящих рост культур.</p>

Подготовка семян к посеву.



Сорта: 1 – «Диво дивное»; 2 – «Белая гвардия», 3 – «Изумрудная россыпь»; 4 – «Капитошка».



Приложение 5.

Рост и развитие огурцов.



Приложение 6.

Развитие огурцов под действием регуляторов роста растений.



Приложение 7.

Влияние регуляторов роста растений на рост и развитие огурцов.

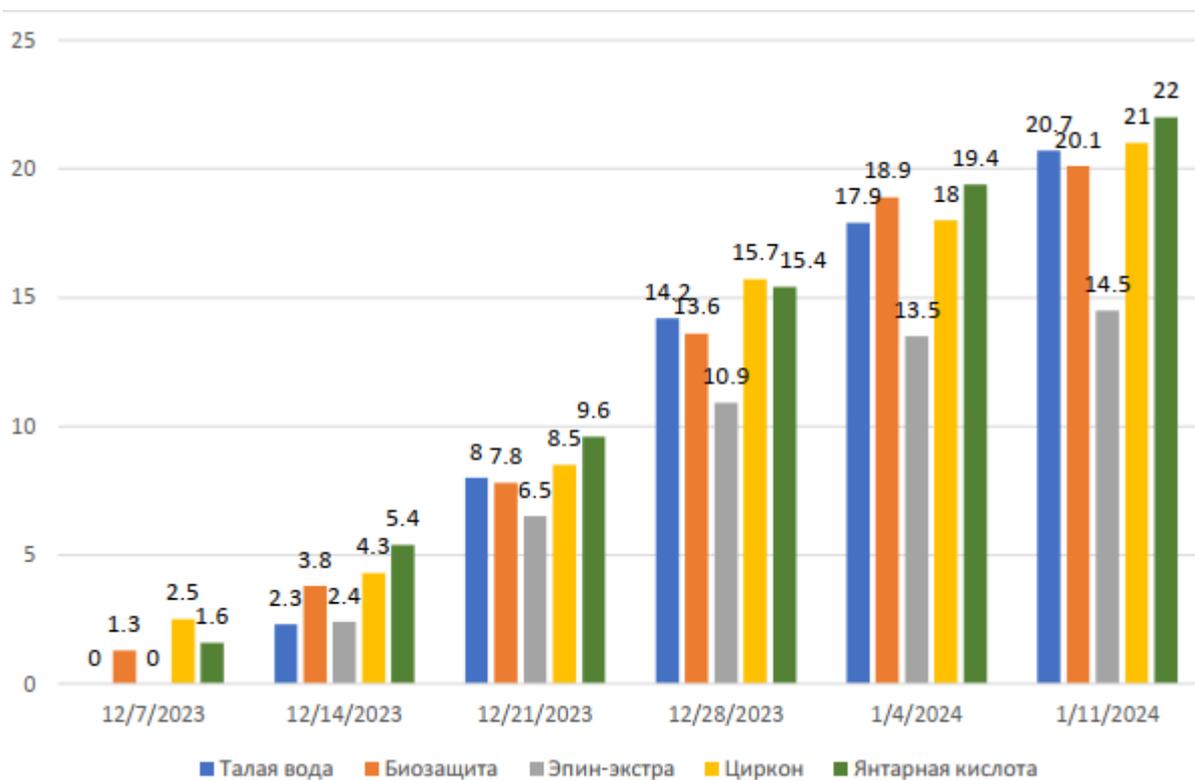


Рис. 1. Влияние регуляторов роста растений на рост и развитие огурцов (на примере огурцов сорта «Изумрудная россыпь»)

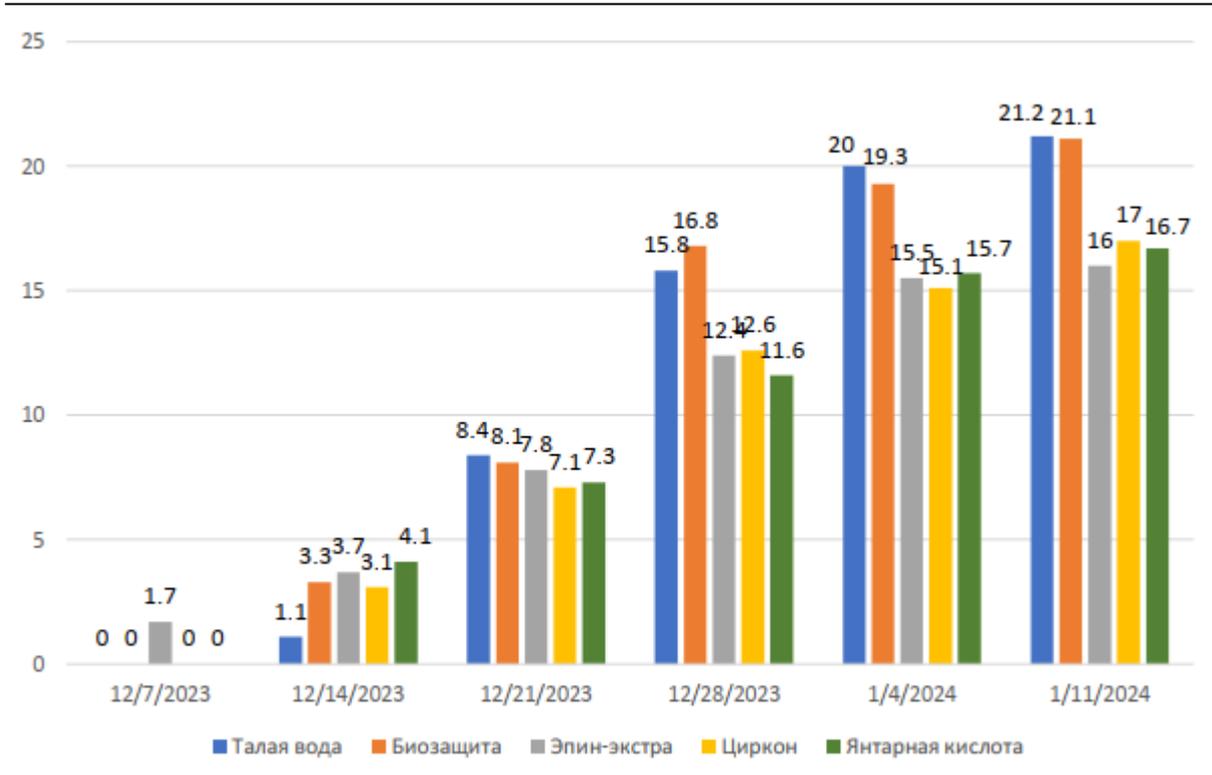


Рис. 2. Влияние регуляторов роста растений на рост и развитие огурцов
(на примере огурцов сорта «Белая гвардия»)

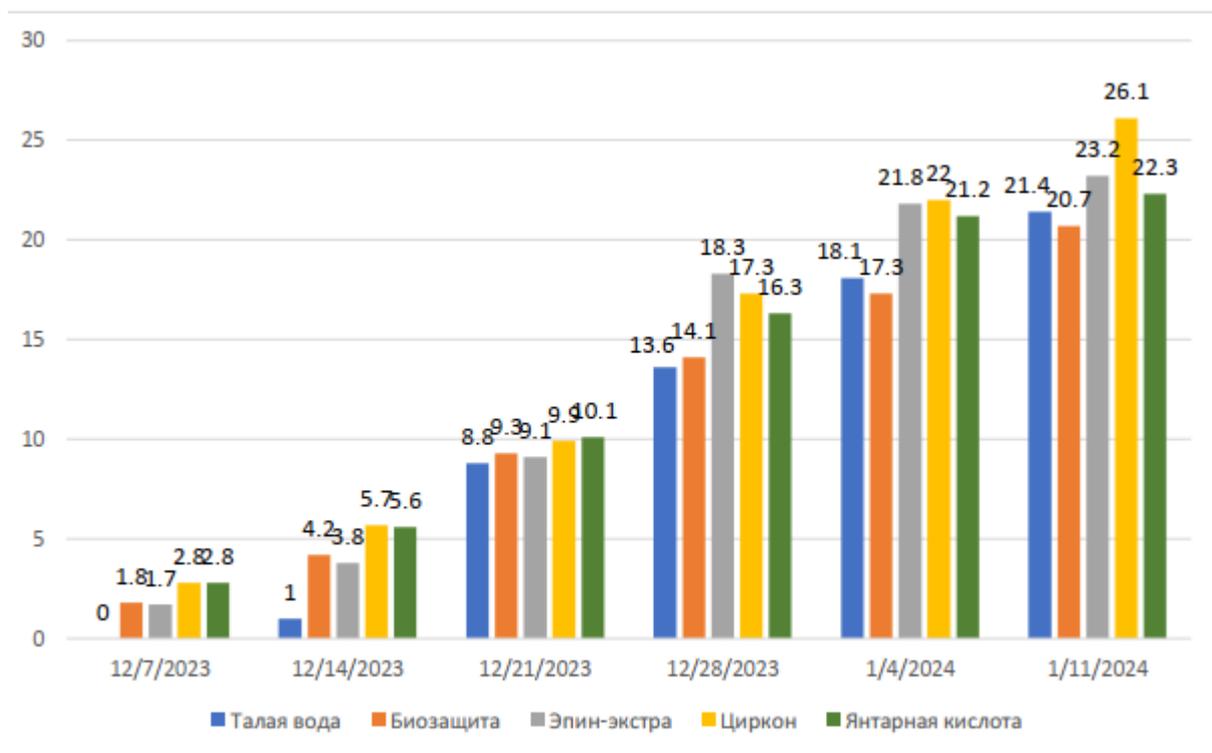


Рис. 3. Влияние регуляторов роста растений на рост и развитие огурцов
(на примере огурцов сорта «Капитошка»)

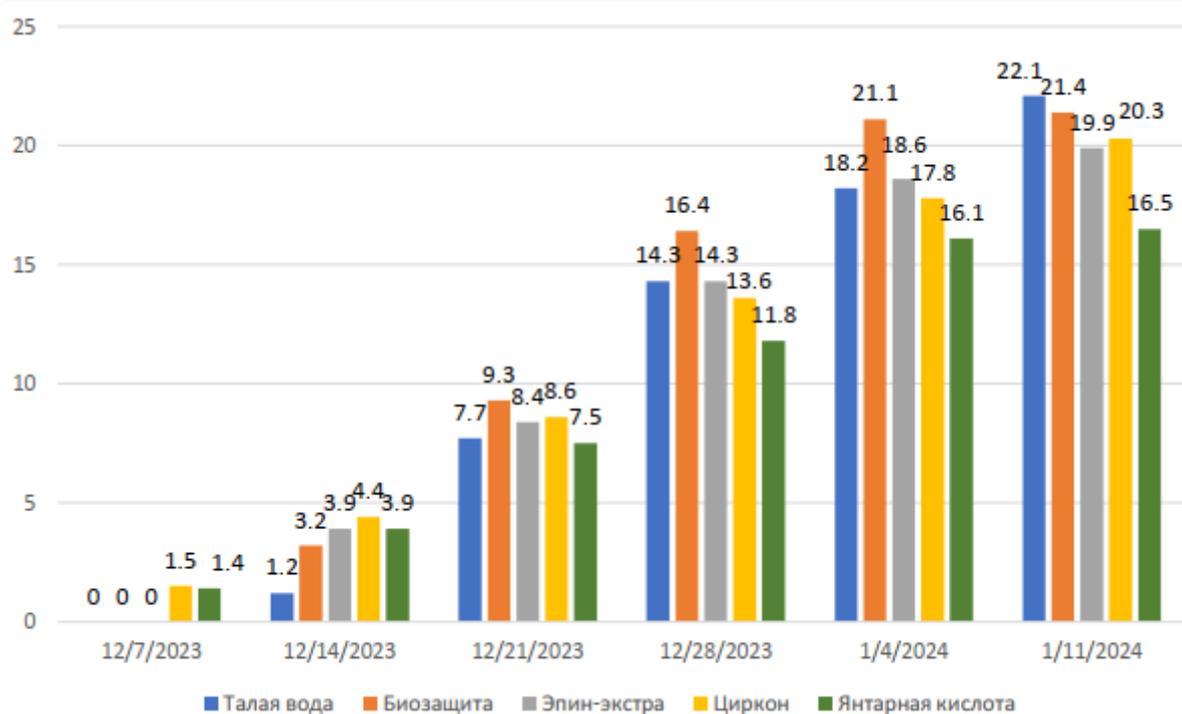


Рис. 4. Влияние регуляторов роста растений на рост и развитие огурцов (на примере огурцов сорта «Диво дивное»)

Ф. И. О. участника: Плыкин Антон Алексеевич
**Название проекта: «Влияние минерального удобрения «Нанокремний»
на проращивание семян огурцов: эксперимент и анализ»**
Статус участника: призёр

Актуальность темы:

Огурцы — одна из самых популярных культур в сельском хозяйстве и на приусадебных участках.

Удобрения играют важную роль в повышении урожайности и ускорении роста растений.

«Нанокремний» — современное минеральное удобрение, которое может улучшать всхожесть семян и укреплять растения.

Изучение влияния «Нанокремния» на проращивание семян огурцов поможет понять его эффективность и возможность применения в сельском хозяйстве.

Гипотеза:

предполагается, что использование минерального удобрения «Нанокремний» положительно влияет на скорость прорастания семян огурцов, увеличивает процент всхожести и улучшает начальный рост растений.

Цель проекта:

исследовать влияние минерального удобрения «Нанокремний» на процесс проращивания семян огурцов и определить его эффективность.

Задачи проекта:

Изучить литературу и источники информации о составе и свойствах удобрения «Нанокремний».

Провести эксперимент по проращиванию семян огурцов с использованием «Нанокремния» и без него.

Сравнить скорость прорастания, процент всхожести и начальный рост растений в обеих группах.

Проанализировать результаты и сделать выводы о влиянии удобрения.

Подготовить рекомендации по использованию «Нанокремния» для улучшения всхожести семян.

Методы исследования:

Эксперимент: проращивание семян огурцов в двух группах (с «Нанокремнием» и без).

Наблюдение: фиксация времени появления ростков, измерение длины ростков и подсчёт процента всхожести.

Анализ: сравнение результатов между группами.

Ожидаемые результаты

Удобрение «Нанокремний» ускоряет прорастание семян огурцов.

Увеличивается процент всхожести семян.

Растения, обработанные «Нанокремнием», демонстрируют более активный начальный рост.

Практическая значимость:

результаты исследования могут быть полезны для садоводов и фермеров, которые хотят повысить урожайность огурцов и улучшить качество рассады.

Этапы работы

1. Подготовительный этап.

- Изучение литературы:

Поиск информации о свойствах «Нанокремния» и его влиянии на растения.

Изучение биологических особенностей огурцов и условий их проращивания.

- Постановка цели и задач:

Определение цели проекта (изучение влияния «Нанокремния» на проращивание семян огурцов).

Формулирование гипотезы (предположение о положительном влиянии удобрения).

- Подготовка материалов:

Приобретение семян огурцов, удобрения «Нанокремний», грунта и ёмкостей для посадки.

Подготовка инструментов для измерений (линейка, фотоаппарат, блокнот для записей).

2. Планирование эксперимента.

- Разделение на группы:
Контрольная группа: семена, проращиваемые без «Нанокремния».
Экспериментальная группа: семена, обработанные раствором «Нанокремния».
- Подготовка раствора:
Разведение «Нанокремния» согласно инструкции.
- Замачивание семян:
Замачивание семян экспериментальной группы в растворе «Нанокремния» на 12 часов.
Замачивание семян контрольной группы в чистой воде на то же время.
- 3. Проведение эксперимента.
- Посадка семян:
Посадка семян в подготовленные ёмкости с грунтом.
Создание одинаковых условий для обеих групп (освещение, температура, полив).
- Наблюдение и фиксация данных:
Ежедневное наблюдение за появлением ростков.
Фиксация даты появления первых ростков.
Измерение длины ростков каждые 2 дня.
Подсчёт процента всхожести (количество проросших семян от общего числа).
- Фотографирование:
Создание фотоотчёта для наглядного сравнения результатов.
- 4. Анализ результатов.
- Сравнение данных:
Сравнение скорости прорастания семян в обеих группах.
Анализ процента всхожести.
Сравнение длины и состояния ростков.
- Оформление результатов:
Создание таблиц и графиков для наглядного представления данных.
Подготовка выводов на основе полученных результатов.

Введение

Огурцы — одна из самых популярных овощных культур, которую выращивают как в промышленных масштабах, так и на приусадебных участках. Они богаты витаминами и минералами, а также являются важным продуктом питания. Однако для получения хорошего урожая необходимо обеспечить растения всеми необходимыми питательными веществами. Именно поэтому удобрения играют ключевую роль в сельском хозяйстве.

Современная наука предлагает новые виды удобрений, которые могут значительно улучшить рост и развитие растений. Одним из таких удобрений является «Нанокремний». Это минеральное удобрение содержит кремний в наноформе, который, как известно, способствует укреплению клеточных стенок растений, повышает их устойчивость к болезням и улучшает усвоение других питательных веществ.

Цель моего проекта — изучить влияние минерального удобрения «Нанокремний» на проращивание семян огурцов. Я хочу выяснить, как это удобрение влияет на скорость прорастания семян, процент всхожести и начальный рост растений.

Актуальность этой темы заключается в том, что использование эффективных удобрений может значительно повысить урожайность огурцов, что особенно важно в условиях ограниченных ресурсов и необходимости экологически безопасного земледелия.

Теория

«Нанокремний» — это современное минеральное удобрение, которое появилось благодаря развитию нанотехнологий и исследований в области агрохимии. Его история связана с изучением роли кремния в жизни растений и поиском способов повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Изучение роли кремния в растениях:

Ещё в XIX веке учёные начали замечать, что кремний играет важную роль в жизни некоторых растений, особенно злаковых (например, рис, пшеница).

Кремний был обнаружен в клеточных стенках растений, где он укрепляет ткани и повышает устойчивость к болезням и стрессам.

Однако долгое время кремний не считался essential (незаменимым) элементом для растений, поэтому его использование в сельском хозяйстве было ограниченным.

Развитие нанотехнологий в сельском хозяйстве:

В конце XX – начале XXI века с развитием нанотехнологий учёные начали исследовать, как наночастицы различных элементов могут влиять на растения.

Кремний в наноформе оказался особенно эффективным, так как его частицы легко проникают в клетки растений и быстро усваиваются.

Это открыло новые возможности для создания удобрений на основе нанокремния.

Создание «Нанокремния»:

«Нанокремний» был разработан как инновационное удобрение, которое сочетает в себе преимущества кремния и нанотехнологий.

Его основная цель — улучшить рост растений, повысить их устойчивость к стрессам и увеличить урожайность.

Удобрение стало активно применяться в сельском хозяйстве, особенно в регионах с неблагоприятными климатическими условиями.

Применение «Нанокремния» сегодня:

сегодня «Нанокремний» используется во многих странах для повышения урожайности различных культур, включая огурцы, томаты, злаки и другие.

Он особенно популярен в органическом земледелии, так как является экологически безопасным и не наносит вреда окружающей среде.

Удобрение продолжает изучаться, и его свойства постоянно совершенствуются.

Перспективы «Нанокремния»:

Учёные продолжают исследовать возможности «Нанокремния» для повышения устойчивости растений к засухе, засолению почвы и другим стрессам.

Разрабатываются новые формы удобрения, которые могут быть ещё более эффективными и доступными для фермеров.

История «Нанокремния» — это пример того, как наука и технологии помогают решать важные задачи сельского хозяйства. От открытия роли кремния в жизни растений до создания инновационного удобрения — это путь, который продолжает развиваться и приносить пользу людям.

«Нанокремний» — минеральное удобрение, которое содержит кремний в наноформе.

Кремний является важным элементом для растений, хотя его роль часто недооценивают.

Вот основные свойства «Нанокремния» и его влияние на растения.

1. Укрепление клеточных стенок:

кремний входит в состав клеточных стенок растений, делая их более прочными и устойчивыми к внешним воздействиям.

Это помогает растениям лучше противостоять механическим повреждениям, ветру и другим стрессам.

2. Повышение устойчивости к болезням и вредителям:

кремний усиливает защитные свойства растений, делая их менее уязвимыми для грибковых, бактериальных и вирусных инфекций.

Растения, обработанные «Нанокремнием», меньше подвержены атакам вредителей.

3. Улучшение усвоения питательных веществ:

кремний способствует лучшему усвоению других минералов, таких как фосфор, калий и магний, что положительно влияет на рост и развитие растений.

Он также помогает растениям эффективнее использовать воду, что особенно важно в засушливых условиях.

4. Стимуляция роста и развития:

«Нанокремний» ускоряет прорастание семян и улучшает всхожесть.

Он способствует развитию корневой системы, что делает растения более устойчивыми и способными поглощать больше питательных веществ из почвы.

5. Повышение устойчивости к стрессам:

кремний помогает растениям легче переносить неблагоприятные условия, такие как засуха, перепады температур или засоление почвы.

Это особенно важно для сельского хозяйства в регионах с экстремальными климатическими условиями.

6. Экологическая безопасность:

«Нанокремний» является экологически чистым удобрением, которое не наносит вреда окружающей среде.

Он безопасен для человека, животных и полезных микроорганизмов в почве.

Как работает «Нанокремний» в наноформе?

Наночастицы кремния имеют очень маленький размер, что позволяет им легко проникать в клетки растений и быстро усваиваться.

Благодаря этому эффект от применения «Нанокремния» заметен уже на ранних стадиях роста растений.

Применение «Нанокремния»:

Для семян: замачивание семян в растворе «Нанокремния» перед посадкой улучшает их всхожесть и ускоряет прорастание.

Для рассады: опрыскивание или полив рассады укрепляет растения и стимулирует их рост.

Для взрослых растений: регулярное применение повышает урожайность и улучшает качество плодов.

«Нанокремний» — это эффективное и безопасное удобрение, которое помогает растениям стать более устойчивыми, здоровыми и продуктивными. Его свойства делают его особенно полезным для сельского хозяйства и садоводства.

В ходе проекта я планирую провести эксперимент, в котором сравню проращивание семян огурцов с использованием «Нанокремния» и без него. Результаты этого исследования помогут понять, насколько эффективно это удобрение и можно ли его рекомендовать для использования в сельском хозяйстве и садоводстве.

Таким образом, мой проект направлен не только на получение новых знаний, но и на практическое применение результатов, которые могут быть полезны для всех, кто занимается выращиванием огурцов.

Основной этап проекта: проведение эксперимента

На основном этапе я начал сам эксперимент, чтобы проверить, как удобрение «Нанокремний» влияет на проращивание семян огурцов. Вот как это было:

1. Подготовка семян

Я взял два одинаковых набора семян огурцов. Один набор замочил в растворе «Нанокремния» (согласно инструкции на упаковке), а второй — в обычной воде. Оба набора замачивались 12 часов, чтобы семена могли впитать влагу и питательные вещества.

2. Посадка семян

После замачивания я подготовил два контейнера с грунтом. В каждый контейнер я посадил по 10 семян:

в первый контейнер — семена, обработанные «Нанокремнием».

Во второй контейнер — семена, замоченные в воде (контрольная группа).

Я постарался посадить семена на одинаковую глубину (около 1,5 см) и на одинаковом расстоянии друг от друга, чтобы условия для всех были равными.

3. Создание условий для проращивания

Оба контейнера я поставил на подоконник, где было достаточно света. Температура в комнате была около 22-25 °С, что идеально подходит для проращивания огурцов. Я поливал грунт каждый день небольшим количеством воды, чтобы он оставался влажным, но не переувлажнённым.

4. Наблюдение и фиксация данных

Каждый день я внимательно наблюдал за контейнерами и записывал свои наблюдения:

День 1-2: семена начали набухать, но ростков ещё не было.

День 3: в контейнере с «Нанокремнием» появились первые маленькие ростки!

В контрольной группе ростков пока не было.

День 4-5: в экспериментальной группе проросло уже 7 семян из 10, а в контрольной — только 3.

День 6-7: ростки в контейнере с «Нанокремнием» были выше и крепче, чем в контрольной группе.

Я также измерял длину ростков каждые два дня и записывал результаты в таблицу.

Например, на 7-й день средняя длина ростков в экспериментальной группе была 5 см, а в контрольной — только 3 см.

5. Фотографирование

Чтобы наглядно показать разницу, я фотографировал ростки каждый день. Это помогло мне зафиксировать, как быстро развиваются растения в каждой группе.

Что я понял на этом этапе:

семена, обработанные «Нанокремнием», проросли быстрее.

В экспериментальной группе процент всхожести был выше (5 из 10 семян против 2 из 10 в контрольной группе).

Ростки в контейнере с «Нанокремнием» были более крепкими и высокими.

Этот этап был самым интересным, потому что я своими глазами увидел, как удобрение влияет на растения. Теперь мне осталось только проанализировать результаты и сделать выводы!

Вывод

В ходе своего проекта я исследовал влияние минерального удобрения «Нанокремний» на проращивание семян огурцов. Эксперимент показал, что это удобрение действительно оказывает положительное воздействие на рост и развитие растений.

Скорость прорастания: семена, обработанные «Нанокремнием», проросли быстрее, чем семена из контрольной группы. Первые ростки появились уже на третий день, тогда как в контрольной группе — только на пятый.

Процент всхожести: в экспериментальной группе проросло 70 % семян, а в контрольной — только 30 %. Это говорит о том, что «Нанокремний» значительно повышает всхожесть семян.

Рост растений: ростки в контейнере с «Нанокремнием» были выше и крепче, чем в контрольной группе. На седьмой день их средняя длина составляла 5 см, тогда как в контрольной группе — только 3 см.

Таким образом, моя гипотеза подтвердилась: удобрение «Нанокремний» действительно положительно влияет на проращивание семян огурцов. Оно ускоряет прорастание, увеличивает процент всхожести и способствует более активному начальному росту растений.

Рекомендации:

использование «Нанокремния» может быть особенно полезным для садоводов и фермеров, которые хотят повысить урожайность огурцов и улучшить качество рассады.

Для достижения лучших результатов рекомендуется замачивать семена в растворе «Нанокремния» перед посадкой.

Этот проект помог мне не только узнать больше о влиянии удобрений на растения, но и понять, как важно использовать современные технологии в сельском хозяйстве для повышения эффективности и экологической безопасности.

Литература:

- Хорошилов А. А., Павловская Н. Е., Бородин Д. Б., Яковлева И. В. Фотосинтетическая продуктивность и структура урожая яровой пшеницы под влиянием нанокремния в сравнении с биологическим и химическим препаратами // Сельскохозяйственная биология. — 2021. — Т. 56. — № 3. — С. 487–499.
- Жаркова С. В. Исследование действия нанокремния и удобрения «Гумат» на рост, развитие и продуктивность сои сорта «Алтом» // Сельскохозяйственные науки. — 2020. — Т. 1-1 (40). — С. 138–141.
- Статья на тему «Влияние препаратов «Нанокремний» и «Теллура-Био» на урожайность сельскохозяйственных культур в условиях учебного хозяйства Тальменского технологического техникума». Доступна на сайте: infourok.ru.
- Статья «Применение удобрения минерального с микроэлементами “Нанокремний” в технологии выращивания томатов закрытого грунта». Доступна на сайте: arknews.su.

Ф. И. О. участника: Попов Александр Александрович
Название проекта: «Протеиновая школьная булочка»
Статус участника: призёр

Введение

Несмотря на достаточное количество гигиенических, методических рекомендаций в области здорового, рационального питания, наши соотечественники не в состоянии соблюсти эти принципы [1].

В школьные годы ребёнок активно развивается в физическом, нравственном и интеллектуальном планах, организму необходимо много энергии, чтобы обрабатывать информацию, погружаться в новые темы, учиться. Однако, по данным на 2022 год, полностью обеспечены витаминами в своём рационе не более 14 % взрослого населения РФ, а до 40 % детей испытывают дефицит по целому ряду полезных элементов. Среди основных недостатков питания населения также выделяют избыточное потребление высококалорийной пищи, насыщенных животных жиров и легкоусвояемых углеводов, недостаток полноценного белка и пищевых волокон.

Решить эту задачу исключительно с помощью медикаментозных средств не представляется возможным, тогда как применение витаминно-минеральных комплексов, специализированных и функциональных продуктов питания является наиболее быстрым, экономически приемлемым и научно обоснованным путём решения данной проблемы.

Цель проекта – создание школьной булочки с повышенным содержанием белка. Для достижения цели поставлены задачи проекта:

1. Изучить литературу.
2. Подобрать белковую добавку.
3. Разработать рецептуру.
4. Провести анализ.
5. Изготовить протеиновую булочку.

1. Обзор литературных источников по теме проекта

1.1. Хлебобулочные изделия в жизни человека

Хлебобулочные изделия занимают важное место в жизни человека. Они являются основным источником углеводов, витаминов группы В, минералов и клетчатки. Хлеб и булочки традиционно присутствуют на столе многих народов мира, являясь неотъемлемой частью ежедневного рациона.

Хлебобулочные изделия обеспечивают организм энергией, необходимой для повседневной активности. Углеводы, содержащиеся в хлебе, быстро усваиваются и дают ощущение сытости. Витамины группы В способствуют нормальному функционированию нервной системы и обмену веществ. Клетчатка помогает поддерживать работу желудочно-кишечного тракта.

Существует множество видов хлебобулочных изделий, каждый из которых имеет свои особенности:

✓ Пшеничный хлеб — самый распространённый вид хлеба, изготавливается из пшеничной муки.

✓ Ржаной хлеб — изготавливается из ржаной муки, обладает более насыщенным вкусом и ароматом.

✓ Цельнозерновой хлеб — содержит все части зерна, включая оболочку и зародыш, что делает его богатым источником клетчатки и витаминов.

✓ Батоны и багеты — длинные тонкие буханки хлеба, популярные во Франции и других странах Европы.

В настоящее время хлебопекарное производство является одной из крупнейших отраслей пищевой промышленности. Ежедневно выпекается более 100 тыс. тонн хлеба. Увеличился спрос на изделия из сортовой муки. В последние годы хлеб рассматривается как функциональный продукт питания, через который человек получает необходимые ему биологически активные соединения.

При производстве школьного питания предъявляются высокие требования к качеству продукта. Требования к пищевой ценности хлебобулочных изделий для школьников: белки, г – 8,0-13,0; жиры, г – 1,0-8,0; углеводы, г – 45,0-55,0.

1.2. Изделия функционального назначения

Хлеб как изделие функционального назначения играет важную роль в питании и культуре многих народов. Вот некоторые аспекты его функциональности:

1. Удобство использования – хлеб легко транспортировать и хранить, поэтому он удобен для приёма в пищу на каждый день.
2. Разнообразие видов – существует очень много различных видов хлеба. Каждый человек может найти для себя самую вкусную и подходящую выпечку.
3. Здоровье – некоторые виды хлеба содержат полезные злаки, например, которые помогают работе пищеварения.
4. Питательная ценность – хлеб является ценным источником разных полезных веществ.
5. Экономическая доступность – хлеб является одним из самых доступных продуктов питания.

На данный момент существует большое количество видов полезного хлеба, изготовленные из пшеницы:

1. Хлеб с добавлением пряностей или трав: пшеничный хлеб, в котором добавлены свежие травы для особого аромата.
2. Багет: длинный и тонкий французский хлеб с хрустящей корочкой.
3. Хлеб с семенами: пшеничный хлеб с добавлением питательных и ароматных семян.
4. Фокача: пшеничный плоский хлеб, приправленный оливковым маслом.
5. Цельнозерновой пшеничный хлеб: сделан из цельнозерновой муки, которая сохраняет все части зерна, делая его богатым клетчаткой.

В работах ряда учёных в нашей стране и за рубежом изучена и установлена возможность использования в хлебопечении высокоценного растительного сырья – семян бобовых культур и продуктов их переработки.

Это соевая мука, белкововолокнистая композиция на основе вторичных продуктов переработки сои; гороховая мука; белковая паста, полученная из гидротермически обработанной и ферментированной комплексом молочнокислых бактерий Дельбрюка гороховой муки; гидротермически обработанные семена гороха, предварительно смешанные с крахмалом; липид-белковый комплекс из семян гороха, обработанный метабисульфитом натрия; фасолевая мука; нутовая мука; чечевичная мука; чечевично-дрожжевой полуфабрикат, состоящий из измельчённых пророщенных семян чечевицы; порошок из семян чечевицы; экструдаты из семян люпина сладкого; люпиновая мука и др. Применение этих добавок возможно при соблюдении определённых технологических процессов и использовании дополнительных компонентов [3].

2. Практическая часть

2.1. Организация и планирование эксперимента

В качестве белкового обогатителя нами выбрана гороховая мука, которая по химическому составу существенно отличается от пшеничной муки высшего и первого сортов. Основное преимущество гороховой муки заключается в более высоком содержании белка и минеральных веществ. Установлено, что мука гороховая значительно превосходит пшеничную муку высшего и первого сортов по ряду компонентов: по содержанию белка – в 2,2-3,2 раза; сахаров – в 5,3-6,2 раза; клетчатки – в 19-72 раза; золы – в 3,7-6,6 раза; лишь содержание крахмала в муке бобовых культур в 1,5-3,8 раза ниже, чем в пшеничной муке. Следовательно, использование муки, полученной из семян гороха, при производстве хлебобулочных изделий из муки пшеничной высшего и первого сортов будет способствовать значительному улучшению пищевой ценности продукции.

За основу (контроль) брали рецептуру сдобной булочки «Школьная», в состав которой взамен части пшеничной муки вносили гороховую (таблица 1).

Таблица 1. Рецепт приготовления образцов булочек

	К	1	2	3
Молоко	100	100	100	100
Дрожжи	7	7	7	7
Масло	45	45	45	45
Яйцо	1	1	1	1
Мука пшеничная	350	330	290	250
Мука гороховая	-	20	60	100
Сахар	50	50	50	50

Опытные образцы изготавливали и анализировали по органолептическим и физико-химическим показателям.

2.2. Изготовление булок с повышенным содержанием белка

Опытные образцы теста готовили по традиционной рецептуре (К), используя муку пшеничную высшего или первого сорта, в экспериментальных образцах пшеничную муку смешивали с гороховой мукой, затем добавляли остальные ингредиенты и замешивали тесто. Тесто после замеса оставляли на брожение при температуре 30-32 °С. Затем формировали булочки, вес заготовки – 200 г, оставляли для расстойки на 20 мин. (рис. 1), затем выпекали при 200 °С в течение 15 мин.

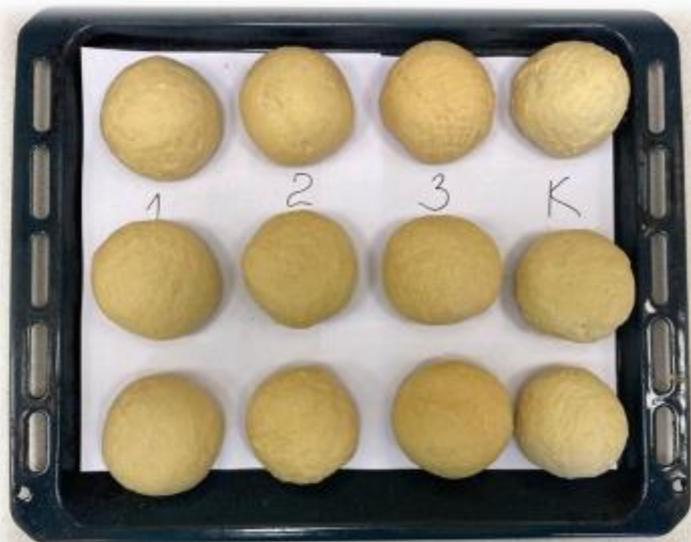


Рисунок 1. Образцы булочек на расстойке перед выпечкой

На рисунке 2 показаны образцы булочек после выпечки.



Рисунок 2. Образцы булочек после выпечки

На фото видно, что самый светлый цвет корки – у контрольного образца. С увеличением количества гороховой муки в рецептуре увеличивается интенсивность окраски корки. То же можно сказать о состоянии мякиша: более интенсивный окрас и плотная текстура – в образцах с добавлением гороховой муки (рис. 3).



Рисунок 3. Образцы булочек после выпечки в разрезе



Рисунок 4. Упёк

На весах видно, что большой разницы в весе между образцами нет. Разница варьируется в районе 2 граммов. Изначально вес сырого теста был 200 граммов, следовательно, каждая из булочек потеряла примерно 12 граммов.



Рисунок 5. Усушка

На следующий день после выпечки каждая из булочек была взвешена. Особой разницы между упёком и усушкой не видно, каждая булочка потеряла 1-2 грамма. Потеря веса мог произойти вследствие потери влаги.

Рассчитана пищевая ценность булочек (табл. 2).

Таблица 2. Пищевая и энергетическая ценность булочек.

	Контроль		20 % гороховой муки	
	На 100 г	% от суточной	На 100 г	% от суточной
	22,23%			
Белки	7,9 г	8,59 %	11,1 г	18,3 %
Жиры	9,4 г	14,03 %	9,4 г	14,03 %
Углеводы	55,5 г	39,93 %	61,5 г	42,93 %
Пищевые волокна	2,1 г	10,5 %	8,1 г	35,5 %
Калорийность	339 ккал		369 ккал	

ВЫВОДЫ

В результате выполнения проекта изучена специальная литература по производству хлебобулочных изделий и требованиям к ним. Изучены материалы и публикации по обогащению хлебобулочных изделий белком и пищевыми волокнами.

Выбор гороховой муки обусловлен высоким содержанием полноценного белка и пищевыми волокнами, доступностью, возобновляемостью и относительной дешевизной.

Разработана рецептура школьных булочек с использованием гороховой муки, изготовлены опытные образцы. Проведён органолептический и физико-химический анализ полученных булочек, рассчитана пищевая ценность.

Добавление булочек в ежедневный рацион школьников будет способствовать поступлению в организм растительной клетчатки, а также полноценного белка и минеральных компонентов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мальцева О. Д. Программа «Здоровое питание – здоровье нации» // Пищевая промышленность. – 2009. – № 6. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/programma-zdorovoe-pitanie-zdorovie-natsii> (дата обращения: 12.02.2025).

2. Петров В. П., Магдич И. А., Сухотерина Е. Г. Пути преодоления дефицита основных пищевых веществ, витаминов и микронутриентов и предупреждения развития алиментарно-зависимых заболеваний // Педиатр. – 2017. – № 8. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/puti-preodoleniya-defitsita-osnovnyh-pischevyhveschestv-vitaminov-i-mikronutrientov-i-preduprezhdeniya-razvitiya-alimentarno> (дата обращения: 12.02.2025).

3. Батурина Н. А., Музалевская Р. С. Использование муки из семян бобовых культур для повышения пищевой ценности пшеничного хлеба // Товароведно-технологические аспекты разработки пищевых продуктов функционального и специализированного назначения: коллективная монография; под общ. ред. проф. Е. В. Литвиновой. – Воронеж: Научная книга, 2010. – С.174-199.

Ф. И. О. участника: Харин Иван Александрович
**Название проекта: «Гибридная рекомендательная система
на базе искусственного интеллекта»**
Статус участника: победитель

Введение

В условиях быстрого развития технологий и возрастающих требований к пользовательскому опыту становится актуальным внедрение решений, направленных на персонализацию взаимодействия с пользователями. Одним из таких инновационных решений является система рекомендаций, функционирующая на основе алгоритмов искусственного интеллекта.

Такая система обладает высокой степенью адаптивности и может быть интегрирована в разнообразные платформы, включая социальные сети, онлайн-игры, сервисы с видео- и фотоконтентом.

Алгоритм анализирует поведенческие паттерны пользователей и подбирает контент, соответствующий их индивидуальным интересам и предпочтениям. Это не только способствует повышению уровня вовлечённости и удовлетворённости пользователей, но и упрощает процесс интеграции системы в различные сервисы.

Цель работы: разработка алгоритма на основе искусственного интеллекта, предназначенного для создания и интеграции рекомендательных систем в интернет-ресурсы и приложения.

Задачи:

1. Исследовать платформы и сайты (в сети Интернет), а также приложения, которые используют рекомендательные алгоритмы, проанализировать качество их работы, собрать опыт пользователей (взаимодействие с сообществом).

2. Изучить существующие и разработанные алгоритмы ИИ, предназначенные для рекомендаций, апробировать алгоритмы, сравнить их.

3. Разработать план по созданию собственного алгоритма, подсчитать математическую составляющую алгоритма, подсчитать затрачиваемые ресурсы на разработку и при работе данного алгоритма, составить оценочную таблицу.

4. Собрать данные для обучения модели нейросети, предназначенной для рекомендации различного (конкретного под сферу) контента пользователям.

5. Разработать модель ИИ на основе собранных данных.

6. Протестировать разработанную модель, проанализировать количество использованных ресурсов для работы модели.

7. Провести исследование и разработать план по оптимизации разработанного алгоритма для минимизации затрачиваемых ресурсов на работу нейронной сети.

8. Доработать и протестировать алгоритм.

Проблема: запуск сайтов и приложений с использованием искусственного интеллекта остаётся недоступным для многих компаний и разработчиков из-за высоких затрат и низкой эффективности существующих алгоритмов. Обучение моделей под конкретные задачи требует много времени и финансовых ресурсов, а результаты часто не оправдывают ожиданий. Кроме того, для работы алгоритмов необходимы значительные вычислительные мощности, что делает их применение нецелесообразным для многих проектов.

Актуальность: в условиях активного развития цифровизации возникает острая потребность в инновационных решениях для анализа поведения пользователей и предоставления персонализированных рекомендаций. Это особенно актуально для малого и среднего бизнеса, который стремится увеличить продажи на интернет-платформах и в приложениях. Разработка универсального алгоритма искусственного интеллекта, отличающегося простотой интеграции и низкими требованиями к ресурсам, становится критически важной задачей. Такое решение не только улучшает пользовательский опыт, но и оказывает значимое социально-экономическое влияние, способствуя росту продаж, привлечению новых пользователей и укреплению взаимодействия между бизнесом и клиентами.

Новизна и уникальность проекта:

В настоящее время отсутствует алгоритм искусственного интеллекта, который легко интегрируется в системы, требует минимальных ресурсов и специально разработан для повышения экономических показателей бизнеса в Российской Федерации.

Целевая аудитория:

включает конечных пользователей интернет-ресурсов, где интегрирован алгоритм, обеспечивающий персонализацию контента, а также индивидуальных предпринимателей и компании в Российской Федерации, которые управляют собственными сайтами и приложениями и заинтересованы в повышении экономической эффективности своего бизнеса за счёт внедрения новых технологий.

1. Подготовительный этап

Создание корректно работающего рекомендательного алгоритма ИИ, выполняющего функции в рамках конкретного сайта или приложения является многогранным процессом, требующим проведения исследований и изучения различных проблемных аспектов, возникающих в процессе работы, а также планирования с определением количественных показателей реализации по каждому этапу.

Для реализации поставленных задач было принято решение создать план работы, представленный в таблице 1.

Мероприятие	Количественные показатели реализации	Сроки реализации
Провести исследование функционирующих интернет-сервисов, приложений, которые используют для своей работы рекомендательные модели, провести опрос сообщества о качестве работы рекомендательного алгоритма на базе ИИ	Документ, содержащий перечень интернет-ресурсов, использующих алгоритм ИИ, а также мнение активных пользователей о работе алгоритма	Декабрь 2024
Изучить существующие алгоритмы ИИ, используемые для создания рекомендательных систем	Документ, содержащий перечень существующих алгоритмов и описывающий их основные недостатки и преимущества	Январь 2025 – февраль 2025
Разработать план по созданию алгоритма, выполнить расчёты, связанные с работой алгоритма	План по разработке алгоритма, а также расчёты и детали, на которые необходимо обратить внимание при разработке	Февраль 2025
Собрать данные для алгоритма и разработать модель ИИ	Стартовая модель рекомендательного алгоритма	Февраль 2025 – март 2025
Тестирование разработанной рекомендательной модели, анализ качества	Документ, содержащий результаты тестирования и анализа качества полученной рекомендательной модели	Март 2025
Проведение исследования и разработка плана по математической оптимизации алгоритма	Результаты исследования и план по оптимизации рекомендательного алгоритма	Март 2025 – апрель 2025
Разработка нового алгоритма, с опорой на результаты тестирования и план оптимизации	Рекомендательный алгоритм на базе искусственного интеллекта	Апрель 2025 – май 2025

2. Разработка проекта

2.1. Обоснование выбора применяемых технологий

Для разработки проекта по созданию рекомендательного алгоритма на базе искусственного интеллекта был определён перечень технологий, которые наиболее рационально использовать для решения поставленных задач.

C++ — компилируемый, статически типизированный язык программирования общего назначения, обеспечивающий высокую производительность и контроль над ресурсами, что делает его идеальным для разработки высоконагруженных систем.

Python — высокоуровневый, интерпретируемый язык программирования.

Python характеризуется простым и понятным синтаксисом, что делает его лёгким в изучении и использовании. Он поддерживает различные парадигмы программирования, включая процедурное, объектно-ориентированное и функциональное. Python широко используется для веб-разработки, научных рекомендательных систем.

Библиотеки и фреймворки:

TensorFlow — библиотека с открытым исходным кодом, предназначенная для создания моделей машинного обучения и нейронных сетей, подходящая для обработки больших объёмов данных.

PyTorch — мощный фреймворк для построения нейронных сетей, обеспечивающий гибкость и динамичность вычислений.

scikit-learn — библиотека для машинного обучения, предлагающая широкий набор инструментов для классификации, регрессии, кластеризации и оценки метрик.

NumPy — библиотека для работы с многомерными массивами и матрицами, предоставляющая математические функции высокого уровня, что необходимо для расчётов, связанных с алгоритмами рекомендаций.

pandas — библиотека для обработки и анализа данных, поддерживающая удобную работу с таблицами, данными и временными рядами.

Surprise — специализированная библиотека для создания и оценки рекомендательных систем, включающая в себя алгоритмы матричной факторизации, коллаборативной фильтрации и расчёта схожести.

LightFM — фреймворк для реализации гибридных рекомендательных моделей, объединяющий коллаборативные и контентные подходы.

Dask — библиотека для масштабируемой обработки данных, позволяющая обрабатывать большие объёмы данных с использованием распределённых вычислений.

CuPy — библиотека, аналогичная NumPy, но предназначенная для вычислений на графических процессорах (GPU), что ускоряет обработку данных и обучение моделей.

MLlib (Spark) — библиотека для машинного обучения в рамках Apache Spark, подходящая для работы с большими данными и распределённых вычислений.

Алгоритмы машинного обучения:

коллаборативная фильтрация анализирует взаимодействие пользователей с элементами и на основе сходства предпочтений рекомендует те или иные элементы.

Контентная фильтрация использует атрибуты и характеристики объектов, чтобы предложить рекомендации, исходя из предпочтений пользователя. Гибридные алгоритмы объединяют методы коллаборативной и контентной фильтрации, обеспечивая более точные результаты и адаптацию к изменяющимся данным.

AWS SageMaker позволяет создавать, обучать и развёртывать модели машинного обучения в облаке, предоставляя инструменты для реализации рекомендательных систем, способных масштабироваться под любые нагрузки. Azure Machine Learning предоставляет возможности для автоматизации обучения моделей и их интеграции с другими сервисами, что упрощает управление жизненным циклом системы рекомендаций. Google Cloud AI Platform предлагает поддержку популярных библиотек для машинного обучения, таких как TensorFlow и PyTorch, обеспечивая разработку, развёртывание и масштабирование моделей в облачной инфраструктуре.

Использование этих инструментов позволяет эффективно создавать и управлять рекомендательными системами, анализировать данные пользователей и предоставлять персонализированные рекомендации.

2.2. Дорожная карта проекта

Для более последовательного развития проекта с возможностью чёткого распределения версий нами была разработана дорожная карта, которая представлена в таблице 3.

Таблица 3. Дорожная карта проекта

Версия проекта	Функционал	Срок реализации
1.0	Проведение исследования функционирующих интернет-сервисов и приложений, использующих рекомендательные модели. Опрос сообщества о качестве работы алгоритмов на базе ИИ	1 месяц
2.0	Изучение существующих алгоритмов ИИ, применяемых для создания рекомендательных систем. Формирование базовых требований к алгоритму	1 месяц
3.0	Разработка плана создания алгоритма, выполнение расчётов, связанных с его функционированием	1,5 месяца
4.0	Сбор данных для алгоритма и создание первой версии модели ИИ	2 месяца
5.0	Тестирование разработанной модели, проведение анализа качества работы алгоритма	1 месяц
6.0	Исследование и разработка плана по математической оптимизации алгоритма, внедрение предложений по улучшению	1,5 месяца
7.0	Разработка нового алгоритма на основе результатов тестирования и плана оптимизации	2 месяца

2.3. Исследование эффективности классических и гибридных алгоритмов, выбор алгоритма для рекомендательной системы

Исследование эффективности классических и гибридных алгоритмов в рекомендательных системах на основе искусственного интеллекта.

Алгоритмы для сравнения:

1. Классические алгоритмы:

- коллаборативная фильтрация;
- контентная фильтрация;
- random forest;
- k-nearest neighbors (KNN);
- matrix factorization (матричная факторизация).

2. Гибридные алгоритмы:

- комбинация коллаборативной и контентной фильтрации;
- deep learning + коллаборативная и концертная фильтрация;
- matrix factorization + коллаборативная фильтрация;
- KNN + контентная фильтрация;
- Random Forest + градиентный бустинг.

Этапы исследования:

1. Изучение и анализ существующих классических и гибридных алгоритмов коллаборативной и контентной фильтрации.

2. Разработка или выбор готовых моделей рекомендательных систем, использующих классические и гибридные алгоритмы.

3. Подготовка набора данных для обучения и тестирования моделей. Это могут быть данные о взаимодействии пользователей с контентом на различных платформах.

4. Обучение моделей на подготовленном наборе данных.

5. Оценка качества работы моделей с использованием различных метрик, таких как точность рекомендаций, полнота, F1-мера и другие.

6. Анализ результатов и сравнение эффективности классических и гибридных алгоритмов.

Таблица сравнения алгоритмов:

Алгоритм	Преимущества	Недостатки	Точность	Ресурсы для обучения	Ресурсы для использования
Коллаборативная фильтрация	Простота в реализации	Проблемы с «холодным стартом»	70-80 %	Средние	Низкие
Контентная фильтрация	Низкая трата ресурсов	Ограниченная точность	70-85 %	Низкие	Низкие
Random forest	Высокая точность, устойчивость к переобучению	Сложный для интерпретации	85-95 %	Высокие	Средние
K-nearest neighbors	Гибкость	Медленный для больших наборов данных	80-85 %	Низкие	Средние
Matrix factorization	Эффективен для работы с разрежёнными данными	Сложный для настройки	85-95 %	Средние	Низкие
Гибридные алгоритмы	Высокая точность, адаптация к изменениям	Сложность реализации	90-98 %	Высокие	Высокие

В процессе исследования были проанализированы и апробированы различные гибридные алгоритмы для системы подбора заказов для фрилансеров. Наиболее точный результат в рамках данного кейса был достигнут с использованием гибрида из Random Forest и градиентного бустинга. Этот алгоритм продемонстрировал высокую точность подбора заказов, но требовал значительных ресурсов для обучения и работы.

Учитывая высокие требования к ресурсам, было принято решение о поиске метода математической оптимизации для снижения затрат. Преимущество выбранного алгоритма заключается в его способности воспринимать любые данные и устойчивости к переобучению благодаря использованию Random Forest.

В результате исследования был разработан алгоритм, сочетающий градиентный бустинг и метод Stacking. Этот алгоритм потребляет большое количество ресурсов на этапе обучения, но требует среднее количество ресурсов при работе. Такой подход позволил выбрать и собрать наиболее выгодный гибрид под конкретный кейс, обеспечивая баланс между точностью и ресурсоёмкостью.

У полученного гибридного алгоритма можно выделить следующие конкурентные преимущества:

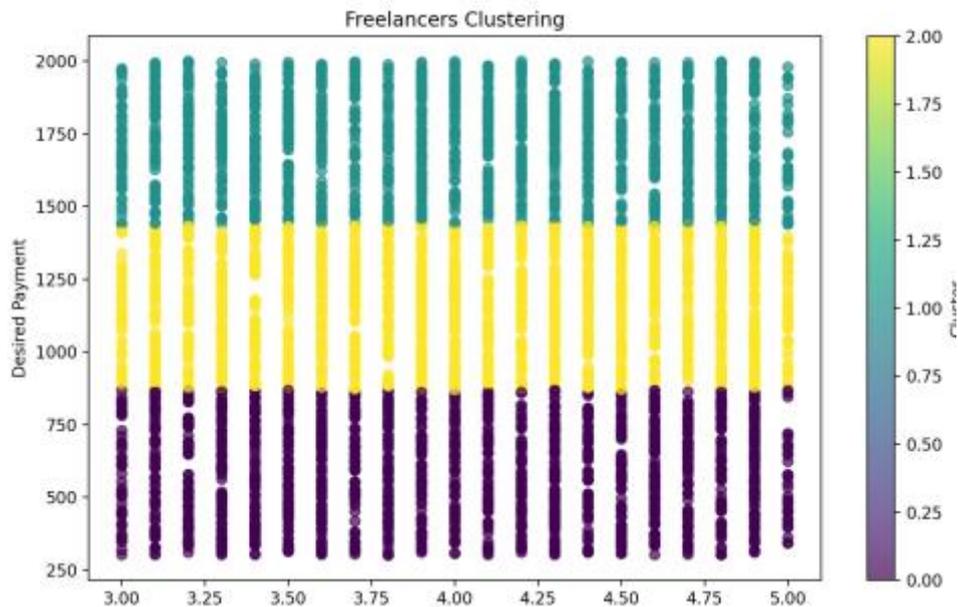
- Высокая точность рекомендаций (градиентный бустинг известен своей способностью эффективно улавливать сложные зависимости в больших данных, что позволяет повысить точность работы).
- Устойчивость к переобучению (преимущество Random Forest + Stacking).
- Гибкость и масштабируемость.
- Возможность работы с большими объёмами данных.
- Улучшенная интерпретируемость.

2.4. Техническая реализация проекта

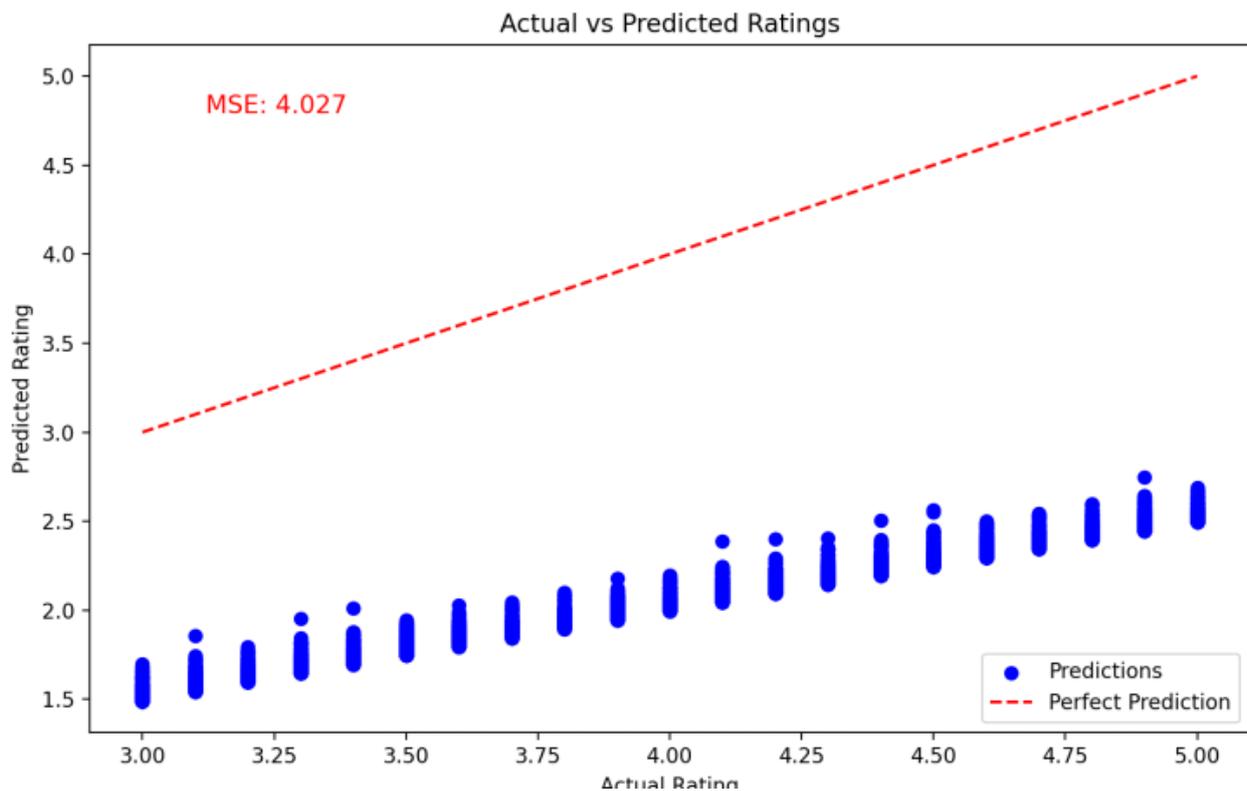
Рекомендательная система на базе искусственного интеллекта разработана с применением современных технологий, что позволяет интегрировать алгоритм в любой сервис для персонализации контента без привязки к конкретной тематике. Основой реализации является использование языка программирования Python и библиотек TensorFlow, PyTorch и scikit-learn для построения моделей машинного обучения. Хранилище данных организовано с помощью PostgreSQL, а подготовка обработки данных реализована с использованием pandas и NumPy.

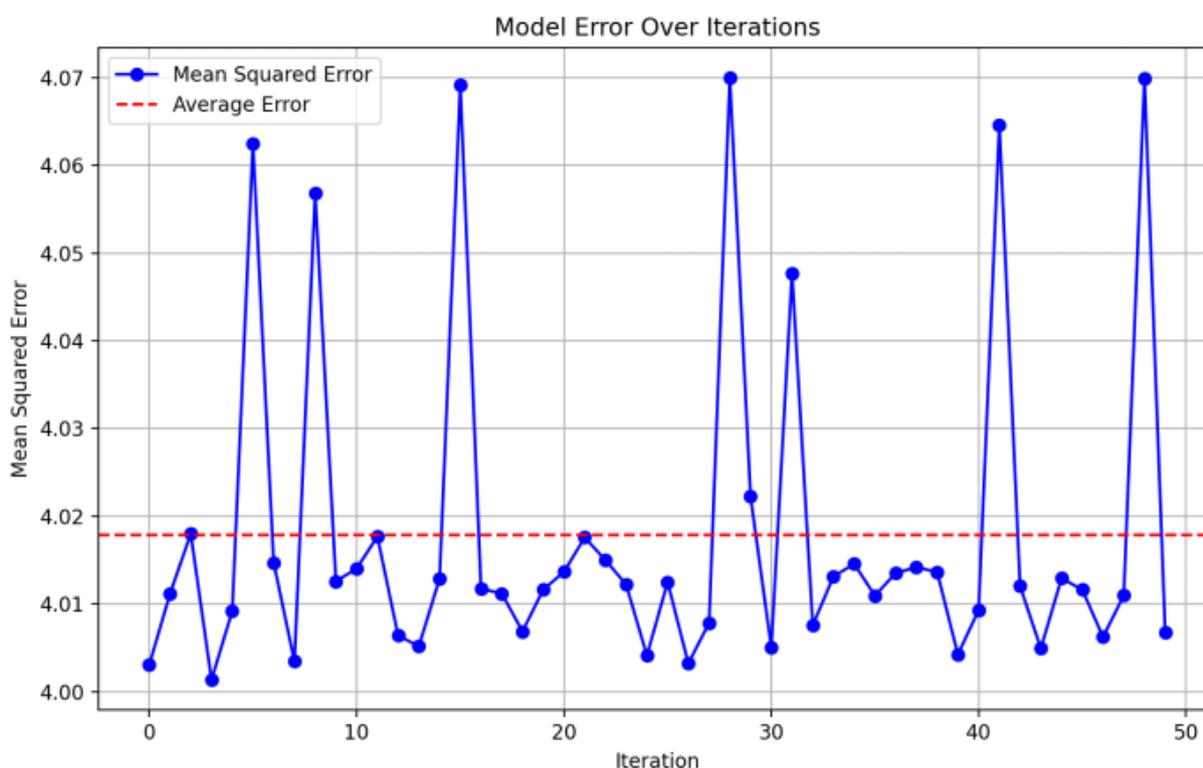
Алгоритм представляет собой попытку внедрения системы для подбора фрилансеров, однако содержит несколько ошибок и недочётов, которые могут повлиять на его корректность и эффективность

Этот подход является достаточно упрощённым и не учитывает многие важные аспекты, такие как качество работы, отзывы, опыт или другие параметры, которые могут сильно повлиять на точность подбора. После вычисления баллов фрилансеры сортируются по этим баллам в убывающем порядке. Это позволяет вывести список наиболее подходящих фрилансеров для данного заказа. Важно отметить, что методика расчёта баллов и выбор критериев для их вычисления могут не быть оптимальными.



Дополнительно, для оценки эффективности алгоритма, был построен график, который отображает изменение ошибки модели (model error) по мере итераций. Этот график позволяет визуализировать, как меняется точность предсказаний модели с течением времени, и является полезным инструментом для мониторинга и корректировки параметров модели.





В обновлённой версии системы загружаются предсказания и характеристики фрилансеров, включая фактический и предсказанный рейтинг. Затем рассчитывается общая MSE (среднеквадратичная ошибка) по всем предсказаниям, что позволяет оценить точность модели.

Для улучшения понимания и анализа алгоритм также применяет метод кластеризации KMeans для группировки фрилансеров по их характеристикам, таким как рейтинг, количество отзывов, опыт, требуемая оплата и другие параметры. Кластеризация фрилансеров позволяет выделить группы с похожими характеристиками, что может быть полезным при дальнейших рекомендациях и подборе фрилансеров для конкретных заказов.

Оценка качества кластеризации производится с помощью Silhouette Score, который измеряет, насколько хорошо отделены друг от друга кластеры. Этот показатель помогает оценить, насколько правильно были сгруппированы фрилансеры, и является индикатором того, насколько эффективно выполнена кластеризация.

В завершение результаты предсказаний и кластеризации сохраняются в CSV-файл, что позволяет использовать полученные данные для дальнейшего анализа или отчётности.

Общий подход имеет свои ограничения, так как не учитывает дополнительные важные факторы, такие как отзывы, опыт работы, репутация фрилансера и другие параметры, которые могут существенно повлиять на точность подбора. Также методика расчёта предсказанных оценок может быть улучшена для достижения более высокой точности.

В процессе разработки системы мы использовали гибридный алгоритм, который сочетает в себе случайный лес и градиентный бустинг с применением метода Stacking. Этот подход предполагает независимое обучение обеих моделей с последующим комбинированием их предсказаний для получения итогового результата. Такой метод позволяет объединить сильные стороны каждой модели и улучшить общую точность прогнозов. Для реализации алгоритма мы использовали библиотеку scikit-learn, которая поддерживает как случайный лес, так и градиентный бустинг, а также позволяет создать финальную модель, объединяющую предсказания обеих моделей.

Изначально результаты были многообещающими: показатель MSE снизился с 4 до 2,4, что свидетельствовало об улучшении точности модели. Однако в последующих тестах мы

заметили увеличение значения MSE. Это может быть связано с различными факторами, такими как изменение характера данных или переобучение одной из моделей.

Для дальнейшего улучшения алгоритма и снижения MSE мы планируем провести дополнительный анализ данных, оптимизировать гиперпараметры моделей и рассмотреть возможность использования дополнительных методов регуляризации. Мы также планируем провести более детальный анализ ошибок модели, чтобы понять, в каких случаях прогнозы оказываются неточными, и скорректировать алгоритм соответствующим образом.

2.5. Тестирование рекомендательной системы

В процессе доработки и тестирования первой версии алгоритма произошёл неожиданный поворот — закрытие конкурентной платформы «Хабр Фриланс».

Основатели платформы поделились ценными данными: отзывами и специализациями фрилансеров. Это стало настоящим подарком для нашего проекта. После получения JSON-файла с данными о профилях пользователей «Хабр Фриланс» мы приступили к анализу информации.

В файле содержались отзывы, выбранные пользователями навыки, опыт работы и оценки.

Эти данные оказались крайне полезными для улучшения нашей рекомендательной системы.

```
▼ categories:
  0: "Сайты «под ключ»"
  1: "Бэкенд"
  2: "Фронтенд"
  3: "Десктопное ПО"
  4: "Боты и парсинг данных"
▼ skills:
  0: "php"
  1: "js"
  2: "react js"
  3: "laravel"
  4: "node js"
  5: "electron"
  6: "python"
  7: "c#"
  8: "c++"
▼ contacts:
```

Для тестирования системы в рамках существующего кейса я использовал собственные данные и данные моих знакомых, полученные из дампа «Хабр Фриланс».

После интеграции полученных данных с backend-составляющей сайта была запущена рекомендательная система. Тестирование алгоритма на реальных данных показало, что система успешно обрабатывает информацию и выдаёт релевантные рекомендации.

Взять новые заказы

Рекомендации Поиск

4⁺ На основе AI

Иван, эти заказы вы выполните успешно 1304 результатов Фильтры

Разработка веб-приложения на Django

Необходимо создать многофункциональное веб-приложение для управления внутренними процессами компании. Приложение должно включать системы авторизации, управления данными и интеграции с внешними API. Требуется опыт работы с Django, PostgreSQL и Docker

Python Django

180 000 ₽
За готовый проект

Выше среднего
Это срочный заказ

Евгения Климова 3 минуты назад

Создание бота для Telegram

Требуется разработать бота для Telegram, который будет отвечать на пользовательские запросы и предоставлять информацию о продуктах компании. Бот должен иметь гибкую систему команд и возможность обновления контента через админ-панель

Python Aiogram

60 000 ₽
За готовый проект

Хорошая оплата

Алексей Чемушин 41 минуту назад

Автоматизация сбора данных

Нужно разработать скрипт на Python для автоматического сбора данных с нескольких веб-сайтов и их последующей обработки. Скрипт должен работать по расписанию и сохранять данные

Python

75 000 ₽
За готовый проект

Мой личный профиль

Взять новые заказы

Рекомендации Поиск

4⁺ На основе AI

Никита, эти заказы вы выполните успешно 1304 результатов Фильтры

Разработка фирменного стиля

Компания ищет дизайнера для создания уникального фирменного стиля, включая логотип, цветовую палитру и типографику. Стиль должен отражать ценности бренда и быть адаптируемым для разных носителей

Adobe Illustrator

100 000 ₽
За готовый проект

Выше среднего
Это срочный заказ

Виталий Луцкин 3 минуты назад

Дизайн упаковки для продукта

Необходимо разработать креативный дизайн упаковки для новой линейки органических продуктов питания. Дизайн должен быть привлекательным и выделяться на полках магазинов, а также соответствовать экологической тематике

Adobe Photoshop Blender

50 000 ₽
За готовый проект

Хорошая оплата

Светлана Князева 41 минуту назад

Создание макета веб-сайта

Требуется разработать современный и удобный для пользователя макет корпоративного веб-сайта. Включает главную страницу, разделы о компании, услуги и контактную информацию.

75 000 ₽
За готовый проект

Профиль 2 (дизайнер)

The screenshot displays a 'Рафик, эти заказы вы выполните успешно' (Timeline, these orders you will complete successfully) section with 1304 results and filters. It features three job cards:

- Настройка и оптимизация серверов** (Server configuration and optimization) for 130,000 RUB. Description: 'Компания ищет специалиста для настройки новых серверов на базе Linux. Необходимо установить и оптимизировать веб-серверы, базы данных и обеспечить их безопасность. Опыт работы с Nginx и MySQL приветствуется.' Skills: Linux, Bash. Status: 'Выше среднего' (Above average), 'Это срочный заказ' (This is a urgent order). Posted by: Анатолий Цыгин, 3 minutes ago.
- Внедрение системы резервного копирования** (Implementation of a backup system) for 70,000 RUB. Description: 'Требуется настроить систему автоматического резервного копирования для корпоративной сети. Система должна обеспечивать ежедневное резервирование данных с возможностью быстрого восстановления.' Skills: Bacula, Python, Bash. Status: 'Хорошая оплата' (Good payment). Posted by: Анастасия Хорина, 41 minutes ago.
- Мониторинг и поддержка сети** (Network monitoring and support) for 100,000 RUB. Description: 'Необходимо обеспечить постоянный мониторинг состояния сети и серверов, оперативно реагировать на сбои и предотвращать возможные проблемы. Опыт работы с системами мониторинга Zabbix.' Status: 'За готовый проект' (For a ready project).

Профиль 3 (devops)

2.6. Оптимизация и расширение применения алгоритма

В рамках дальнейшего развития проекта планируется оптимизировать алгоритм для снижения требований к вычислительным ресурсам, разработать модульное и гибкое решение для интеграции в различные системы и провести повторные тестирования на данных с других платформ.

Список использованных источников:

1. Гасников, А. В. Современные методы и подходы в области машинного обучения и искусственного интеллекта / А. В. Гасников. — М.: Наука, 2020. — 432 с.
2. Чернов, В. В. Векторные базы данных и их применение в системах искусственного интеллекта / В. В. Чернов. — М.: Инфра-М, 2021. — 312 с.
3. Виноградов, В. Ю. Введение в TensorFlow: Практическое руководство / В. Ю. Виноградов. — М.: Бинум, 2019. — 456 с.
4. Попов, И. В. Модели глубокого обучения в PyTorch: Теория и практика / И. В. Попов. — М.: Юрайт, 2020. — 508 с.
5. Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A. Deep Learning / I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville. — MIT Press, 2016. — 800 p.
6. Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. A., Kaiser, Ł., Polosukhin, I. Attention is all you need / A. Vaswani, N. Shazeer, N. Parmar и др. — NIPS, 2017. — 30 p.
7. Schmidhuber, J. Deep Learning in Neural Networks: An Overview / J. Schmidhuber. — Neural Networks, 2015. — Vol. 61, pp. 85-117.
8. Russell, S., Norvig, P. Artificial Intelligence: A Modern Approach / S. Russell, P. Norvig. — 3rd edition, Prentice Hall, 2010. — 1152 p.
9. Blei, D. M., Lafferty, J. D. Latent Dirichlet Allocation / D. M. Blei, J. D. Lafferty. — Journal of Machine Learning Research, 2003. — Vol. 3, pp. 993-1022.
10. LeCun, Y., Bengio, Y., Hinton, G. Deep learning / Y. LeCun, Y. Bengio, G. Hinton. — Nature, 2015. — Vol. 521, pp. 436-444.
11. Chollet, F. Deep Learning with Python / F. Chollet. — Manning Publications, 2017. — 384 p.

12. Sutton, R. S., Barto, A. G. Reinforcement Learning: An Introduction / R. S. Sutton, A. G. Barto. — 2nd edition, MIT Press, 2018. — 540 p.
13. Kingma, D. P., Ba, J. Adam: A Method for Stochastic Optimization / D. P. Kingma, J. Ba. — ICLR, 2015. — 15 p.
14. Чернов, В. В. Введение в векторные базы данных и их использование в аналитике больших данных / В. В. Чернов. — М.: Экономика, 2022. — 364 с.
15. Гусев, А. В. Обработка текстов с использованием векторных представлений / А. В. Гусев. — М.: МГТУ, 2018. — 278 с.

Ф. И. О. участника: Калинин Александр Павлович

Название проекта: «Пешеход превыше всего»

Статус участника: призёр

1. Цель проекта

Цель проекта – разработка программно-аппаратного комплекса «Пешеход превыше всего», направленного на снижение числа пострадавших пешеходов в ДТП на нерегулируемых пешеходных переходах и увеличение пропускной способности дорог в Российской Федерации.

2. Актуальность проекта

По статистике ГИБДД за 2024 год, 70 % травм пешеходы получают на нерегулируемых пешеходных переходах. В 2024 году на таких переходах пострадало и погибло 10 615 человек (<http://stat.gibdd.ru/>).

При этом массовое оснащение нерегулируемых переходов исключительно светофорами приводит к снижению средней скорости движения автомобильного транспорта, что негативно сказывается на пропускной способности дорог.

Для решения данной проблемы предлагается использовать автоматическое детектирование пешеходов и животных, приближающихся к переходу, для своевременного переключения сигнала светофора.

В России для решения инфраструктурных проблем с качеством и безопасностью дорожного движения реализовывался национальный проект «Безопасные качественные дороги», а с 2025 года его расширением стал национальный проект «Инфраструктура для жизни». Помимо федеральных инициатив, во всех регионах РФ местные органы власти и региональная ГИБДД активно обновляют и совершенствуют дорожную инфраструктуру. Таким образом, в случае успешного испытания проекта потенциальными заказчиками могут стать 89 субъектов федерации.

Второй группой заказчиков являются крупные промышленные предприятия, занимающие значительные площади. На их территориях существует полноценная внутренняя дорожная сеть, где отсутствие единых правил ПДД приводит к хаосу в движении. Однозначное толкование сигналов светофоров в таких условиях способно существенно улучшить организацию движения.

Я считаю, что после внедрения комплекса на всех нерегулируемых пешеходных переходах количество жертв может снизиться в несколько раз, а средняя скорость движения на таких участках должна увеличиться.

3. Задачи проекта

1. Анализ проблемы и обоснование необходимости решения с использованием статистических данных.

2. Разработка алгоритма детектирования пешеходов и животных на основе методов компьютерного зрения.

3. Интеграция разработанного алгоритма с системой управления светофором для автоматического переключения сигнала.

4. Демонстрация и тестирование системы на реальном видеопотоке (с использованием записанного видео в формате MP4 с реальной камеры над перекрёстком).

5. Оценка коммерческого потенциала проекта, включая анализ интереса потенциальных заказчиков (89 субъектов РФ и промышленные предприятия).

4. Принцип работы программно-аппаратного комплекса

Программно-аппаратный комплекс состоит из светофора с управляющей платой, IP-камеры, программного обеспечения для обработки видеопотока в реальном времени и вычислительного устройства, на котором запущено ПО.

Программный код, основанный на методах компьютерного зрения, анализирует в реальном времени количество пешеходов, ожидающих перехода дороги.

Команда на переключение сигнала светофора передаётся с учётом следующих факторов:

1. Продолжительности движения автомобилей с момента последнего переключения, чтобы избежать частых остановок.
2. Количества пешеходов с обеих сторон дороги, ожидающих перехода.
3. Плотности автомобильного потока, влияющей на таймер переключения светофора.
4. Времени суток и степени освещённости перехода.
5. Определения присутствия велосипедистов/самокатчиков на перекрёстке.
6. Случая, когда пешеход «передумал» переходить дорогу (сигнал не переключается).
7. Обнаружения животных перед светофором.

Демонстрационная программа, написанная на языке Python, работает следующим образом:

1. В тестовом режиме передаётся видеопоток с камеры (запись видеопотока).
2. Определяются пешеходы, стоящие перед дорогой.
3. Начинается отсчёт таймера с момента начала ожидания пешеходов.
4. По достижении заданного времени осуществляется переключение сигнала светофора.

В демонстрации используется записанное видео в формате MP4 с реальной камеры над перекрёстком. Текущая реализация программы учитывает количество пешеходов и минимальное время движения автомобилей.

5. Анализ области исследования

В настоящее время в РФ на большом количестве пешеходных переходов в принципе отсутствуют светофоры, что приводит к совершению 70 % ДТП с травмами для пешеходов именно на таких перекрёстках. Такой принцип организации дорожного движения также уменьшает среднюю скорость движения автомобилей, так как водителям приходится останавливаться и пропускать пешеходов, даже если они идут «вереницей по одному».

В ходе модернизации дорог используются несколько типов решений, направленных на снижение аварийности на пешеходных переходах.

2.1. Светофоры без возможности управления со стороны пешехода.

Это самое массовое решение в дорожной сети России. Приводит к следующим проблемам – хаотичности и рваности автомобильного потока, так как светофор переключает потоки «автомобили/пешеходы» автоматически, без таймера.

2.2. Светофоры с возможностью управления через механическую кнопку пешеходом.

Более совершенный вариант светофора. Однако совершенно не учитывает плотность автомобильного потока и возможность перехода улицы животными.

2.3. Система «умный светофор».

Комплекс состоит из датчиков, помещённых в асфальт дороги, светофора с кнопкой, сложной информационной системой управления (умныйсветофор.рф – <https://умныйсветофор.рф>).

Очевидный минус такой системы – необходимость разрушения асфальта для закладки датчиков, сложная и дорогая информационная система, игнорирование возможных животных на переходе.

2.4. Система активной подсветки пешеходного перехода.

Система состоит из датчиков движения, осветительных прожекторов, информационного табло для водителей (<https://asi.ru/sml/197003/>). К сожалению, практика использования этого комплекса показывает, что без запретительного сигнала светофора 20 % водителей всё равно нарушают правила ПДД и не пропускают пешеходов, то есть не решается основная цель – сохранение жизни и здоровья пешеходов.

	Стандартный светофор	Светофор с кнопкой	Умный светофор	Активная подсветка пешеходного перехода	Комплекс «Пешеход превыше всего»
Гарантированный пропуск пешехода	да	да	да	нет	да
Увеличение скорости автомобильного движения	нет	нет	да	нет	да
Пропуск животных	нет	нет	нет	нет	да
Сложность монтажа	не сложно	не сложно	сложно	не сложно	не сложно

В таблице представлено сравнение наиболее распространённых решений, применяемых на нерегулируемых пешеходных переходах (стандартный светофор, светофор с кнопкой, «умный» светофор, система активной подсветки пешеходного перехода), а также разработанного комплекса «Пешеход превыше всего». Ключевыми критериями выступают: гарантированный пропуск пешехода, влияние на скорость автомобильного потока, учёт присутствия животных и сложность монтажа системы.

Из таблицы видно, что только в случае стандартного и кнопчного светофора обеспечивается гарантированный пропуск пешехода, но при этом не решается проблема пропуска животных.

«Умный» светофор частично повышает среднюю скорость движения автомобилей, однако требует сложной инфраструктуры (закладки датчиков в асфальт) и не учитывает животных на переходе. Система активной подсветки делает пешеходов более заметными для водителей, но не обеспечивает принудительного ограничения движения транспорта – в результате около 20 % водителей продолжают нарушать правила и не пропускать пешеходов.

В отличие от перечисленных решений, комплекс «Пешеход превыше всего» ориентирован не только на пешеходов, но и на животных, приближающихся к переходу, автоматически регулируя сигнал светофора и сохраняя при этом высокий уровень пропускной способности автомобильного потока. Монтаж комплекса не требует дорогостоящих работ по встраиванию датчиков в дорожное полотно, а также может масштабироваться в зависимости от конкретных условий эксплуатации (городские улицы, промышленные территории и т. д.). Благодаря такому подходу повышается безопасность всех участников дорожного движения и поддерживается необходимая интенсивность транспортного потока.

6. Ход работ

В процессе создания своего проекта могу выделить несколько этапов, которые эволюционно развивали «Пешеход превыше всего».

Во время обучения в Яндекс.Лицее я познакомился с языком python и методами компьютерного зрения, начал работу с библиотеками OpenCV, TensorFlow, PyTorch.

При непосредственной разработке программы проходил такие этапы:

1) определять объект на изображении.

Не путать неподвижного человека/животное и дорожные знаки или светофоры. Использовать дообучение нейросети на датасете с особенностями пешеходов в нужной местности (влияние одежды, окружающего мира и т. п.).

2) Понимать, входит ли объект в нужную мне область.

Первоначально я передавал изображение с камеры, которая захватывает сразу все стороны дороги. Но это увеличивает требования к вычислительной мощности и увеличивает количество ошибок. Для упрощения процесса я делаю так:

- заливаю непрозрачным цветом области, где мне не надо детектировать объект;

- вырезаю нужные мне области из видеопотока, уменьшая требуемую память для программы.

3) Выстраивать области вокруг объектов – «рамки», чтобы верно считать количество пешеходов.

4) Подключение библиотеки YOLO в openCV для решения проблемы искажения угла обзора, теней, столбов.

5) Сравнение версий YOLO v3 / v8 / v11.

YOLOv3: выпущенная в 2018 году YOLOv3 стала значительным шагом вперёд в области обнаружения объектов, предлагая баланс между скоростью и точностью. Однако по сравнению с более поздними версиями она имеет более высокую задержку и меньшее значение mAP (mean Average Precision).

YOLOv8: представленная в 2023 году YOLOv8 улучшила показатели точности и скорости по сравнению с YOLOv3. Модель стала более эффективной и гибкой, поддерживая задачи сегментации и классификации.

YOLOv11: последняя версия YOLOv11, выпущенная в 2024 году, предлагает дальнейшие улучшения в точности и скорости. Она имеет меньше параметров и обеспечивает более высокую производительность, особенно на устройствах с ограниченными ресурсами.

На v11 оказалась просадка fps в моей задаче до 11fps, поэтому в коде я использую библиотеку v8 с лучшей производительностью в моём случае.

Будущее усовершенствование программы:

1. Подключение второй камеры, направленной на поток автомобилей, для введения коэффициента загрузки дороги. Если машин много, то время зелёного сигнала для авто увеличиваем, чтобы не создавать затор.

2. Если пешеходов много с двух сторон дороги, то уменьшаем время их ожидания.

3. Время суток и степень освещённости влияет на качество определения объектов, планирую вводить поправочные коэффициенты.

4. Дообучение нейросети, чтобы точнее определять велосипедистов и людей на самокатах.

5. Исключение переключения светофора в случае, если пешеход дошёл до дороги, но передумал переходить её.

6. Дообучение нейросети, чтобы точнее определять собак и животных, которые подходят к дороге. Как ни удивительно, уличные животные в процессе жизни понимают, что переходить дорогу надо на зелёный сигнал светофора. В наших силах уменьшить количество животных, пострадавших в ДТП.

7. Определение места обработки данных: локально около перехода или в ЦОД. Влияние сетевой задержки, стабильности каналов связи, скорости обработки видеопотока маломощным устройством.

На каждый этап закладываю 7 дней, с учётом моих приближающихся экзаменов ЕГЭ. В будущем планирую предложить опробовать систему интернет-провайдером в городе Тамбове: «Зелёной точке» и «Ланте». Эти компании развивают в моём городе системы «Безопасный город» и IoT-систему видеонаблюдения и умного домофона.

7. Использованные ресурсы

В текущей версии прототипа код запущен на ноутбуке, что позволяет проводить отладку и демонстрацию функциональности. Для промышленной эксплуатации предлагается использовать специализированный промышленный компьютер (например, на базе процессора Intel Core i7). Видеопоток поступает по сети с IP-камеры, установленной в рабочей зоне объекта. Камера обеспечивает видео с разрешением 1920 × 1080 (Full HD).

8. Привлечение ресурсов

Для опробования в реальных условиях нужна опытная площадка и взаимодействие с ГИБДД какого-либо региона РФ.

Кроме того, совместная работа с представителями органов создаст возможность оперативного анализа результатов испытаний, получения профессиональных рекомендаций и корректировки алгоритмов системы в соответствии с реальными условиями эксплуатации.

9. Результаты проекта

Программа детектирует в реальном времени в видеопотоке фигуры людей, отсчитывает заданный таймер и подаёт управляющий сигнал на переключение светофора.

Видео с демонстрацией работы моей программы можно посмотреть по ссылке – <https://disk.yandex.ru/i/pI2PuqXyCZQ6Ag>.

Программный код – <https://github.com/Sankoff1/sirius>.

Для запуска на любом устройстве вам понадобится установить следующие программы:

- Python (версия 3.8 или выше) – основной интерпретатор, на котором работает программа.
- OpenCV (пакет opencv-python) – библиотеку для работы с видеопотоками и обработки изображений.
- NumPy – библиотеку для работы с многомерными массивами и выполнения математических операций.
- Pillow – библиотеку для работы с изображениями, необходимую для корректного отображения графических элементов.
- Ultralytics – пакет для работы с моделью YOLO, используемой для детектирования объектов в кадре.

Для Windows (в командной строке или PowerShell):

```
pip install opencv-python numpy Pillow ultralytics
```

Для macOS (в Terminal, возможно, потребуется pip3):

```
pip3 install opencv-python numpy Pillow ultralytics
```

Ф. И. О. участника: Турлакова Иоланта Денисовна
**Название проекта: «Исследование и разработка гидропонной системы
для выращивания культурных растений»**
Статус участника: призёр

АННОТАЦИЯ

Гидропоника – это способ выращивания растений без использования грунта. Суть данного метода заключается в растворении питательных веществ, необходимых для развития растения, в воде. Таким образом человек может контролировать условия выращивания растений: выстраивать режим питания, контролировать температуру и влажность воздуха, поддерживать содержание питательных веществ, обеспечивать потребности растений, интенсивность и продолжительность освещения. Известно, что, чем лучше условия произрастания, тем больше качество и скорость роста растения и, как следствие, – его плодов.

На данный момент распространены экологические катастрофы, из-за которых нарушается качество воздуха, воды и почвы, что сильно влияет не только на человека, но и на растения.

Климат во многих странах не подходит для выращивания культур, что может приводить к голоду и экономическим проблемам. Гидропонные установки позволяют странам с засушливым или холодным климатом решать данные проблемы. К наиболее прогрессивным странам в этой области относятся:

- США, Канада. В этих странах гидропоника представлена значительным числом коммерческих теплиц и ферм закрытого грунта.
- Нидерланды, Испания и Великобритания – являются лидерами в области технологий гидропоники и коммерческих операций.
- Китай, Япония и Австралия – инвестируют в вертикальное земледелие и гидропонику для решения проблемы продовольственной безопасности и получения более высоких урожаев.

Гидропонные установки облегчают борьбу с вредителями и болезнями, которые останавливают рост и развитие культур. Вредитель овощных культур, галловая нематода, была раньше бичом всех теплиц. Единственная мера борьбы с ней – полная смена почвы. Но и это помогало лишь на время: личинки нематоды заносили в теплицу с новой почвой. В гидропонной системе этот вредитель исчез совершенно.

АКТУАЛЬНОСТЬ

В некоторых субъектах страны можно заметить нехватку овощей и фруктов по сравнению с другими регионами. К таким относятся Чукотка, Сахалин, Магаданская область, Камчатский край, Ингушетия, Дагестан из-за высоких цен на продукты и низких заработных плат. По данным учёных ВШЭ и НИИ гуманитарных наук при правительстве Мордовии за 2023 год, в России нет ни одного региона, где питание людей полностью соответствует нормам. Почти во всех регионах люди едят недостаточно овощей и бахчевых, фруктов и ягод, а также молока и молочных продуктов.

Важно развивать современные технологии выращивания культур, чтобы решить проблемы, связанные с питанием, качеством и уровнем жизни населения нашей страны.

ЦЕЛЕВАЯ АУДИТОРИЯ

Целевой аудиторией проекта являются фермеры и садоводы, специалисты по выращиванию растений, а также сети супермаркетов, рестораны и кафе, нацеленные на здоровое питание.

ЦЕЛИ ПРОЕКТА

Разработка устройства для беспочвенного выращивания растений в среде Arduino.

ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- Изучить разработки конкурентов.
- Продумать конструкцию гидропонной установки.
- Разработать устройство.
- Написать программу, регулирующую работу устройства.
- Протестировать и доработать устройство.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ

Система периодического затопления Ebb&Grow.

Система Ebb&Grow представляет собой пластиковый рассадный лоток, установленный на пластиковом баке, и два трубных соединения для подачи/отведения питательного раствора. Стоимость – 19 151 руб.

Недостатки:

• Технология Ebb&Grow требует использование таймера (не входит в комплект) для регулирования полива. Для поливочного цикла менее 15 минут следует использовать цифровой таймер с программированием по минутам (в моём проекте для регулировки поливочного цикла не нужен таймер, уровень воды регулируется количеством жидкости, налитым изначально).

- Отсутствие датчика, если вода закончится.
- Отсутствие фитолампы для роста растений.
- Высокая стоимость.

Преимущества:

• Отсутствие риска протекания или переливания.

• Возможность оставлять систему без присмотра (не причиняя вред растениям) благодаря её автономности.

- Простота очистки.
- Большой размер и, как следствие, – вместительность.



Рис. 1. Система периодического затопления Terra Aquatica Ebb&Grow

Модульная система периодического затопления Growsvet Hydro Avtosystem 6 – BFDCB2.

Система периодического затопления работает по принципу временного затопления субстрата с корневой массой с последующим его осушением. Вся система замкнута в цикл. Операция «затопление/осушение» выполняется при помощи насосов, управляемых таймерами, вследствие чего система считается «активной». Питательный раствор подаётся из общего резервуара в ёмкость, где выращивается культура и затапливает субстрат с корнями. После прекращения подачи раствора его излишки возвращаются обратно в общую ёмкость самотёком. Стоимость – 49 985 руб.

Недостатки:

- Отсутствие датчика, если вода закончится.
- Отсутствие фитолампы для роста растений.
- Высокая стоимость.

Преимущества:

- Затопление вытесняет старый воздух из ёмкости с растением, а при сливе поступает свежий воздух.
- Поддон для выращивания можно заполнить керамзитом, гравием или кокосовым субстратом.
- Большое количество ёмкостей.



Рис. 2. Модульная система периодического затопления Growsvet Hydro Autosystem 6 – BFDC-B27

Система полива E-Mode Praktica 60.

При помощи погружной помпы вода или питательный раствор из нижнего бака системы поступает в верхний поддон и подтапливает корневую зону установленных на него горшков. После прекращения подачи питательный раствор стекает обратно в бак. Периодичность полива настраивается с помощью таймера (не входит в комплект). Стоимость – 12 880 руб.

Недостатки:

- Отсутствие фитолампы для роста растений.
- Отсутствие датчика, если вода закончится.

Преимущества:

- Автономность системы – возможность оставить растения без присмотра на длительное время.
- Защита от перелива.
- Лёгкое обслуживание системы.
- Универсальность: реверсивная / нереверсивная / периодическое затопление.



Рис. 3. Система полива E-Mode Praktica 60

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПРОЕКТА

Дорожная карта.

1. Сентябрь-октябрь 2024 года – определение темы, актуальности, целей, задач проекта.
2. Ноябрь-декабрь 2024 года – работа над продуктом проекта, анализ работ конкурентов.
3. Январь 2025 года – создание описания, пояснительной записки проекта.
4. Февраль 2025 года – практическое применение продукта.

Описание разработанного решения.

Для разработки гидропонного устройства производился анализ существующих типов гидропонных установок, определение и выбор электронных компонентов, разработка схемы устройства, написание программы для корректной работы, сборка устройства, тестирование и исправление недочётов.

1. Определение и выбор электронных компонентов.

Для создания устройства использовались:

- Плата Arduino Nano. В состав платы входит микроконтроллер семейства AVR с тактовой частотой 16 МГц, микросхема FT232R для связи микроконтроллера с компьютером.
- Сетевой адаптер на 9V для питания от сети устройства.
- Реле, необходимое для коммутации нагрузки постоянного и переменного тока. Позволяет контролировать большие нагрузки, не нанося при этом ущерба платформе, так как плата Arduino работает на низком напряжении и не может напрямую управлять высоковольтными устройствами.
- Погружная помпа с трубкой. Напряжение питания: 5,5-12 В. Потребляемый ток: 65-300 мА. Потребляемая мощность: 0,5-3 Вт. Высота подачи: 40-150 см. Скорость подачи: 100-200 л/ч. Уровень шума: не более 30 дБ.
- Ёмкостный датчик влажности с аналоговым выходом (Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2). Напряжение питания: 3,3-5 В. Потребляемый ток: до 6 мА. Интерфейс: аналоговый сигнал. Диапазон выходного сигнала: 0,5-3,3 В. Глубина погружения в почву: до 80 мм. Габариты: 118 × 20 × 7,6 мм.
- Датчик освещённости. модульный датчик света, который реагирует на видимое световое излучение и изменяет своё сопротивление в зависимости от яркости излучаемого светового потока. На плате модуля освещённости также распаяны компаратор LM393 и резистор, что даёт возможность настроить сенсор освещённости на срабатывание при любом уровне светового потока. Напряжение питания: 3,3-6 В.
- Лампа светодиодная для растений Camelion. Предназначена для досветки рассады и комнатных растений. Мощность: 15 Вт. Напряжение: 170-265 В. Спектр излучения: универсальный.
- Светодиодная лампочка (1,8 В).

2. Разработка схемы устройства.

При создании был выбран приливно-отливный тип гидропонного устройства, так как он наиболее простой, эффективный, экономный и универсальный. В этой системе водонепроницаемые контейнеры для выращивания заполняются инертной питательной средой. Метод универсален, так как можно использовать различные субстраты, в том числе одноразовые, такие как кубики из минеральной ваты, торф или кокосовое волокно, или такие, как лавовый камень или керамзит, которые можно дезинфицировать и многократно использовать.

Мною был выбран керамзит, так как он обладает большим количеством преимуществ, таких как низкая стоимость и доступность, прочность, низкое водопоглощение, возможность повторного использования, нейтральный pH.

Простота достигается за счёт использования одного двунаправленного пути для раствора. Вода поступает и выходит через одну и ту же трубку. Когда насос поднимает воду в поддон, ненадолго погружая корни, насос отключается с помощью переключателя, и вода стекает или откачивается обратно по той же трубке.

Аэрация приливно-отливной системы является важным аспектом её работы. Автоматическое вытеснение устраняет воздух, когда вода поднимается до высшей стадии затопления. Когда система возвращается в резервуар, она вновь открывает пространство вокруг корней для доступа кислорода.

Плётка воды, остающаяся вокруг корней во время отлива, имеет высокое соотношение площади поверхности к массе, а это значит, что, даже когда корни поглощают кислород, большая площадь поверхности способствует повторному насыщению кислородом, что может поддерживать жизнеспособность корней до тех пор, пока их поверхность остаётся влажной. Высокое содержание кислорода в воде, образующей таким образом плётку, подавляет большинство вредных форм жизни, защищая корневые зоны от болезней. В других типах гидропонике эта функция должна выполняться путём охлаждения раствора для защиты от питиума – разновидности водной плесени, вызывающей заболевание, называемое «корневой гнилью», при котором внешние клетки корней отмирают, становятся коричневыми и отслаиваются при прикосновении. Также отпадает необходимость в дополнительном насыщении кислородом с помощью воздушных насосов, что повышает надёжность и снижает сложность.

Гидропонные системы с притоком и оттоком воды также работают бесшумно и потребляют меньше энергии, чем другие гидропонные системы. Это означает, что их можно использовать в помещениях, где нежелательны шум и избыток водопроводных труб.

Выбор видов растений для гидропонике приливно-отливного типа зависит от личных предпочтений и целей выращивания. Наиболее предпочтительны: зелень, шпинат, капуста, свёкла, чеснок, клубника и помидоры.

При создании был разработан следующий алгоритм работы устройства:

1. Залить 4-5 л воды в устройство.
2. Подождать, пока вода сольётся в нижний резервуар (для контроля можно вынуть верхний резервуар).
3. Подключить устройство к электрической сети.
4. Устройство должно начать работать, если на 1-м датчике оказалась вода, в противном случае загорится красный светодиод.
5. Вода не набралась до 2-го датчика, насос продолжает работать.
6. Вода набралась до 2-го датчика, но не набралась до 3-го, насос продолжает работать.
7. Вода набралась до 3-го датчика, насос отключается, происходит слив воды через отверстие в среднем резервуаре до момента, когда воды не окажется на 2-м датчике.
8. Датчик освещённости срабатывает автоматически (когда темно, включает лампу для досвета растений, когда светло – выключает).

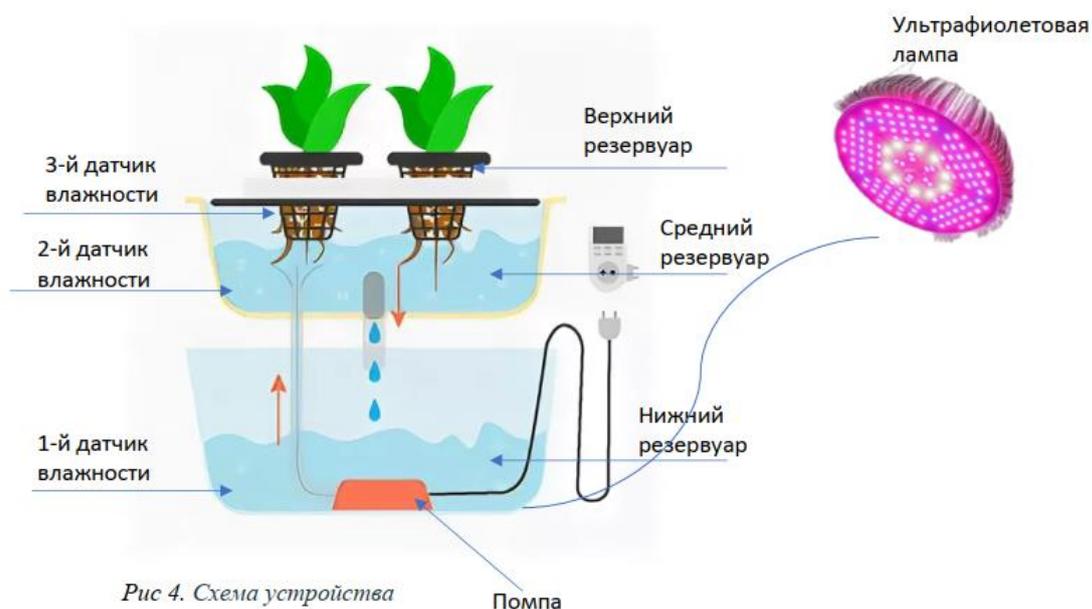


Рис. 4. Схема устройства

3. Программа.

```
1  int DRY_SIGNAL=300;
2
3  void setup() {
4      Serial.begin(9600);
5      pinMode(3, OUTPUT);
6      pinMode(5, OUTPUT);
7      pinMode(A0, INPUT);
8      pinMode(A1, INPUT);
9      pinMode(A2, INPUT);
10     pinMode(7, OUTPUT);
11     pinMode(A5, INPUT);
12 }
13 void loop() {
14
15
16     if (analogRead(0)>DRY_SIGNAL && analogRead(1)>DRY_SIGNAL && analogRead(2)>DRY_SIGNAL) {
17         digitalWrite(5, HIGH);
18         digitalWrite(3, LOW);} //условия для датчика влажности
19     else {
20         digitalWrite(5, LOW);
21     }
22
23     if (analogRead(0)<DRY_SIGNAL && analogRead(1)>DRY_SIGNAL && analogRead(2)>DRY_SIGNAL) {
24         digitalWrite(5, LOW);
25         digitalWrite(3, HIGH);} //условия для датчика влажности
26     }
27     else if (analogRead(0)<DRY_SIGNAL && analogRead(1)<DRY_SIGNAL && analogRead(2)<DRY_SIGNAL) {
28         digitalWrite(5, LOW);
29         digitalWrite(3, LOW);} //условия для датчика влажности
30     }
31
32     if (digitalRead(A5) == LOW) {
33         digitalWrite (7, LOW); //условия для датчика освещенности
34     }
35     else{
36         digitalWrite (7, HIGH);
37     }
38 }
39
```

Рис. 5. Программа

4. Сборка устройства.

Для создания системы используются три горшка. Первый горшок – самый большой, в нём расположен 1-й датчик влажности (см. схему устройства). Для избежания утечки воды 1-й и 2-й датчики загерметизированы.

В самом верхнем горшке располагается датчик, контролирующий уровень воды и выключающий насос. В этом горшке были сделаны отверстия для роста корней и 3-го датчика. Для того, чтобы через отверстие для датчика не высыпался керамзит (в случае попадания керамзита в насос он может перестать работать), в этом месте была приклеена защитная сетка.

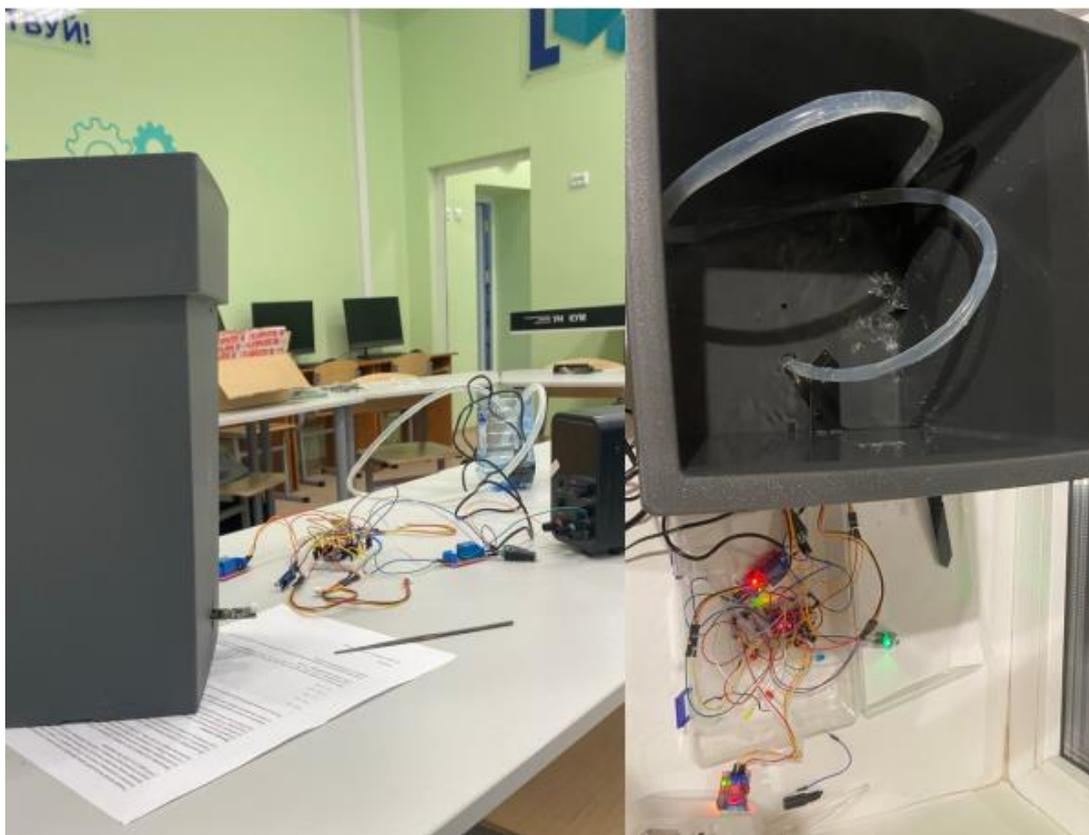


Рис. 6. Вид сбоку, вид изнутри

5. Тестирование и исправление недостатков.

При первом тестировании были обнаружены две трещины (на дне и боковой стенке) горшка, поэтому пришлось повторно воспользоваться герметиком. При первом запуске с водой возникла проблема с напором воды: он был слишком маленький, из-за чего пришлось отрезать лишнюю часть трубки, чтобы вода подавалась напрямую.

Для проверки практической применимости системы была высажена вига сорта «Каланча», относящаяся к спаржевым бобам. Растение созревает через 55-60 дней на высоком (3,8 м) растении. Вид идеально подходит для гидропонике, так как всходит и растёт очень быстро, не требует особых условий для роста. Растение произрастает в Южной Африке и не встречается в России. Таким образом, можно сказать, что система создала все необходимые условия для растения и может быть применима вне места произрастания вида.



Рис. 7. Вига сорта «Каланча»

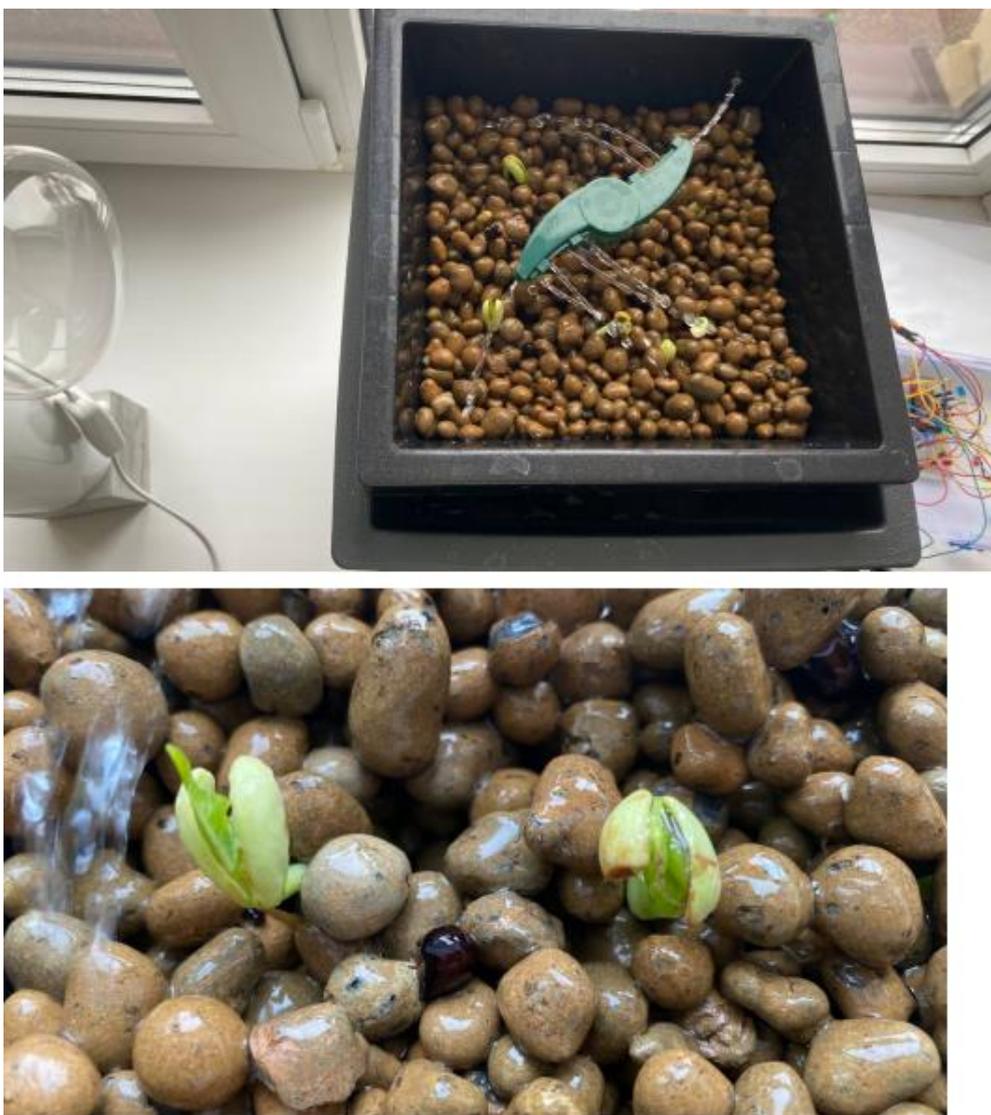


Рис. 8. Ростки на третий день
Видео: <https://cloud.mail.ru/public/u8rR/bmPfcBDuh>.

Рекомендации по выращиванию для пользователей:

1. Настройте устройство, следуя рекомендациям из алгоритма работы устройства.
2. При проращивании семян (первые 3-4 дня) подложите марлю или салфетку, чтобы семена не смыло водой, не используйте активаторы роста и фитолампу: это может навредить росткам.
3. После того как семена взошли, можно убрать салфетку и подключить лампу. При желании можно добавить в воду активатор роста, но будьте осторожны: чрезмерное содержание питательных веществ может навредить растению.
4. Меняйте воду в горшке каждые 4 дня – 5 дней для избежания её затухания (вода в системе постоянно находится в движении, поэтому менять её не нужно так часто, в отличие от других гидропонных систем).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ ПРОЕКТА

В результате было разработано устройство, обеспечивающее беспочвенное выращивание растений. В дальнейшем проект будет использован в личных целях (выращивание здоровых продуктов питания в домашних условиях), но устройство может быть также использовано в коммерческих целях (фермерами или садоводами, в ресторанах или супермаркетах).

ВЫВОД

С учётом недостатков научно-исследовательских и коммерческих проектов конкурентов разработана гидропонная установка, позволяющая беспочвенно выращивать растения. Устройство оснащено автоматической фитолампой для наиболее благоприятных условий роста. В результате проекта все цели и задачи были выполнены, несмотря на некоторые сложности. Разработанное устройство является эффективным, экономным и универсальным, что позволяет использовать его в дальнейшем. Таким образом, поставленная гипотеза является подтверждённой, и созданное устройство позволит решить проблемы, связанные с нарушением качества воздуха, воды и почвы, неблагоприятными природными условиями и болезнями растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. URL: <https://amperka.ru/product/immersible-water-pump?ysclid=m6tljrm6xt221825260> (обращение 09.01.2025) – покупка помпы.
2. URL: <https://bober.ru/sad/eda/oborudovanie-dlya-vyraschivaniya-zeleni-v-domashnikhusloviyakh?ysclid=m5mqhkbdfy328478339> (обращение 09.01.2025) – статья о преимуществах гидропонии.
3. URL: <https://www.botanichka.ru/article/hydroponic/> (обращение 09.01.2025) – статья о преимуществах гидропонии.
4. URL: <https://chipdocs.ru/articles/rele-dlya-arduino/> (обращение 09.01.2025) – инструкция по использованию реле.
5. URL: <https://wiki.amperka.ru/products:sensor-soil-moisturecapacitive?ysclid=m6tlrm6ffa986971598> (обращение 09.01.2025) – инструкция по использованию датчика влажности.
6. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Ebb_and_flow_hydroponics (обращение 09.01.2025) – статья о приливно-отливной гидропонике.
7. URL: <https://gidronom.ru/literatura/knigi/rasteniia-bez-pochvy/921-chem-vygodnagidroponika.html> (обращение 09.01.2025) – статья о гидропонике.
8. URL: <https://growerline.ru/> (обращение 09.01.2025) – похожие устройства.
9. URL: https://growerline.ru/tovar/ebb_grow/ (обращение 09.01.2025) – похожие устройства.
10. URL: https://growsvet.ru/shop/gidroponika_ot_growsvet_novinka/modulnaya_sistema_periodicheskogo_zatopleniya_growsvet_hydro_avtosyst (обращение 09.01.2025) – похожие устройства.
11. URL: <https://rastok.net/item/e-mode-praktica-60/> (обращение 09.01.2025) – похожие устройства.
12. URL: <https://www.sravni.ru/novost/2023/11/13/uchyonye-vyyasnili-zhiteli-kakogo-regionarossii-pitayutsya-luchshe-vsego/> (обращение 09.01.2025) – информация о проблемах, связанных с продуктами питания.

Ф. И. О. участника: Банников Павел Александрович

Название проекта: Various Data (API + Mobile app)

Статус участника: призёр

Актуальность

На данный момент для бизнеса крайне важна конкурентоспособность. Для достижения высокой конкурентоспособности используются различные технологии. Одной из них является мониторинг цен, отзывов, регионов продаж и так далее. Наше решение расширяет базовый функционал имеющихся сервисов.

Для бизнеса это даёт:

- Анализ цен, устанавливаемых конкурентами в физическом магазине, позволяет адаптировать собственные ценовые предложения. Это помогает определить, нужно ли повышать или понижать цены, а также организовать акции и распродажи, чтобы привлечь больше клиентов.

- Изучение отзывов о конкурентах позволяет понять, какие аспекты их обслуживания и продуктов ценятся клиентами, а какие вызывают недовольство. Это поможет улучшить свои услуги и создать более положительный имидж.

- Знание местоположения конкурентов и их физических магазинов даёт возможность оценить, насколько точки продаж находятся в конкурентоспособных местах. Это может повлиять на решение об открытии новых магазинов или изменении текущей стратегии размещения.

ЦА: среднестатистический предприниматель, которому требуется отслеживать ценны, отзывы, наличие товара и точки сбыта конкурентов.

Сравнение с конкурентами

	Наше решение	Конкуренты
Мониторинг цен + +	+	+
Мониторинг отзывов + -	+	-
Мониторинг динамики цен + +	+	+
Мониторинг точек сбыта + +	+	+
Мониторинг наличия на складе + +	+	+
Парсинг всего сайта	+	-
Парсинг отдельного товара	+	+
Автоматическая сортировка полученных позиций	+	-

Проблема

Неудобство самостоятельного сбора данных в большом объёме из открытых источников конкурентов.

Цель

Реализация сервиса для скрапинга (парсинга) данных из открытых источников конкурентов и отображения их в удобном формате для пользователя с возможностью сравнения различных позиций.

Планирование работы

План работы:

- Выявление требуемых эндпоинтов для API.
- Реализация эндпоинтов.
- Продумывание бизнес-логики.
- Продумывание архитектуры хранения данных в БД.
- Реализация бизнес-логики.
- Создание приложения.
- Подключение приложения к API.

Необходимые расходы:

- Оплата хостинга.
- Оплата домена.

Способ привлечения ресурсов:

- Из личных средств.

Задачи:

1. Изучить конкурентов и какие сейчас имеются подобные сервисы.
2. Выявить их недостатки.
3. Подумать, как можно улучшить функционал.
4. Реализовать API на Java + Spring framework.
5. Реализовать архитектуру хранения данных с использованием СУБД PostgreSQL.
6. Реализовать мобильное приложение на Swift + swiftUI.

Изучение конкурентов и существующих сервисов. Выявление недостатков.

Что можно улучшить в этих сервисах.

На данный момент существуют различные сервисы для сбора данных. Они позволяют собирать цены, наличие на складах и динамику цен.

Можно добавить автоматическое определение товара после парсинга, чтобы пользователю не требовалось определять, к какому товару он относится. Также добавить сравнение различных позиций в таблице. Добавить сбор данных о самой компании: оборот, отзывы о компании и так далее. Добавить dashboard с возможностью обработки данных при помощи блоков (визуальное программирование).

RestAPI на Java + Spring framework

Почему Java?

Java крайне удобна для работы с данными при помощи ООП. Также она довольно устойчива и безопасна.

Почему Spring framework?

На мой взгляд, один из лучших framework-ов для Java и реализации RestAPI. Из spring framework я использовал Spring Boot, Spring data и Spring security.

Какие ещё зависимости используются:

1. jjwt-api.
2. jjwt-impl.
3. jjwt-jackson.

Что должно делать API:

1. Реализация авторизации при помощи JWT.
2. Возможность оставлять комментарии и получать их список.
3. Возможность обратиться в поддержку.
4. Возможность подписки на сервис.
5. Возможность получения списка товаров по ИД.
6. Реализовать создание словаря ИД для отображения данных в отсортированном порядке на стороне пользователя.
7. Админпанель.

Использование зависимостей:

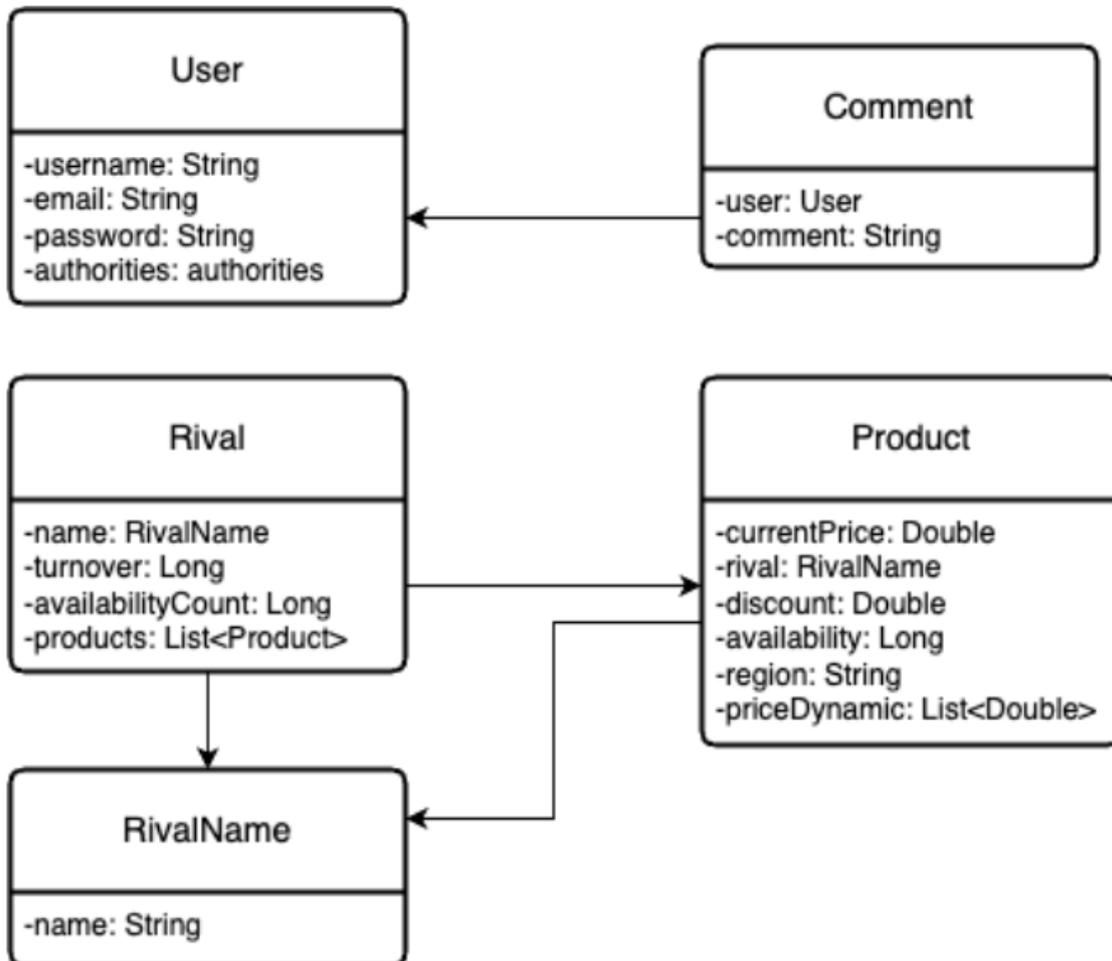
Spring boot используется для реализации эндпоинтов.

Spring security используется для реализации системы авторитетов и создания аутентификации с помощью JWT.

Spring data используется для работы с БД с СУБД PostgreSQL.

jjwt-api, jjwt-impl, jwt-jackson используются для реализации JWT.

Архитектура хранения данных



Мобильное приложение

Почему Swift?

На данном этапе есть желание создания приложения под iOS. В дальнейшем планируется также создание под Android при помощи Kotlin.

Почему SwiftUI?

Более современен, чем UIKit.

Что должно делать приложение:

1. Предоставлять авторизацию при помощи JWT.
2. Иметь вкладки с личным кабинетом, трекерами на товары, сравнительными таблицами.
3. Отправлять и принимать запросы с API.

Ожидаемые результаты

Тестировка:

- планируется запустить сервис в открытый доступ, анализировать комментарии, которые оставят пользователи, и корректировать сервис с их пожеланиями.
- Также добавить Prometheus для выявления высоконагруженных участков программы.

Результат: полностью работающий сервис, которым могут пользоваться люди.

Дальнейшее развитие:

- Рефакторинг приложения с монолита на микросервисы.
- Добавление для часто запрашиваемых данных хеширования в Redis.
- Возможное добавление блога с полезной информацией об анализе конкурентов.
- Создание приложения для Android.

Ф. И. О. участника: Белов Денис Романович
**Название проекта: «Уникальные 3D-багеты для картин,
генерируемые нейронными сетями»**
Статус участника: призёр

Введение

В современном мире цифровые технологии активно проникают в сферу искусства и дизайна.

Одним из направлений является генерация 3D-багетов для картин с использованием нейросетей.

Данный проект предлагает создание веб-приложения, позволяющего пользователям выбирать и загружать уникальные 3D-модели рамок для последующей 3D-печати или производства.

Цель: разработка веб-приложения для генерации и скачивания 3D-багетов.

Задачи:

1. Изучить возможности генерации 3D-моделей с помощью нейросетей.
2. Разработать прототип веб-приложения.
3. Реализовать механизм скачивания 3D-файлов.
4. Оценить востребованность проекта среди потенциальных пользователей.

1. Теоретическая часть

1.1. Искусственный интеллект и генерация 3D-моделей

Искусственный интеллект (ИИ) широко используется в сфере 3D-дизайна. Современные генеративные модели, такие как Meshy и Kandinsky, позволяют создавать уникальные 3D-изображения и другие объекты. Данные технологии применяются в гейм-дизайне, архитектуре и искусстве.

1.2. Актуальность проекта

Спрос на кастомизированные багеты растёт вместе с популярностью картинного искусства и цифрового дизайна. Внедрение нейросетей в процесс создания рамок позволяет автоматизировать и персонализировать выбор моделей, что открывает новые возможности для художников и потребителей.

2. Практическая часть

2.1. Используемые технологии и инструменты

Проект использует:

- HTML, CSS, JavaScript для создания веб-интерфейса.

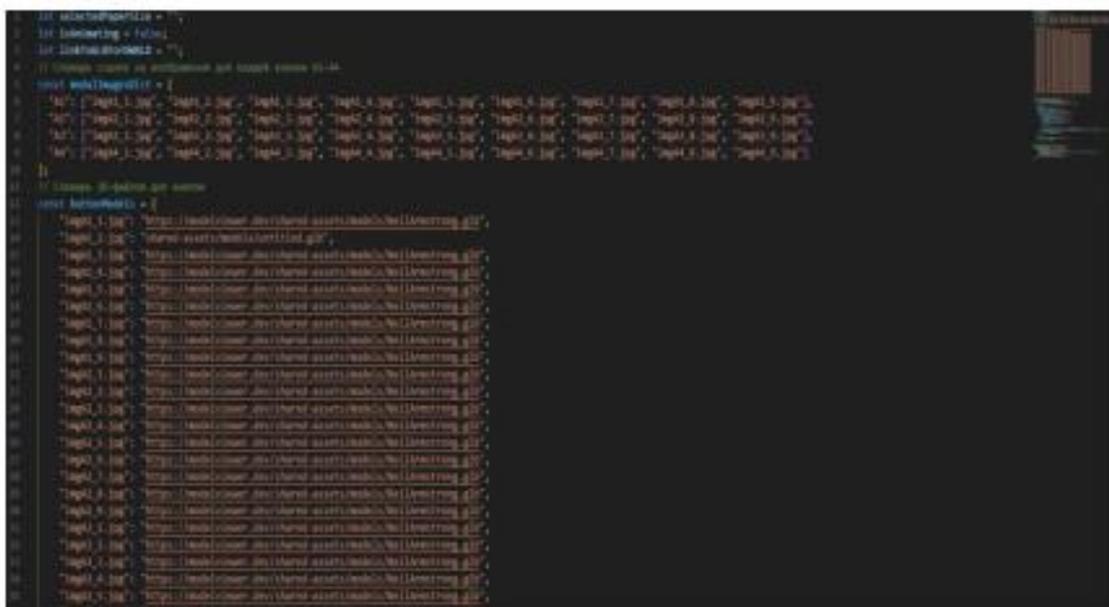


Рисунок 1

- <model_viewer> для предпросмотра 3D-моделей.

- API генератора 3D-моделей Meshy.
- Генератор изображений Kandinsky для создания изображений (рис. 2).



Рисунок 2

2.2. Разработка веб-интерфейса

Веб-интерфейс будет адаптирован для размещения на сайтах, предлагающих услуги печати холстов и рамок (рис. 3).

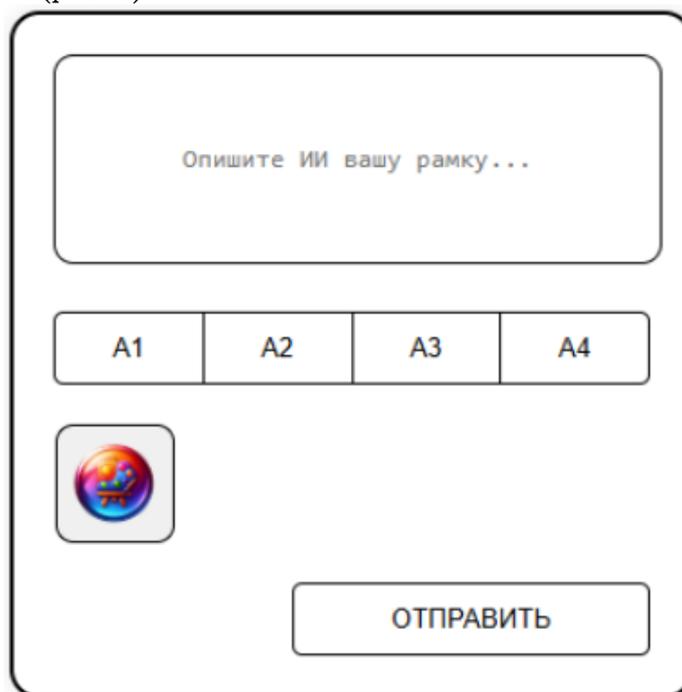


Рисунок 3

Основные функции:

- Выбор модели рамки.
- Просмотр 3D-превью.
- Скачивание STL-файла.

2.3. Интеграция с API-генератора 3D-моделей

В проекте используется API Meshy для генерации уникальных рамок. Пользователь может задать параметры и получить STL-файл для 3D-печати.

Заключение

В ходе работы создан прототип веб-приложения, позволяющий генерировать и загружать 3D-модели багетов. Данный проект может быть востребован среди художников, дизайнеров и производителей рамок.

Список использованных источников

1. Meshy API Documentation.
2. Kandinsky AI Image Generator.
3. Основы веб-разработки: HTML, CSS, JavaScript.
4. Основы работы с 3D-моделями для печати.
5. Приложение.

HTML:

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="ru">
<head>
<meta charset="UTF-8">
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
<title>UI Mockup</title>
<link rel="stylesheet" href="styles-part1.css">
<link rel="stylesheet" href="styles-part2.css">
<link rel="stylesheet" href="styles-part3.css">
</head>
<body>
<div class="container-wrapper">
<div class="container">
<button class="download-button" id="main-dwnld-btn">

</button>
<textarea class="description-box" placeholder="Опишите ИИ вашу рамку..."></textarea>
<div class="button-strip">
<button class="btn">A1</button>
<button class="btn">A2</button>
<button class="btn">A3</button>
<button class="btn">A4</button>
</div>
<button class="content-box">

</button>
<button class="send-btn">ОТПРАВИТЬ</button>
</div>
<div class="modal" id="myModal">5
<div class="modal-default-message">Пожалуйста, выберите размер на полоске A1-A4...</div>
<div class="modal-content">
<div class="buttons-container">
</div>
</div>
</div>
</div>
<div class="viewport-window" id="viewportWindow">
<button class="close-viewport-window">×</button>
</div>
</div>
<script src="script-part1.js"></script>
<script src="script-part2.js"></script>
<script src="script-part3.js"></script>
<script src="script-part4.js"></script>
<script type="module" src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/model-viewer/4.0.0/
modelviewer.min.js"></script>
```

```
<script src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/3.3.1/jquery.min.js"></script>
</body>
</html>
CSS Файл #1:
body {
font-family: Arial, sans-serif;
margin: 0;
padding: 20px;
}
.container-wrapper {
position: relative;
display: flex;
}
.container {
width: 300px;
padding: 20px;
border: 2px solid black;
border-radius: 15px;
box-shadow: 0 0 10px rgba(0, 0, 0, 0.1);
position: relative;
}
.description-box {
width: 100%;
height: 100px;
margin-bottom: 20px;
border: 1px solid black;
border-radius: 10px;
resize: none;
scrollbar-width: none;
transition: all 0.6s cubic-bezier(0.4, 0, 0.2, 1);
}
.description-box::placeholder {
text-align: center;
line-height: 100px;
}
.button-strip {
display: flex;
justify-content: space-between;
border: 1px solid black;
border-radius: 5px;
overflow: hidden;
margin-bottom: 20px;
transition: all 0.8s cubic-bezier(0.4, 0, 0.2, 1);
}
.btn {
flex: 1;
```

```
margin: 0;
padding: 10px;
border: none;
border-right: 1px solid black;
background-color: transparent;
cursor: pointer;
}
.btn:last-child {
border-right: none;
}
.send-btn {
width: 60%;
padding: 10px;
margin-left: 40%;
border: 1px solid black;
border-radius: 5px;
background-color: transparent;
cursor: pointer;
transition: all 0.6s ease;
}
.content-box {
width: 60px;
height: 60px;
border-radius: 15%;
background-color: #f0f0f0;
border: 1px solid black;8
display: flex;
align-items: center;
justify-content: center;
cursor: pointer;
margin: 0 1px 20px;
padding: 0;
transition: all 0.8s cubic-bezier(0.4, 0, 0.2, 1);
}
CSS Файл #2:
.content-box img {
width: 100%;
height: 100%;
border-radius: 15%;
object-fit: cover;
}
.modal {
display: none;
position: absolute;
z-index: 1000;
left: 350px;
```

```
top: -100%;
width: 480px;
max-height: 480px;
background-color: white;
border: 2px solid black;
border-radius: 15px;
box-shadow: 0 0 10px rgba(0, 0, 0, 0.1);
padding: 30px 10px 10px;
overflow-y: auto;
transition: top 0.5s ease-in-out, opacity 0.3s ease;
opacity: 0;
}
.modal.active {
top: 0;
opacity: 1;
}
.modal.closing {
top: -100%;
opacity: 0;
}
.modal-content {
display: grid;
grid-template-columns: repeat(3, 150px);
grid-template-rows: repeat(3, 150px);
gap: 10px;
}
.modal-btn {
width: 150px;
height: 150px;
border: 1px solid black;
border-radius: 15px;
background-color: #f0f0f0;
cursor: pointer;
display: flex;
align-items: center;
justify-content: center;
overflow: hidden;
padding: 0 10px;
}
.modal-btn img {
width: 100%;
height: 100%;
object-fit: cover;
border-radius: 15px;
}
.modal-default-message {
```

```
position: absolute;
top: 50%;
left: 50%;
transform: translate(-50%, -50%);
color: #888;
font-size: 1.2em;
text-align: center;
width: 80%;
display: none;
}
.modal:not(.has-selected-size) .modal-default-message {
display: block;
}
.modal.has-selected-size .modal-content {
display: grid;
}
.hidden-element {
opacity: 0 !important;
transform: scale(0.9);11
pointer-events: none;
transition: all 0.6s cubic-bezier(0.4, 0, 0.2, 1);
}
.highlighted {
background: linear-gradient(90deg, orange, red, orange);
background-size: 300% 300%;
color: white;
border: right !important;
animation: gradientShift 3s infinite ease-in-out;
}
.invalid {
animation: shake 0.4s ease-in-out;
background-color: #ffdddd !important;
border-color: #ff0000 !important;
color: #ff0000 !important;
}
.viewport-window {
display: none;
position: absolute;
z-index: 1001;
left: calc(300px + 50px);
top: 0;
width: 1200px;
height: 700px;
background-color: white;
border: 2px solid black;
border-radius: 15px;
```

```
box-shadow: 0 0 10px rgba(0, 0, 0, 0.1);
padding: 20px;12
overflow-y: auto;
transition: opacity 0.5s ease, transform 0.5s ease;
opacity: 0;
transform: translateY(-20px);
}
.viewport-window.active {
display: block;
opacity: 1;
transform: translateY(0);
}
.viewport-window.closing {
opacity: 0;
transform: translateY(-20px);
}
.close-viewport-window {
position: absolute;
top: 10px;
right: 5px;
background: none;
border: none;
font-size: 24px;
cursor: pointer;
z-index: 1002;
}
.close-viewport-window:hover {
color: red;
}13
@keyframes shake {
0% { transform: translateX(0); }
25% { transform: translateX(-5px); }
50% { transform: translateX(5px); }
75% { transform: translateX(-3px); }
100% { transform: translateX(0); }
}
@keyframes gradientShift {
0% { background-position: 0% 100%; }
50% { background-position: 100% 0%; }
100% { background-position: 0% 100%; }
}
.modal::-webkit-scrollbar,
.description-box::-webkit-scrollbar {
display: none;
} C
SS Файл #3:
```

```
.mini-viewport {
width: calc(100% - 50px);
height: calc(100% - 20px);
border: 2px solid black;
border-radius: 15px;
background-color: transparent;
position: absolute;
top: 50%;
left: 50%;
transform: translate(calc(-50% - 10px), -50%);
box-shadow: 0 0 10px rgba(0, 0, 0, 0.1);
}14
.mini-viewport > model-viewer {
width: 100%;
height: 100%;
};
.viewport-window {
display: none;
position: absolute;
z-index: 1001;
left: calc(300px + 50px);
top: 0;
width: 1200px;
height: 700px;
background-color: white;
border: 2px solid black;
border-radius: 15px;
box-shadow: 0 0 10px rgba(0, 0, 0, 0.1);
padding: 20px;
overflow-y: auto;
transition: opacity 0.5s ease, transform 0.5s ease;
opacity: 0;
transform: translateY(-20px);
}
.viewport-window.active {
display: block;
opacity: 1;
transform: translateY(0);
}
.viewport-window.closing {
opacity: 0;15
transform: translateY(-20px);
}
.close-viewport-window {
position: absolute;
top: 10px;
```

```
right: 5px;
background: none;
border: none;
font-size: 24px;
cursor: pointer;
z-index: 1002;
}
.close-viewport-window:hover {
color: red;
}
.download-button {
width: 60px;
height: 60px;
border-radius: 15%;
background-color: #f0f0f0;
border: 1px solid black;
display: flex;
position: absolute;
left: calc(25% + 10px);
top: calc(106px + 37px + 64px);
align-items: center;
justify-content: center;
cursor: pointer;
margin: 0 1px 20px;
opacity: 0;16
padding: 0;
transition: all 0.8s cubic-bezier(0.4, 0, 0.2, 1);
}
.download-button.active {
display: block;
opacity: 1;
}
.download-button img {
width: 60%;
height: 60%;
border: none;
}
JS Файл #1:
let selectedPaperSize = "";
let isAnimating = false;
let linkToGLBForDWNLD = "";
// Словарь ссылок на изображения для каждой кнопки A1–A4
const modalImagesDict = {
"A1": ["imgA1_1.jpg", "imgA1_2.jpg", "imgA1_3.jpg", "imgA1_4.jpg", "imgA1_5.jpg",
"imgA1_6.jpg",
"imgA1_7.jpg", "imgA1_8.jpg", "imgA1_9.jpg"],
```

```
"A2": ["imgA2_1.jpg", "imgA2_2.jpg", "imgA2_3.jpg", "imgA2_4.jpg", "imgA2_5.jpg",  
"imgA2_6.jpg",  
"imgA2_7.jpg", "imgA2_8.jpg", "imgA2_9.jpg"],  
"A3": ["imgA3_1.jpg", "imgA3_2.jpg", "imgA3_3.jpg", "imgA3_4.jpg", "imgA3_5.jpg",  
"imgA3_6.jpg",  
"imgA3_7.jpg", "imgA3_8.jpg", "imgA3_9.jpg"],  
"A4": ["imgA4_1.jpg", "imgA4_2.jpg", "imgA4_3.jpg", "imgA4_4.jpg", "imgA4_5.jpg",  
"imgA4_6.jpg",  
"imgA4_7.jpg", "imgA4_8.jpg", "imgA4_9.jpg"]  
};  
// Словарь 3D-файлов для кнопок  
const buttonModels = {  
"imgA1_1.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA1_2.jpg": "shared-assets/models/untitled.glb",  
"imgA1_3.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA1_4.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA1_5.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",17  
"imgA1_6.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA1_7.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA1_8.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA1_9.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA2_1.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA2_2.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA2_3.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA2_4.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA2_5.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA2_6.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA2_7.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA2_8.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA2_9.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA3_1.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA3_2.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA3_3.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA3_4.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA3_5.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA3_6.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA3_7.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA3_8.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA3_9.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA4_1.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA4_2.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA4_3.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA4_4.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA4_5.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA4_6.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",  
"imgA4_7.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",
```

```
"imgA4_8.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",
"imgA4_9.jpg": "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb",
};18
// Функция генерации модального контента для выбранного размера
function generateModalContent(paperSize) {
  const modal = document.getElementById("myModal");
  const modalContent = document.querySelector('.modal-content');
  if (paperSize) {
    modal.classList.add('has-selected-size');
    modalContent.innerHTML = "";
    const images = modalImagesDict[paperSize] || [];
    images.forEach((src, i) => {
      const btn = document.createElement("button");
      btn.className = "modal-btn";
      btn.innerHTML = ``;
      const data_button_model = buttonModels[src];
      if (data_button_model == null) {
        return;
      }
      btn.setAttribute('data-image-id', `image-${paperSize}-${i}`); // Уникальный идентификатор
      btn.setAttribute('data-button-model', data_button_model); // Уникальный идентификатор,
      соответствующий модели для кнопки
      modalContent.appendChild(btn);
    });
  } else {
    modal.classList.remove('has-selected-size');
    modalContent.innerHTML = "";
  }
} /
/ Обработка кликов по кнопкам A1-A4
document.querySelectorAll('.btn').forEach(button => {
  button.addEventListener('click', function() {
    selectedPaperSize = this.textContent;
    document.querySelectorAll('.btn').forEach(btn => btn.classList.remove('highlighted'));19
    this.classList.add('highlighted');
    generateModalContent(selectedPaperSize);
  });
});
JS Файл #2:
// Валидация формы
document.querySelector('.send-btn').addEventListener('click', function() {
  const userText = document.querySelector('.description-box').value.trim();
  if (!selectedPaperSize || !userText) {
    this.classList.add('invalid');
    setTimeout(() => this.classList.remove('invalid'), 1500);
  } else {
```

```
const url='https://jsonplaceholder.typicode.com/posts';
$.getJSON(url, function (data, status) {
if (status !== "success") {
return;
}
const linkTo3DObject = "https://modelviewer.dev/shared-assets/models/NeilArmstrong.glb";
linkToGLBForDWNLD = linkTo3DObject;
openViewportWindow("AI_GENERATED", linkTo3DObject);
});
});
// Логика модального окна
const modal = document.getElementById("myModal");
const contentBox = document.querySelector('.content-box');
const dwnld_button = document.getElementById('main-dwnld-btn');
// Функция открытия модального окна
function openModal() {
if (isAnimating || modal.classList.contains('active')) return; // Не открываем, если уже открыто
или
идёт анимация
isAnimating = true;20
// Если размер не выбран, показываем сообщение внутри модального окна
if (!selectedPaperSize) {
generateModalContent(""); // Сбрасываем контент
} /
/ Скрываем элементы интерфейса
const elementsToHide = [
document.querySelector('.description-box'),
document.querySelector('.send-btn')
];
const buttonStrip = document.querySelector('.button-strip');
elementsToHide.forEach(el => el.classList.add('hidden-element'));
// Показываем модальное окно и запускаем анимацию
modal.style.display = "block";
setTimeout(() => {
modal.classList.add('active');
document.querySelector('.container').classList.add('modal-active');
isAnimating = false;
}, 10); // Небольшая задержка для запуска анимации
// Анимация перемещения элементов
const calculatePosition = (target, element) =>
target.getBoundingClientRect().top - element.getBoundingClientRect().top;
dwnld_button.style.transform = `translateY(${calculatePosition(elementsToHide[0], contentBox)}px)`;
contentBox.style.transform = `translateY(${calculatePosition(elementsToHide[0], contentBox)}px)`;
buttonStrip.style.transform = `translateY(${calculatePosition(elementsToHide[1], buttonStrip)}px)`;
} /
```

```
/ Функция закрытия модального окна
function closeModal() {21
if (isAnimating || !modal.classList.contains('active')) return; // Не закрываем, если уже закрыто
или
идёт анимация
isAnimating = true;
// Запускаем анимацию закрытия
modal.classList.remove('active');
modal.classList.add('closing');
// Ждём завершения анимации перед скрытием модального окна
setTimeout(() => {
modal.style.display = "none";
modal.classList.remove('closing');
}, 500); // Время должно совпадать с длительностью анимации (0.5s)
document.querySelector('.container').classList.remove('modal-active');
// Восстанавливаем элементы интерфейса
download_button.style.transform = "";
[contentBox, document.querySelector('.button-strip')].forEach(el => {
el.style.transform = "";
});
document.querySelectorAll('.hidden-element').forEach(el => {
el.classList.remove('hidden-element');
});
isAnimating = false;
} /
/ Обработчик для кнопки content-box
contentBox.addEventListener('click', function() {
if (isAnimating) return;
if (viewportWindow.classList.contains('active')) {
// Если viewport-window активно, закрываем его22
closeViewportWindow();
} else if (modal.classList.contains('active')) {
// Если модальное окно активно, закрываем его
closeModal();
} else {
// Если ни одно из окон не активно, открываем модальное окно
openModal();
}
});
// Обработчик клика вне модального окна для его закрытия
window.addEventListener('click', e => {
if (e.target === modal) closeModal();
});
JS Файл #3:
const viewportWindow = document.getElementById("viewportWindow");
const download_button = document.getElementById("main-download-btn");
```

```
// Функция открытия viewport-window
function openViewportWindow(buttonid, modelLink) {
  if (isAnimating) return;
  isAnimating = true;
  // Плавно скрываем модальное окно
  modal.classList.remove('active');
  modal.classList.add('closing');
  // Показываем кнопку загрузки
  dwnld_button.classList.add('active');
  // После завершения анимации закрытия модального окна
  setTimeout(() => {
    modal.style.display = "none";
    modal.classList.remove('closing');
    // Очищаем предыдущее содержимое viewport-window23
    viewportWindow.innerHTML = "";
    // Создаём миниатюру (уменьшённую копию viewport-window)
    const miniViewport = document.createElement('div');
    miniViewport.className = 'mini-viewport';
    miniViewport.id = 'mini-viewport';
    miniViewport.setAttribute('data-button-id', buttonid); // Привязываем к нажатой кнопке
    miniViewport.innerHTML = "<model-viewer src=\"\" + modelLink + \"\" shadow-intensity=\"1\"
    camera-controls touch-action=\"pan-y\"> </model-viewer>";
    // Добавляем миниатюру в viewport-window
    viewportWindow.appendChild(miniViewport);
    // Ставим кастомизированные стили для <model-viewer> внутри ShadowDOM
    const model_viewer = document.querySelector('model-viewer');
    const new_styles = document.createElement('style');
    new_styles.textContent = '.userInput.show { outline: none !important; } .container { border-radius:
    15px !important; }';
    model_viewer.shadowRoot.appendChild(new_styles);
    // Возвращаем крестик для закрытия viewport-window
    const closeButton = document.createElement('button');
    closeButton.className = 'close-viewport-window';
    closeButton.innerHTML = '×';
    closeButton.addEventListener('click', closeViewportWindow);
    viewportWindow.appendChild(closeButton);
    // Показываем viewport-window с анимацией
    viewportWindow.style.display = "block";
    download_button.classList.add('active');
    setTimeout(() => {
      viewportWindow.classList.add('active');
      isAnimating = false;
    }, 10); // Небольшая задержка для запуска анимации
  }, 500); // Время должно совпадать с длительностью анимации закрытия модального окна
}24
// Функция закрытия viewport-window
```

```
function closeViewportWindow() {
if (isAnimating) return;
isAnimating = true;
// Плавно скрываем viewport-window
viewportWindow.classList.remove('active');
viewportWindow.classList.add('closing');
const miniViewport = document.getElementById('mini-viewport');
// Убираем кнопку загрузки
dwnld_button.classList.remove('active');
// После завершения анимации закрытия viewport-window
setTimeout(() => {
viewportWindow.style.display = "none";
viewportWindow.classList.remove('closing');
download_button.classList.remove('active');
// Показываем модальное окно снова
if (miniViewport.getAttribute('data-button-id') == 'AI_GENERATED') {
isAnimating = false;
return;
}
modal.style.display = "block";
setTimeout(() => {
modal.classList.add('active');
isAnimating = false;
}, 10); // Небольшая задержка для запуска анимации
}, 500); // Время должно совпадать с длительностью анимации закрытия viewport-window
} /
/ Обработчик для кнопок в модальном окне
document.querySelector('.modal-content').addEventListener('click', function(event) {25
if (event.target.closest('.modal-btn')) {
const imageId = event.target.closest('.modal-btn').getAttribute('data-image-id'); // Получаем
уникальный идентификатор
const modelLink = event.target.closest('.modal-btn').getAttribute('data-button-model'); //
Получаем ссылку на 3D-модель
linkToGLBForDWNLD = modelLink;
openViewportWindow(imageId, modelLink); // Открываем viewport-window с миниатюрой
}
});
// Обработчик для закрытия viewport-window
document.querySelector('.viewport-window').addEventListener('click', function(event) {
if (event.target.classList.contains('close-viewport-window')) {
closeViewportWindow();
}
});
// Обработчик клика вне viewport-window для его закрытия
window.addEventListener('click', e => {
if (e.target === viewportWindow) closeViewportWindow();
```

```
});
JS Файл #3:
const viewportWindow = document.getElementById("viewportWindow");
const download_button = document.getElementById("main-dwnld-btn");
// Функция открытия viewport-window
function openViewportWindow(buttonid, modelLink) {
if (isAnimating) return;
isAnimating = true;
// Плавно скрываем модальное окно
modal.classList.remove('active');
modal.classList.add('closing');
// Показываем кнопку загрузки26
dwnld_button.classList.add('active');
// После завершения анимации закрытия модального окна
setTimeout(() => {
modal.style.display = "none";
modal.classList.remove('closing');
// Очищаем предыдущее содержимое viewport-window
viewportWindow.innerHTML = "";
// Создаём миниатюру (уменьшённую копию viewport-window)
const miniViewport = document.createElement('div');
miniViewport.className = 'mini-viewport';
miniViewport.id = 'mini-viewport';
miniViewport.setAttribute('data-button-id', buttonid); // Привязываем к нажатой кнопке
miniViewport.innerHTML = "<model-viewer src=\"\" + modelLink + \"\" shadow-intensity=\"1\"
camera-controls touch-action=\"pan-y\"> </model-viewer>";
// Добавляем миниатюру в viewport-window
viewportWindow.appendChild(miniViewport);
// Ставим кастомизированные стили для <model-viewer> внутри ShadowDOM
const model_viewer = document.querySelector('model-viewer');
const new_styles = document.createElement('style');
new_styles.textContent = '.userInput.show { outline: none !important; } .container { border-radius:
15px !important; }';
model_viewer.shadowRoot.appendChild(new_styles);
// Возвращаем крестик для закрытия viewport-window
const closeButton = document.createElement('button');
closeButton.className = 'close-viewport-window';
closeButton.innerHTML = '×';
closeButton.addEventListener('click', closeViewportWindow);
viewportWindow.appendChild(closeButton);
// Показываем viewport-window с анимацией
viewportWindow.style.display = "block";
download_button.classList.add('active');27
setTimeout(() => {
viewportWindow.classList.add('active');
isAnimating = false;
```

```
}, 10); // Небольшая задержка для запуска анимации
}, 500); // Время должно совпадать с длительностью анимации закрытия модального окна
} /
/ Функция закрытия viewport-window
function closeViewportWindow() {
if (isAnimating) return;
isAnimating = true;
// Плавно скрываем viewport-window
viewportWindow.classList.remove('active');
viewportWindow.classList.add('closing');
const miniViewport = document.getElementById('mini-viewport');
// Убираем кнопку загрузки
dwnld_button.classList.remove('active');
// После завершения анимации закрытия viewport-window
setTimeout(() => {
viewportWindow.style.display = "none";
viewportWindow.classList.remove('closing');
download_button.classList.remove('active');
// Показываем модальное окно снова
if (miniViewport.getAttribute('data-button-id') == 'AI_GENERATED') {
isAnimating = false;
return;
}
modal.style.display = "block";
setTimeout(() => {
modal.classList.add('active');
isAnimating = false;
}, 10); // Небольшая задержка для запуска анимации
}, 500); // Время должно совпадать с длительностью анимации закрытия viewport-window
} /
/ Обработчик для кнопок в модальном окне
document.querySelector('.modal-content').addEventListener('click', function(event) {
if (event.target.closest('.modal-btn')) {
const imageId = event.target.closest('.modal-btn').getAttribute('data-image-id'); // Получаем
уникальный идентификатор
const modelLink = event.target.closest('.modal-btn').getAttribute('data-button-model'); //
Получаем ссылку на 3D-модель
linkToGLBForDWNLD = modelLink;
openViewportWindow(imageId, modelLink); // Открываем viewport-window с миниатюрой
}
});
// Обработчик для закрытия viewport-window
document.querySelector('.viewport-window').addEventListener('click', function(event) {
if (event.target.classList.contains('close-viewport-window')) {
closeViewportWindow();
}
}
```

```
});  
// Обработчик клика вне viewport-window для его закрытия  
window.addEventListener('click', e => {  
  if (e.target === viewportWindow) closeViewportWindow();  
});  
JS Файл #4:  
// Функция скачивания  
async function downloadFile(url, filename) {  
  try {  
    // Пробуем скачать через Blob (требует CORS)  
    const response = await fetch(url);  
    if (!response.ok) throw new Error("Ошибка HTTP: " + response.status);  
    const blob = await response.blob();  
    const blobUrl = URL.createObjectURL(blob);  
    const link = document.createElement('a');  
    link.href = blobUrl;  
    link.download = filename;  
    document.body.appendChild(link);  
    link.click();  
    document.body.removeChild(link);  
    URL.revokeObjectURL(blobUrl);  
  } catch (error) {  
    // Fallback: открываем ссылку в новой вкладке  
    console.error('CORS ошибка, пробуем альтернативу...');  
    const link = document.createElement('a');  
    link.href = url;  
    link.target = '_blank';  
    document.body.appendChild(link);  
    link.click();  
    document.body.removeChild(link);  
  }  
} /  
/ Обработчик клика по download-button  
dwnld_button.addEventListener('click', e => {  
  downloadFile(linkToGLBForDWNLD, 'ReadyForPrint.glb')  
});
```


Ф. И. О. участника: Аленинская Диана Алексеевна
**Название проекта: «Очистка углеродных квантовых точек
для применения в качестве химических сенсоров»**
Статус участника: победитель

Введение

1. Научная, исследовательская и практическая проблема, которую решает проект

Углеродные наноматериалы, обладающие широким спектром уникальных свойств, давно привлекают внимание научного сообщества. Во многом это обусловлено широкими перспективами применения данных материалов в различных областях, особенно в биологии и медицине. Благодаря современным техническим возможностям были созданы формы углеродных наноматериалов, обладающие различными свойствами. Углеродные наноматериалы долгое время были представлены наноалмазами, фуллеренами и углеродными нанотрубками.

В настоящее время интерес вызывает новая форма углеродных объектов — углеродные квантовые точки (УКТ). Квантовые точки — это нанометровые частицы из полупроводниковых наноматериалов, которые могут излучать свет разного цвета в зависимости от своего размера.

Существует множество способов получения УКТ, среди которых наиболее простым в реализации является коллоидный синтез, в котором используются самые доступные реагенты, в том числе — природные материалы. Однако в этом случае требуется очистка УКТ от избытка используемых реагентов и продуктов побочно протекающих реакций.

Очищенные УКТ, по литературным данным, могут являться ключевым компонентом химических сенсоров для определения в растворах различных вредных веществ, в частности, катионов тяжёлых металлов. Проблема, которая решалась в рамках данной работы, заключалась в получении модельного химического сенсора и проверке его чувствительности к ионам тяжёлых металлов на примере Cu^{2+} .

Исследовательская часть данного проекта связана и является продолжением проекта «Получение оптически активных углеродных наночастиц».

1.1. Цель

Разработать метод очистки полученных посредством коллоидного синтеза углеродных квантовых точек от примесей реагентов и побочных продуктов и показать возможность применения УКТ в качестве химического сенсора тяжёлых металлов.

1.2. Задачи

- Литературный обзор по проблеме получения углеродных точек.
- Изучение и выбор методов очистки углеродных наночастиц.
- Экспериментальная реализация выбранного метода.
- Диагностика физико-химических свойств УКТ до и после очистки.
- Изготовление модельных химических сенсоров и исследование их чувствительности к ионам тяжёлых металлов на примере Cu^{2+} .

1.3. Объект исследования

Оптически активные углеродные наночастицы, полученные из доступного сырья и реагентов.

1.4. Предмет исследования

Свойства полученных активных углеродных наночастиц.

1.5. Период исследования

С ноября 2024 года по февраль 2025 года.

2. Литературный обзор

2.1. Что такое углеродные квантовые точки (УКТ)?

Углеродные наночастицы относятся к классу углеродных точек (УТ).

Углеродные точки (УТ) — новый класс углеродосодержащих материалов (размер — от 1 до 10 нм), состоят из атомов углерода в состоянии sp^2 - или sp^3 -гибридизации. Обладают флуоресцентными свойствами и имеют ядро, покрытое функциональными группами, содержащими азот и кислород. В зависимости от структуры выделяют несколько типов УТ: графеновые квантовые точки, углеродные квантовые точки, углеродные наноточки, карбонизированные полимерные точки. В нашем исследовании рассматривались углеродные квантовые точки, особенностью их строения является аморфное или кристаллическое ядро и размер до 2 нм.

Углеродные точки представляют собой люминесцирующие углеродные наноматериалы, состоящие из частиц размерами менее 10 нм и не содержащие тяжёлых металлов. В их состав, как правило, входят углерод, водород, азот и кислород. УТ обладают высокой химической инертностью, низкой токсичностью.

Квантовые точки были впервые получены в СССР в 1981 году Алексеем Екимовым в стеклянной матрице, а затем, в 1985 году, — Луи Е. Брюсом в коллоидных растворах. Мунги Бавенди в 1993 году улучшил химическое производство квантовых точек, ему удалось создавать почти идеальные частицы. Совместно с коллегами он разработал эффективный способ синтеза монодисперсных растворов квантовых точек необходимого размера. Термин «квантовая точка» был предложен Марком Ридом. Нобелевскую премию по химии в 2023 году разделили учёные Мунги Бавенди, Луис Брюс и Алексей Екимов за открытие и синтез квантовых точек.

2.2. Методы получения.

Квантовые точки можно получать из разных полупроводниковых материалов, таких как кремний, кадмий, селен, индий. Но наиболее доступными для получения являются оптически активные углеродные квантовые точки.

К настоящему моменту появилось большое количество разнообразных методов синтеза. Их можно разделить на две основные группы: физические (называемые рост «сверху вниз») и химические (называемые рост «снизу вверх») методы. Наиболее часто квантовые точки получают посредством молекулярно-лучевой эпитаксии, химического осаждения и коллоидного синтеза.

Молекулярно-лучевая эпитаксия (метод «сверху вниз») основана на взаимодействии нескольких молекулярных пучков различной плотности и химического состава с нагретой монокристаллической подложкой и осаждении на ней элементарных компонентов. Процесс происходит в условиях глубокого вакуума (Приложение, рисунок 1). К преимуществам метода относится низкая температура процесса, что позволяет получать качественные тонкие слои, состоящие из оптически активных частиц. Однако для проведения этого процесса требуется сложное и дорогое оборудование, поэтому в рамках ученического проекта воспроизвести его довольно проблематично.

Химическое осаждение (метод «снизу вверх») включает получение квантовых точек в результате химических реакций, протекающих в растворе. Размеры и свойства квантовых точек могут быть легко настроены путём изменения условий синтеза. Химическое осаждение широко используется для синтеза квантовых точек из различных материалов. Оно обладает высокой эффективностью и может быть масштабировано для промышленного производства. В методе используются органические реагенты и неорганические осадители. Перечень этих веществ очень большой, и, как правило, они малодоступны, поэтому этот метод нам также не подходит.

Коллоидный синтез (метод «снизу вверх») является одним из наиболее экономически эффективных методов синтеза квантовых точек. Этот химический процесс на основе раствора включает в себя нагревание исходных растворов для образования зародышеобразующих мономеров, которые отжигаются при высоких температурах и приводят к росту нанокристаллов.

Объём и размер квантовых точек, полученных в результате коллоидного синтеза, контролируется путём регулирования концентрации мономеров в растворе и поддержания точных температурных условий на протяжении всего процесса. Как и ранее приведённые методы, коллоидный синтез имеет свои недостатки. Квантовые точки, полученные таким способом, нужно очищать от непрореагировавших исходных веществ и продуктов побочных реакций. Также в зависимости от набора исходных веществ и условий превращения каждый раз получается новая система, то есть ещё одной проблемой является повторная воспроизводимость результатов синтеза.

В нашем случае метод коллоидного синтеза является наиболее дешёвым и осуществимым в сравнении с другими, поэтому в своей работе мы будем использовать его.

2.3. Методы очистки полученных УКТ.

Из-за того, что квантовые точки получены путём коллоидного синтеза, потребуется их очистка от примесей реагентов и побочных продуктов.

Могут быть использованы такие методы очистки, как: фильтрование, центрифугирование, использование адсорбентов и молекулярных сит, химические методы, мембранная очистка и очистка с помощью ионообменных смол.

Фильтрование — это метод, основанный на разной растворимости веществ. Фильтрование осуществляется с помощью воронок, в которые вложена фильтровальная бумага. Его можно использовать для удаления крупных частиц и осадка (наночастицы в осадок не выпадают).

Центрифугирование — это метод, основанный на различном поведении частиц в центробежном поле, создаваемой центрифугой. Используется для отделения более мелких дисперсных примесей.

Адсорбция — метод, основанный на увеличении концентрации одного вещества на поверхности другого. Обычно используется активированный уголь, на поверхности которого концентрируются молекулы примесей.

Использование молекулярных сит (цеолиты) — метод, основанный на применении материала, содержащего крошечные поры точного и одинакового размера. В порах сорбируются более мелкие частицы примесей, а сами точки остаются в растворе.

Химические методы — применяются в том случае, если точно известен состав примесей и можно подобрать реагент, который переводит мешающий компонент в осадок или газ. Но это сделать трудно, поэтому мы не будем рассматривать его использование.

Мембранная очистка — метод в нашем случае практически нереален, так как нужно подбирать материал мембраны, через поры которой проходят примеси и не проходят наночастицы, к тому же нужна специальная установка для продавливания суспензии через мембрану.

Очистка с помощью ионообменных смол возможна в том случае, если примеси являются электролитами.

2.4. Область применения УКТ.

По своей себестоимости УКТ достаточно дешёвы, их свойства (размер, растворимость, яркость излучения, цвет и так далее) можно очень гибко настраивать и точно контролировать — не только с помощью подбора различных прекурсоров во время синтеза, но и меняя параметры их возбуждения, например длину волны. Они малотоксичны и обладают биологической совместимостью, поэтому нашли применение в сенсорике, медицине, химической инженерии и электронике.

Способность УКТ, сгруппированных в определённых областях, подавлять рост раковых клеток под воздействием света определённой длины волны, открывает перспективы в терапии онкологических заболеваний. УКТ также эффективны в качестве наноносителей и трекеров, позволяя отслеживать доставку лекарств и генов путём мониторинга их флуоресцентного сигнала. Это помогает оптимизировать методы введения и дозировки препаратов.

Благодаря многочисленным функциональным группам на поверхности и отличной способности к переносу электронов УКТ проявляют превосходные фотокаталитические и электрохимические свойства. Например, они выступают в роли резервуаров для электронов, эффективно способствуя каталитическому получению водорода с помощью P25 TiO₂ при УФ-облучении. Благодаря яркой флуоресценции при УФ-облучении и высокой фотостабильности УКТ могут применяться в качестве флуоресцентных чернил.

Низкая токсичность, биосовместимость и фотостабильность УКТ позволяют использовать их в качестве сенсоров для обнаружения различных молекул, включая ионы металлов, металлы и анионы. В простейшем случае УКТ избирательно реагируют на присутствие в среде тех или иных ионов или веществ, при этом происходит тушение их флуоресценции.

3. Методика исследования

3.1. Описание исходных образцов

В качестве исходных материалов использовались суспензии УКТ, полученные методом коллоидного синтеза в рамках проекта «Получение углеродных наночастиц с оптической активностью» из смесей состава:

- М/Л — мочевины 5 г, лимонная кислота 3,3 г.
- Т/Л — тиомочевина 6,3 г, лимонная кислота 3,3 г.
- М/А — мочевины 5 г, аскорбиновая кислота 9,2 г.
- Т/А — тиомочевина 6,3 г, аскорбиновая кислота 9,2 г.

После спекания, растворения, фильтрования и центрифугирования из смесей указанного состава было получено 4 образца суспензий объёмом 100 мл (рис. 1).



Рис. 1. Работа с суспензиями неочищенных УКТ10

3.2. Методика очистки суспензий УКТ

Очистку от примесей осуществляли двумя способами.

1) К 40 мл суспензии добавляли 4 таблетки активированного угля (по 0,25 г), помещали полученную смесь в ёмкость с закручивающейся крышкой и выдерживали при встряхивании в течение суток, после чего отфильтровывали уголь и проводили дополнительное центрифугирование на лабораторной центрифуге Sartorius Sigma 3-30К (рис. 2) при 5000 об/мин в течение 20 минут.



Рис. 2. Центрифуга Sartorius Sigma 3-30K и работа с ней

2) К 40 мл суспензии добавляли 1 г цеолита марки NaX, помещали полученную смесь в ёмкость с закручивающейся крышкой и выдерживали при встряхивании в течение суток, после чего отфильтровывали цеолит через фильтровальную бумагу на воронке (рис. 3).



Рис. 3. Фильтрация суспензии УКТ

Затем проводили дополнительное центрифугирование на лабораторной центрифуге Sartorius Sigma 3-30K (рис. 2) при 5000 об/мин в течение 20 минут.

3.3. Подготовка образцов к испытаниям

Из суспензий очищенных и неочищенных УКТ было приготовлено по 2 типа образцов.

1) Высушенные плёнки, которые получены высушиванием нескольких капель суспензии, нанесённой на поверхность очищенного обезжиренного стекла, в сушильном шкафу при 80 °С (рис. 4).

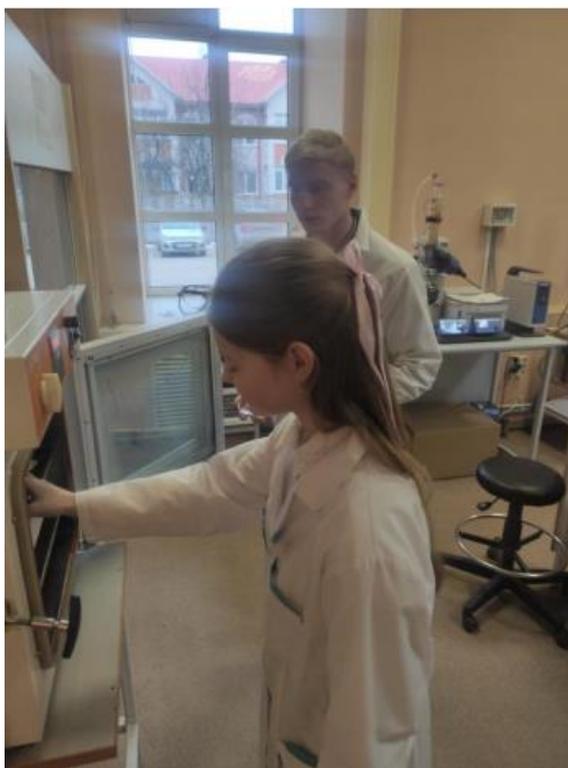


Рис. 4. Постановка образцов на сушку в вакуумный сушильный шкаф

2) Образцы модельных химических сенсоров.

Для этого нам потребовались: предметные стёкла, желатин, пипетка, холодильник.

На предметные стёкла, поверхность которых мы предварительно обезжирили, нанесли смесь очищенных КТ с горячим раствором желатина (рис. 5). Для застывания смесь поместили в холодильник. После того как она «схватилась», высушили её дополнительно на воздухе в течение суток.



Рис. 5. Подготовка образцов модельных химических сенсоров

3.4. Диагностика образцов

Эти работы были проведены в центре коллективного пользования научным оборудованием Тамбовского государственного технического университета «Получение и применение полифункциональных наноматериалов».

3.4.1. Определение химического состава

Для определения функциональных групп, присутствующих в составе образцов, с высушенных плёнок очищенных и неочищенных суспензий в режиме НПВО регистрировали ИК-спектры на ИК-Фурье-спектрометре Jasco FT/IR 6700 (рис. 6).

ИК-спектроскопия — метод исследования веществ, основанный на поглощении инфракрасного (ИК) излучения исследуемым веществом. Колебательные движения, происходящие в молекулах в пределах основного электронного уровня, проявляются в ИК области спектра, поэтому эти спектры называют колебательными.



Рис. 6. ИК-Фурье-спектрометр Jasco FT/IR 6700

3.4.2. Определение размеров дисперсных частиц в суспензиях УКТ

Размеры дисперсных частиц мы установили методом динамического рассеяния света на приборе NICOMP 380 ZLS (рис. 7). Динамическое рассеяние света — метод измерения размеров мельчайших частиц. Диспергированные частицы, взвешенные в растворе, перемещаясь благодаря броуновскому движению, взаимодействуют с лазерным лучом, рассеяние лазерного света детектируется фотоэлектронным умножителем (ФЭУ).



Рис. 7. Прибор NICOMP 380 ZLS

Перед измерением суспензии разбавляли примерно в 10 раз до достижения приемлемой интенсивности светорассеяния (в концентрированных суспензиях оно слишком большое).

3.4.3. Апробация модельных сенсоров для обнаружения ионов Cu^{2+}

Мы приготовили:

1) 0,1 М раствор CuSO_4 (для этого 25 г медного купороса перенесли в мерную колбу на 1 л и довели уровень жидкости до метки);

2) 0,1 М раствор K_2SO_4 (для этого 14,5 г соли перенесли в мерную колбу на 1 л и довели уровень жидкости до метки);

3) 0,1 М раствор CaCl_2 (для этого 11,1 г соли перенесли в мерную колбу на 1 л и довели уровень жидкости до метки).

Мы приготовили опытные образцы сенсорных пластинок.

Разбавлением каждого из этих растворов в 10 раз (брали пипеткой по 10 мл, переносили в мерную колбу на 100 мл и доводили уровень жидкости добавлением дистиллированной воды до 100 мл) получили 0,01 и 0,001 М растворы. Каждый из них переливали в стаканчики по 25 мл и опускали туда сенсорные пластинки на 5 минут. После чего их извлекали и светили на них УФ-фонариком, оценивая уровень флуоресценции.

4. Экспериментальные результаты и их обсуждение

4.1. Визуальная оценка результатов очистки суспензий

Активированный уголь растворился во всех суспензиях, кроме М/А, где был виден осадок чёрного цвета, а цвет суспензии стал заметно светлее по сравнению с исходным образцом. В остальных случаях получился коллоидный раствор угля, и даже в центрифуге не удалось его осадить. Такой эффект часто описывается в научных статьях, где показано, что УКТ могут выполнять роль поверхностно-активных веществ, способствуя растворению сажи, углеродных нанотрубок и других подобных материалов и субстанций.

Цеолит оказался более эффективен в этом плане. Окраска всех четырёх образцов оказалась менее интенсивной, цеолит удалось отделить просто с помощью фильтрования. Для осаждения присутствующих в системе частиц размерами несколько сотен нанометров центрифугирование также осуществлялось (в том же режиме). Таким образом, после данного этапа у нас в арсенале имелись образцы суспензий, перечисленные в таблице 1.

Маркировка образца	Как получен	Как очищен
А/М	Из неочищенной суспензии образца, полученного из смеси аскорбиновой кислоты и мочевины	-
А/М- уг.	Из очищенной активированным углем суспензии образца, полученного из смеси аскорбиновой кислоты и мочевины	С помощью активированного угля
А/М- NaX	Из очищенной цеолитом марки NaX суспензии образца, полученного из смеси мочевины и аскорбиновой кислоты	С помощью цеолита марки NaX
А/М- СаА	Из очищенной СаА суспензии образца, полученного из смеси мочевины и аскорбиновой кислоты	С помощью СаА

Л/М	Из неочищенной суспензии образца, полученного из смеси мочевины и лимонной кислоты	-
Л/М-уг	Из очищенной активированным углем суспензии образца, полученного из смеси мочевины и лимонной кислоты	С помощью активированного угля
Л/М- NaX	Из очищенной цеолитом марки NaX суспензии образца, полученного из смеси мочевины и лимонной кислоты	С помощью цеолита марки NaX
Л/М- CaA	Из очищенной CaA суспензии образца, полученного из смеси мочевины и лимонной кислоты	С помощью CaA
Л/Т	Из неочищенной суспензии образца, полученного из смеси тиомочевины и лимонной кислоты	-
Л/Т-уг	Из очищенной активированным углем суспензии образца, полученного из смеси тиомочевины и лимонной кислоты	С помощью активированного угля
Л/Т- NaX	Из очищенной цеолитом марки NaX суспензии образца, полученного из смеси тиомочевины и лимонной кислоты	С помощью цеолита марки NaX
Л/Т- CaA	Из очищенной CaA суспензии образца, полученного из смеси тиомочевины и лимонной кислоты	С помощью CaA
А/Т	Из неочищенной суспензии образца, полученного из смеси тиомочевины и аскорбиновой кислоты	-
А/Т-уг	Из очищенной активированным углем суспензии образца, полученного из смеси тиомочевины и аскорбиновой кислоты	С помощью активированного угля
А/Т- NaX	Из очищенной цеолитом марки NaX суспензии образца, полученного из смеси тиомочевины и аскорбиновой кислоты	С помощью цеолита марки NaX
А/Т- CaA	Из очищенной CaA суспензии образца, полученного из смеси тиомочевины и аскорбиновой кислоты	С помощью CaA

Таблица 1. Перечень образцов для дальнейших испытаний

4.2. Химический состав высушенных плёнок

На рис. 8 представлены ИК-спектры плёнок, полученных из неочищенных суспензий УКТ. По положению и интенсивности пиков на этих графиках с помощью справочных данных мы определяли, какие химические связи присутствуют в данных образцах. Было обнаружено следующее.

Наиболее интенсивным по высоте линий является ИК-спектр образца Л/М.

Вероятно, концентрация веществ, дающих интенсивный сигнал на ИК-спектрах, в составе этого образца самая высокая. Здесь обнаруживаются связи: О-Н, N-H, C=O, C-O-H, C-O, -COO, Car-H. Большинство из этих связей имеется в составе исходных веществ — лимонной кислоты и мочевины, структурные формулы которых приведены на рис. 9а и 9б.

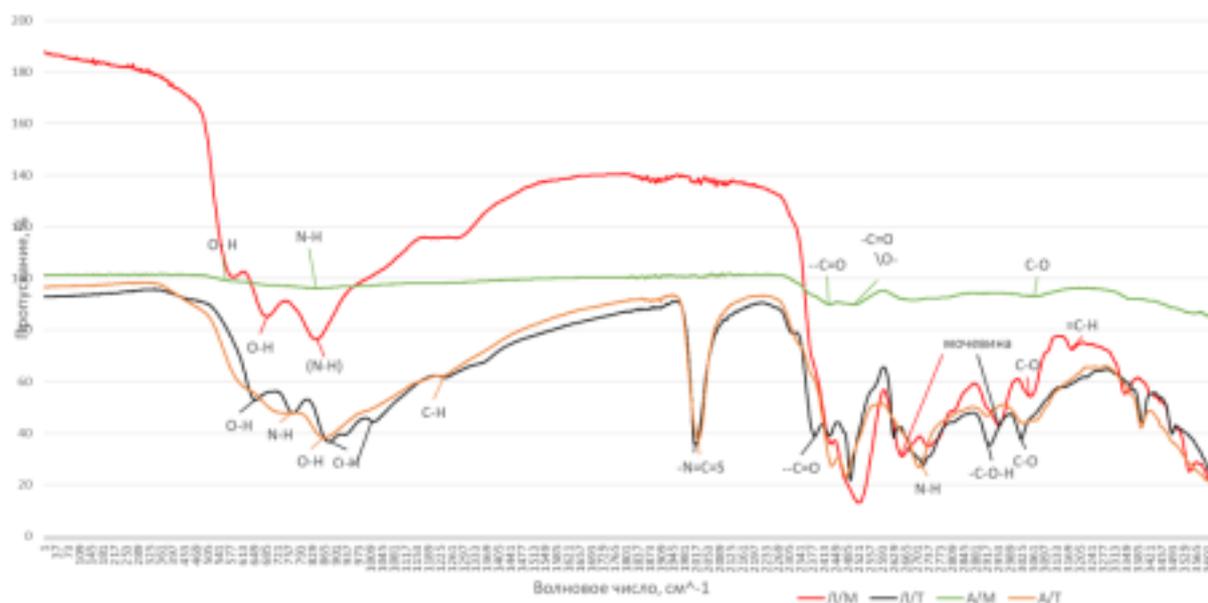


Рис. 8. ИК-спектры высушенных плёнок из неочищенных суспензий УКТ

Таким образом, образец загрязнён не полностью прореагировавшими исходными веществами. Однако наличие связи C_{ar}-H указывает на формирование полиароматической системы ядра УКТ, изображённого на рис. 9д.

На ИК-спектрах образцов Т/А и Т/Л имеются интенсивные пики, обусловленные колебаниями связей -N=C=S, которые имеются в молекуле тиомочевины. Также здесь имеются гидроксильные, аминные, карбоксильные фрагменты. Образец, полученный из смеси с лимонной кислотой, более насыщен связями и, вероятно, содержит больше примесей.

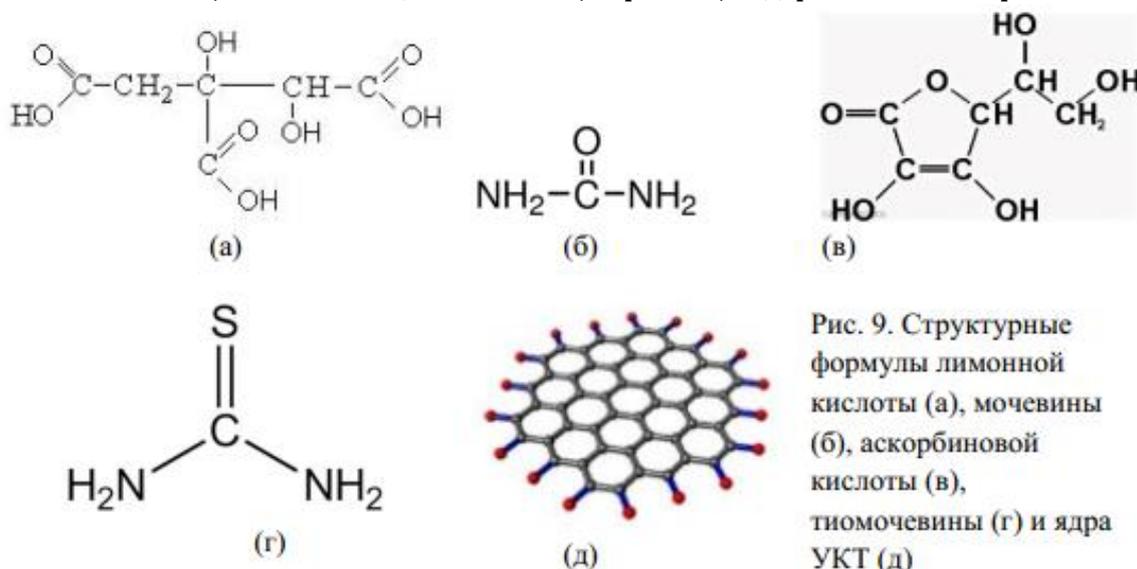


Рис. 9. Структурные формулы лимонной кислоты (а), мочевины (б), аскорбиновой кислоты (в), тиомочевины (г) и ядра УКТ (д)

Образец М/А имеет малоинтенсивный ИК-спектр, на нём обнаруживаются небольшие по высоте пики, соответствующие связям N-H, C=O, -COO, C-O. Приметно, что именно в суспензии этого образца не растворился активированный уголь.

ИК-спектры после очистки у всех образцов становятся менее интенсивными, с гораздо меньшим числом пиков. Типичная картина представлена на рис. 10. Всё это говорит о том, что цеолит можно использовать для эффективной очистки УКТ от примесей.

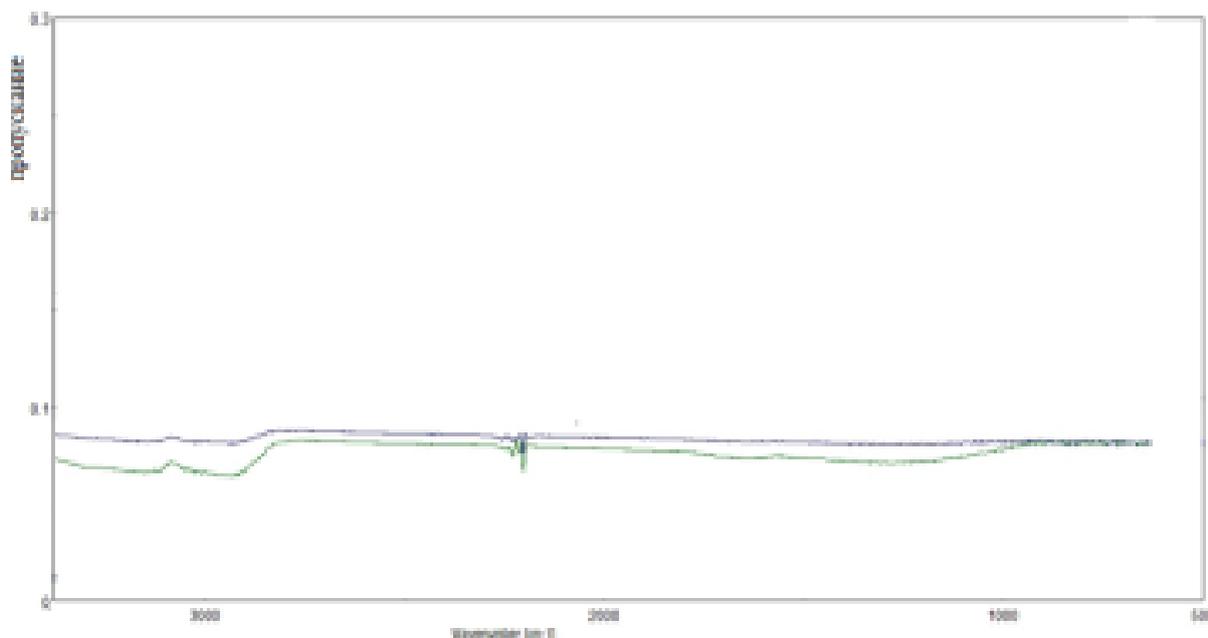


Рис. 10. Типичный ИК-спектр плёнок, полученных при высушивании очищенных с помощью цеолита суспензий УКТ

4.3. Измерение размеров частиц методом динамического рассеяния света

На рис. 11 приведены типичные диаграммы распределения частиц по размерам в суспензиях, содержащих УКТ, до (а) и после (б) очистки.

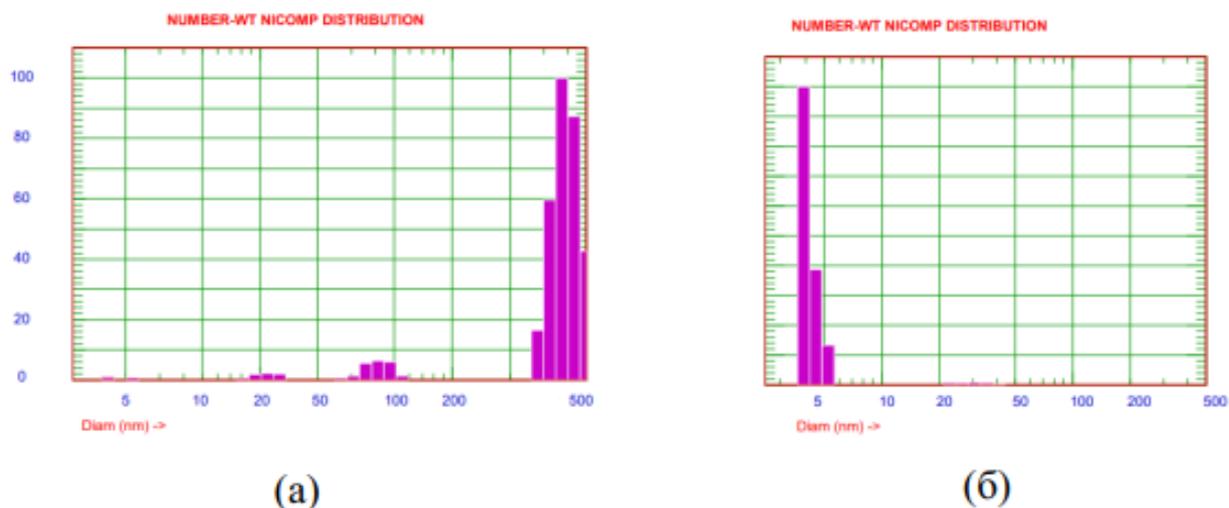
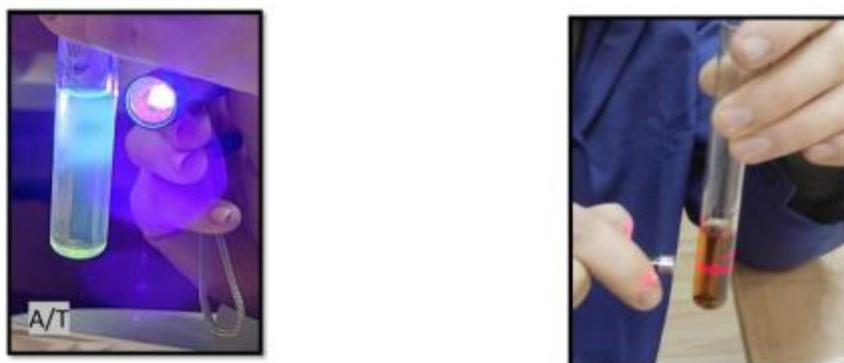


Рис. 11. Распределение частиц по размерам в неочищенных (а) и очищенных (б) суспензиях УКТ по данным динамического рассеяния света

Мы видим, что до очистки в суспензии имеются как мелкие частицы (которые флуоресцируют при облучении УФ-фонариком), так и крупные частицы (в суспензиях которых при облучении лазерной указкой наблюдается конус Тиндаля). Оптические явления, наблюдаемые в этих суспензиях, показаны на рис. 12. При этом крупных частиц размером 400-500 нм в составе неочищенных суспензий заметно больше, чем мелких.

После очистки в суспензиях остаются только частицы размерами до 5 нм.



(а)

(б)

Рис. 12. Оптические явления, наблюдаемые в суспензиях УКТ:

а) флуоресцентная при облучении УФ-фонариком; б) конус Тиндаля при облучении лазерной указкой

Конус Тиндаля в очищенных суспензиях не обнаруживается.

Цвет излучения меняется: во всех случаях он становится голубым.

Таблица 2. Оптическая активность исходных и очищенных образцов

Тип УТ	Очистка	Конус Тиндаля	Цвет люминесценции
Л/М	-	-	Жёлто-зелёный
	уголь	слабый	Жёлто-зелёный
	NaX	-	Жёлто-зелёный
	CaA	-	Жёлто-зелёный
Л/Т	-	+	голубой
	уголь	слабый	Зелёно-голубой
	NaX	-	Зелёно-голубой
	CaA	-	Зелёно-голубой
А/М	-	+	Жёлто-зелёный
	уголь	-	голубой
	NaX	-	Жёлто-зелёный
	CaA	+	голубой
А/Т	-	+	голубой
	уголь	+	голубой
	NaX	-	голубое
	CaA	-	голубое

4.4. Определение чувствительности углеродных точек к ионам тяжёлых металлов

При облучении модельных химических сенсоров УФ-фонариком наблюдается флуоресценция (рис. 13).

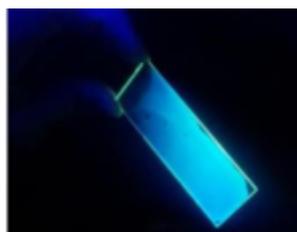


Рис. 13. Флуоресценция модельного химического сенсора

После погружения в растворы солей происходит частичное или полное гашение флуоресценции. Для нас было важно, чтобы это происходило только под действием ионов

меди (как представителя тяжёлых металлов), а не других. Мы хотели получить селективный сенсор, то есть откликающийся только на ионы меди. Результаты исследования чувствительности химических сенсоров представлены в таблице 3.

Образец УКТ	Концентрация р-ра K ₂ SO ₄ , М			Концентрация р-ра Ca(NO ₃) ₂ , М			Концентрация р-ра CuSO ₄ , М		
	0,001	0,01	0,1	0,001	0,01	0,1	0,001	0,01	0,1
А/М-уг	+	+	+	+	+	+	±	-	-
А/М-СаА	+	+	+	+	+	+	+	±	-
А/М-NaX	+	+	+	+	+	+	±	±	-
Л/М-уг	+	+	+	+	+	+	+	±	±
Л/М-СаА	+	+	+	+	+	+	+	+	±
Л/М-NaX	+	+	+	+	+	+	±	±	-
Л/Т-уг	+	±	±	+	+	±	+	±	-
Л/Т- СаА	+	+	+	+	+	+	±	±	-
Л/Т- NaX	+	+	+	+	+	±	±	±	-
А/Т-уг	+	+	+	+	+	+	±	-	-
А/Т- СаА	+	+	+	+	±	±	+	±	-
А/Т- NaX	+	+	+	+	+	±	±	±	±

Таблица 3. Оценка чувствительности модельных химических сенсоров к действию растворов солей («+» — яркая флуоресценция; «±» — слабая флуоресценция; «-» — отсутствие флуоресценции)

Таким образом, А/М-уг, А/М-СаА, А/Т-уг, Л/М-NaX, Л/Т-СаА можно рассматривать как химический сенсор, избирательно чувствительный к ионам меди при концентрациях от 0,001 моль/л.

5. Личный вклад участника конкурса

Участник конкурса в рамках выполнения проекта выполнил следующие виды работ:
анализ способов получения и очистки углеродных квантовых точек;
выбор метода очистки, проведение эксперимента по очистке суспензий УКТ;
получение образцов плёнок и модельных химических сенсоров;
расшифровку ИК-спектров опытных образцов плёнок;
трактовку данных анализа суспензий методом динамического рассеяния света;
проведение эксперимента по апробации модельных химических сенсоров;
формулировку выводов и оформление работы.

6. Выгодополучатели результатов проекта, а также перспективы использования результатов

Углеродные наноматериалы используют в различных отраслях техники и технологий, в связи с чем расширяется их опытно-промышленное производство.

Коллоидный синтез УКТ — простой и масштабируемый способ, но для его реализации требуется разработка простых методов очистки продукта от реагентов и побочных продуктов. Предложенный по результатам данного проекта способ показал свою результативность. Можно рекомендовать его для использования на предприятиях nanoиндустрии.

Кроме того, среди выгодополучателей проекта можно назвать предприятия, занимающиеся производством химических сенсоров, например:

ООО «Сенсорные системы» (г. Санкт-Петербург);

ООО «Аналитхимавтоматика» (г. Москва);

НПО «Прибор ГАНК» (г. Москва);

НВФ «Аналитические системы».

Выводы

1. Суспензии квантовых точек, полученных методом коллоидного синтеза из смесей «мочевина — лимонная кислота», «тиомочевина — лимонная кислота», «тиомочевина — аскорбиновая кислота», содержат значительное количество примесей непрореагировавших исходных веществ и требуют очистки.

2. Суспензию углеродных квантовых точек, полученную из смеси «мочевина — аскорбиновая кислота», можно очистить с помощью активированного угля. Для остальных изученных систем подходит метод очистки с помощью цеолита.

3. В результате очистки цеолитом в суспензиях остаются только квантовые точки, что подтверждается данными ИК-спектроскопии и анализа размеров частиц методом динамического рассеяния света.

4. Образцы очищенных УКТ реагируют на присутствие различных ионов в растворах. Один из образцов можно рассматривать как селективный химический сенсор, позволяющий обнаруживать ионы меди в растворе концентрацией от 0,001 моль/л.

5. Результаты проекта могут быть использованы на опытно-промышленном производстве углеродных квантовых точек методом коллоидного синтеза при проектировании стадии очистки материала.

Глоссарий

- Квантовая точка — это квантовая система, движение электронов в которой ограничено в трёх направлениях.

- Флуоресценция — это выделение излучения (обычно света) из вещества, атомы которого получили избыточное количество энергии, как правило, при облучении ультрафиолетом.

- Конус Тиндаля — оптический эффект, рэлеевское рассеяние света при прохождении светового пучка через оптически неоднородную среду.

- Химический сенсор — это портативное устройство для избирательного определения концентрации вещества в одну стадию, чаще всего минуя какую-либо предварительную пробоподготовку.

- ИК-спектр — это график, который отображает инфракрасный свет, поглощаемый веществом, в зависимости от длины волны или частоты света. Он служит молекулярным «отпечатком пальца» для идентификации соединений.

Информационные источники

1. Кучменко Т. А. Квантовые точки: опыт и перспективы применения в аналитических системах / Т. А. Кучменко, Т. Н. Хмелевская // Аналитика и контроль. — 2023. — Том 27. — № 2. — С. 76–89.

2. Игнатъев И. В. Динамика носителей в полупроводниковых квантовых точках / И. В. Игнатъев, И. Э. Козин. — Санкт-Петербург, 2005. — 126 с.

3. Archana Pandey, Vaishali Raikwar, A comprehensive review on luminescent carbon dots and their polymer composites: Synthesis to applications, Nano-Structures & Nano-Objects, Volume 40, 2024, 101339.

4. Квантовая электроника : журнал. — URL: <https://quantum-electronics.ru/> (дата обращения: 11.02.2026).

ПРИЛОЖЕНИЕ

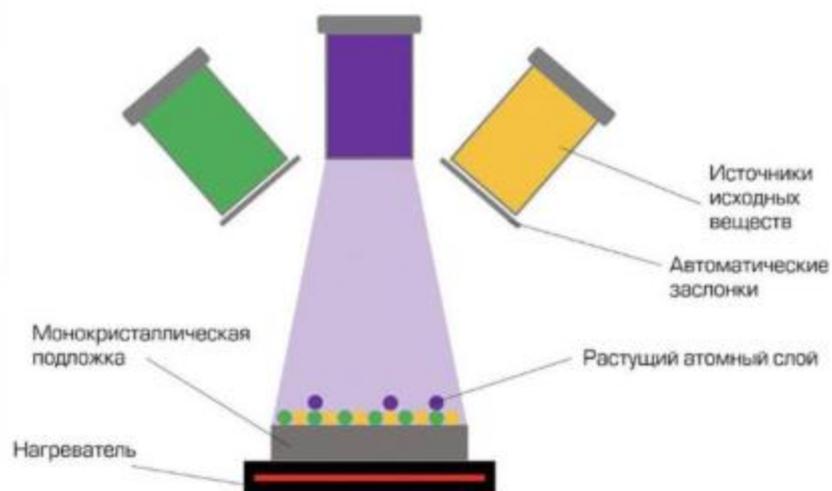


Рисунок 1. Схема процесса молекулярно-лучевой эпитаксии



Рисунок 2. Флуоресценция квантовых точек

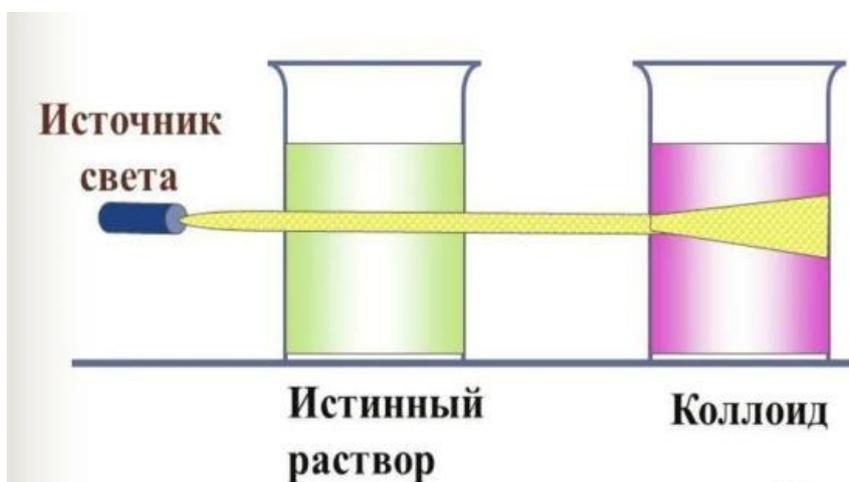


Рисунок 3. Конус Тиндаля

Ф. И. О. участника: Авдеев Арсений Олегович

Название проекта: «Исследование характеристик приповерхностного слоя металлов и сплавов, легированного медью в вакууме»

Статус участника: призёр

Введение

Диффузионное насыщение приповерхностного слоя медью придаёт конструкционным углеродистым сталям высокую стойкость против атмосферной коррозии. Для этого требуется невысокое содержание меди, составляющее 1,5-2 %, что хорошо достигается вакуумным легированием. Содержание меди до 2 % повышает у стали твёрдость, предел прочности при растяжении. При более высоком содержании меди могут проявиться отрицательные последствия по механическим свойствам. Появляется задача получить качественный, с оптимальным содержанием меди слой. Существуют различные способы введения меди: в жидкой среде, в порошках, в газах. Необходимо выбрать (разработать) способ диффузионного насыщения, обеспечивающий наилучшие показатели для определённых целей.

Актуальность: широкое применение имеют составные конструктивные части современного оборудования (исследовательское, бытовое, военное), к которому предъявлены высокие требования по коррозионной стойкости и прочностным характеристикам. Следовательно, актуальной задачей является разработка вакуумного нанесения на поверхность стали слоя меди для последующей её вакуумной диффузии в приповерхностный слой стали; исследование свойств приповерхностного слоя, насыщенного медью диффузией в вакууме.

Цель проекта: исследование диффузии и характеристик приповерхностного слоя металлов и сплавов, легированного медью в вакууме.

Задачи.

Чтобы достичь цели проекта, надо решить следующие задачи:

- 1) Подготовить и оснастить установку вакуумного распыления УВР-3М.
- 2) Провести диффузию меди из напылённого в вакууме слоя.
- 3) Исследовать глубину диффундирования меди, механические и коррозионностойкие свойства диффузионного слоя.

I. Процессы насыщения приповерхностного слоя стали медью и выбор марки стали

В работе исследуется способ вакуумного насыщения приповерхностного слоя стали медью. Для этого медь наносится в вакууме на стальную подложку. Затем проводится диффузия меди при высокой температуре в сталь из напылённой плёнки. Для поверхностного легирования выбрана сталь марки Ст3. Структура этой стали изображена на рис. 1 и представляет собой феррит и перлит. Сталь низкоуглеродистая с малым содержанием перлита. Структура такой стали достаточно однородная, что позволяет равномерно распределиться меди в приповерхностном слое. Сталь нелегированная. В легированной стали легирующие элементы могут образовывать химические соединения с медью, что может отразиться отрицательно на качестве диффузионного слоя. Эта сталь обычного качества, нелегированная, с содержанием углерода около 0,22 %.

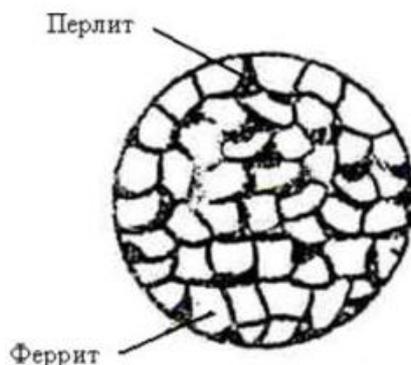


Рис. 1. Структура стали

II. Технология напыления меди на сталь резистивным способом в вакууме

Для напыления оснащён всем необходимым подколпачный объём установки напыления. На испаритель из молибдена помещена гранула меди (рис. 2, 3).



Рис. 2. Укомплектование вакуумной системы



Рис. 3. Испаритель в процессе испарения меди

Когда получен «низкий вакуум» во всей вакуумной системе, включён паромасляный насос для достижения высокого вакуума.

Через испаритель пропускается электрический ток, плавно увеличивая силу (рис. 4). Испаритель, благодаря относительно высокому удельному сопротивлению, разогревается. Медь в испарителе плавится и из жидкого состояния испаряется.



Рис. 4. Молибденовая лодочка с гранулой меди

После того как испарённая медь осела на стальном образце и прошло охлаждение всех компонентов, образцы были извлечены. Образцы с напылённой медной плёнкой изображены на рис. 5.



Рис. 5. Стальной образец с напылённой медной плёнкой

После напыления экспериментальные образцы спекают в муфельной печи (рис. 6), предварительно обмазав специальной огнеупорной шамотной глиной. В результате спекания происходит прочное сцепление частиц порошка (вследствие диффузии), так что отдельные частицы порошка как бы перестают существовать самостоятельно. В результате спекания происходит упрочнение и изменение физико-химических свойств, изменение микроструктуры.

Для определения глубины диффузионного слоя стачивали на шлифовальном кругу (рис. 7) для получения микроструктуры стального образца. Глубина определялась микроинтерферометром МИИ-4, измерением высоты ступеньки между снятым слоем и изначальной поверхностью.



Рис. 6. Муфельная печь СНОЛ



Рис. 7. Шлифование

III. Исследовательская часть

Исследован на механические свойства слой, насыщенный медью. Была измерена твёрдость методом Виккерса на разном расстоянии от поверхности. На поверхности твёрдость составила 360 HV. С удалением от поверхности твёрдость уменьшалась. Твёрдость на глубине, куда не дошла примесь, составила 135 HV. Эксперимент показал, что твёрдость по глубине меняется без больших перепадов. В результате ясно, что преимущество вакуумного легирования очевидно. Механические свойства при эксплуатации оптимальны.

Была приготовлена микроструктура разных слоёв стали насыщенной медью.

Изменение микроструктуры по слоям показано на рис. 8, 9, 10.



Рис.8. Микроструктура слоя на поверхности стали после насыщения медью



Рис. 9. Микроструктура слоя на глубине 0,16 мм стали



Рис. 10. Микроструктура слоя на глубине 0,25 мм стали

На изображениях микроструктуры на разной глубине видны различия в фазовом содержании. На поверхности – более однородная структура, практически не видна вторая фаза. Вероятно, медь препятствует контрастному выделению цементита. На расстоянии от поверхности 0,16 мм наблюдается небольшое количество цементита, гораздо меньше, чем в структуре нелегированной стали Ст3. На глубине 0,25 мм структура соответствует стали марки Ст3. Здесь не видно присутствия меди. Проведён эксперимент на устойчивость к атмосферной коррозии. Образец длительное время выдерживался на открытом воздухе, при этом не было замечено следов коррозии.

Заключение

В работе представлен метод вакуумного напыления медью, при котором осуществляется приповерхностное насыщение. Была выбрана марка стали и проведена диффузия при разных температурах.

Вакуумная термообработка значительно улучшает общие химические и механические свойства металла. Например, металл, подвергнутый вакуумной обработке, устойчив к коррозии и имеет улучшенную твёрдость, повышенную электропроводность, а также прочность на сдвиг.

Список литературы

1. Алитирование поверхностей конструкционных среднеуглеродистых сталей в вакууме PVD-методами / И. М. Гончаренко, П. В. Москвин, С. В. Работкин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2023. – Т. 66, № 1. – С. 22-29.
2. Матвеев, П. В. Влияние режима вакуумного отжига на структуру ионно-плазменных покрытий, полученных по технологии двойного алитирования / П. В. Матвеев, С. А. Будиновский // Труды ВИАМ. – 2016. – № 3 (39). – С. 8. – DOI 10.18577/2307-6046-2016-0-3-8-8. – EDN VPKXLT.
3. Кулевич, В. П. Формирование структуры и свойств диффузионных алюминидных покрытий на поверхности сплавов системы «железо-хром-алюминий»: специальность 05.16.09 «Материаловедение (по отраслям)»: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук / Кулевич Виталий Павлович, 2021. – 220 с. – EDN QPXVMJ.
4. Матвеев, П. В. Технология получения ионно-плазменных жаростойких подслоёв с повышенным содержанием алюминия для перспективных ТЗП / П. В. Матвеев, С. А. Будиновский, Д. А. Чубаров // Авиационные материалы и технологии. – 2014. – № 5. – С. 56-60. – EDN TMEBEJ.
5. Патент № 2413785 С1 Российская Федерация, МПК С23С 12/02. Способ нанесения покрытия : № 2009139790/02 : заявл. 28.10.2009 : опубл. 10.03.2011 / С. А. Мубояджян, А. Г. Галоян, С. А. Будиновский ; заявитель – Российская Федерация, от имени которой выступает Министерство промышленности и торговли Российской Федерации (Минпромторг России). – EDN OBFQYA.
6. Никитин, М. М. Вакуумный анодный разряд как источник ионизованных потоков материала покрытия / М. М. Никитин // Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2010. – Т. 74, № 2. – С. 306-312. – EDN LOJYVZ.
7. Патент № 2305034 С1 Российская Федерация, МПК В32В 15/04, С23С 14/16, С23С 14/28. Способ получения защитного покрытия на деталях : № 2006104725/02 : заявл. 17.02.2006 : опубл. 27.08.2007 / Ю. С. Елисеев, Н. В. Абраимов, Ю. П. Шкретов, А. М. Терёхин ; заявитель – федеральное государственное унитарное предприятие «Московское машиностроительное производственное предприятие «САЛЮТ»» (ФГУП «ММП «САЛЮТ»»). – EDN WDSWNJ.
8. Патент № 2561563 С2 Российская Федерация, МПК С23С 28/00. Способ получения жаростойкого покрытия на детали из безуглеродистого жаропрочного никелевого сплава : № 2013157837/02 : заявл. 26.12.2013 : опубл. 27.08.2015 / Н. В. Абраимов, Ю. П. Шкретов, А. И. Минаков, А. В. Виноградов ; заявитель – акционерное общество «Научно-производственный центр газотурбостроения «Салют»» (АО «НПЦ газотурбостроения «Салют»»). – EDN ВВІТР.
9. Эффективные технологии поверхностной обработки изделий из стали / В. Г. Дашкевич, Г. В. Стасевич, А. В. Ковальчук [и др.] // Научно-технические инновации : Юбилейная международная научно-практическая конференция, посвящённая 60-летию БГТУ им. В. Г. Шухова, XXI научные чтения, Белгород, 09-10 октября 2014 года. Том 4. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2014. – С. 229-233. – EDN TGBZUD.
10. Герова, С. В. Продление ресурса турбинных лопаток путём совершенствования ремонтно-восстановительной технологии / С. В. Герова // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2014. – № 6 (308). – С. 92-95. – EDN ТАККЗР.
11. Патент № 2288300 С2 Российская Федерация, МПК С25F 3/16. Способ модификации поверхностного слоя металлических изделий : № 2004136054/02 : заявл. 09.12.2004 : опубл. 27.11.2006 / А. Н. Трубин, В. В. Тетюхин, В. Н. Курапов, Л. А. Курапова ; заявитель – ОАО «Верхнесалдинское металлургическое производственное объединение» (ВСМПО). – EDN EPGLPC.

Ф. И. О. участника: Ульева Ирина Ивановна
**Название проекта: «Получение углеродных наночастиц,
обладающих оптической активностью»**
Статус участника: призёр

ВВЕДЕНИЕ

1.1. Актуальность темы

Углеродные наноматериалы, обладающие широким спектром уникальных свойств, давно привлекают внимание научного сообщества. Во многом это обусловлено широкими перспективами применения данных материалов в различных областях техники и технологий. Благодаря современным техническим возможностям были созданы формы углеродных наноматериалов, обладающие различными свойствами. Углеродные наноматериалы долгое время были представлены наноалмазами, фуллеренами и углеродными нанотрубками.

В настоящее время интерес вызывает новая форма углеродных объектов — углеродные квантовые точки (УКТ). Квантовые точки — это нанометровые частицы из полупроводниковых наноматериалов, которые могут излучать свет разного цвета в зависимости от своего размера.

Углеродные квантовые точки (УКТ) являются одним из перспективных материалов для изготовления дисплеев нового поколения, в качестве маркеров нефтепродуктов и химических сенсоров для определения ионов тяжёлых металлов.

Актуальность проекта заключается в необходимости разработки простых способов получения оптически активных углеродных наночастиц (углеродных квантовых точек) из доступных реагентов, в том числе — природного происхождения.

1.2. Цель

Получить углеродные квантовые точки из доступных исходных материалов и исследовать их оптическую активность.

1.3. Задачи

Литературный обзор по проблеме получения углеродных точек.

Выбор методов получения активных углеродных наночастиц.

Экспериментальная реализация выбранного метода.

Диагностика оптических свойств опытных образцов.

1.4. Объект исследования

Оптически активные углеродные наночастицы, полученные из доступных сырья и реагентов.

1.5. Предмет исследования

Свойства оптически активных углеродных наночастиц.

1.6. Время исследования

С ноября 2024 года по февраль 2025 года.

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Углеродные квантовые точки (УКТ) — наночастицы углеродного материала (со структурой алмаза, графита или аморфного углерода), на поверхности которых могут присутствовать различные функциональные группы [1].

Размер углеродных квантовых точек, как правило, не превышает 10 нанометров. Ядро состоит из sp^2 - и sp^3 -гибридизованных атомов углерода, поверхность образована различными органическими функциональными группами: аминными, эпоксидными, карбонильными, альдегидными и гидроксильными [2].

Углеродные квантовые точки были впервые обнаружены случайно, как побочный продукт при очистке одностенных углеродных нанотрубок, в 2004 году [3].

Главная особенность углеродных квантовых точек — в том, что они могут поглощать и затем излучать свет, то есть люминесцировать в диапазоне от синего до красного и даже инфракрасного излучения [3].

Для углеродных материалов свечение — очень необычное свойство. Механизм этого излучения и сама внутренняя структура углеродных наночастиц всё ещё остаётся предметом научных споров. Исходя из наблюдаемой связи эффекта излучения с размером наночастицы, некоторые учёные предполагают, что излучение возникает из-за квантово-размерного эффекта, другие настаивают, что свечение возникает благодаря наличию молекулярных соединений, схожих с органическими красителями.

Чем углеродные УКТ интересны для учёных?

Во-первых, углеродные точки очень дешёвы и просты в производстве, ведь их можно получать буквально из всего: фруктового сока, лимонной кислоты, листьев растений и других органических материалов.

Во-вторых, свойства частиц (их размер, растворимость, яркость излучения, его цвет и так далее) можно очень гибко настраивать и точно контролировать — не только с помощью подбора различных прекурсоров во время синтеза, но и меняя параметры их возбуждения, например длину волны.

В-третьих, благодаря своей органической природе углеродные точки абсолютно экологичны, в отличие от тех же нанокристаллов перовскита или квантовых точек, которые содержат ионы тяжёлых металлов.

Ну и главное — углеродные точки растворимы в воде, биосовместимы и обладают низкой токсичностью [4].

Методы синтеза УКТ можно условно разделить на две группы:

1. Физические. Разрушение более крупных углеродных структур (графит, углеродные нанотрубки, сажа и др.) в ходе лазерной абляции, электрохимического окисления либо под действием дугового разряда.

2. Химические. Синтез УКТ из низко- (сахара, этанол) и высокомолекулярных веществ или сложных природных смесей путём сжигания, термической или микроволновой обработки [5].

Первая группа методов, как правило, требует применения сложного оборудования и создания жёстких условий (высокая температура, давление, электрическое напряжение, СВЧ-излучение).

Некоторые способы второй группы также непросты в реализации и требуют применения агрессивных реагентов или использования автоклавов [1].

Если проанализировать все источники в целом, то можно обнаружить, что наиболее часто квантовые точки получают посредством молекулярно-лучевой эпитаксии, химического осаждения и коллоидного синтеза.

Молекулярно-лучевая эпитаксия (метод «сверху вниз») основана на взаимодействии нескольких молекулярных пучков различной плотности и химического состава с нагретой монокристаллической подложкой и осаждении на ней элементарных компонентов [6]. Процесс происходит в условиях глубокого вакуума. К преимуществам метода относится низкая температура процесса, что позволяет получать качественные тонкие слои, состоящие из оптически активных частиц. Однако для проведения этого процесса требуется сложное и дорогое оборудование, поэтому в рамках ученического проекта воспроизвести его довольно проблематично.

Химическое осаждение (метод «снизу вверх») включает получение квантовых точек в результате химических реакций, протекающих в растворе [7]. Размеры и свойства квантовых точек могут быть легко настроены путём изменения условий синтеза. Химическое осаждение широко используется для синтеза квантовых точек из различных материалов. Оно обладает высокой эффективностью и может быть масштабировано для промышленного производства. В методе используются органические реагенты и неорганические осадители. Перечень этих веществ очень большой и, как правило, они малодоступны. Поэтому этот метод нам также не подходит.

Коллоидный синтез (метод «снизу вверх») является одним из наиболее экономически эффективных методов синтеза квантовых точек. Этот химический процесс на основе раствора включает в себя нагревание исходных растворов для образования зародышеобразующих мономеров, которые отжигаются при высоких температурах и приводят к росту нанокристаллов.

Объём и размер квантовых точек, полученных в результате коллоидного синтеза, контролируются путём регулирования концентрации мономеров в растворе и поддержания точных температурных условий на протяжении всего процесса. Как и ранее приведённые методы, коллоидный синтез имеет свои недостатки. Квантовые точки, полученные таким способом, нужно очищать от непрореагировавших исходных веществ и продуктов побочных реакций. Также в зависимости от набора исходных веществ и условий превращения каждый раз получается новая система, то есть ещё одной проблемой является воспроизводимость результатов синтеза.

В нашем случае метод коллоидного синтеза является наиболее дешёвым и осуществимым в сравнении с другими. Поэтому в своей работе мы будем использовать его.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Синтез УКТ

Для получения квантовых точек использован метод коллоидного синтеза.

Применяемые реагенты:

Мочевина ($[\text{NH}_2]_2\text{CO}$) — химическое соединение, диамид угольной кислоты.

Лимонная кислота ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) — это органическая кислота, которая находится в большом количестве в цитрусовых фруктах.

Тиомочевина ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{S}$) — диамид тиоугольной кислоты.

Аскорбиновая кислота ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) — органическое соединение, являющееся родственником глюкозе.

Дистиллированная вода (H_2O).

Оборудование и посуда: пробирки, тигельные щипцы, химические стаканы, стакан, тигли, ступка с пестиком, пипетки, высокоточные весы, муфельная печь, лабораторная центрифуга, воронка, фильтровальная бумага, УФ-фонарик, лазерная указка. Для получения углеродных квантовых точек мы приготовили 4 исходных смеси, предварительно рассчитав их состав. Взвесили исходные компоненты.

Смешали их в таких пропорциях:

М/Л — мочевина 5 г, лимонная кислота 3,3 г.

Т/Л — тиомочевина 6,3 г, лимонная кислота 3,3 г.

М/А — мочевина 5 г, аскорбиновая кислота 9,2 г.

Т/А — тиомочевина 6,3 г, аскорбиновая кислота 9,2 г.

Затем растёрли в ступке с пестиком до образования мелкодисперсного порошка белого цвета (рис. 1).



Рис. 1. Растирание смеси при помощи ступки с пестиком

Полученные смеси мы пересыпали в выпарные чаши и поместили в муфельную печь, где нагрели их до температуры 180°C . Выдержка при этой температуре составила 3 часа. По истечении времени смеси поменяли цвет, увеличились в объёме, так как при взаимодействии исходных веществ выделялись газы (рис. 2–3).



Рис. 2. Смеси до нагрева в муфельной печи



Рис. 3. Смеси после выдержки в муфельной печи

Затем мы извлекли полученные смеси из выпарных чаш, предварительно измельчив шпателем содержимое. В качестве растворителя выбрали дистиллированную воду, перемешали и отфильтровали крупные частицы, используя фильтровальную бумагу. На фильтровальной бумаге остался осадок из крупных нерастворимых примесей, содержащихся в растворе (рис. 5).



Рис. 5. Фильтрация суспензии

Оптически активные частицы находились в фильтрате (то есть в жидкой фазе), но там всё ещё оставались мелкие частицы нерастворимых примесей, которые нельзя удалить с помощью фильтрации. Поэтому дальше мы центрифугировали полученные смеси. Для удаления труднорастворимых примесей выполнялся запуск центрифуги на 20 мин. при 5000 об/мин. Действительно, после центрифугирования выпал осадок, который мы осторожно отделили от раствора углеродных точек (рис. 6).

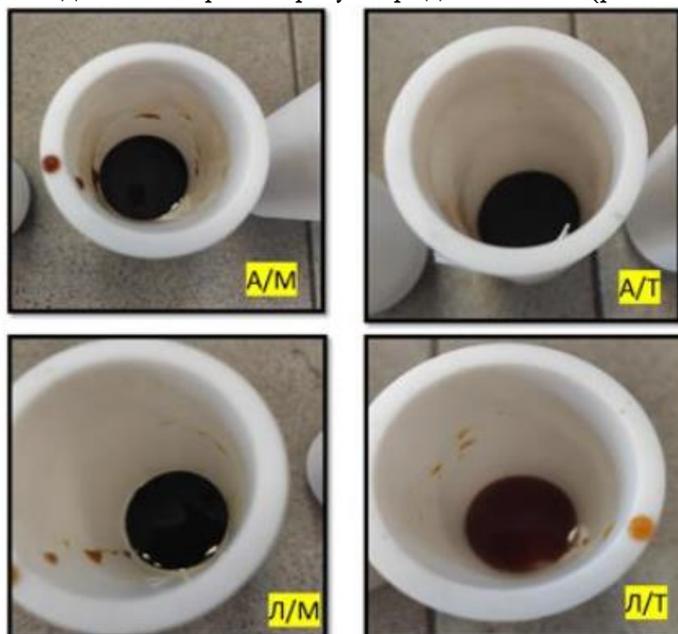


Рис. 6. Осадок после центрифугирования

2.2. Исследование оптической активности полученных углеродных наночастиц

Согласно литературным данным и следуя канонам волновой физики, оптически активные частицы излучают свет определённого цвета в зависимости от своих размеров. Излучение (или флуоресценция) происходит при облучении раствора ультрафиолетовым фонариком. Чем мельче квантовые точки, тем ближе цвет их излучения к синему. Напротив, более крупные квантовые точки излучают цвет жёлтой или красной области (рис. 7).



Рис. 7. Флуоресценция квантовых точек (слева направо размер частиц увеличивается)

Если же в системе есть более крупные коллоидные частицы, то они могут рассеивать свет, что наблюдается при облучении лазерной указкой. Сбоку в этом случае мы наблюдаем так называемый конус Тиндаля.

Таким образом, излучение (или флуоресценция) происходит при облучении раствора ультрафиолетовым фонариком. Если же в системе есть более крупные коллоидные частицы, то они могут рассеивать свет, что наблюдается при облучении лазерной указкой.

В образце лимонной кислоты и мочевины мы можем наблюдать присутствие квантовых точек размерами около 4-5 нм, издающих жёлто-зелёное свечение под действием УФ-фонарика. При облучении лазером конус Тиндаля не обнаруживается. Значит, крупных коллоидных частиц размером более 100 нм здесь нет (см. рис. 8).



Рис. 8. Оптические эффекты образца Л/М и их объяснение

Из смеси лимонной кислоты с тиомочевинной получены более мелкие квантовые точки размерами около 3 нм, издающие голубое свечение. При облучении лазером наблюдается малоинтенсивная красная полоса – конус Тиндаля. Это говорит о том, что наряду с мелкими частицами в смеси есть и крупные коллоидные частицы (рис. 9).



Рис. 9. Оптические эффекты образца Л/Т и их объяснение

Из смеси аскорбиновой кислоты с мочевиной получены квантовые точки, излучающие жёлто-зелёный свет, размерами 4-5 нм. Конус Тиндаля здесь яркий. Значит, и концентрация примесей коллоидных частиц высока (рис. 10).



Рис. 10. Оптические эффекты образца А/М и их объяснение

Из смеси аскорбиновой кислоты с тиомочевинной получены «голубые» квантовые точки, но вновь есть большое количество примесей коллоидных частиц (рис. 11).



Рис. 11. Оптические эффекты образца А/Т и их объяснение

2.3. Измерение размеров частиц методом динамического рассеяния света

Размеры УКТ мы установили методом динамического рассеяния света на приборе NICOMP 380 ZLS в ЦКП ТГТУ «Получение и применение полифункциональных наноматериалов». Динамическое рассеяние света — метод измерения размеров мельчайших частиц. Диспергированные частицы, взвешенные в растворе, перемещаясь благодаря броуновскому движению, взаимодействуют с лазерным лучом, рассеяние лазерного света детектируется фотоэлектронным умножителем (ФЭУ).

На рис. 12 приведена типичная диаграмма распределения частиц по размерам в суспензиях, содержащих УКТ, и демонстрирующих как флуоресценцию, так и появление конуса Тиндаля.

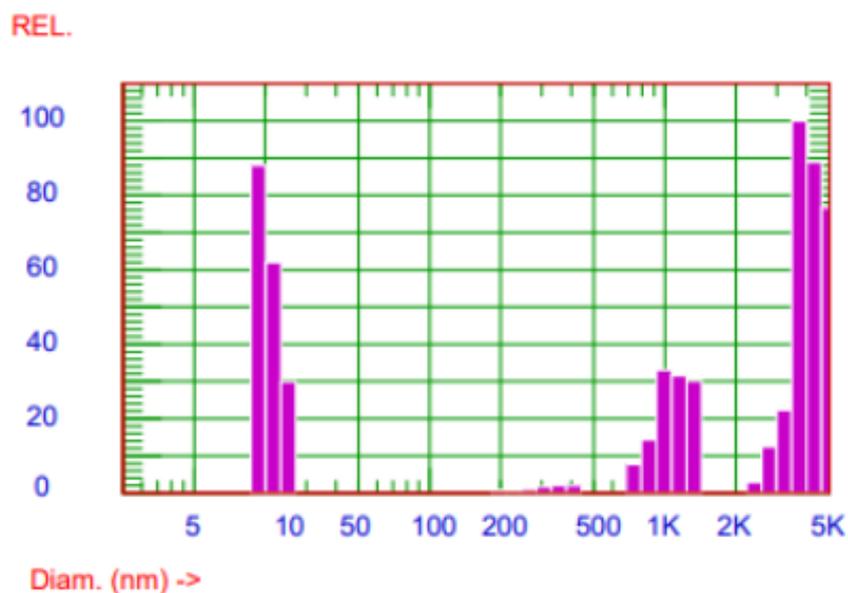


Рис. 13. Диаграмма разделения частиц по размерам в суспензии А/М

Мы видим, что в суспензии А/М присутствуют как мелкие частицы, так и крупные, причём размер мелких частиц несколько выше ожидаемых 5 нм. Это может быть связано с высокой концентрацией суспензии, а также с тем, что форма частиц отличается от шарообразной.

Наличие частиц разных размерных фракций указывает на то, что в системе есть примеси, которые необходимо удалять. И этот вопрос рассмотрен в проекте Аленинской Дианы «Очистка углеродных квантовых точек для применения в качестве химических сенсоров».

3. ЛИЧНЫЙ ВКЛАД УЧАСТНИКА ПРОЕКТА

Ульева Ирина провела обзор источников, посвящённых углеродным квантовым точкам, выбрала способ получения УКТ, провела опыты по синтезу УКТ из 4 смесей, проанализировала оптические свойства суспензий УКТ и данные анализа одной из систем методом динамического рассеяния света, сформулировала выводы и оформила проект.

4. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОЕКТА

Успешность использования смесей доступных реагентов, в том числе природного происхождения (лимонная кислота, аскорбиновая кислота, тиомочевина, мочевины) для получения оптически активных частиц с разным типом свечения, доказанная при выполнении данного проекта, может явиться основой для опытно-промышленного производства УКТ.

С этих позиций в результатах проекта заинтересованы предприятия nanoиндустрии, занимающиеся производством углеродных наноматериалов:

- АО «ЗАВКОМ» (г. Тамбов);
- НПП «Центр нанотехнологий» (г. Москва);
- ООО «Карбон Тех» (г. Новосибирск).

Кроме того, в ближайшее время возникнет потребность в УКТ у производителей электронных и оптоэлектронных устройств, а также химических сенсоров.

ВЫВОДЫ

— Проведён обзор существующих способов получения углеродных квантовых точек и показаны преимущества коллоидного синтеза.

— Выбраны реагенты для получения УКТ методом коллоидного синтеза: лимонная кислота, аскорбиновая кислота, мочевины и тиомочевина.

- Предложен простой способ получения УКТ из смесей на основе органической кислоты и мочевины или тиомочевины.
- Показано, что в зависимости от состава исходной смеси могут быть синтезированы УКТ с разным цветом флуоресценции.
- Полученные предложенным в проекте способом углеродные квантовые точки могут найти применение в электронике, оптоэлектронике и в качестве материалов для химических сенсоров.

СПИСОК ЦИТИРУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Гидротермальные превращения аскорбиновой кислоты / Е. А. Карпушкин, Е. С. Харочкина, А. Р. Ярчук [и др.] // Журнал общей химии. — 2017. — Т. 87, № 12. — С. 2044–2051.
2. Бондаренко Г. А., Новикова С. А., Гладышев П. П., Насиров П. Д. Синтез и исследование углеродных квантовых точек // Материалы XIV Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». — URL: <https://scienceforum.ru/2022/article/2018031785>.
3. Xu X. Y., Ray R., Gu Y. L., Ploehn H. J., Gearheart L., Raker K., Scrivens W. A. // J. Am. Chem. Soc. 2004. Vol. 126. P. 12736. doi10.1021/ja040082h.
4. Шевырёва Е. Светящийся углерод для борьбы с раком: что такое углеродные точки и почему они так важны для медицины // ИТМО.NEWS : сетевое издание. — Санкт-Петербург, 2017–2026. — URL: <https://news.itmo.ru/ru/science/photonics/news/12948/>.
5. Васильев Р. Б., Дирин Д. Н. Квантовые точки: синтез, свойства, применение. — М.: МГУ, 2007. — С. 50.
6. Фёдоров А. В., Баранов А. В., Маслов В. Г., Орлова А. О., Ушакова Е. В., Леонов М. Ю., Голубев В. Г. Физика наноструктур. Учебное пособие. — СПб: Университет ИТМО, 2014.
7. Баранов А. В., Маслов В. Г., Орлова А. О., Фёдоров А. В. Практическое использование наноструктур. Учебное пособие. — СПб: НИУ ИТМО, 2014. — С. 102.

Ф. И. О. участника: Гриднева Дарья Александровна
**Название проекта: «Насыщение приповерхностного слоя стали медью,
используя напыление в вакууме»**
Статус участника: призёр

Введение

Диффузионное насыщение приповерхностного слоя медью придаёт конструкционным углеродистым сталям высокую стойкость против атмосферной коррозии. Для этого требуется невысокое содержание меди, составляющее 1,5-2 %, что хорошо достигается вакуумным легированием. Содержание меди до 2 % повышает у стали твёрдость, предел прочности при растяжении. При более высоком содержании меди могут проявиться отрицательные последствия по механическим свойствам. Появляется задача получить качественный с оптимальным содержанием меди слой. Существуют различные способы введения меди: в жидкой среде, в порошках, в газах. Необходимо выбрать (разработать) способ диффузионного насыщения, обеспечивающий наилучшие показатели для определённых целей.

Актуальность: широкое применение имеют составные конструктивные части современного оборудования (исследовательского, бытового, военного), к которому предъявлены высокие требования по коррозионной стойкости и прочностным характеристикам. Следовательно, актуальной задачей является разработка вакуумного нанесения на поверхность стали слоя меди для последующей её вакуумной диффузии в приповерхностный слой стали.

Цель проекта: разработка и исследование вакуумного нанесения на поверхность стали слоя меди для последующей её вакуумной диффузии в приповерхностный слой стали.

Задачи:

- 1) Подготовить и оснастить установку вакуумного распыления УВР-3М.
- 2) Нанести в вакууме медь на сталь выбранной марки и провести диффузионное насыщение слоя стали под поверхностью.
- 3) Исследовать профиль, механические и коррозионностойкие свойства диффузионного слоя меди.

I. Область исследований в проведённой работе

В работе исследуется способ вакуумного насыщения приповерхностного слоя стали медью. Для этого медь наносится в вакууме на стальную подложку. Затем проводится диффузия меди при высокой температуре в сталь из напылённой плёнки. Для поверхностного легирования выбрана сталь марки Ст3. Структура этой стали изображена на рис. 1 и представляет собой феррит и перлит. Сталь низкоуглеродистая с малым содержанием перлита. Структура такой стали достаточно однородная, что позволяет равномерно распределиться меди в приповерхностном слое.

Сталь нелегированная. В легированной стали легирующие элементы могут образовывать химические соединения с медью, что может отразиться отрицательно на качестве диффузионного слоя. Эта сталь обычного качества, нелегированная, с содержанием углерода около 0,22 %.

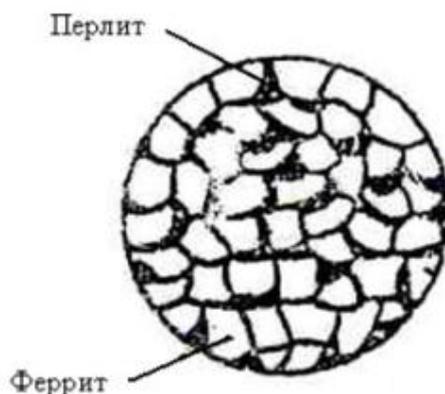


Рис. .1 Структура стали

II. Технология напыления меди на сталь резистивным способом в вакууме

Для напыления оснащён всем необходимым подколпачный объём установки напыления. На испаритель из молибдена помещена гранула меди (рис. 2).



Рис. 2. Укомплектование вакуумной системы

В начале механическим насосом откачан воздух до получения «низкого вакуума». Конструкция форвакуумного насоса изображена на рис. 3.

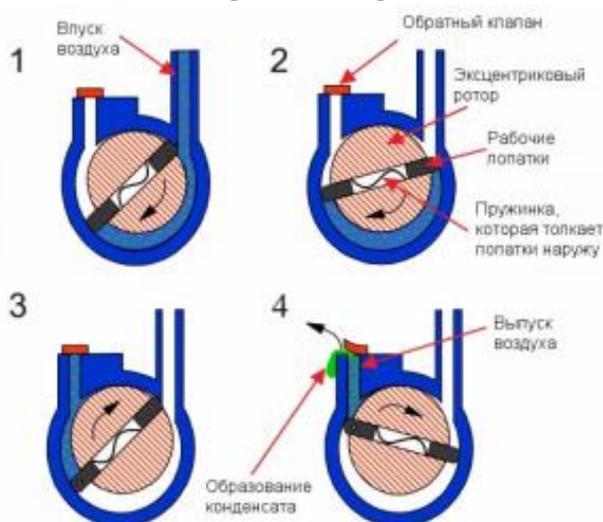


Рис. 3 Механический насос низкого вакуума

Когда получен «низкий вакуум» во всей вакуумной системе, включён паромасляный насос для достижения высокого вакуума.

Через испаритель пропускается электрический ток, плавно увеличивая силу (рис. 4). Испаритель благодаря относительно высокому удельному сопротивлению разогревается. Медь в испарителе плавится при температуре 900 градусов Цельсия и испаряется.



Рис. 4. Молибденовый испаритель с гранулой меди

После того, как испарённая медь осела на стальном образце и прошло охлаждение всех компонентов, образцы были извлечены. Образцы с напылённой медной плёнкой изображены на рис. 5.



Рис. 5 Стальной образец с напылённой медной плёнкой

После напыления экспериментальные образцы спекают в муфельной печи (рис. 6), предварительно обмазав специальной огнеупорной шамотной глиной. В результате спекания происходит такое прочное сцепление частиц порошка (вследствие диффузии), что отдельные частицы порошка как бы перестают существовать самостоятельно. В результате спекания происходит упрочнение и изменение физико-химических свойств, изменение микроструктуры.



Рис. 6. Муфельная печь СНОЛ

III. Исследование насыщенного медью слоя стали

Для определения глубины диффузионного слоя стачивали на шлифовальном кругу (рис. 7). Глубина определялась микроинтерферометром МИИ-4 (рис. 8). В результате диффузии при разных температурах получена зависимость глубины диффузионного слоя (рис. 9).



Рис. 7. Шлифование



Рис. 8. Микроинтерферометр МИИ-4

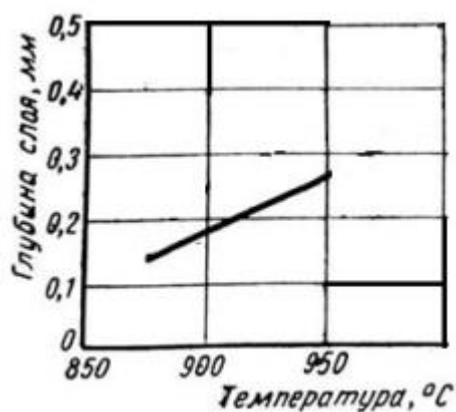


Рис. 9. Зависимость глубины слоя насыщения медью от температуры при выдержке 5 часов

Были изготовлены образцы микрошлифов для наблюдения микроструктуры слоя на разной глубине (рис. 10, 11, 12).



Рис. 10. Обработка стали с помощью алмазной пасты



Рис. 11. Микроструктура слоя на поверхности омедненной стали

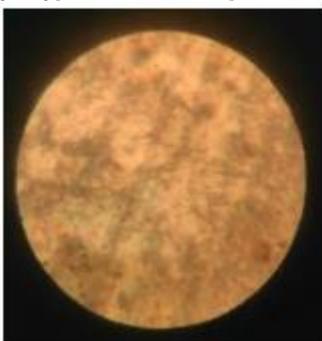


Рис. 12. Микроструктура слоя на глубине 0,25 мм стали

Выводы

- 1) Отлажена технология напыления меди на стальные образцы в вакууме.
- 2) Получена зависимость глубины диффузионного слоя от температуры диффузии.
- 3) Исследованы микроструктуры диффузионных слоёв.

Список литературы

1. Алитирование поверхностей конструкционных среднеуглеродистых сталей в вакууме CVD-методами / И. М. Гончаренко, П. В. Москвин, С. В. Работкин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2023. – Т. 66, № 1. – С. 22-29
2. Матвеев, П. В. Влияние режима вакуумного отжига на структуру ионно-плазменных покрытий, полученных по технологии двойного алитирования / П. В. Матвеев, С. А. Будиновский // Труды ВИАМ. – 2016. – № 3 (39). – С. 8. – DOI 10.18577/2307-6046-2016-0-3-8-8. – HDN VCKXL@.
3. Кулевич, В. П. Формирование структуры и свойств диффузионных алюминидных покрытий на поверхности сплавов системы «железо – хром – алюминий» : специальность 05.16.09 «Материаловедение (по отраслям)» : диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук / Кулевич Виталий Павлович, 2021. – 220 с. – HDN QCX1J.
4. Матвеев, П. В. Технология получения ионно-плазменных жаростойких подслоёв с повышенным содержанием алюминия для перспективных ТЗП / П. В. Матвеев, С. А. Будиновский, Д. А. Чубаров // Авиационные материалы и технологии. – 2014. – № 5. – С. 56-60. – HDN @H1HJ.
5. Патент № 2413785 -1 Российская Федерация, МПК -23- 12/02. Способ нанесения покрытия : № 2009139790/02 : заявл. 28.10.2009 : опубл. 10.03.2011 / С. А. Мубояджян, А. Г. Галоян, С. А. Будиновский ; заявитель Российская Федерация, от имени которой выступает Министерство промышленности и торговли Российской Федерации (Минпромторг России). – HDN 71FQY5.
6. Никитин, М. М. Вакуумный анодный разряд как источник ионизованных потоков материала покрытия / М. М. Никитин // Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2010. – Т. 74, № 2. – С. 306-312. – HDNL7JVYZ.8.
7. Патент № 2305034 -1 Российская Федерация, МПК 1321 15/04, -23-14/16, -23- 14/28. Способ получения защитного покрытия на деталях : № 2006104725/02 : заявл. 17.02.2006 : опубл. 27.08.2007 / Ю. С. Елисеев, Н. В. Абраимов, Ю. П. Шкретов, А. М. Терёхин ; заявитель – Федеральное государственное унитарное предприятие «Московское машиностроительное производственное предприятие “САЛЮТ”» (ФГУП «ММПП “САЛЮТ”»). – HDN WDSWNJ.
8. Патент № 2561563 -2 Российская Федерация, МПК -23- 28/00. Способ получения жаростойкого покрытия на детали из безуглеродистого жаропрочного никелевого сплава : № 2013157837/02 : заявл. 26.12.2013 : опубл. 27.08.2015 / Н. В. Абраимов, Ю. П. Шкретов, А. И. Минаков, А. В. Виноградов ; заявитель – акционерное общество «Научно-производственный центр газотурбостроения “Салют”» (АО «НПЦ газотурбостроения “Салют”»). – HDN 11I@IC.
9. Эффективные технологии поверхностной обработки изделий из стали / В. Г. Дашкевич, Г. В. Стасевич, А. В. Ковальчук [и др.] // Научно-технические инновации : Юбилейная международная научно-практическая конференция, посвящённая 60-летию БГТУ им. В. Г. Шухова, XXI научные чтения, Белгород, 09-10 октября 2014 года. Том 4. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2014. – С. 229-233. – HDN @G1ZUD.

10. Герова, С. В. Продление ресурса турбинных лопаток путём совершенствования ремонтно-восстановительной технологии / С. В. Герова // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2014. – № 6 (308). – С. 92-95. – HDN @5KKZC.

11. Патент № 2288300 -2 Российская Федерация, МПК -25F 3/16. Способ модификации поверхностного слоя металлических изделий : № 2004136054/02 : заявл. 09.12.2004 : опубл. 27.11.2006 / А. Н. Трубин, В. В. Тетюхин, В. Н. Курапов, Л. А. Курапова ; заявитель – ОАО «Верхнесалдинское металлургическое производственное объединение» (ВСМПО). – HDNHCGLC-.

Ф. И. О. участника: Щукин Даниил Владимирович

Название проекта: «Разработка технологии диффузионного борирования стали»

Статус участника: призёр

Введение

Твёрдое (или порошковое) борирование проводят в контейнерах в порошковых смесях, содержащих порошкообразный боризатор (аморфный бор, карбид бора, ферробор и другие соединения) и специальные добавки. Твёрдое борирование осуществляют с целью повышения поверхностной твёрдости и износостойкости изделий, реже – их коррозионной стойкости и теплостойкости. Борированию подвергают изделия из железа, сплавов на его основе и тугоплавких металлов.

Актуальность: актуальной задачей современного машиностроения является повышение надёжности и износостойкости деталей машин и оборудования, работающих в условиях трения скольжения или качения. Особый интерес представляет процесс диффузионного насыщения поверхности стальных деталей бором. Борированию подвергают детали с целью повышения твёрдости и износостойкости (при сухом трении, абразивном изнашивании, фреттинг-коррозии и так далее). Также борирование позволяет повысить коррозионную стойкость сталей и жаростойкость при температурах до 850 °С. Среди технологий борирования на крупных промышленных предприятиях применяются технологии диффузионного насыщения из расплавов металлов и солей с добавкой борсодержащих веществ, а также борирование в газообразных средах. Однако процессы жидкостного и газового борирования выгодны только для массового производства, в то время как в мелкосерийном и единичном производстве, в том числе инструментальном и ремонтном, они не могут быть использованы по причине технологической и экономической нецелесообразности. Решение данной проблемы возможно путём применения твёрдофазного борирования с применением порошкообразных или пастообразных борсодержащих сред. Борирующая среда в виде пасты (обмазки) может быть нанесена на любые поверхности, процесс может быть проведён в контейнерах, что удобно для единичного производства.

Цель проекта: разработать простую, недорогостоящую и эффективную технологию борирования стали.

Задачи проекта:

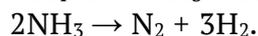
1. Разработать эффективную пасту для борирования.
2. Разработать и изготовить оснастку для эффективного осуществления процесса борирования.
3. Выбрать оптимальную температуру и выдержку для процесса борирования.
4. Подвергнуть химико-термической обработке различными пастами образцы стали.
5. Изучить микроструктуру стали, подвергнутой ХТО.
6. Изучить влияние технологии борирования на различные показатели стали.
7. Определить лучший вариант пасты для борирования.

Порошковое борирование

В данном проекте будет разрабатываться технология порошкового борирования стали. При борировании в порошкообразных смесях изделия упаковывают в специальные ящики, засыпают борсодержащей шихтой и нагревают при 800-1000 °С в течение 4-6 ч. В качестве борсодержащих реагентов используют порошок бора, ферробора или ферроборалл и смесь карбида бора с бурой. Для предотвращения сплавления и спекания частиц между собой и припекания их к поверхности изделия в состав реакционной смеси добавляют до 50 % инертного наполнителя. В качестве таких инертных добавок применяют кварцевый песок, глинозём, окись магния, измельчённый шпат и другие материалы.

Для активирования процесс проводят в среде водорода, хлора, хлористого водорода или в смеси водорода и хлористого водорода вследствие малой скорости диффузии в результате прямого контакта между металлом и твёрдым насыщающим элементом.

Кроме того, в состав шихты добавляют 2-5 % хлористого аммония. При нагревании в печи происходит его разложение:



Выделяющиеся газы вытесняют из контейнера воздух и препятствуют окислению поверхности покрываемых деталей. В результате взаимодействия борсодержащей шихты с газовой средой образуются различные борводороды и хлориды бора, которые осуществляют перенос бора через газовую фазу на насыщаемую поверхность. Вследствие их диссоциации или восстановления водородом на поверхности насыщаемого изделия образуются активные атомы бора. Таким образом, насыщение происходит фактически из газовой фазы за счёт следующих, одновременно протекающих процессов: образования хлоридов бора; в случае применения бора: $2\text{B} + 6\text{HCl} = 2\text{BCl}_3 + 3\text{H}_2$.

Выбор марки стали для порошкового борирования и подготовка составов паст

Для порошкового борирования была выбрана сталь марки Ст3. Данная сталь является самой распространённой в различных видах промышленности. Ст3 характеризуется как углеродистая конструкционная сталь обыкновенного качества. Сталь не имеет в составе легирующих добавок, защищающих от внешнего воздействия. Для использования в агрессивной химической среде или условиях повышенной влажности необходимо покрывать сталь защитным слоем. Так как данная сталь обладает низким содержанием углерода, она легко подвержена проникновению элементов бора в поверхность, поэтому сталь Ст3 подходит для порошкового борирования. А благодаря тому, что данная марка стали распространена в различных ветвях промышленности, разработанная технология борирования стали Ст3 принесёт большую пользу промышленности.

Для борирования требовалось разработать эффективный состав пасты, который создаст наиболее глубокий проборированный слой и сильнее всех улучшит показатели стали. Для этого было изобретено 4 состава паст:

1. 70 % В; 5 % NaF; 20 % $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ (бура); 5 % флюс.

2. 70 % В; 25 % $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ (бура); 5 % флюс.

3. 80 % B_4C ; 20 % NH_4Cl .

4. 60 % B_4C ; 40 % NH_4Cl .

Все компоненты состава были тщательно между собой перемешаны и соединены связующим веществом – жидким стеклом.

Подготовка оборудования к выполнению технологии борирования

Для реализации технологии требовалось подготовить оснастку (рис. 1).



Рис. 1. Оснастка для борирования

Данная оснастка оснащена песчаным затвором для предотвращения попадания кислорода снаружи оснастки и позволяет газам, выделяющимся при борировании, выходить наружу, создавая герметичность.

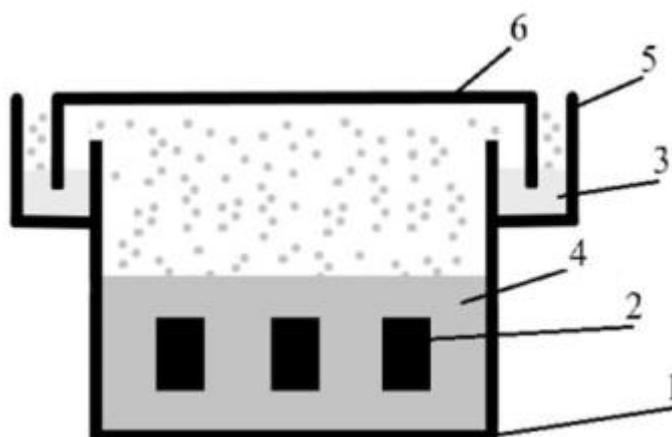


Рис. 2. Схема оснастки для борирования:

1 – контейнер для борирования; 2 – экспериментальные образцы; 3 – песок; 4 – паста для борирования; 5 – песчаный затвор; 6 – крышка

Борирование проводилось в муфельной печи марки SNOL (рис. 3).



Рис. 3. Муфельная печь марки SNOL

Данная печь осуществляет равномерный и быстрый нагрев с четырёх сторон от 50 °С до 1300 °С и оснащена закрытыми нагревателями. Камера печи выполнена из высококачественного вакуумированного волокна, а корпус – из стали, покрытой термоустойчивой порошковой краской. Нагреватели спирального типа, выполненные из нихромовой проволоки, крепятся на керамических трубках, расположенных на двух боковых внутренних поверхностях камер, и осуществляют нагрев, таким образом, с двух сторон. Высококачественные волокнистые термоизоляционные материалы минимизируют потери тепла, обеспечивая более быстрый нагрев, экономичное энергопотребление, а также позволяют долго сохранять жар (чем печь надёжнее и меньше теплотери, тем выше КПД изделия).

Методика выполнения химико-термической обработки

Для выполнения технологии борирования в оснастку загрузили образцы стали в следующем порядке:

1. Каждый образец поместили в свою четверть оснастки согласно своему порядковому номеру.
 2. Поверх каждого образца была засыпана соответствующая паста.
 3. Под конец покрыли всё бурой.
- Также песчаный затвор оснастки засыпали песком.



Рис. 4. Заполненная оснастка

После заполнения оснастки она была накрыта крышкой.

После нагрева печи до 950 °С оснастка была помещена в печь с выдержкой 2 часа.

Химические реакции, протекающие в процессе борирования.

1. $V_4C + 6Cl_2 \rightarrow 4VCl_3 + C$.
2. $V_4C + 4O_2 \rightarrow 2V_2O_3 + CO_2$.
3. $2V + 3O_2 \rightarrow 2V_2O_5$.
4. $2Fe + V \rightarrow Fe_2V$.
5. $NH_4Cl \rightarrow NH_3 + HCl$.
6. $2HCl \rightarrow Cl_2 + H_2$.
7. $2V + 6HCl \rightarrow 2VCl_3 + 3H_2$.
8. $VCl_3 + Fe \rightarrow FeCl_3 + V$.

Поверхностный анализ образцов стали после процесса борирования.

По истечении времени выдержки оснастка была извлечена из печи.



Рис. 5. Оснастка после борирования

Когда оснастка остыла, мы извлекли из неё образцы (рис. 6) для дальнейшего изучения их свойств.



Рис. 6. Образцы после борирования

Больше всех отличаются образцы № 3 и № 4, которые были проборированы пастой с карбидом бора (B_4C). Следовательно, паста с карбидом бора была эффективнее пасты с бором, так как внесла больше видимых изменений в сталь.

Анализ образцов стали после технологии порошкового борирования

Перед тем как приступить к изучению микроструктуры образцов, их следовало сначала подвергнуть обработке.

Для начала сталь была обработана на шлифовальном круге (рис. 7) и после подвергнута электрохимическому травлению (рис. 8).



Рис. 7. Обработка на шлифовальном круге



Рис. 8. Электрохимическое травление

После обработки образцов мы приступили к исследованию микроструктуры образцов. Для того чтобы изучить характеристики образцов, нам потребовалось специализированное оборудование. Для определения глубины слоя был использован объект-микрометр отражённого света ОМО (рис. 9.1, 9.2, 9.3). Для определения микротвёрдости стали был использован микротвердомер ПМТ-3 (рис. 10).



Рис. 9.1

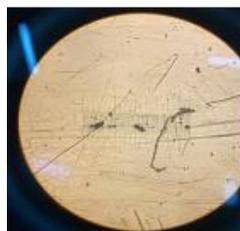


Рис. 9.2. X100

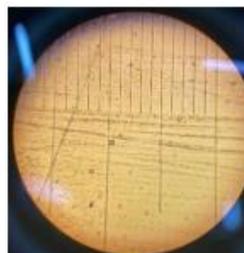


Рис. 9.3. X1000



Рис. 10. Микротвердомер
ПМТ-3

Анализ первого образца стали

Первый образец стали был подвержен борированию пастой № 1 с бором.

Данный образец мы рассмотрели с помощью микроскопа (рис. 11). С помощью шкалы деления микрометра мы определили, что глубина слоя составила 10 мкм. С помощью микротвердомера по методу Виккерса определили диагональ оставленного отпечатка. Она составила 90 мкм. Твёрдость составила 220 HV.



Рис. 11. Первый образец под микроскопом

Анализ второго образца стали

Второй образец стали был подвержен борированию пастой № 2 с бором.

Данный образец также изучили с помощью микроскопа (рис. 12). С помощью шкалы деления микрометра мы выяснили, что глубина слоя составила 40 мкм. С помощью микротвердомера по методу Виккерса определили диагональ оставленного отпечатка. Она составила 92 мкм. Твёрдость же составила 200 HV.



Рис. 12. Второй образец под микроскопом

Анализ третьего образца стали

Третий образец стали был подвержен борированию пастой № 3 с карбидом бора. Данный образец также изучили с помощью микроскопа (рис. 13). С помощью шкалы деления

микрометра мы выяснили, что глубина слоя составила 35 мкм. С помощью микротвердомера по методу Виккерса определили диагональ оставленного отпечатка. Она составила 45 мкм. Твёрдость же составила 820 HV.



Рис. 13. Третий образец под микроскопом

Анализ четвёртого образца стали

Четвёртый образец стали был подвержен борированию пастой № 4 с карбидом бора. Данный образец также изучили с помощью микроскопа (рис. 14). С помощью шкалы деления микрометра мы выяснили, что глубина слоя составила 40 мкм. С помощью микротвердомера по методу Виккерса определили диагональ оставленного отпечатка. Она составила 50 мкм. Твёрдость же составила 720 HV.



Рис. 14. Четвёртый образец под микроскопом

Вывод по результатам анализа образцов

Исходя из результатов анализа, пасты № 3 и № 4 с карбидом бора показали лучшие результаты по сравнению с пастами № 1 и № 2 с бором, так как они лучше диффундировали в сталь, показав хорошие результаты по глубине слоя и микротвёрдости.

Заключение

В работе изучен метод твердофазного борирования сталей, позволяющий осуществлять поверхностное упрочнение деталей в условиях мелкосерийного и единичного производства с наименьшими временными и материальными затратами. Были изучена микроструктура сталей, сравнение свойств сталей после борирования различными пастами. В результате можно сделать следующее заключение: пасты с содержанием B_4C эффективнее, чем с B . Это можно заметить, сравнив глубину слоя и микротвёрдость стали. Таким образом, наши образцы повысили твёрдость, износостойкость, коррозионную стойкость и жаростойкость при температурах до 850 °С.

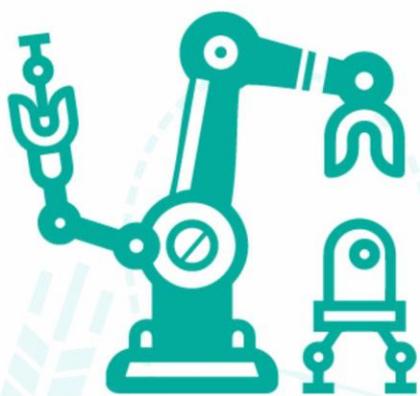
Список литературы

1. Нестеренко Е. А. Борирование из паст (обмазок) Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул).
2. Технология упрочнения машиностроительных материалов. Камская государственная инженерно-экономическая академия.
3. Ильченко Н. И. Каталитическое окисление аммиака. Вып. 12.

4. Шевчук Е. П. Формирование боридных упрочняющих покрытий с обширной диффузионной зоной на углеродистой стали. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный университет».

5. Константинов В. М., Дашкевич В. Г., Ковальчук А. В. Применение борирования в порошковой среде для упрочнения стальных деталей различного назначения. Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь.

6. Быкова Т. М. Влияние химического состава стали на структуру и свойства диффузионных боридных покрытий. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения Уральского отделения Российской академии наук. 05.16.09.



НАПРАВЛЕНИЕ «ПЕРЕДОВЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»



Ф. И. О. участника: Черемисин Фёдор Николаевич
**Название проекта: «Исследовательский проект – роботизированный
оптико-нейронный метод технического контроля»**
Статус участника: победитель

Введение

Технический контроль качества на любом производстве – обязательная составляющая технологического процесса. На любом производстве существует отдел технического контроля, осуществляющий контроль качества продукции или промежуточный контроль деталей и узлов. Качество технического контроля в очень большой степени влияет на сроки службы, надёжность и безопасность продукции, поэтому своевременное выявление брака на всех стадиях производства является первоочередной задачей.

Данный исследовательский проект нацелен на разработку метода оптического контроля качества поверхностей деталей с использованием роботизированных механизмов, оцифровки полученных оптико-визуальных данных на микроскопическом уровне и последующей обработки данных с помощью искусственного интеллекта (нейронных сетей).

Исходя из всего вышесказанного, мы можем выделить следующую проблему: существует объективная необходимость в повышении качества технического контроля, в то же время такая мера приводит к увеличению себестоимости выпускаемой продукции и увеличению затрат времени.

Актуально во всех отношениях разработать метод, позволяющий повысить качество технического контроля, сократив при этом затраты времени и людских ресурсов, соответственно, уменьшив себестоимость продукции.

Цель проекта: разработать роботизированный оптико-нейронный метод технического контроля и экспериментально доказать возможность его применения на практике, изготовив уменьшенную действующую модель.

Задачи проекта:

1. Изучить существующие на сегодняшний день методы исследования поверхностей.
2. Разработать теоретическое обоснование метода и технику исследования.
3. Разработать механизм реализации проекта.
4. Определить перечень необходимых материалов и компонентов.
5. Определить перечень необходимых ресурсов.
6. Разработать технологию изготовления.
7. Изготовить конструкцию.
8. Провести эксперимент и анализ полученных результатов.
9. Сформировать заключение на основе результатов проделанной работы, сделать прогноз дальнейшего развития метода и целесообразности его внедрения в производство.

Область возможного применения данного метода: производства, осуществляющие механическую обработку деталей, особенно критических, где качество деталей напрямую связано с безопасностью, например, деталей самолёта и его двигателя. Производство печатных плат, промежуточный контроль слоёв при производстве микросхем. В производствах, использующих технологию отливки деталей. Для контроля качества сварных соединений. Контроль качества пайки на платах.

Методы проекта:

1. Поисковый.
2. Описательный.
3. Аналитический.
4. Теоретический.
5. Практический.

1. Основная часть.

1.1. Теоретическая часть.

1.1.1. Изучение существующих методов исследования поверхности.

Таблица 1. Классификация методов оптико-визуального контроля согласно ГОСТ Р58399-2019.

Название метода	Характеристика метода	Оборудование и приспособления
Визуальный метод	Метод оптического неразрушающего контроля, основанный на наблюдении и анализе объектов контроля непосредственно глазами оператора, без использования оптических устройств и приборов.	Не используется.
Визуально-оптический метод	Метод оптического неразрушающего контроля, основанный на наблюдении и анализе объектов контроля с помощью оптических устройств и приборов, в котором имеет место непрерывный ход лучей между глазами оператора и объектом контроля.	Увеличительные линзы (трёх-, пяти-, десятикратные) и микроскопы.
Телевизионный метод	Метод оптического неразрушающего контроля, основанный на визуальном анализе изображения контролируемого объекта, регистрируемого оптико-электронными устройствами, средствами фото- и видеотехники.	Средства фото- и видеofиксации и оборудование для получения изображения.

Проведя анализ методик, можно выделить следующие аспекты: при визуальном методе всё зависит от опыта оператора, но при этом ограничено возможностями человеческого зрения, что не позволяет рассмотреть мелкие дефекты; визуально-оптический даёт возможность увидеть мелкие дефекты, но при этом сильно локализует область контроля; телевизионный метод контроля даёт возможность сравнивать изображение дефекта с эталонной поверхностью, но также в большой степени зависит от опыта оператора.

1.1.2. Изучение типов дефектов поверхности.

Контроль качества можно разделить на две основные группы:

1. Определение чистоты механической обработки поверхности в соответствии с установленными стандартами.
2. Обнаружение дефектов.

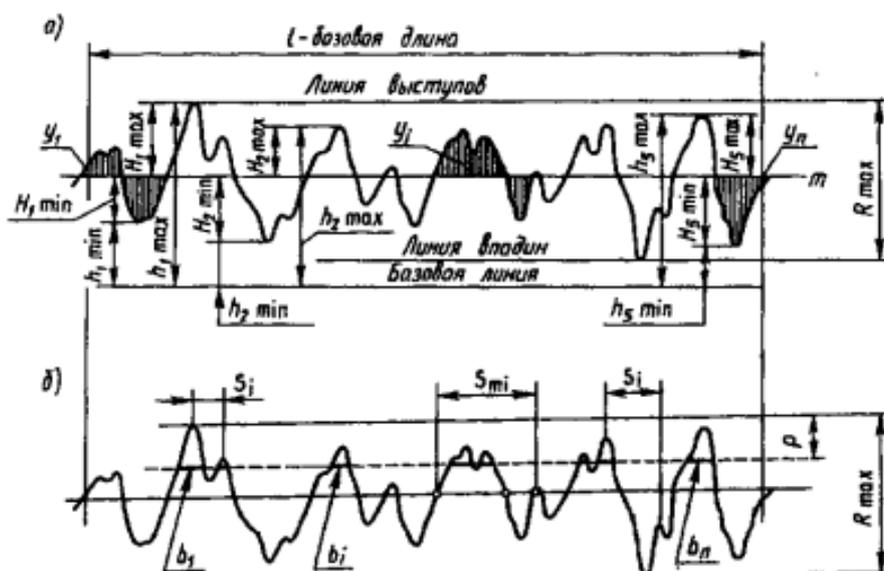


Рис. 1. Профиль рисок

Таблица 2. Классификация чистоты обработки поверхности (шероховатость).

Класс чистоты поверхности до 1975 г.	Обозначение шероховатости на чертеже по ГОСТ 2.309					Способ обработки поверхности
	Параметры шероховатости поверхности по ГОСТ 2789-53		Параметры шероховатости поверхности по ГОСТ 2789-73			
	Rz, мкм	Ra, мкм	До 01.01.2005 г.		После 01.01.2005 г.	
		Rz, мкм	Ra, мкм	Ra, мкм	Ra, мкм	
~						Без обработки
▽1					$\sqrt{Ra\ 50}$	Газовая резка
▽2					$\sqrt{Ra\ 25}$	Вырубка. Зачистка ручной шлифовальной машиной
▽3					$\sqrt{Ra\ 12,5}$	Сверление. Стругание. Фрезерование. Нарезание резьбы. Долбление. Точение. Растачивание.
▽4					$\sqrt{Ra\ 6,3}$	
▽5					$\sqrt{Ra\ 3,2}$	
▽6					$\sqrt{Ra\ 1,6}$	
▽7					$\sqrt{Ra\ 0,8}$	Шабрение. Шлифование.
▽8					$\sqrt{Ra\ 0,4}$	
▽9					$\sqrt{Ra\ 0,2}$	Шлифование. Полирование. Алмазное выглаживание.
▽10					$\sqrt{Ra\ 0,1}$	
▽11					$\sqrt{Ra\ 0,05}$	
▽12					$\sqrt{Ra\ 0,025}$	

При определении соответствия чистоты обработки поверхности необходимо сравнить глубину и ширину риску на поверхности с эталонной поверхностью.

В случае несоблюдения технологии на поверхности образуются наклёпы, скалывание, трещины. В производстве печатных плат важно контролировать целостность токопроводящих дорожек, учитывая, что в современной электронике они имеют очень малые размеры. Монтаж элементов на печатные платы – тоже ответственный процесс, где необходимо контролировать сотни точек пайки.

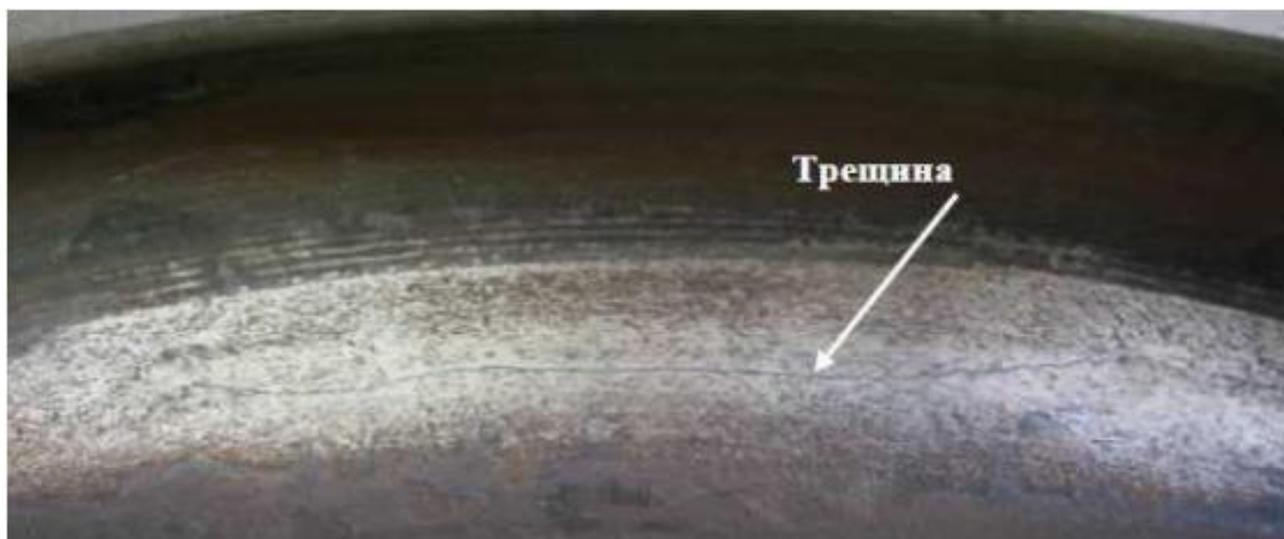


Рис. 2. Микротрещина



Рис. 3. Дробление поверхности

1.1.3. Описание методов и техники исследования.

Получение изображения невозможно без использования системы линз. Процесс преломления света с помощью линз хорошо изучен современной физикой и используется во многих областях науки и техники.

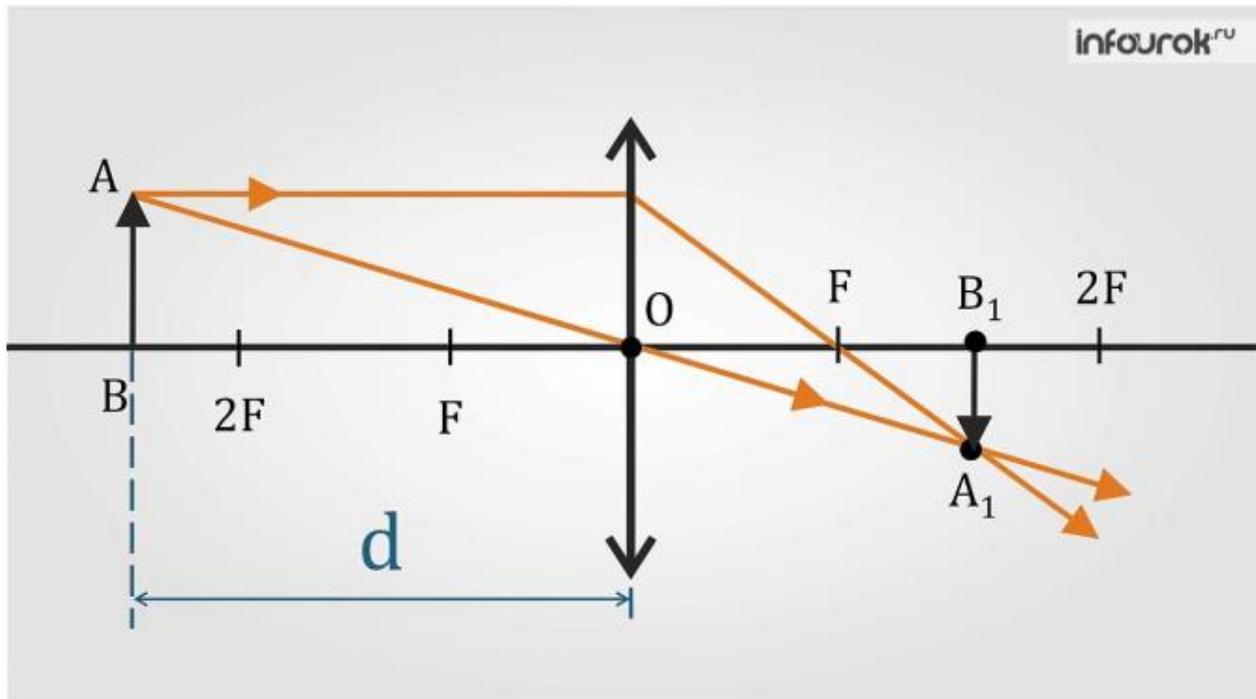


Рис. 4. Получение изображения с помощью линзы

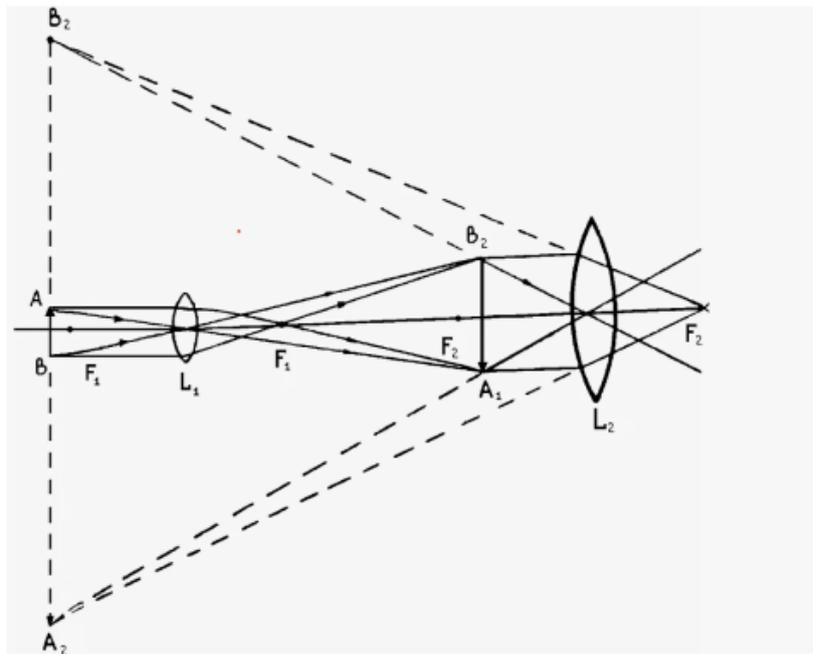


Рис. 5. Ход лучей в объектив микроскопа, через систему линз

Для получения изображения в цифровом формате лучше всего подходит цифровая матрица. Их применяют во многих областях, начиная с фото- и видеотехники и заканчивая микроскопами. С помощью матрицы получают изображение в формате RGB, в виде значений в пределах от 0 до 255 для каждого пикселя.

ПЗС-матрица

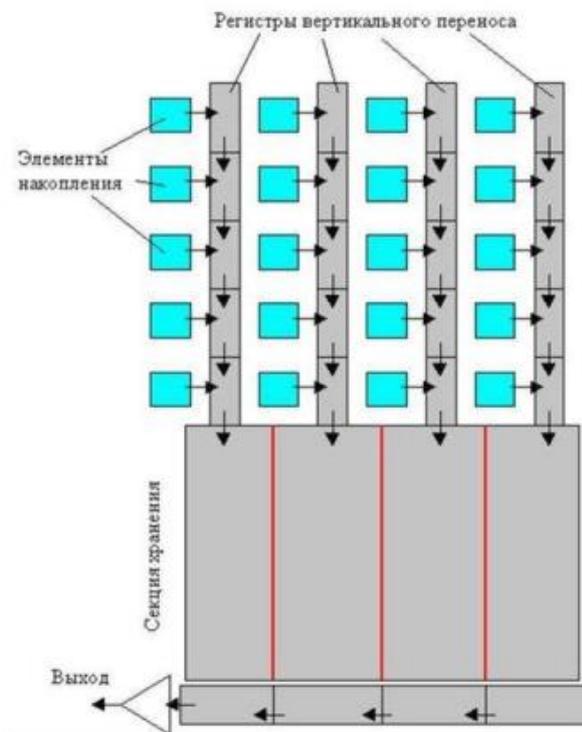
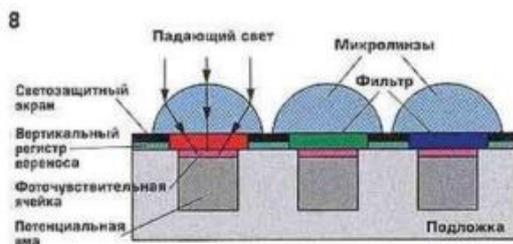
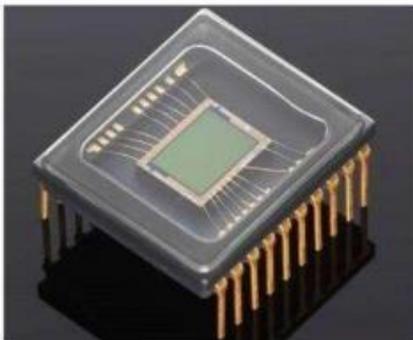


Рис. 6. ПЗС-матрица.

Учитывая тот факт, что все интересующие нас дефекты имеют параметр, определяющий их глубину относительно поверхности, то для проявления дефектов целесообразно воспользоваться созданием на поверхности светотени, что позволит

контрастировать границы дефектов. Сделать это нужно таким образом, чтобы свет в область полутени попадал под острым углом относительно поверхности, чтобы свет в глубину дефекта проникал частично даже относительно полутени.

Полутень – это слабоосвещённая область пространства, в которую свет попадает частично. Полутень граничит с областями тени и света. Образование полутени в физике объясняется прямолинейностью распространения света в однородной среде.

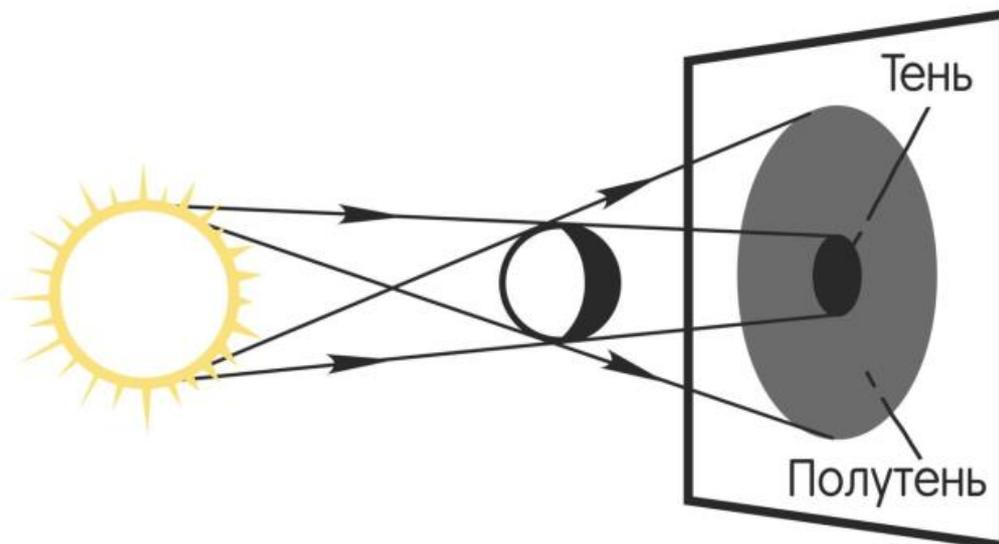


Рис. 7. Образование полутени.

Анализ полученных данных в цифровом виде реально проделать только с помощью нейронных сетей (искусственного интеллекта), учитывая, что каждый кадр содержит в среднем 400×600 пикселей, – очень внушительный объём. На начальном этапе нам подойдёт персептрон – полносвязная нейронная сеть прямого распространения. В качестве функции активации мы будем использовать логистическую функцию сигмоида, благодаря этой функции получится конвертировать выходные данные в пределы от 0 до 1. Обучение нейронной сети необходимо производить методом обратного распространения ошибки.

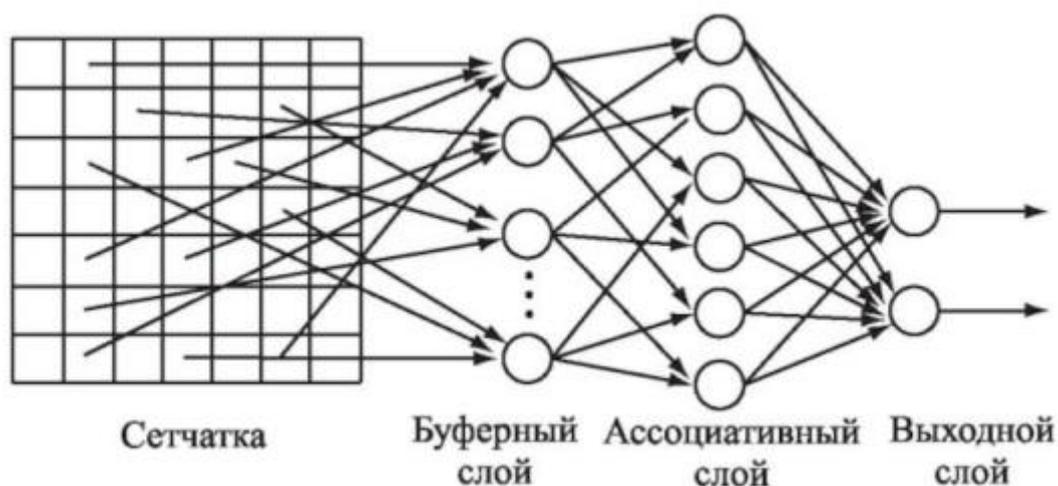


Рис. 8. Персептрон

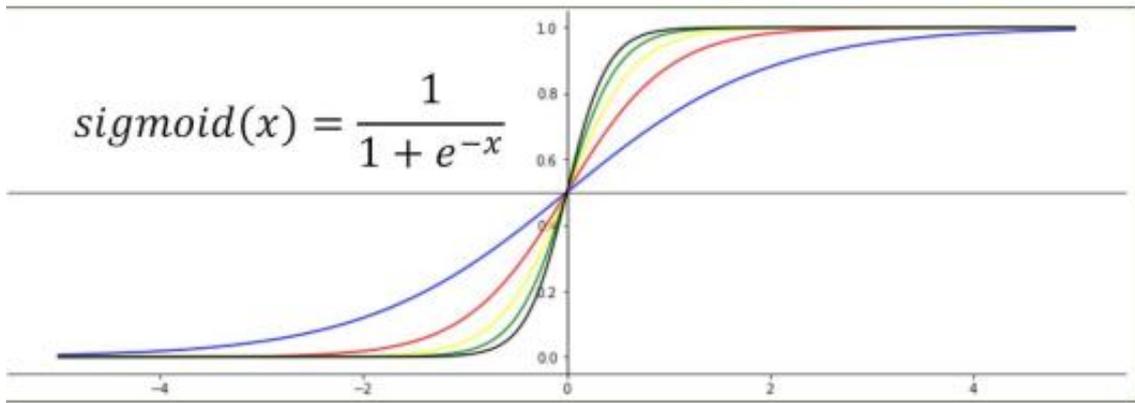


Рис. 9. Сигмонда



Рис. 1. Схема нейрона

$$S = \sum_{i=1}^n x_i w_i$$

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-ax}}$$

$$E(w) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^L (y_j - d_j)^2$$

$$\Delta w_{ij} = -\eta \cdot \frac{\partial E}{\partial w_{ij}}$$

$$\Delta w_{ij}^{(n)}(t) = -\eta \cdot \delta_j^{(n)} \cdot x_i^n + \mu \Delta w_{ij}^{(n)}(t-1)$$

Рис. 10. Обратное распространение ошибки

1.1.4. Механизм реализации проекта.

1. Используем в качестве объекта контроля для проведения практической экспериментальной части проекта двухсторонний фольгированный текстолит, обработанный с одной стороны крупным абразивом, а со второй стороны – мелким, для получения различной по степени шероховатости поверхности.

2. Необходимо разработать конструкцию опико-электронного элемента, который будет способен преобразовать изображение в цифровой формат RGB.

3. Для создания полутени на участке поверхности, захватываемом опико-электронным элементом, генерирующим изображение, необходимо разработать конструкцию подсветки таким образом, чтобы она давала возможность изменять такие параметры, как угол относительно поверхности, направление пучка и интенсивность освещения.

4. Разработать конструкцию роботизированного механизма, который будет перемещать опико-электронный элемент и синхронно с ним систему подсветки относительно поверхности объекта контроля по трём осям X, Y, Z. При этом настройка перемещения должна производиться либо в ручном режиме, используя клавиатуру и жидкокристаллический дисплей самого устройства, либо автоматически, используя внешнюю программу, установленную на персональном компьютере, связанном с данным устройством.

5. Разработать программное обеспечение, необходимое для управления роботизированным механизмом и для обработки и анализа полученных данных.

6. Провести эксперименты, проанализировать полученные результаты и на основе проведённого анализа сделать заключение.

1.2. Практическая часть.

1.2.1. Необходимые материалы и компоненты.

Таблица 3. Материалы и компоненты.

Наименование	Обозначение	Количество
Цифровая камера	LEVENHUK M130 base	1
Контроллер	Arduino Uno	1
Контроллер	Arduino Mega	1
ЖК-дисплей	TFT ILI9341 240 × 320, 2,4”	1
Матричная клавиатура	Arduino 4 × 4	1
Импульсный блок питания	5v 5a	1
Шаговые двигатели с винтовой парой	MSDP02G01	2
Направляющие		В ассортименте
Объектив	TRC-2095C	1
Драйверы	L298D	2
Преобразователь напряжения	LM2596s DC-DC	1
Шнуры для передачи данных	USB	2
Светодиоды	F5, 20mA, 5mm	4
Филамент	PLA	1
Электрические провода		В ассортименте
Припой	POS-61, 1mm	1
Флюс	LTI-120	1
Термоусадочные трубки		В ассортименте
Метизы		В ассортименте
Макетная плата	120 × 180	1
Гнёзда на плату		
Транзисторы	KT315A	4
Резисторы	220 Ом	4
Резисторы	10 kОм	4
Гофра для проводов		В ассортименте
Стягивающие ленты		В ассортименте
Сетевой шнур	220V	1

1.2.2. Ресурсы и технология изготовления.

Таблица 4. Ресурсы.

Наименование необходимого ресурса	Ресурсы, используемые в проекте	Назначение используемого ресурса
Персональный компьютер	Ноутбук	Обработка полученных данных с помощью программного обеспечения, установленного на него.
Параметрическая САПР общего назначения с открытым исходным кодом	FreeCAD	Создание объёмных моделей деталей устройства и последующего их перевода в STL-формат.
Слайсер для 3D-моделей с открытым исходным кодом для 3D-принтеров	Cura	Разрезает файл модели в STL-формате на слои и генерирует специфический для 3D-принтера g-код. G-код используется 3D-принтером для изготовления физической модели.
3D-принтер	Anet A6	Изготовление деталей устройства из пластика.
Симулятор электронных схем с открытым исходным кодом	Proteus 8	Для разработки электронных схем и их программирования с последующим запуском в режиме симуляции.
Интегрированная среда разработки для Windows с открытым исходным кодом	Arduino IDE	Разработка программ для контроллеров Arduino, компиляция кода и программирование контроллеров Arduino.
Интегрированная среда разработки для Python	Thony	Создание программы для обработки и анализа полученных данных.

1.2.3. Описание конструкции.

Конструкция роботизированного оптико-нейронного комплекса состоит из следующих элементов: нижнего основания, которое служит основой всего устройства, подвижно закреплённой верхней части, прикреплённого к передней части нижнего основания модуля ввода-вывода информации и закреплённого к задней части нижнего основания импульсного блока питания с выключателем сети 220 вольт.

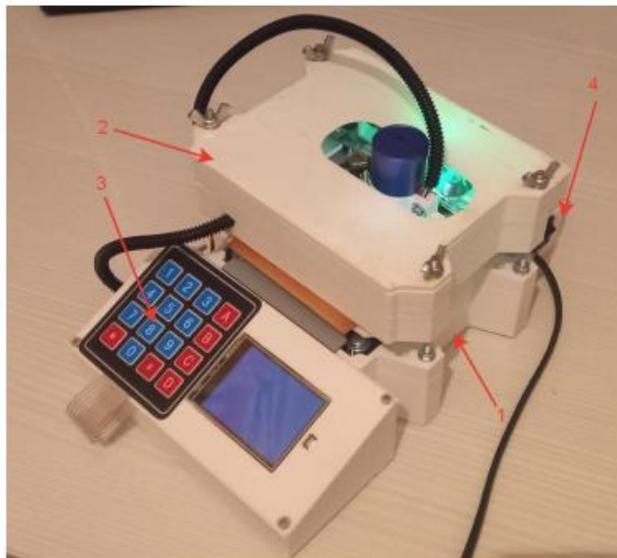


Рис. 11. Роботизированный оптико-нейронный комплекс:
1. Нижняя часть – основание. 2. Верхняя подвижная часть.
3. Модуль ввода-вывода информации. 4. Импульсный блок питания.

В верхней части конструкции расположен оптико-электронный элемент, позволяющий получить изображение в цифровом формате RGB. Оптико-электронный элемент состоит из корпуса специальной конструкции, в нижнюю часть корпуса оптико-электронного элемента ввёрнут объектив, а в верхнюю часть корпуса помещена цифровая камера, которая может перемещаться внутри корпуса при ослаблении крепёжного винта, что даёт возможность изменять фокусное расстояние между объективом и матрицей, находя оптимальный параметр. Также корпус оптико-электронного элемента имеет радиальное утолщение в нижней части. В этом утолщении сделаны четыре отверстия диаметром 5 мм под углом 45 градусов относительно оси корпуса, в отверстия помещены прозрачные ультрабелые светодиоды, причём глубина отверстий превышает длину той части светодиода, которая погружена в отверстие. Таким образом, формируется направленный пучок света, создающий вокруг участка поверхности, захватываемой объективом, границу света и тени, благодаря чему создаётся участок поверхности, находящийся в полутени.



Рис. 12. Оптико-электронный элемент.

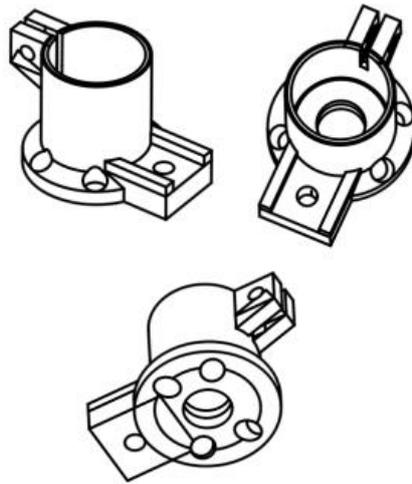


Рис. 13. Чертёж корпуса оптико-электронного элемента

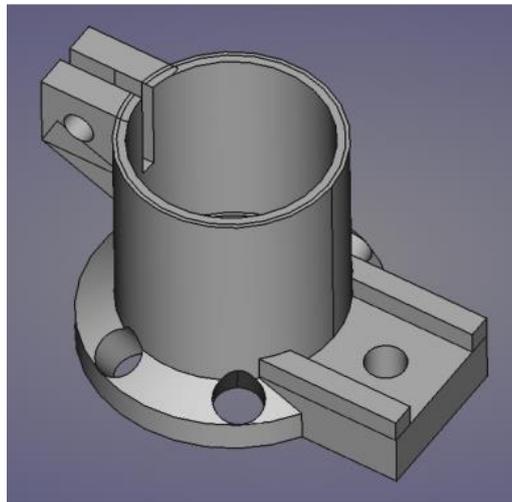


Рис. 14. Корпус оптико-электронного элемента

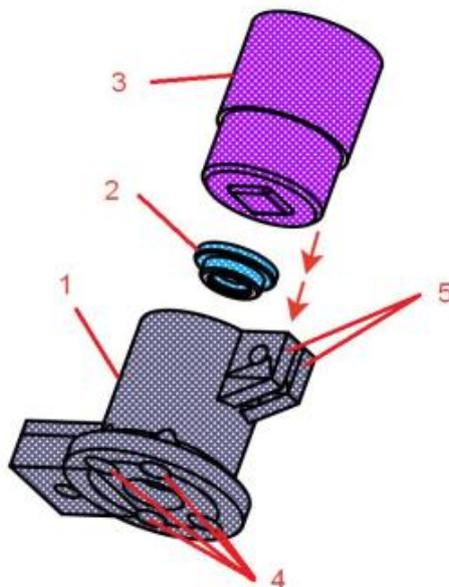


Рис. 15. Чертёж оптико-электронного элемента в сборе.
1. Корпус. 2. Объектив. 3. Цифровая камера. 4. Отверстия для светодиодов.
5. Крепёжные элементы для камеры.

Конструкцией данного устройства предусмотрено перемещение соответствующих элементов по трём осям X, Y, Z.

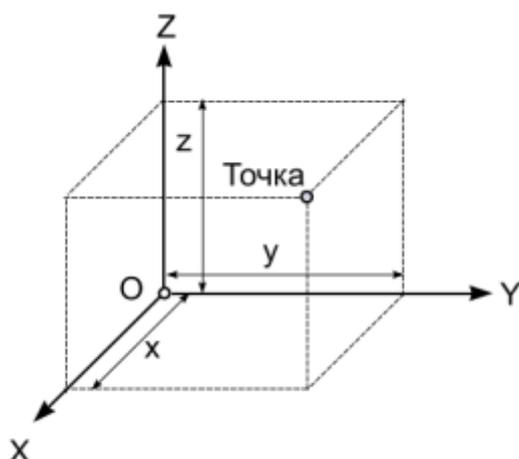


Рис. 16. Расположение осей X, Y, Z в пространстве.

Оптико-электронный элемент перемещается по оси X в горизонтальной плоскости, как показано на рис. 16. Механизм перемещения состоит из следующих элементов: шагового биполярного двигателя, направляющих, по которым передвигается каретка с прикреплённым к ней оптико-электронным элементом, и винтовой пары, передающей усилие от шагового двигателя к каретке.

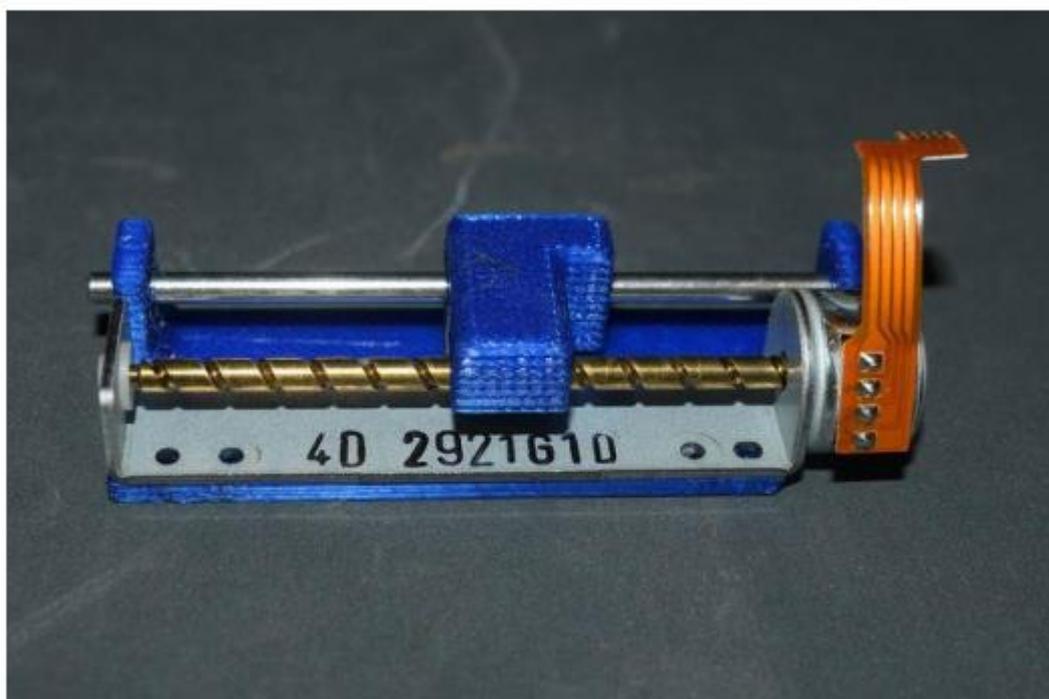


Рис. 17. Шаговый биполярный двигатель с винтовой парой.

Управление шаговым биполярным двигателем осуществляется с помощью драйвера L298D, имеющего два инвертируемых выхода. Драйвер подключён к Arduino Mega к четырём цифровым выводам, сконфигурированным как логический выход. Управляется драйвер инвертированием двух парных входов. Благодаря этому можно изменять количество шагов, скорость и направление вращения.

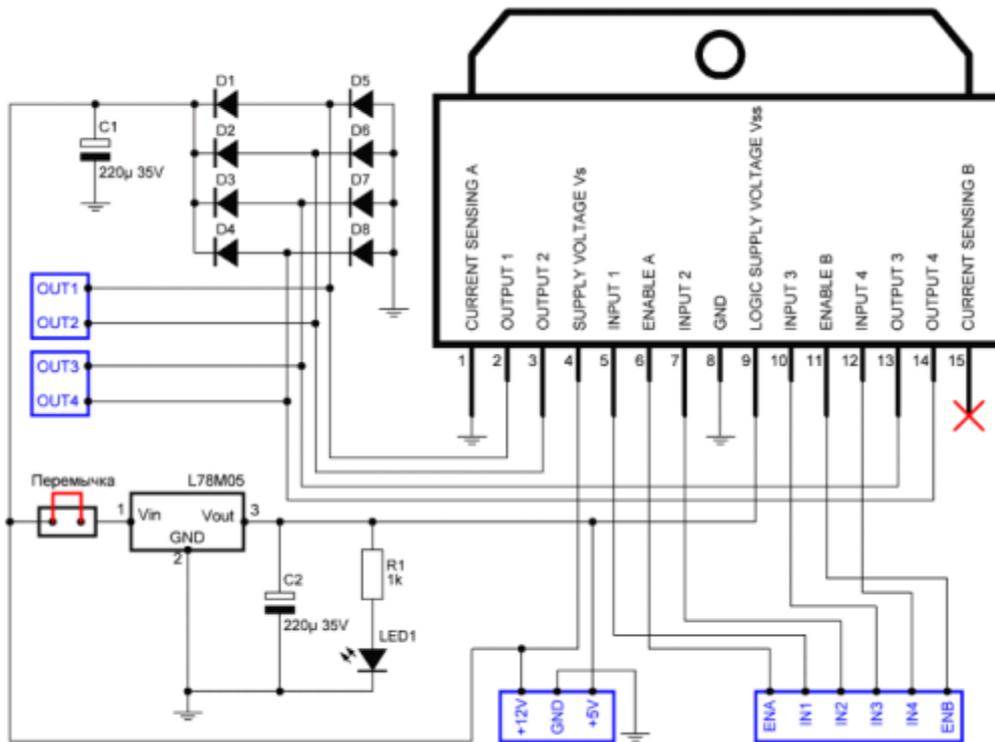


Рис. 18. Схема принципиальная драйвера L298D



Рис. 19. Драйвер шагового двигателя L298D

В нижней части основания горизонтально расположен стол, перемещающийся по оси Y.

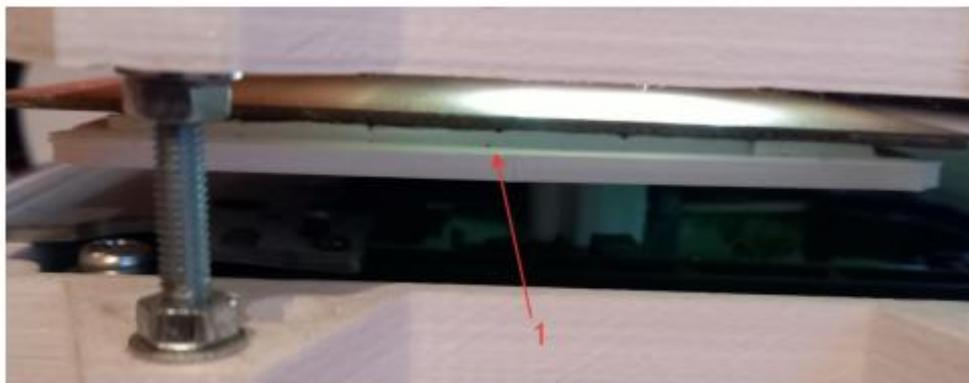


Рис. 20. Горизонтальный стол.

Перемещение стола происходит аналогично тому, как движется опико-электронный элемент. Стол закреплён на каретке, которая передвигается по двум направляющим при помощи шагового биполярного двигателя и винтовой пары. Управление двигателем происходит также с помощью драйвера, конечные точки и начало отсчёта тоже определяются щелевым датчиком, поэтому их конструкция совершенно идентична.

Модуль ввода-вывода информации состоит из следующих элементов:

жидкокристаллического дисплея, матричной клавиатуры, платы контроллера Arduino Uno. Клавиатура подключена к восьми цифровым выводам Arduino Mega.

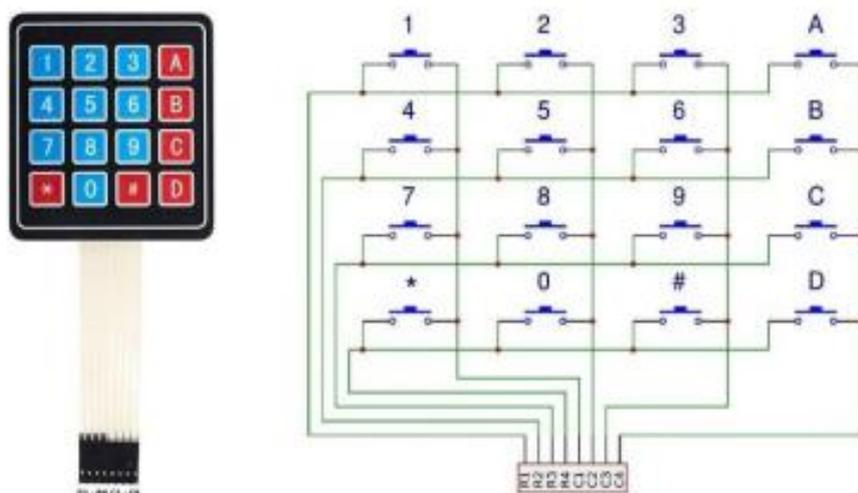


Рис. 21. Принципиальная схема клавиатуры 4 × 4.

Дисплей выполнен в форме шильда для платы Arduino Uno, поэтому он занимает практически все пины. Дисплей служит для вывода информации во время работы и при настройке устройства, при вводе данных с клавиатуры.

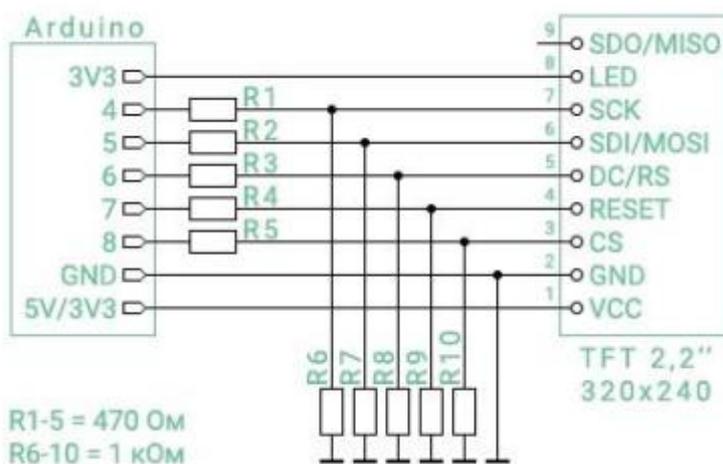


Рис. 22. Схема подключения дисплея.

Передача данных от платы Arduino Mega к плате Arduino Uno происходит с помощью шины UART через пины Tx и Rx, с общим GND для обеих плат.

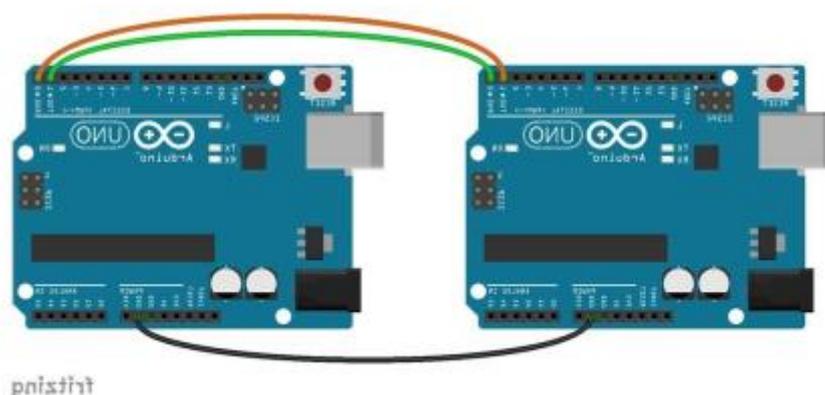


Рис. 23. Соединение плат для передачи данных.

1.2.4. Ход эксперимента и его результаты.

Для проведения эксперимента в качестве объекта контроля используется двухсторонний фольгированный текстолит для изготовления печатных плат. На одну из сторон нанесена крупная риска с помощью абразивного инструмента, на другую сторону – мелкая. Объект контроля располагается на горизонтальном столе, который передвигается по оси Y. Для дальнейшей настройки необходимо получить изображение на мониторе компьютера с помощью оптико-электронного элемента. С этой целью необходимо соединить цифровую камеру оптико-электронного элемента с одним из портов компьютера с помощью USB-кабеля. Изображение на мониторе воспроизводится с помощью приложения LevenhukLite, установленного на компьютере, и драйвера цифровой камеры. Также для получения изображения необходимо включить подсветку исследуемой поверхности.

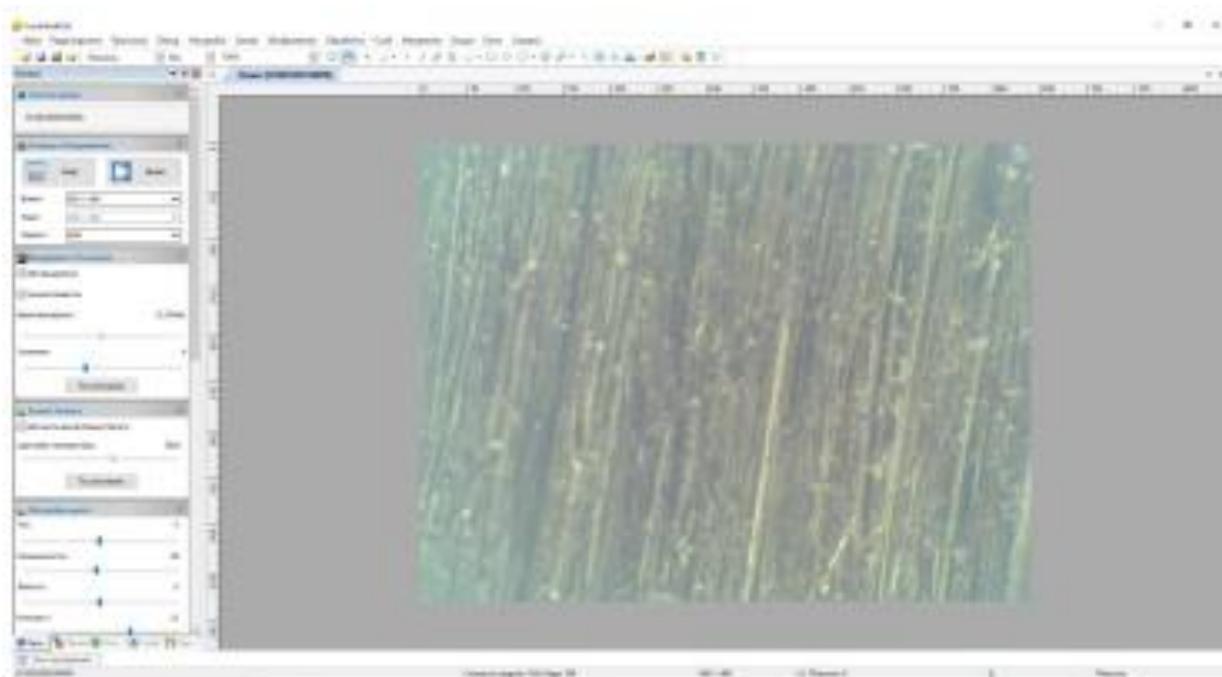


Рис. 24. LevenhukLite.

Далее необходимо отсканировать поверхность на заданном участке поверхности, так как изображение имеет микроскопический размер. Для сканирования нужно произвести либо видеозапись, либо большое количество отдельных кадров при перемещении оптико-электронного элемента относительно объекта контроля по осям X и Y. Так как в нашем распоряжении нет ни высокоскоростной камеры, ни оборудования для обработки изображения достаточной мощности, в ходе эксперимента мы пользуемся методом

покадровой съёмки. Для этого необходимо настроить пошаговое перемещение стола и оптико-электронного элемента относительно друг друга. Настройка выполняется при помощи панели управления роботизированного механизма.

Покадровое сканирование поверхности происходит в автоматическом режиме благодаря программной синхронизации роботизированного механизма и персонального компьютера.

LevenhukLite позволяет произвести настройку покадровой съёмки в автоматическом режиме.

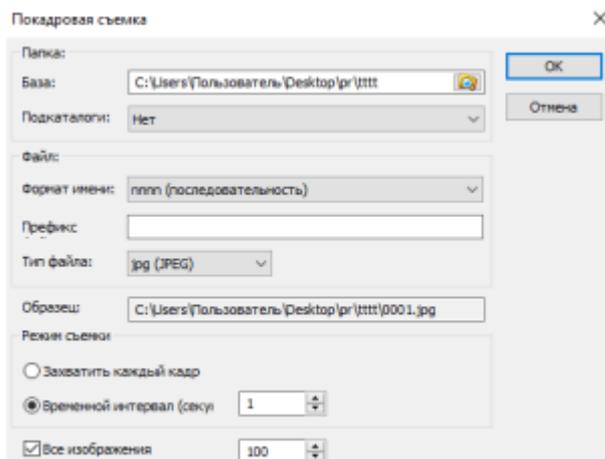


Рис. 25. Окно настройки покадровой съёмки в приложении LevenhukLite.

Далее для синхронизации приложения LevenhukLite и роботизированного механизма используется программный код на Python с использованием библиотек serial, keyboard и time.

```
1 import serial
2 import keyboard
3 from time import sleep
4
5
6 ser = serial.Serial('COM3', 9600)
7 print(1)
8 while (True):
9     cm = ser.readline()
10    cmr = cm.decode('utf-8')
11    if int(cmr) == 101:
12        break
13 print('-----')
14 print('Start')
15 ser.close()
16
17 keyboard.press("enter")
18 sleep(1)
19 keyboard.release("enter")
```

Рис. 26. Программный код синхронизации.

Благодаря программной синхронизации при нажатии клавиши Enter на панели управления роботизированного механизма происходит одновременный запуск передвижения и начала покадровой съёмки. Полученные изображения сохраняются в указанную папку.

Настройка подсветки области сканирования осуществляется с панели управления.

Используя вышеперечисленные функции, можно настроить конфигурацию подсветки, в которой каждый из светодиодов можно включать и выключать, а также менять его интенсивность свечения. Благодаря этому можно получить на поверхности границу света и тени.

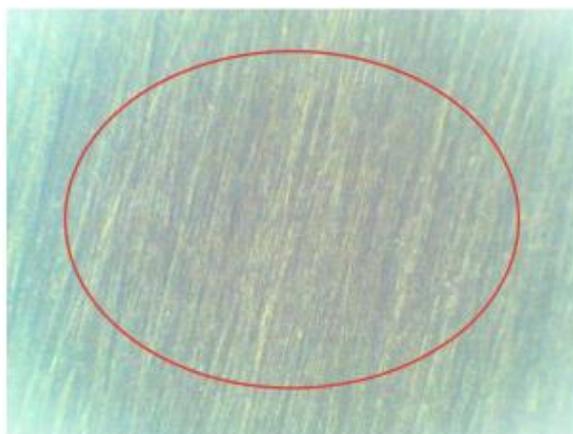


Рис. 27. Граница области света и тени на поверхности объекта контроля.

Как видно на рис. 27, в центре полученного изображения создаётся область полутени. В этой области прямой свет не попадает в глубину рисунок, что позволяет контрастировать изображение в центре.

Для дальнейшего проведения эксперимента необходимо идентифицировать изображение с помощью программного обеспечения. Изображение с цифровой камеры имеет формат RGB. Данная цифровая камера даёт изображение с разрешением 640×480 пикселей.

Так как для обработки полученных данных используется нейронная сеть, необходимо представить изображение в виде данных для входного слоя нейронов. Каждый пиксель в формате RGB имеет 3 параметра от 0 до 255; такие значения неприемлемы для входного слоя нейронной сети, их необходимо конвертировать до значения от 0 до 1. То есть количество нейронов входного слоя равно: $640 * 480 * 3 = 921\ 600$. Для обработки настолько огромных массивов данных требуется сложная нейронная сеть и соответствующие вычислительные мощности, что напрямую скажется на сложности и себестоимости метода контроля. По этой причине целесообразней найти закономерности, которые позволят свести количество нейронов входного слоя до минимального, а значит, получить в результате метод более прогнозируемый и надёжный.

На втором этапе эксперимента изображение было обработано с помощью библиотеки PIL для Python с целью усиления контрастности до максимальной.

```
img = img.convert("CMYK") # естественные цвета
img = img.convert("L") # оттенки чёрного и белого
img = img.filter(ImageFilter.SHARPEN) # овышение резкости
img = ImageEnhance.Contrast(img).enhance(100) # контрастность
img = ImageEnhance.Contrast(img).enhance(10)
```

Рис. 28. Преобразование изображения.

В результате вышеприведённого кода цветная модель изображения меняется на CMYK, его оттенки преобразуются в оттенки чёрного и белого, повышается резкость и контрастность.

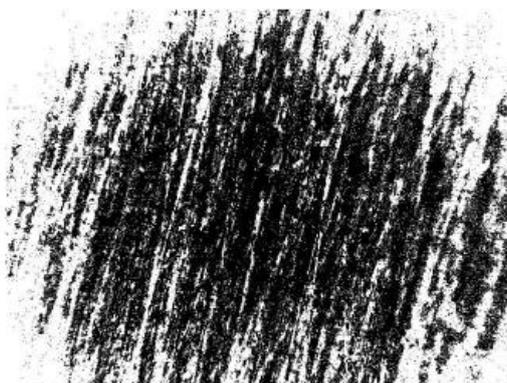


Рис. 29. Изменённое изображение

На данном изображении чётко выражена граница света и тени и область, находящаяся в полутени, показанные на рис. 29.

После анализа теоретических данных было принято решение использовать в качестве входных параметров для нейронной сети ширину самих рисок и ширину вершин этих рисок.

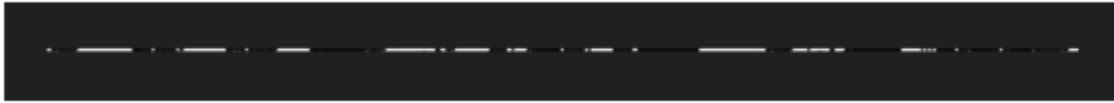


Рис. 30. Мелкая риска



Рис. 31. Крупная риска

Для задания входных параметров нейронной сети используется фрагмент изображения высотой 1 пиксель и шириной 420.

```
width, height = img.size
x = 110
x1 = width - 110
yc = random.randint(yn, yw)
img = img.crop((x, yc, x1, yc + 1))
```

Рис. 32. Код для обрезания изображения.

С помощью кода на Python изображение автоматически обрезается до нужных размеров.

```
def f1(a, b, l): # a b - входные
    n = [] # промежуточный слой
    n2 = [] # выходной слой
    k = 0
    for i in range(3):
        c = round(ex1((a * ves1[k]) + (b * ves1[(k + 1)])), roundxx) #нейрон
        k += 1
        n.append(c) # промежуточный слой новый
    k = 0
    if l == 1:
        for i in range(3):
            c = round(ex1((n[0] * ves2[k]) + (n[1] * ves2[k + 1]) + (n[2] * ves2[k + 2])), roundxx)
            k += 1
            n2.append(c)
        return n2 # выходной слой
    return n # промежуточный слой

def ex1(x): # экспонента и сигмоида
    return 1 / (1 + math.exp(-x))
```

Рис. 33. Фрагмент кода нейронной сети

```

for epoch in range(10000):
    print(epoch)
    for j in range(len(st)):
        wf = f1(st[j][0], st[j][1], 1) # конечный слой
        wfn = f1(st[j][0], st[j][1], 0) # промежуточный слой
        er2 = []
        bett11 = 0
        bett12 = 0
        for i in range(3): # проход по промежуточному
            if st[j][2] == 0: # если ответ должен быть равен 0
                er = (wf[0] - 1)
            else:
                er = (wf[0] - 0) # чтобы er был точно создан
            bett = er * wf[0] * (1 - wf[0])
            bett11 = bett
            #er2.append((ves2[i] * bett))
            ves2new.append(round((ves2[i] - (sshg * bett * wfn[i])), roundxx))
        kk1 = 0
        for i in range(3, 6):
            if st[j][2] == 0:
                er = (wf[1] - 0)
            else:
                er = (wf[1] - 1)
            bett = er * wf[1] * (1 - wf[1])
            bett12 = bett
            #er2.append((ves2[i] * bett))
            ves2new.append(round((ves2[i] - (sshg * bett * wfn[kk1])), roundxx))
            kk1 += 1
        #print(ves2new)
        for i in range(3):
            er2.append( ((bett11 * ves2[i]) + (bett12 * ves2[i + 3])) )
        kol = 0
        kol1 = 0
        for i in range(3):
            bett = er2[i] * wfn[i] * (1 - wfn[i])
            if kol % 2 == 0:
                kol1 = 0
            else:
                kol1 = 1
            vesp = ves1[kol] - (sshg * bett * st[j][kol1])
            ves1[kol] = round(vesp, roundxx)
            kol += 1
            if kol % 2 == 0:
                kol1 = 0
            else:
                kol1 = 1
            vesp = ves1[kol] - (sshg * bett * st[j][kol1])
            ves1[kol] = round(vesp, roundxx)
            kol += 1
        for i in range(3):
            ves2[i] = ves2new[i]
        ves2new = []
    
```

Рис. 34. Фрагмент кода для обучения нейронной сети

Для продолжения эксперимента необходимо провести обучение нейронной сети с помощью обучающего Dataset(a). Чтобы создать Dataset, было сделано по 100 кадров с мелкой и крупной рисккой. Так как в работе мы используем полоску высотой 1 пиксель, выборка производится из центральной части изображения высотой 101 пиксель.

Формирование обучающего Dataset(a) происходит с помощью программного кода: производится случайный выбор полосы высотой 1 пиксель из всего 101 изображения. Таким образом, формируется Dataset из 1000 элементов для каждого типа риска. После этого каждое изображение, входящее в Dataset, преобразуется в массив, содержащий значения количества последовательно идущих чёрных и белых пикселей, после чего мы упорядочиваем в порядке возрастания эти значения и берём из каждого массива медиану, соответствующую значению ширины риска и ширины вершины риска. После этого массив данных преобразуется в массив, состоящий из кортежей, где каждый состоит из кортежа данных и правильного ответа для этих данных. Количество кортежей в обучающем Dataset(e) составляет 2000.

В процессе обучения нейронной сети опытным путём было установлено необходимое количество эпох обучения, и оно составило 10 000.

После обучения нейронной сети был проведён ряд экспериментов по идентификации поверхности объектов контроля, в результате чего нейронная сеть безошибочно определила тип поверхности, крупную и мелкую риску.

В ходе эксперимента все цели, поставленные в начале работы, были достигнуты в полном объёме. Экспериментально-опытным путём было доказано, что роботизированный оптико-нейронный метод контроля безупречно работает.

Заключение

В заключение можно сказать, что роботизированный оптико-нейронный метод доказал своё право на существование. Этот метод обладает целым рядом преимуществ по сравнению с уже существующими методами, он отличается высокой производительностью и качеством, невысокими затратами. Для его реализации не требуется высокотехнологичных и дорогостоящих узлов. Наилучший результат применения достигается благодаря использованию для идентификации поверхности статистических методов, стандартной программной логики и нейронных сетей. Данный метод является перспективным для дальнейшей его доработки.

Ф. И. О. участника: Лутошкина Ксения Сергеевна

Название проекта: «Исследование факторов, влияющих на стабильность хранения красителей, на примере красителя Основного КРАТА БРАУН ДМА 9700, производимого в цехе № 15 АО «Пигмент»»

Статус участника: призёр

Введение

Данная работа проводилась на базе предприятия АО «Пигмент» по развивающемуся направлению «Органические красители».

Производство органических красителей является одним из стратегических направлений развития предприятия АО «Пигмент».

В ассортименте компании красители для различных отраслей промышленности:

- производство бумаги и картона;
- текстильных материалов;
- альтернативная область применения красителей – производство морилок, растворов для огне- и биозащиты, тосолов и др.

На данный момент наиболее актуальной задачей АО «Пигмент» и данного проекта является краситель основной коричневый КРАТА БРАУН ДМА 9700, а именно – его стабильность при хранении.

Стабильность красителя при хранении напрямую влияет на качество конечной продукции. Понимание факторов, которые могут способствовать или препятствовать их стабильности, позволит улучшить условия хранения и повысить срок службы выпускаемой продукции.

Цель: исследование факторов, влияющих на стабильность выпускной формы красителя Основного КРАТА БРАУН ДМА 9700.

Задачи:

- 1) посещение АО «Пигмент»;
- 2) изучение соответствующей литературы;
- 3) ознакомление с материалом, оборудованием и методиками работы;
- 4) исследование факторов, влияющих на стабильность жидкой выпускной формы основных красителей;
- 5) выявление наиболее благополучных условий, улучшающих стабилизацию выпускной формы при хранении.

Объект изучения: краситель Основной КРАТА БРАУН ДМА 9700.

Сроки выполнения: сентябрь 2024 – декабрь 2024 года.

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. Красители

Красители – химические соединения, которые интенсивно поглощают и преобразовывают энергию электромагнитного излучения в видимой и в ближних ультрафиолетовой и инфракрасной областях спектра и применяются для придания этой способности другим телам.

Отличительная особенность красителя – способность за счёт капиллярных и диффузионных процессов пропитывать окрашиваемый материал (например, текстиль, бумагу, мех, волосы, кожу, древесину, пищу – пищевые красители) и давать цвет по всему его объёму, фиксируясь тем или иным способом на активных центрах.

На сегодняшний день существует огромное количество красителей различной структуры и для различных областей применения. Классификация красителей крайне многообразна. Однако в данной работе исследуется класс основных красителей.

1.2. Основные красители

Основные красители – водорастворимые соли органических оснований, диссоциирующих в воде с образованием окрашенного катиона и бесцветного аниона (CH_3COO - и др.).

Область применения – окрашивание проклеенных и непроклеенных сортов бумаги с низким содержанием древесной массы или без неё (из целлюлозы и макулатуры).

1.3. Методы оценки качества

Для оценки качества основных красителей используются аналитические и колористические методы.

Аналитические методы:

- оценка массовой доли влаги, которую проводят гравиметрическим методом или с использованием влагоанализатора;
- оценка массовой доли NaCl в составе красителя методом титрования;
- с помощью ИК-спектрофотометра;
- метод тонкослойной хроматографии.

Колористические методы оценки проводятся на основе теории цветности.

В 1876 году О. Витт сформулировал хромофорно-ауксохромную теорию цветности, согласно которой красители состоят из ненасыщенных функциональных групп (хромофоров) и солеобразующих групп (ауксохромов), причём последние усиливают окраску и придают молекуле способность окрашивать.

Колористические характеристики оцениваются в системе CIE Lab, оценка проводится на уже окрашенном бумажном субстрате.

Система CIE Lab – это система цветовых координат, в которой по кругу располагается цвет (в радиальных координатах – тон), а по вертикали откладывается светлота (яркость).

В системе Lab три буквы означают три координаты: L – яркость цвета, которая измеряется от 0 до 100 %; а – диапазон цвета по цветовому кругу от зелёного значения -120 до красного +120; b – диапазон цвета по цветовому кругу от синего значения -120 до жёлтого +120.

1.4. Стабильность красителя

Помимо аналитических и колористических показателей качества, существует качественный показатель, такой как стабильность красителя при хранении. Под стабильностью красителя подразумевается сохранение колористической концентрации, оттенка и вязкости красителя неизменными в течение определённого промежутка времени.

Для основных красителей срок хранения должен составлять 12 месяцев.

Основными факторами, влияющими на стабильность основного красителя при хранении, являются:

- содержание массовой доли солей: в сольвенте красителя, в подцветках;
- условия хранения;
- качество воды;
- использование добавок.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. Перевод сольвента коричневого 12 в жидкую выпускную форму

Сольвент – промежуточный продукт, из которого при переводе в жидкую выпускную форму получается жидкий краситель, способный окрашивать бумажный субстрат.

Методика перевода (Приложение А):

- 1) в химический стакан загрузили сольвент коричневый 12, ледяную уксусную кислоту, ОС-20, дистиллят;
- 2) полученную реакционную массу перемешали лабораторным шпателем;
- 3) нагрели массу до 60 °С на водяной бане, накрыв стакан крышкой для предотвращения испарения уксусной кислоты;
- 4) выдержали в течение 1 часа при температуре 60 °С с периодическим перемешиванием реакционной массы.
- 5) по окончании выдержки полученный краситель основной коричневый перелили в пластиковую банку и охладили при комнатных условиях.

2. Исследование влияния NaCl на устойчивость красителя основного коричневого при хранении

Приготовили пробы жидкой формы красителей с вводом NaCl в различных массовых соотношениях 0,5 %, 1 %, 1,5 % (Приложение Б) и поставили на устойчивость при хранении с целью выявления пагубного влияния массовых долей солей в составе красителя.

Для исследования взяли красители на основе следующих сольвентов:

сольвент коричневый 41 производства АО «Пигмент» по модернизированной технологии;

сольвент коричневый 43 аналог от ф. «Патель»;

сольвент коричневый 12 перевод по соотношению сольвента 41;

сольвент коричневый 12 перевод по среднему соотношению оранжевого 3;

концентрат;

сольвент оранжевый 3.

Таблица № 1. Оценка образцов через 30 минут после ввода NaCl

Наименование	0,5 % NaCl	1 % NaCl	1,5 % NaCl
Сольвент коричневый 41 по технологии ф. «Хупс»	жидкий	жидкий	жидкий
Сольвент коричневый 43 «Патель»	жидкий	жидкий	жидкий
Сольвент коричневый 12 по соотношению коричневого 41	жидкий	жидкий	жидкий
Сольвент коричневый 12 перевод по среднему соотношению оранжевого 3	жидкий	жидкий	жидкий
Концентрат	жидкий	жидкий	замечен набор вязкости
Сольвент оранжевый 3	жидкий	жидкий	жидкий

По истечении недели проверили каждый из 18 образцов и определили, что в каждом образце, кроме сольвента коричневого 12 по соотношению коричневого 41, есть какой-либо осадок либо изменилась плотность, а в одном образце образовался на дне кристаллический осадок (Приложение В). Полученный кристаллический осадок измельчили в ступке и отсняли спектр на ИК-спектрофотометре. По полученным спектрам опознали, что данный кристалл является выпавшим сольвентом оранжевым 3.

Таблица № 2. Оценка образцов через 7 дней после ввода NaCl

Наименование	0,5 % NaCl	1 % NaCl	1,5 % NaCl
Сольвент коричневый 41 по технологии ф. «Хупс»	Подвижный верхний слой, на дне – мягкий осадок	Подвижный верхний слой, на дне – мягкий осадок	Подвижный верхний слой, на дне – мягкий осадок
Сольвент коричневый 43 «Патель»	Подвижный	Подвижный	Подвижный
Сольвент коричневый 12 по соотношению коричневого 41	Жидкий	Жидкий	Жидкий
Сольвент коричневый 12 перевод по среднему соотношению оранжевого 3	Набирает вязкость, осадка нет	Набирает вязкость, осадка нет, вязкость выше, чем проба с 0,5 % NaCl	Без осадка, самая большая вязкость среди проб
Концентрат	На дне образуются сгустки, набор вязкости	На дне образуются сгустки, набор вязкости	На дне образуются сгустки, набор вязкости
Сольвент оранжевый 3	Жидкий, на дне – осадок в виде кристаллов	Проба жидкая, на дне – осадок в виде кристаллов	Проба жидкая, на дне – мягкий осадок

3. Методика крашения бумажной массы

1. Подготовка бумажного субстрата для крашения:

- 1) взяли бумажную массу определённого состава (МС-5Б, НБСФИ, БСФА, целлюлозу, ХТММ, ТММ и др.) и взвесили на аналитических весах – необходимый вес 500 г;
- 2) данную бумагу замочили в дистиллированной воде с дополнительным смешиванием и измельчением древесной массы (даётся время для набухания бумажной массы, чтобы наиболее сильно произошло расхождение массы на волокна) (Приложение Г).

2. Подготовка красящего раствора (Приложение Д):

- 1) на аналитических весах отмерили краситель в количестве 1 г;
- 2) полученную массу перенесли в мерную колбу на 100 мл и довели дистиллированной водой до риски;
- 3) тщательно перемешали.

3. Крашение (Приложение Е):

- 1) с помощью пипетки на 1 мл отобрали необходимо количество красящего раствора;
- 2) ввели в 50 мл бумажной массы и тщательно перемешали в течение 2 минут;
- 3) из окрашенной бумажной массы отобрали 10 мл пробы и разбавили их дистиллированной водой до 100 мл;
- 4) полученную бумажную массу профильтровали под вакуумом.

4. Фильтрация (Приложение Ж):

- 1) для фильтрации использовали воронку Бюхнера и колбу Бунзена, в которые перенесли массу и профильтровали через двойной фильтр;
- 2) когда бумажная масса достаточно отжалась и начала подсыхать на фильтре, достали выкраску из воронки.

5. Высушивание:

прогладили утюгом выкраску до полного высыхания.

6. Исследование выкраски на спектрофотометре:

провели измерения колористических показателей полученной выкраски относительно эталона путём аппаратурного измерения на спектрофотометре, а также визуальной оценки (Приложение З).

4. Определение влияния содержания массовой доли солей в подцветках

Краситель основной КРАТА БРАУН ДМА 9700 является рецептурным красителем, то есть за основу берётся коричневый краситель и оттенок доводится до требуемых колористических показателей методом ввода подцветок, уводящих краситель в зелёно-красную и сине-жёлтую сторону соответственно, с координатами цвета по системе CIE Lab.

По данным лаборатории, краситель основной КРАТА БРАУН ДМА 9700 состоит из коричневой основы с зелёной и фиолетовой подцветкой. Однако зелёный краситель содержит крайне большое количество солей, что негативно сказывается на устойчивости красителя при хранении и дополнительно освещено в п. 1 данной работы.

Таблица № 3. Содержание массовой доли NaCl в составе подцветок

Наименование	Массовая доля NaCl, %
Краситель основной зелёный 1	10,9
Краситель основной зелёный 4	9,2
Краситель основной фиолетовый 3	2,9
Краситель основной синий 7	2,9

В предыдущем пункте, с высаливанием жидких форм, мы определили, что наиболее устойчивым к солям является сольвент коричневый 12 с переводом по соотношению сольвента коричневого 41.

Однако, кроме сольвента коричневого 12, также было принято решение провести проверку на сольвенте коричневом 43 и концентрате красителя коричневого.

При этом было наведено по 2 лабораторных образца на каждый вид красителя с различной загрузкой подцветок. В первом случае в качестве подцветок загружались краситель основной фиолетовый и основной зелёный, во втором случае были загружены

краситель основной синий и основной зелёный. Полученные рецептурные красители были доведены до эталона цвета по цветовым координатам L, a, b и по визуальной оценке и оставлены на хранение.

Через 2 недели была проведена аппаратурная и визуальная оценка красителей по слоям с целью определения расслоения красителя (Приложение И).

По полученным данным определено, что наличие в составе рецептуры красителя основного синего приводит к смещению цвета при хранении, для всех выбранных коричневых красителей – в жёлтую сторону. При этом, помимо желтизны для сольвента коричневого 43, проявляется также разнооттеночность по слоям.

Таблица № 4. Колористическая оценка лабораторных образцов при подборе подцветок, определение влияния подцветок на стабильность при хранении.

Основа цвета	Вводимые подцветки	Забор пробы	L	a	b	I, %
Эталонный образец	-	-	74,23	0,48	11,50	
Сольвент коричневый 43	Фиолетовый 3 Зелёный 4	верх	72,25	0,71	13,86	
		низ	71,82	0,35	13,74	103,4
	Синий 7 Зелёный 1	верх	74,74	1,28	15,53	
		низ	77,56	1,64	15,17	77
Сольвент коричневый 12	Фиолетовый 3 Зелёный 4	верх	76,61	-1,71	10,45	
		низ	76,19	-1,31	11,04	105,4
	Синий 7 Зелёный 1	верх	79,4	0,64	11,96	
		низ	79,26	0,45	12,04	101,7
Концентрат	Фиолетовый 3 Зелёный 4	верх	75,15	0,55	11,54	
		низ	74,56	0,26	10,76	103,4
	Синий 7 Зелёный 1	верх	75,98	3,65	13,65	
		низ	76,33	3,32	14,05	98

5. Влияние различных добавок на стабильность красителя при хранении

Перевод 4 образцов в жидкую выпускную форму сольвента коричневого 12 (Приложение К):

1. В 1 и 2 образцы сольвента коричневого 12 ввели пищевую добавку E471, данная добавка является эмульгатором.

В 1 образец добавили 3 % добавки, во второй образец – 1,5 % добавки.

В 3 образец вместо препарата ОС-20 добавили соевый лецитин.

В 4 образце оставили в составе препарат ОС-20 и добавили соевый лецитин.

2. Затем нагрели воду до 60 °С, нагрев реакционной массы провели на водяной бане для избежания локальных перегревов.

3. Выдержали после перевода в жидкую форму в течение 40 минут, затем перелили образцы в пластмассовые ёмкости и дождались остывания.

4. Через неделю мы взяли пробу для крашения с нижнего и верхнего слоёв 3 и 4 образцов. В образцах 1 и 2 (с добавкой E471) была взята средняя проба по причине сильного набора вязкости образцов. Для сравнения с данными пробами была взята проба с красителя коричневого 12. По ранее описанной методике в пункте 3 было проведено окрашивание каждого образца.

Таблица № 5. Колористическая оценка лабораторных образцов при подборе добавок, определение влияния подцветок на стабильность при хранении.

Основа цвета	Вводимые подцветки	Забор пробы	L	a	b	I, %
Эталонный образец	-	-	79,79	9,92	18,01	
Образец №1	E471, 3 %	Средняя проба	77,45	11,18	18,81	127
Образец №2	E471, 1,5 %	Средняя проба	77,80	11,36	18,40	112
Образец №3	Соевый лецитин	Верх	78,84	10,12	18,89	116
		Низ	77,89	10,76	18,34	119
Образец №4	Соевый лецитин + препарат ОС-20	Верх	77,03	11,74	19,37	131
		Низ	75,94	13,09	20,31	138

По полученным данным красителей, переведённых с различными добавками, сделали выводы, что образцы 1, 2 и 4 неустойчивы при хранении даже без ввода подцветок и непригодны для использования в смесевых рецептурах. При этом добавка E471 переводит

краситель основной коричневый 12 в желированную форму, в то время как смесь добавок соевого лецитина и препарата ОС-20 не даёт набора вязкости в течение 7 дней, однако не снижает разнооттеночность по слоям, лишь ускоряя её появление.

Образец № 3, приготовленный только на соевом лецитине, не показал значительной разнооттеночности по слоям. Разница в концентрации в 3 % является незначительной. При проверке образца № 3 через 2 недели образец зажелировался.

6. Влияние воды на стабильность красителя при хранении

Провели перевод в жидкую выпускную форму сольвента коричневого 12 на бидистилляте и на артезианской воде для проверки влияния воды на стабильность красителя при хранении.

Образец на артезианской воде зажелировался через 5 дней.

Таблица № 6. Колористическая оценка образца на бидистилляте, определение влияния воды на стабильность при хранении.

Основа цвета	Вводимые подцветки	Забор пробы	L	a	b	I, %
Эталонный образец	-	-	77,69	11,81	19,01	
Образец на бидистилляте	Крашение через 7 дней	верх	77,23	12,35	20,21	
		низ	77,55	11,96	20,30	97,5
	Крашение через 14 дней	верх	77,59	13,27	19,81	
		низ	77,73	11,34	20,05	95,8

При замене дистиллята на бидистиллят устойчивость при хранении не улучшилась.

ВЫВОДЫ:

1. Изучена методика перевода в жидкую форму сольвента коричневого 41 и сольвента коричневого 12 в различных компонентных соотношениях.

2. Изучена методика крашения бумажной массы.

3. Проведена проверка влияния содержания массовой доли солей на устойчивость красителя при хранении. Подтверждено пагубное влияние соли на краситель даже в количестве 0,5 %. Наиболее устойчивым к содержанию солей является сольвент коричневый 12 при переводе в жидкую форму по соотношению сольвента коричневого 41.

4. Проведена проверка влияния массовой доли солей в подцветках при изготовлении смесевых рецептур. Выявлены подцветки с наименьшим содержанием солей – основной синий 7, подобраны смесевые рецептуры под эталон красителя основного КРАТА БРАУН ДМА 9700, поставлены на хранение.

При проверке качества при хранении определено следующее – подцветка основной синий 7 смещает оттенок в жёлтую сторону, также наблюдается разнооттеночность по слоям.

5. Провели поиск и замену добавок при переводе сольвента коричневого 12 в жидкую выпускную форму. Пищевая добавка E471 приводит к желированию образца в короткие сроки. Использование комплекса добавок препарата ОС-20 и соевого лецитина, а также замена препарата ОС-20 на соевый лецитин не решает проблему разнооттеночности.

6. Определено влияние воды на стабильность красителя при хранении. При использовании артезианской воды краситель желируется в течение 5 дней.

При замене дистиллята на бидистиллят улучшения качества при хранении не обнаружено.

Список литературы:

1. Основные красители. Большая российская энциклопедия.
2. «Пигмент» презентовал органические красители для ЦБП – UpackUnion.
3. Производство пигментов, красителей, грунтовок, эмали оптом. Завод АО «Пигмент».
4. Свидетельство о госрегистрации RU.68.01.03.008.E.000018.11.22 | Краситель основной. КРАТА БРАУН | Реестр СГР 2024.
5. Синтетические красители. Большая российская энциклопедия.
6. Химия красителей и крашения.

Приложение А



Рис. А.1. Реакционная масса до нагрева



Рис. А.2.-А.3. Реакционная масса на водяной бане

Приложение Б



Рис. Б.2. Жидкая форма сольвента



Рис. Б.3. Хлорид натрия (NaCl)

Приложение В



Рис. В.1. Кристаллический осадок



Рис. В.2. Измельченный осадок

Приложение Г



Рис. Г.1. Измельченная бумажная масса

Приложение Д



Рис. Д.1. 1 г красителя



Рис. Д.2. Перенос красителя в мерную колбу

Приложение Е



Рис. Е.1. Перенос красителя в бумажную массу



Рис. Е.2. Окрашенная бумажная масса

Приложение Ж



Рис. Ж.1. Окрашенная бумажная масса в воронке Бюхнера до фильтрации



Рис. Ж.2. Окрашенная бумажная масса в воронке Бюхнера после фильтрации

Приложение З



Рис. 3.1. ИК-спектрометр

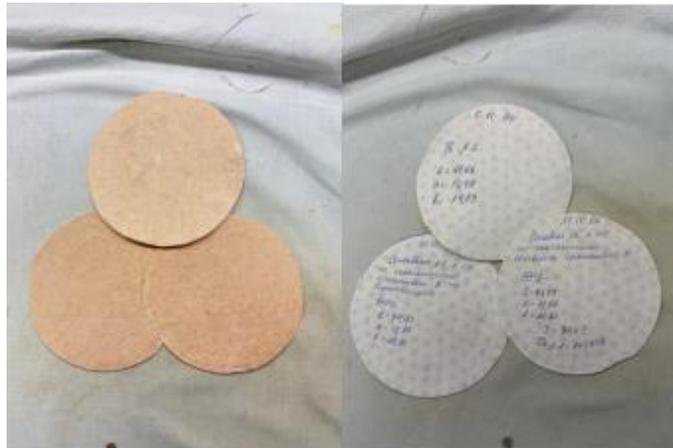


Рис.3.2. – 3.3. Полученные выкраски

Приложение И

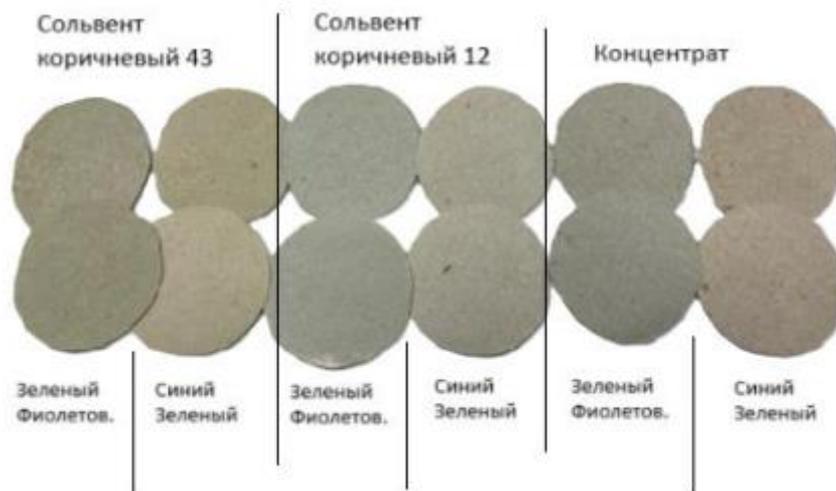


Рис. И.1. Сравнение выкрасок



Рис. К.1. E471+ дистиллированная вода



Рис. К.2.-К.3. Образцы с добавками на водяной бане



Рис. К.4. Образцы с добавками в пластмассовых емкостях



Рис. К.5. Взятие пробы сверху



Рис. К.6. Взятие пробы снизу

Ф. И. О. участника: Макарова Алина Васильевна
Название проекта: «Реверс-инжиниринг и оптимизация БПЛА самолётного типа»
Статус участника: призёр

Введение

Одной из основных стратегий научно-технического развития страны до 2035 г. является «Национальная технологическая инициатива», предусматривающая развитие рынка разработки и производства беспилотных летательных аппаратов. Перспективными сегментами рынка являются транспортные перевозки, контроль и мониторинг обстановки, а также поиск и спасение людей. Прогнозируется появление большого числа проектов летательных аппаратов с различной аэродинамической формой [1]. Это становится мощным толчком для развития отечественных технологий, повышая их конкурентоспособность на мировом рынке производства. Но когда всё уже «придумано и собрано», а создать революционное устройство, не имеющее аналогов на рынке, практически невозможно, инженерная работа состоит в том, чтобы улучшить уже имеющуюся технологию. Одним из способов добиться улучшения характеристик того или иного продукта является оптимизация существующих конструкций на основе технологий реверс-инжиниринга.

Актуальность данной работы заключается в стремительном развитии индустрии беспилотных летательных аппаратов (БПЛА): не прекращается поиск оптимальных конструкций и новых форм для повышения лётных характеристик проектируемых аппаратов. Даже незначительные улучшения могут дать серьёзное преимущество в борьбе на мировом рынке производства [6].

Наиболее эффективным способом повышения аэродинамических характеристик БПЛА является оптимизация его геометрических характеристик. При таком подходе нет необходимости в изменении уже созданных производственных цепочек, отладка которых занимает значительное время. С другой стороны, процедуру оптимизации во многих случаях невозможно осуществить из-за отсутствия качественной трёхмерной параметрической модели. Для решения данной проблемы мы воспользовались системой автоматизированного проектирования SolidWorks, позволяющей сделать трёхмерную параметрическую модель БПЛА самолётного типа.

На примере нашего исследовательского проекта «Реверс-инжиниринг БПЛА самолётного типа» мы расскажем о том, как это удалось реализовать и какие результаты были достигнуты.

Объект исследования: существующая конструкция БПЛА типа «летающее крыло».

Предмет исследования: оптимизация конструкции на основе реверс-инжиниринга существующей конструкции БПЛА и математического моделирования.

Гипотеза: внесение обоснованных изменений в геометрию деталей БПЛА может повысить эффективность всей конструкции с точки зрения уменьшения сопротивления и, соответственно, повышения автономности полёта.

Цель исследования: оценка эффективности конструкции БПЛА на основе анализа её твердотельной параметрической 3D-модели.

Задачи исследования:

- 1) провести анализ литературы;
- 2) провести 3D-сканирование существующей конструкции БПЛА для получения её полигональной модели;
- 3) на основе полигональной модели построить твердотельную параметрическую 3D-модель деталей «Фюзеляж» и «Крыло»;
- 4) реализовать численные газодинамические расчёты полученной 3D-модели БПЛА (нахождение полей скоростей и давлений);
- 5) изменить конструкцию детали «Фюзеляж» с целью уменьшения сопротивления;
- 6) изготовить прототип оптимизированной конструкции БПЛА с помощью технологии 3D-печати (Fused Deposition Modeling).

Методы исследования: теоретические – изучение и анализ литературы и интернет-источников, синтез, обобщение; практические – 3D-сканирование, 3D-моделирование, математическое моделирование, 3D-печать FDM.

Используемые ресурсы: БПЛА Skywalker X8, 3D-сканер EinScan Pro 2X Plus, компьютер, программное обеспечение SolidWorks с модулем Flow Simulation, 3D-принтер Elegoo Neptune 3, PLA-пластик.

Патентный поиск показал наличие большого количества агродронов, однако ни в одном из них не содержится информации о деталях конструкции.

Результатом исследования является твердотельная параметрическая 3D-модель БПЛА самолётного типа.

Работа выполнена на 21 странице, рисунков – 19, таблиц – 1, приложений – 2.

Раздел 1. Беспилотные летательные аппараты, основные понятия

1.1. Классификация БПЛА

С каждым днём технический прогресс не стоит на месте. В робототехнике и инженерии появляются новейшие перспективные открытия, которые могут решить обширный спектр задач и максимально упростить труд человека в повседневной деятельности, сэкономить финансы и время. Создание беспилотного летательного аппарата – это одно из самых перспективных разработок. История создания БПЛА началась с восстания 1849 года в Венеции. Венецианцы провозгласили независимость, и город был взят в осаду. Артиллерийские войска не могли эффективно наносить удары из-за особенностей рельефа. Лейтенант австрийской артиллерии Франц фон Юхатик предложил нанести бомбардировочный удар с аэростатов. На борту аэростатов были бомбы с шрапнелью и механизмы, которые сбрасывали их в необходимый момент. Данный случай является первым в истории официально задокументированным свидетельством использования беспилотных летательных аппаратов [2]

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) – воздушное судно без экипажа на его борту. В зависимости от характеристик существует несколько принятых классификаций БПЛА. Основными из них являются классификации по способу старта, по назначению, по классам относительно взлётной массы, по типу системы управления и по направлению взлёта.

Однако самой важной является классификация по особенностям конструкции БПЛА. На основе данной классификации выделяют:

– Аэростатические БПЛА. Аэростаты имеют оболочку, заполненную газом или нагретым воздухом, для создания подъёмной силы. Используются для долгосрочного наблюдения, связи, метеорологии и других задач.

– Реактивные БПЛА. Реактивные БПЛА (управляемые ракеты) передвигаются в пространстве за счёт действия реактивной тяги двигателей автономно или под внешним управлением. Используются в основном как средства поражения наземных и воздушных целей.

– БПЛА самолётного типа. БПЛА с фиксированным крылом способны летать благодаря подъёмной силе, создаваемой аэродинамической формой крыла при движении вперёд с определённой скоростью, развитие которой достигается различными способами.

Применяются для разведки, наблюдения, нанесения ударов по наземным и воздушным целям.

– БПЛА вертолётного типа (однороторные). Однороторные БПЛА, подъёмная сила и тяга для поступательного движения создаётся с помощью двух несущих винтов или пары – несущего и рулевого. Из-за дороговизны и сложности в управлении используются только в качестве малогабаритных средств ближней разведки.

– Мультикоптерные БПЛА (мультироторные). К мультикоптерным относятся БПЛА, имеющие 2 и более независимых несущих винта. Реактивные моменты уравниваются за счёт вращения винтов попарно в разные стороны. Используются для разведки, корректировки, ретрансляции и нанесения ударов по наземным целям [8].

1.2. Применение БПЛА самолётного типа

Беспилотные летательные аппараты самолётного типа представляют собой мощный инструмент для решения различных задач в различных областях деятельности. Их гибкость, манёвренность, высокая точность и возможность автономной работы делают их незаменимым ресурсом для повышения производительности, эффективности и безопасности. БПЛА самолётного типа являются одним из наиболее инновационных и перспективных технологических достижений последних лет. Они находят всё большее применение в различных сферах деятельности, обеспечивая эффективное и экономичное выполнение различных задач.

БПЛА самолётного типа широко применяются в таких сферах, как аэрофотосъёмка и картографирование: дроны используются для проведения аэрофотосъёмки для создания цифровых карт, навигации, мониторинга местности, исследования геологических процессов и обеспечения безопасности авиации. Они позволяют получать высококачественные изображения с высоты, что особенно важно для геодезических и картографических работ. Таким образом, главное преимущество аэрофотосъёмки с дрона – в том, что она более детальная, чем съёмка со спутника, за счёт не такой большой высоты полёта. Кроме того, беспилотные системы позволяют снимать даже в условиях порывистого ветра и облачности [3].

В сельском хозяйстве беспилотники данного типа нашли своё применение за счёт высоких показателей аэродинамики. Они являются наиболее удобным вариантом для облёта больших территорий, подходят для мониторинга протяжённых объектов, определения дефектов посева и проблемных участков, выявления необходимости полива, распыления удобрений и пестицидов. Устройства могут собирать данные о почве и растительных культурах, которые затем позволяют контролировать урожайность. Также такие беспилотники используются для выявления отклонений и нарушений, допущенных в процессе агротехнических работ. Таким образом, БПЛА данного типа помогают сельскохозяйственным предприятиям повысить эффективность производства и снизить расходы [4].

Также БПЛА самолётного типа применяются для охраны окружающей среды: контроля загрязнения воздуха и воды, обнаружения лесных пожаров, мониторинга диких животных и растений, а также для реагирования на экологические катастрофы.

Помимо вышеперечисленных сфер применения таких беспилотников, они также используются в медицине и спасательных операциях. БПЛА доставляют медикаменты и медицинское оборудование в отдалённые или труднодоступные районы, а также их применяют для организации спасательных операций в условиях стихийных бедствий.

Также БПЛА самолётного типа – один из самых динамично развивающихся сегментов вооружения и вспомогательной военной техники. Беспилотники могут выполнять миссии в зоне боевых действий без риска для жизни пилотов, а также использоваться для обнаружения источников опасности, в разведке и т. п.

Таким образом, беспилотные летательные аппараты самолётного типа – это универсальный инструмент, который нашёл применение во многих сферах. Дроны повышают эффективность многих процессов, а их применение уже приносит реальную пользу разным индустриям.

1.3. Конструктивные особенности БПЛА самолётного типа

Такой тип аппаратов известен также как БПЛА с жёстким крылом (с англ. – fixed-wing UAV). Аппараты такого типа, как правило, отличаются большой длительностью полёта, большой максимальной высотой полёта и высокой скоростью. Существует большое разнообразие подтипов БПЛА самолётного типа, различающихся по форме крыла и фюзеляжа. Практически все схемы компоновки самолёта и типы фюзеляжей, которые встречаются в пилотируемой авиации, применимы и в беспилотной. Конструкция беспилотников самолётного типа:

1. Крылья: БПЛА обычно имеют аэродинамические крылья, которые обеспечивают подъёмную силу (за счёт напора воздуха) и управление во время полёта. Крылья могут быть различных форм и размеров в зависимости от конкретной модели.

2. Фюзеляж: это основная оболочка, которая обеспечивает защиту внутренних компонентов и электронику от воздействия внешних факторов. Он обычно имеет аэродинамическую форму для снижения сопротивления воздуха и выполнен из лёгких и прочных материалов, таких как углепластик или алюминий. Фюзеляж также содержит различные крепления и монтажные площадки для модулей, датчиков и других компонентов.

3. Источник энергии: необходим для работы двигательной установки. Одной из самых важных характеристик БПЛА является продолжительность полёта, а она напрямую зависит от количества доступной энергии на борту и эффективности её использования. Сейчас наиболее широко распространены два варианта: бензин и аккумуляторные батареи. Кроме того, иногда используют топливные элементы: газ, керосин, дизельное топливо [7].

4. Двигатели: двигательная установка преобразует энергию источника в механическую, непосредственно приводя в движение беспилотник. БПЛА могут быть оснащены различными двигателями, такими как двигатели внутреннего сгорания, турбореактивные, электрические. То, каким конкретно двигателем оснащён БПЛА, определяет ряд факторов: размер и масса самого беспилотника, требуемая дальность полёта и время нахождения в воздухе, скорость полёта, требования к уровню шума и цель применения беспилотника.

5. Управление: управление БПЛА самолётного типа может осуществляться различными способами. Основным способом является ручное управление. Принцип работы заключается в том, что оператор непосредственно управляет БПЛА через пульт управления, используя джойстики, рычаги и кнопки для контроля рулей, двигателей и других исполнительных механизмов. Также достаточно популярным способом управления беспилотников выступает автоматическое управление (автопилот). Автопилот – это система, которая обеспечивает выполнение параметров полёта (точка назначения, высота, скорость и так далее), задаваемых оператором. Также существует полуавтоматическое (гибридное) управление, которое сочетает в себе ручное и автоматическое управление. В настоящее время активно развивается управление беспилотниками с помощью искусственного интеллекта (AI). Благодаря использованию алгоритмов машинного обучения БПЛА способен самостоятельно принимать решения о выборе маршрута и выполнении задач в зависимости от текущей ситуации.

1.4. Реверс-инжиниринг в машиностроении

Реверс-инжиниринг, также известный как обратное проектирование, представляет собой процесс разработки проекта деталей или изделий при отсутствии чертежей или документации, то есть процесс создания цифровой модели изделия. Данная модель содержит в себе полное описание геометрии объекта в формате 3D-модели. Полученные данные применяются для создания чертежей, конструкторской документации, модификации или проверки объекта. Также созданная цифровая модель САД позволяет изменить и оптимизировать эти детали, чтобы увеличить их срок службы или добавить дополнительные функции. Этот метод находит применение во множестве отраслей промышленности [5].

Процесс реверс-инжиниринга представляет собой обработку исходных данных об объекте в системах автоматизированного проектирования (САПР), также известных как computer-aided design (CAD). Это специальное программное обеспечение для компьютерного проектирования объектов. Примерами таких программ являются: КОМПАС-3D, Geomagic Design, SolidWorks, Siemens NX и так далее. Для создания цифровой модели в САПР необходимо получить исходные данные об объекте.

Существуют два основных метода получения исходных данных об объекте:

– Классический метод измерения. Классический метод измерения подразумевает собой получение размеров с помощью ручных измерительных инструментов, таких как штангенциркуль, нутромер, транспортир, микрометр, резьбомер, поверочная плоскость и других. Затем на основе полученных измерений создаётся 3D-модель. К сожалению, с помощью данного метода измерения не всегда возможно получить полную

информацию о геометрии детали. Не все поверхности возможно измерить, используя классические методы измерения.

– 3D-сканирование. Оно позволяет описать сложную геометрию объекта с высокой точностью. Производится сканирование объекта с помощью выбранного 3D-сканера. В зависимости от размеров и сложности объекта может быть использован ручной сканер, лазерный сканер или сканер структурированного света. В ходе сканирования устройство регистрирует трёхмерные координаты миллионов точек, создавая соответствующее облако точек. Далее следует конвертация облака точек в полигональные модели, как правило, на основе треугольной сетки. После получения полигональной модели на её основе создаётся параметрическая твердотельная модель, которая в дальнейшем может быть использована для обработки в системах инженерных расчётов (САЕ-системах).

Полученные твердотельные модели имеют множество вариантов использования. К примеру, это создание технической документации и чертежей, ремонт и модификация объектов реверсивного инжиниринга, производство изделий методом аддитивных технологий или систем с ЧПУ, моделирование физических процессов [9].

Раздел 2. Создание твердотельной параметрической 3D-модели БПЛА

2.1. 3D-сканирование существующей конструкции БПЛА

Первым этапом нашей работы при создании твердотельной параметрической модели было 3D-сканирование. В качестве объекта сканирования была выбрана существующая конструкция БПЛА, которая состояла из фюзеляжа и крыльев. Сначала мы отсканировали фюзеляж. Для сканирования мы использовали ручной 3D-сканер EinScan Pro 2X Plus. Перед началом работы необходимо было нанести специальные маркеры в виде наклеек для позиционирования объекта в пространстве и сшивания сканов. На весь фюзеляж беспилотника у нас ушло около 50 маркеров и 2 часа работы [Приложение 1].

В результате сканирования получили облако точек в пространстве, который конвертировали в объёмную полигональную трёхмерную модель в формате STL.

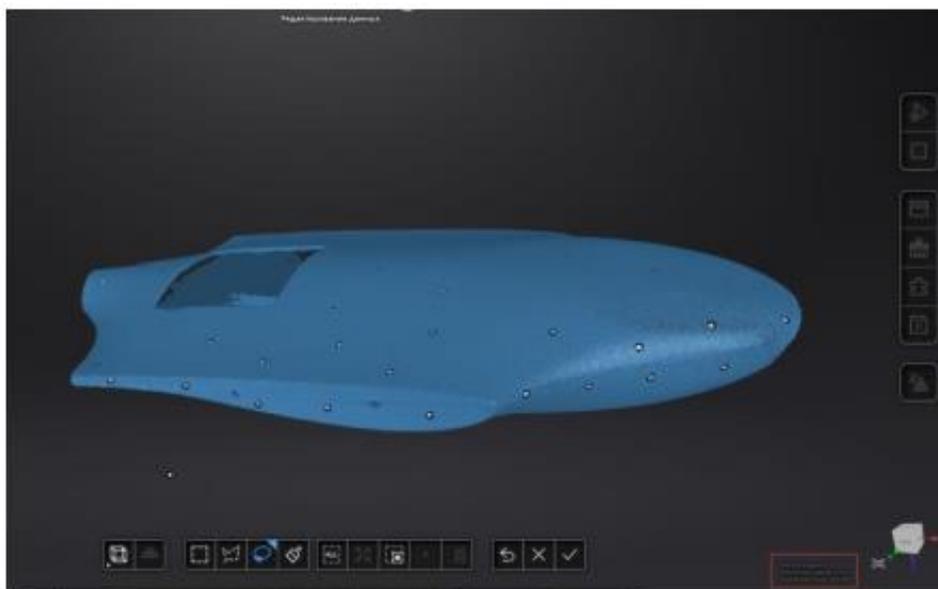


Рис. 1. Отсканированная модель (550 тысяч точек)

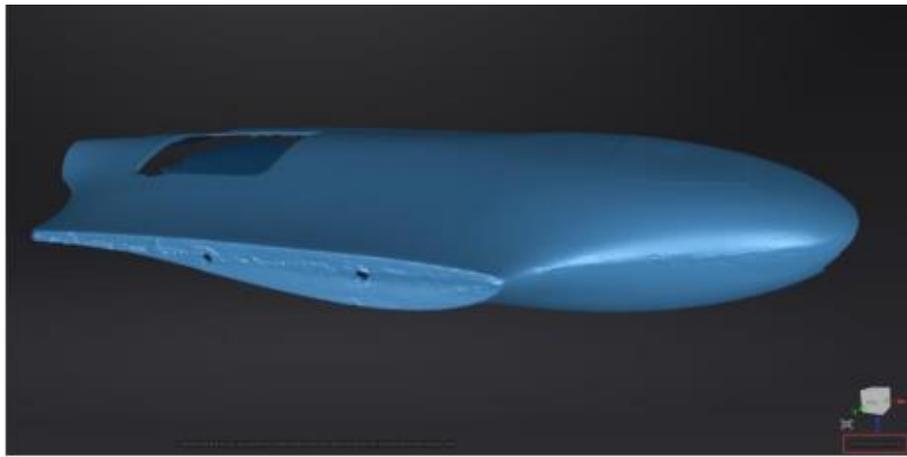


Рис. 2. Полигональная сетка на основе треугольников (около 100 тысяч полигонов)

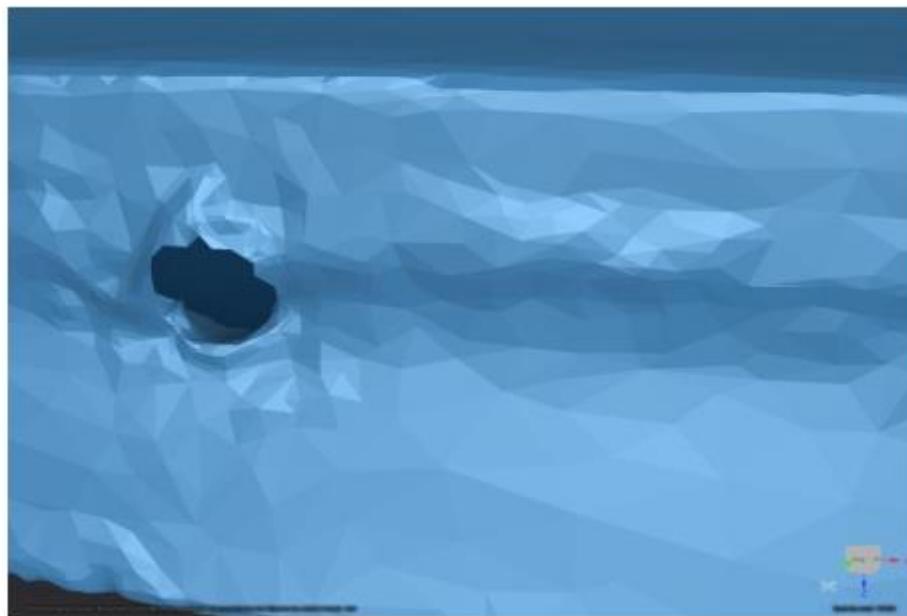


Рис. 3. Полигональная сетка при увеличении

Далее мы проводили операции постобработки сетки: сглаживание, оптимизацию, уменьшение числа полигонов (было около 100 000, стало 65 000) и заполнение полостей.

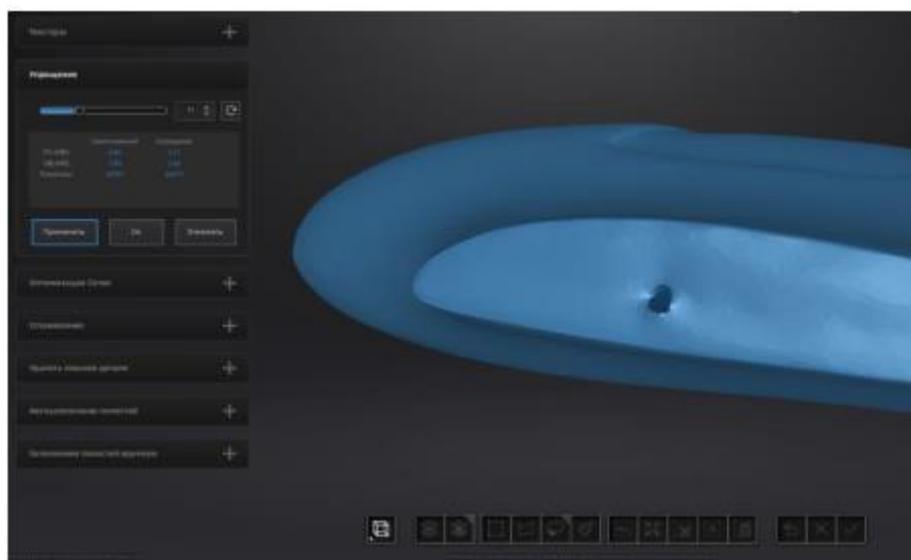


Рис. 4. Полигональная 3D-модель фюзеляжа после проведённых операций

Затем сохранили полигональную геометрию в формате STL и выровняли относительно базовой системы координат. По аналогии с деталью «Фюзеляж» провели 3D-сканирование детали «Крыло».

2.2. 3D-моделирование деталей «Фюзеляж» и «Крыло»

Следующим этапом нашей работы стало 3D-моделирование деталей «Фюзеляж» и «Крыло» в САПР SolidWorks. Мы использовали формообразующие операции «По сечениям» на основе сплайнов и направляющих кривых для создания сложных геометрических трёхмерных объектов. При этом полигональные модели, полученные ранее, были использованы для высокоточной отрисовки управляющих кривых.

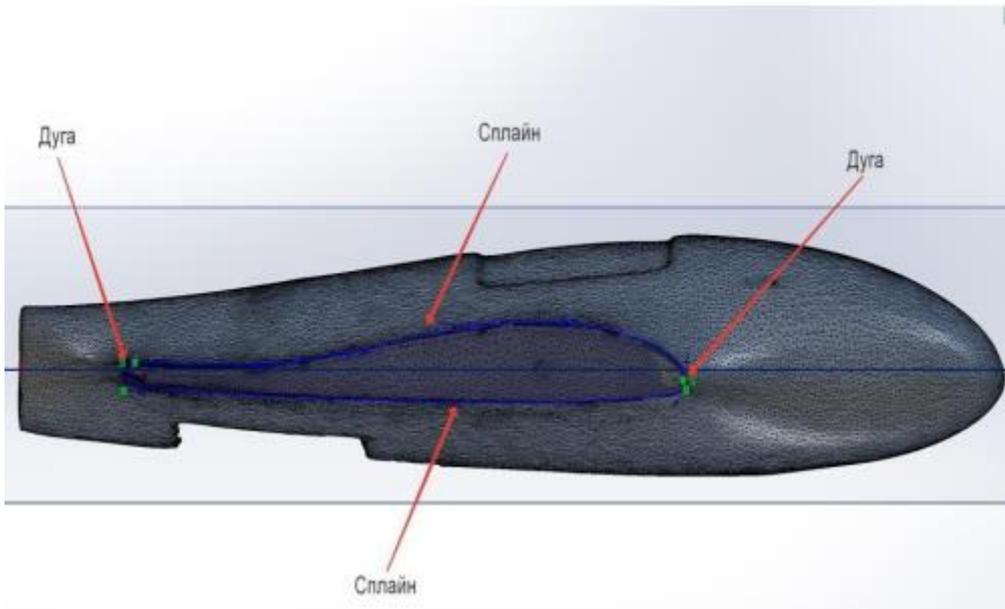


Рис. 5. Отрисовка места крепления крыла

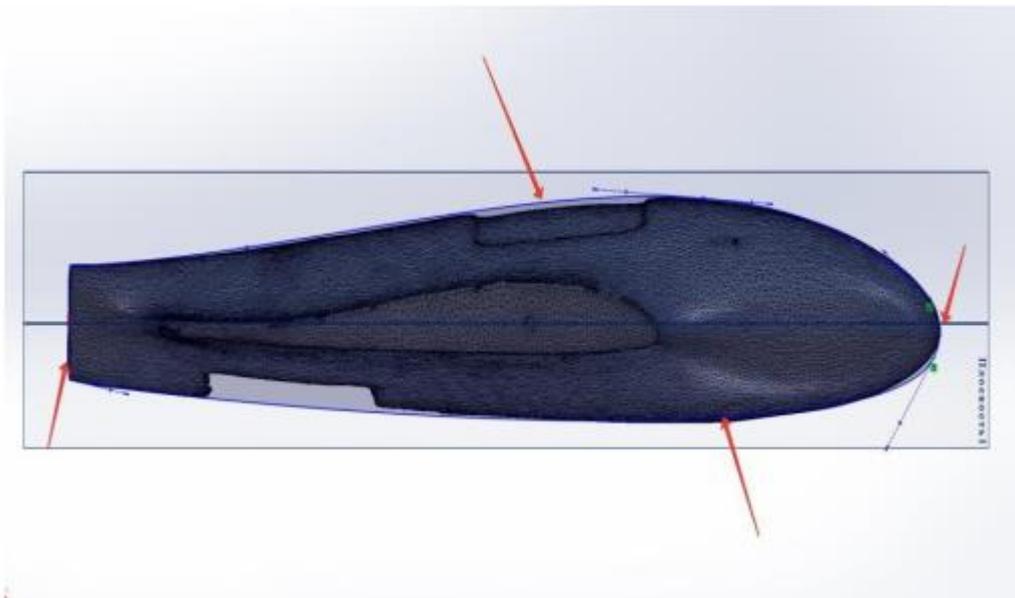


Рис. 6. Отрисовка центрального поперечного сечения фюзеляжа

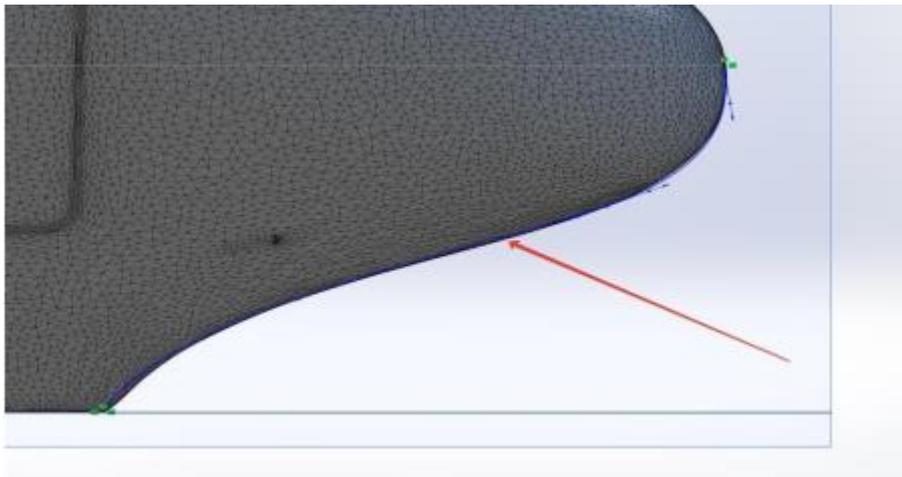


Рис. 7. Отрисовка направляющих кривых носовой части фюзеляжа

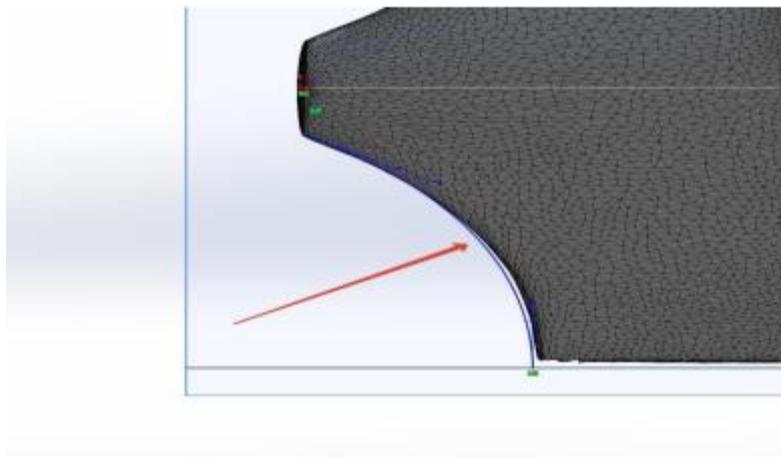


Рис. 8. Отрисовка хвостовой части фюзеляжа

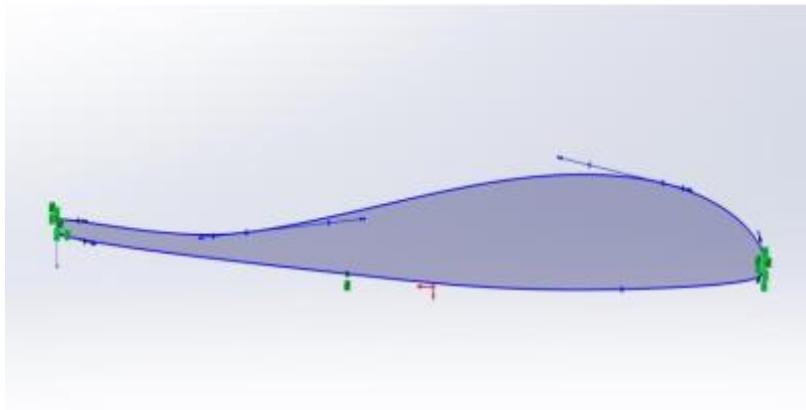


Рис. 9. Отрисовка крыла

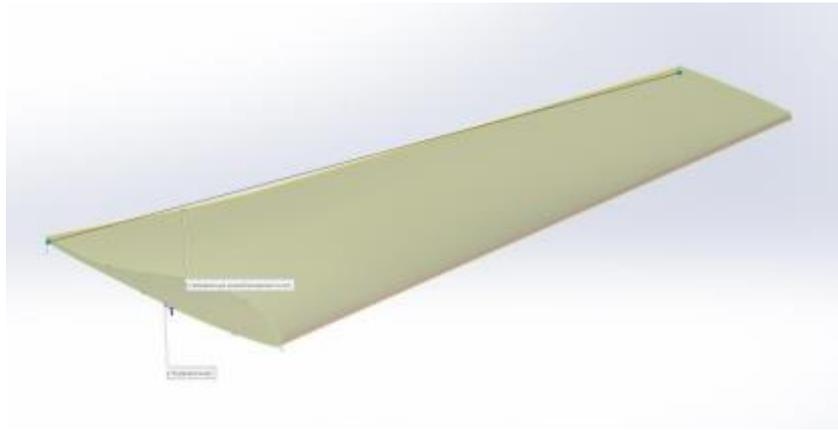


Рис. 10. Предварительная модель БПЛА

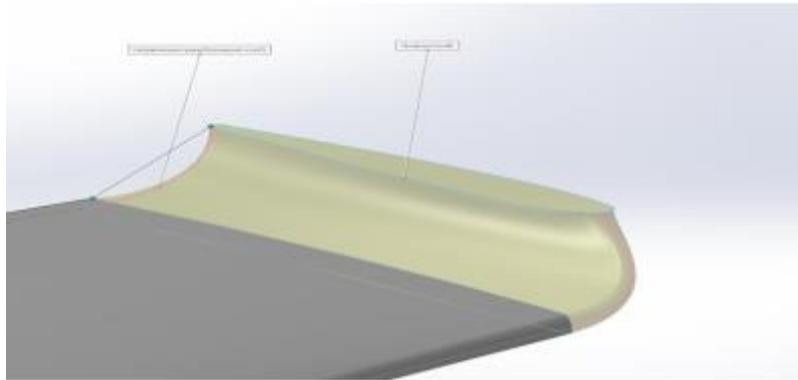


Рис. 11. Формообразующая операция – по сечениям (lofting) – для создания законцовки крыла

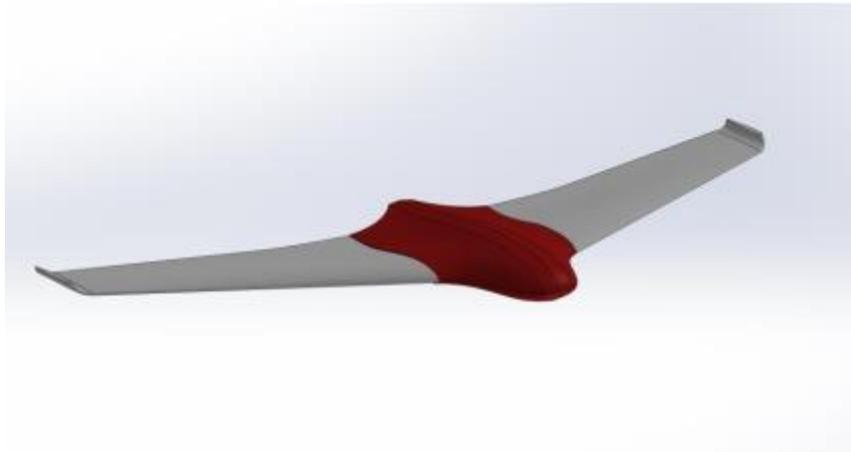


Рис. 12. Трёхмерная параметрическая твердотельная модель – сборка фюзеляжа и двух крыльев

2.3. Аэродинамические расчёты детали «Фюзеляж» и оптимизация её конструкции

На следующем этапе работы были проведены аэродинамические расчёты БПЛА (внешняя задача обтекания конструкции воздухом на скорости 50 км/ч).

Выполнение расчётов состояло из следующих шагов:

1. Задание границ расчётной области:

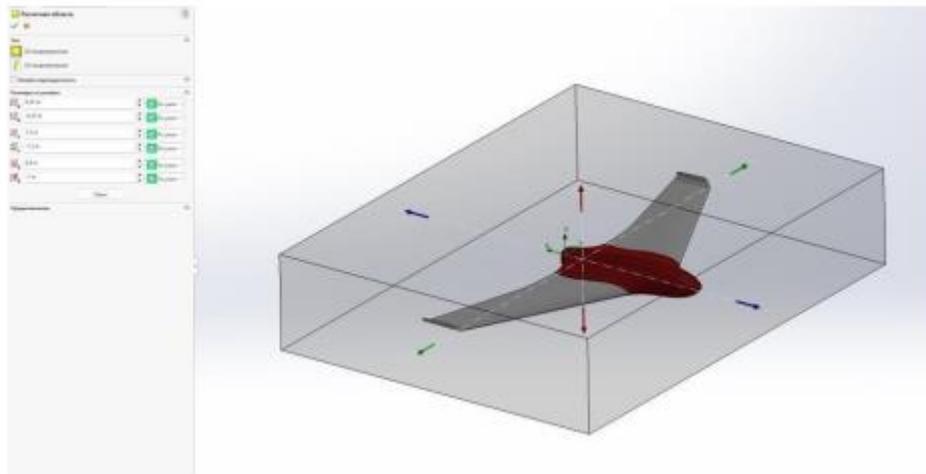


Рис. 13. Расчётная область

2. Разбиение расчётной области на сетку конечных элементов.

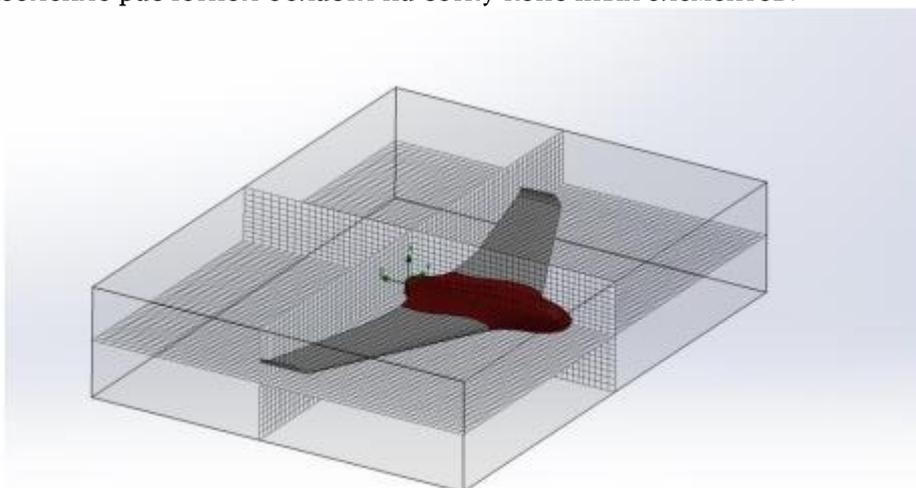


Рис. 14. Сетка конечных элементов (Finite Element Mesh)

3. Задание граничных условий (скорость обдува воздуха).

4. Выполнение численных расчётов (решение системы уравнений Навье – Стокса для нахождения полей скорости и давления воздуха внутри расчётной системы).

5. Постобработка полученных результатов (визуализация и анализ).

Для исходной геометрии БПЛА были получены следующие результаты. В потоке наблюдается нормальное атмосферное давление 101 325 Па. Во фронтальной части БПЛА наблюдаются области повышенного давления (около 101 400 Па). Наоборот, сразу за фюзеляжем и на периферии крыльев существуют области пониженного давления (101 300 Па). Подобный перепад давлений приводит к аэродинамическому сопротивлению конструкции, которое компенсируется затратами энергии аккумулятора БПЛА.

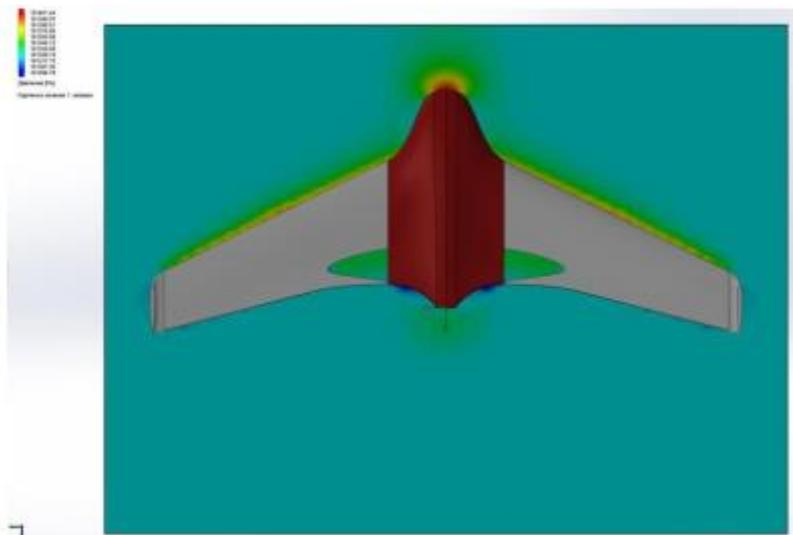


Рис. 15. Поле распределения давлений в продольном сечении

Полученная картина распределения давлений обуславливает поле скоростей потока воздуха. В результате падения давления уменьшается скорость воздуха, что заметно в областях, находящихся за БПЛА, особенно сразу за хвостовой частью.

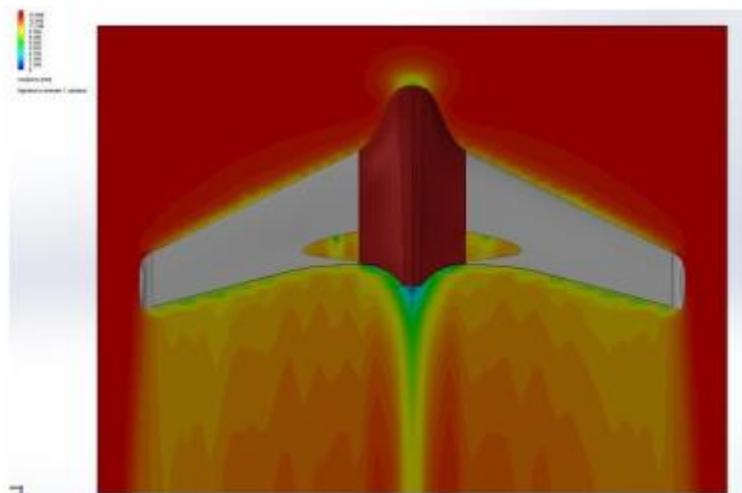


Рис. 16. Поле распределения скоростей в продольном сечении

На основе анализа результатов мы решили внести изменения в геометрию детали «Фюзеляж» с целью повышения эффективности конструкции. Мы предположили, что внесённые изменения повысят автономность полёта на основе уменьшения сопротивления.

Было решено сделать более плавной форму носовой части БПЛА, а также сгладить геометрию хвостовой части.

Исходная модель БПЛА была изменена соответствующим образом в программе SolidWorks. После трёх итераций была получена следующая геометрия.

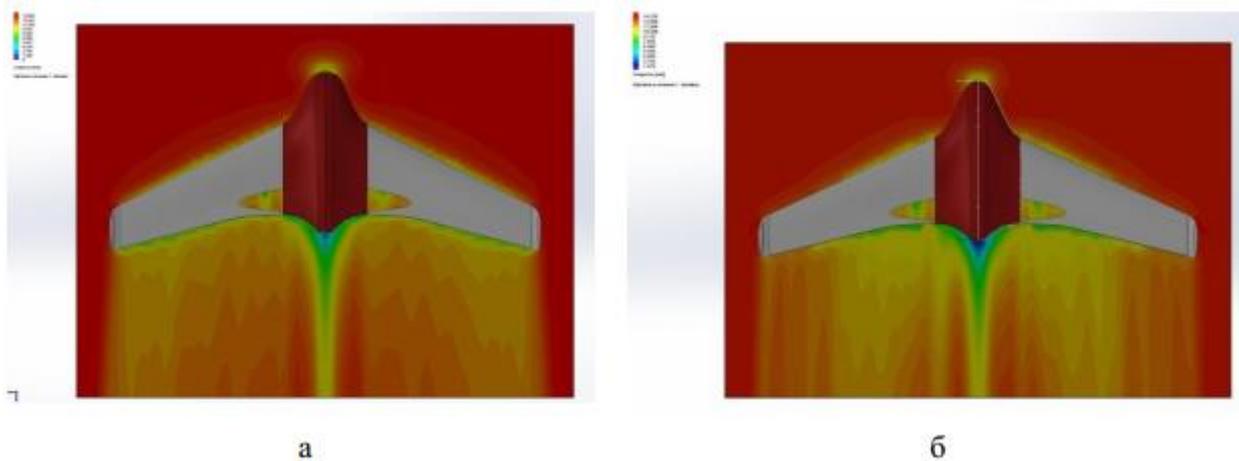


Рис. 18. Поле скоростей исходной конструкции (а) и оптимизированной (б)

Таблица 1. Сравнение эффективности конструкций

Δр, до оптимизации, Па	Δр, после оптимизации, Па	Сравнение
$101401,44 - 101296,79 = 104,65$	$101402,37 - 101306,19 = 96,18$	$(104,65 - 96,18) / 104,65 = 8,1 \%$
ΔV, до оптимизации, м/с	ΔV, после оптимизации, м/с	Сравнение
$13,980 - 0,21 = 13,77$	$14,235 - 1,476 = 12,759$	$(13,77 - 12,759) / 13,77 = 7,3 \%$

Таким образом, новая конструкция БПЛА обладает уменьшённым значением аэродинамического сопротивления на 8,1 % по сравнению с исходной геометрией. Это позволит увеличить соответствующим образом автономность полёта БПЛА.

Заклучение

В результате проделанной работы удалось создать параметрическую твердотельную 3D-модель и оптимизировать конструкцию БПЛА типа «летающее крыло». В ходе исследования удалось улучшить эффективность всей конструкции и повысить автономность полёта за счёт снижения аэродинамического сопротивления на 8,1 %. Гипотеза, выдвинутая нами, подтвердилась.

Потенциал для будущего патентования обеспечивается доказанным техническим результатом: снижением лобового сопротивления (повышением автономности полёта).

В качестве демонстрационной модели был создан прототип БПЛА с применением аддитивной технологии FDM (PLA-пластик), который может использоваться для реализации учебного процесса [Приложение 2].

Практическая значимость заключается в оптимизации существующего модельного ряда производимых БПЛА. Созданная параметрическая 3D-модель может эффективно использоваться для конструкторско-технологической подготовки машиностроительного производства (создания чертежей, технологической оснастки, подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ и др.).

Дальнейшие перспективы: при установке соответствующего оборудования (адаптеров, контроллеров, камер и так далее) возможно создание функционального прототипа БПЛА для проведения видеосъёмки и картографирования сельскохозяйственных полей, так как агропромышленный комплекс является ведущим сектором экономики Тамбовской области. Планируется продолжить работу над проектом в сотрудничестве

с молодёжной лабораторией БПЛА агропромышленного комплекса, которая находится в ТГТУ [Приложение 3].

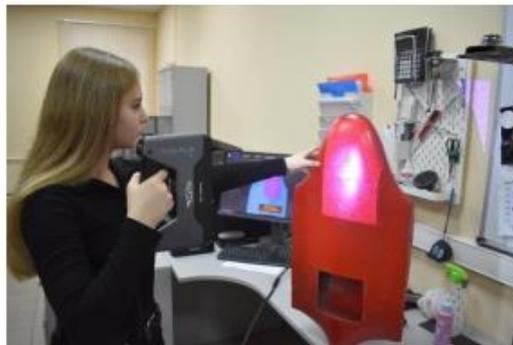
На основании проделанной работы можно сделать вывод, что с помощью системы автоматизированного проектирования SolidWorks можно создать полноценную твердотельную параметрическую 3D-модель БПЛА самолётного типа. Поставленная цель достигнута. Полученный продукт и знания в области 3D-моделирования являются моим личным итогом исследовательской работы.

Список литературы и интернет-источников

1. Булат П. В., Дудников С. Ю., Кузнецов П. Н. Основы аэродинамики беспилотных воздушных судов : Учебное пособие. – М.: Спутник+, 2021.
2. Жаркова М. С., Самойленко В. В., Аверенкова М. В. [и др.]. Необходимость применения и развития беспилотных летательных аппаратов // Молодой учёный. – 2022. – № 47 (442). – С. 43-48.
3. Копылова Анастасия. Где применяют беспилотные летательные аппараты [Электр. ресурс]. – URL: <https://prorobotov.org/blog/stati/gde-primenyayut-bespilotnye-letatelnyeapparaty/>.
4. Беспилотники в сельском хозяйстве [Электр. ресурс]. – URL: <https://www.geomir.ru/publikatsii/bspilotniki-v-selskom-khozyaystve/>.
5. 3D-сканирование и реверс-инжиниринг: ключевые шаги обратного проектирования [Электр. ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/companies/top3dshop/articles/824678/>.
6. Как авиационное крыло из NASA было параметрически оптимизировано за 40 минут [Электр. ресурс]. – URL: <https://dzen.ru/a/ZvwfWPynyWWd3Ubc>.
7. Радыш Николай. Устройство беспилотных летательных аппаратов [Электр. ресурс]. – URL: <https://skvot.2035.university/ustrojstvo-bpla>.
8. Типы БПЛА [Электр. ресурс]. – URL: <https://time-che.ru/news/typy-bpla/>.
9. Что такое реверс-инжиниринг? [Электр. ресурс]. – URL: <https://scanuru.turbopages.org/scanu.ru/s/blog/reverse-engineering/21>.

Приложение 1

3D-сканирование существующей конструкции БПЛА

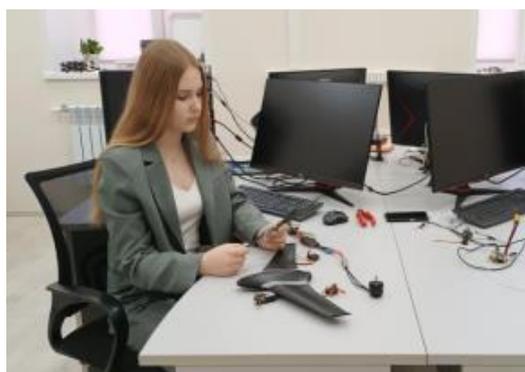


Приложение 2

Прототип оптимизированной конструкции БПЛА с помощью технологии 3D-печати



Приложение 3



Ф. И. О. участника: Бубенко Даниил Романович
Название проекта: «Дефицит энергоресурсов»
Статус участника: победитель

Введение

В настоящее время мир тяжело представить без современных технологий, ведь мы постоянно пользуемся ими для работы, учёбы, развлечения и многого другого. К сожалению, они работают не от воздуха, а от электричества, из-за чего постоянно приходится искать розетку, чтобы зарядить свои гаджеты. И, казалось бы, мы уже умеем передавать энергию по воздуху, можем её использовать для питания наших приборов, такие эксперименты проводятся до сих пор. Однако есть множество проблем, которые мешают использовать постоянную зарядку наших гаджетов по воздуху, одной из которых является дефицит энергоресурсов, или, как называли эту проблему журналисты, энергетический голод, и об этом – мой проект.

Итак, основные задачи моего проекта:

1. Рассказать, что такое энергетический голод простыми словами.
2. Насколько важна проблема.
3. Какие существуют способы добычи энергии.

А основной целью проекта является создание рабочего прототипа, способного решить эту проблему.

1. Что такое энергетический голод простыми словами?



Энергетический голод – это определение, которое придумали журналисты для определения проблемы дефицита энергоресурса. Итак, энергетический голод (дефицит энергоресурсов) – это высокие темпы сокращения запасов и нарастание дефицита ископаемых энергоносителей. Эта проблема является одной из самых главных проблем современной энергетики. Возникает она из-за того, что наша планета, хоть и богата ресурсами (не всеми, большинство из них очень мало), но всё же любые ресурсы ограничены, а, как нам известно по закону сохранения энергии, энергию нельзя получить из ничего. Из-за этого нам постоянно нужны ресурсы, из которых мы будем получать энергию, ведь без энергии невозможен прогресс в других областях. Также есть потери и вредные выхлопы, которые вредят экономике, окружающей среде.

2. Насколько важна проблема?

Как я говорил ранее, эта проблема является серьёзной для развития нашей цивилизации. Данная проблема пагубно влияет также и на экологию, ведь, пытаясь решить данную проблему для добычи возобновляемого ресурса, например энергии ветра, мы так или иначе будем сталкиваться с новыми проблемами. В данном примере это будет постоянное обслуживание (это дело будет недешёвым), нестабильность ветрового потока, воздействие на окружающую среду (объекты большой мощности имеют высокий уровень шума и вибраций, что плохо влияет на окружающую среду). В итоге мы влияем пагубно или на природу, или на экономику, или на прогресс, или на всё вместе.

3. Какие существуют способы добычи энергии?

Все способы, разработки и идеи добычи электроэнергии не удастся рассмотреть. Некоторые из них уже применяются, а некоторые всё ещё только в разработке. Но я расскажу о некоторых из них, которые являются самыми изученными и используются многими странами:

1. Солнечная энергетика.



Использование солнечной энергии является достаточно интересным способом добычи электроэнергии, у него есть свои плюсы и минусы.

Пожалуй, главным преимуществом солнечных панелей является то, что они используют возобновляемый источник энергии, и экологичность (если не считать производство и утилизацию, а брать только время получения энергии). Благодаря данным плюсам во многих странах используют энергию солнца, но у такого способа добычи электроэнергии есть множество проблем, например сложность с производством и утилизацией фотоэлементов, из-за чего наносится вред окружающей среде. Также солнечные панели очень сильно зависят от погодных условий, что делает невозможным добычу энергии в пасмурную погоду.

2. Гидроэнергетика.



Способ добычи электроэнергии, при котором используется кинетическая энергия воды. У данного способа получения энергии есть множество плюсов: возобновляемый источник, низкие эксплуатационные расходы, экологическая чистота. Но даже у этого способа есть множество проблем: пагубное воздействие на экосистему при построении крупных гидроэлектростанций, повышается риск наводнений и землетрясений, ведь при заполнении огромных водохранилищ может появиться угроза наводнения или изменение в геологической структуре. Также строительство гидроэлектростанций требует значительных вложений.

3. Ветровая энергетика.



Способ добычи энергии, при котором используется кинетическая энергия ветра для вращения лопастей. У данного способа получения энергии есть множество плюсов: возобновляемый источник, экологическая чистота, низкие эксплуатационные расходы. Минусов можно выделить несколько: ветер может быть нестабильным и изменчивым, что может привести к колебаниям в производстве энергии; большие лопасти и механизмы создают шум; зависимость от местности, дорогая установка, влияние на окружающую среду.

4. Моя идея в виде продукта, как возможно добыть электроэнергию и улучшить текущую ситуацию с дефицитом энергоресурсов.

Все рассмотренные выше способы являются достаточно громоздкими. Конечно, при большом желании можно соорудить генератор, использующий в качестве топлива один из рассмотренных выше способов, но эти способы зависят от погоды, местности и прочих факторов. Поэтому возвращаемся к проблеме из введения, а именно: можно ли сделать так, чтобы не приходилось постоянно искать розетку для зарядки гаджетов, можно ли иметь при себе небольшой генератор для использования? Ветер не всегда дует, солнце светит непостоянно. Так или иначе, те способы зависят от погоды, поэтому то, что всегда будет под рукой, – это мы сами.

Человек теряет большое количество энергии в день. Так почему не использовать эту энергию для зарядки гаджетов? Например, можно использовать кинетическую энергию движения ног, и об этом – мой продукт.

Я решил сделать генератор, вырабатывающий энергию благодаря движению ног. Эта идея пришла мне относительно недавно, во время того, как я пытался сделать термогенератор, работающий от тепла тела. Тогда я не смог добиться нужных параметров и просто оставил этот проект на потом. После я увидел видео «НАСКОЛЬКО МЫ БЛИЗКИ к созданию настоящего костюма ЖЕЛЕЗНОГО ЧЕЛОВЕКА // HeisenWhite». Меня заинтересовал экзоскелет, и я подумал: а можно ли использовать энергию движения ног для выработки электроэнергии? После я решил сделать этот проект.



Для создания своего проекта я решил использовать материалы, которые изначально у меня были, так как я сильно потратился на создание термогенератора.

Список деталей для сборки проекта:

1. Сервопривод «Ардуино».
2. Деревянная линейка, карандаши и китайские палочки.
3. Преобразователь в 5 вольт.
4. Провода-перемычки.
5. Старый проект Power Bank.
6. Скотч, синяя изолента и термоклей.
7. Корпус коробки от лекарств.

Теперь процесс изготовления проекта:



1. Закрепляем пластиковую часть к линейке, используя термоклей и изоленту.
2. К сервоприводу прикрепляем конструкцию из палочек и карандашей.
3. Далее прикрепляем ремешки.
4. Затем прокладываем провода вот так, чтобы не мешались.
5. Делаем крепление к ремню для Power Bank.
6. Подключаем всё.

Свой проект я решил модернизировать для большей эффективности, добавив специальные насадки.



Мой продукт будет невероятно полезен в путешествиях, так как он невероятно компактный и универсальный.

Заключение

Учёные во всём мире стараются решить проблему дефицита ресурсов, так как из-за этого прогресс в других областях может остановиться. Пока что проблему мы не смогли решить, но это не повод отчаиваться – это повод изучать новые способы, экспериментировать и улучшать старые идеи. Однажды человечество сможет решить данную проблему, а пока будем ждать новых успехов.

Список информационных источников:

1. <https://gazeta-business.com/globalnyj-deficit-energoresursov-vyzovy-iperspektivy/>.
2. <https://journal.sovcombank.ru/umnii-potrebitel/kak-otrazitsya-globalniisirevoi-krisis-na-mirovoi-ekonomike>.
3. https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_crisis.
4. <https://youtu.be/kgHRO9gh4A8?si=j9aFhZezTl3NFYsS>.

Ф. И. О. участника: Кулиш Кирилл Алексеевич

Название проекта: «Альтернативные источники электрического тока»

Статус участника: призёр

Введение

Актуальность проекта:

в настоящее время получение биологических источников электрической энергии, не загрязняющих нашу планету, является актуальным.

Во-первых: деятельность человека всё чаще становится основным источником загрязнения окружающей среды. Между тем батарейки являются химическими устройствами. Мы и не подозреваем, к чему приводит наше легкомысленное отношение к правилам утилизации отходов. Например, для разложения выработавших свой ресурс гальванических батареек требуется не менее 10 лет.

Во-вторых: фрукты и овощи – это идеальный электролит для выработки бесплатного электричества, правда, не столь мощного, как у обычных батареек. Человечество может экономить на обычных батарейках, заменяя их фруктами и овощами. Это определяет актуальность обращения к экспериментам по созданию альтернативных источников тока.

Поэтому целью работы стало исследование фруктов и овощей как экономически выгодных и экологически чистых источников электрической энергии, которые можно применять для практического использования, например, для питания электрических часов, горения светодиодной лампочки. Такие батарейки могут использоваться для работы приборов с низким потреблением энергии.

Цель:

исследование фруктов и овощей как источников электрической энергии.

Задачи:

1) Доказать возможность замены гальванических элементов на экологически чистые источники электрического тока.

2) С помощью экспериментов показать, какие фрукты и овощи являются лучшими источниками электрического тока, и сравнить их электрические характеристики [3, с. 53].

Проблема:

гальванические батарейки достаточно дорогие и являются источниками загрязнения окружающей среды.

Гипотеза:

если использовать фрукты/овощи в качестве источника электричества, то можно получить экологически чистые и экономически выгодные источники питания для малопотребляющих ток приборов.

Предмет исследования:

получение электрического тока с помощью фруктовых и овощных элементов.

Объект исследования: альтернативные источники энергии.

Предмет исследования: свойства овощных и фруктовых источников тока.

Методы исследования: изучение и анализ литературы, проведение эксперимента, анализ полученных данных.

Обзор литературы

1. Пёрышкин А. В. Физика. 8 кл.: учеб. для общеобразоват. учреждений / А. В. Пёрышкин. – М.: Дрофа, 2013. – 237 с.

2. Кириллова И. Г. Книга для чтения по физике. 6-7 кл. – М.: Просвещение, 1978, с. 198, с. 3.

1. Материалы и методы

1.1. Получение альтернативных источников энергии из фруктов и овощей

Рассмотрев гальванические батарейки и проанализировав их недостатки, я предлагаю альтернативный способ. Таковым может быть использование овощей и фруктов [2, с. 270].

Итак, для создания своих фруктовых и овощных батареек взяли:

фрукты – яблоко, апельсин, лимон, банан;

овощи – морковь, лук, свёклу, помидор, огурец, картофель;

светодиод;

светодиодный головной фонарь;

медные и цинковые электроды 3 см * 3,5 см (площадью 10,5 см²) из лабораторного набора «Электричество» по физике;

мультиметр – прибор для измерения тока и напряжения.

Эксперимент 1

Определение напряжения и силы тока на фруктах/овощах: яблоке, апельсине, лимоне, банане, моркови, луке, свёкле, помидоре, огурце, картофеле (Приложение 1).

Как мы это делали:

медный и оцинкованный электрод вставляли в каждый фрукт и овощ и измеряли мультиметром напряжение и силу тока (Приложение 2). Явным лидерами оказались по напряжению: из фруктов – яблоко с напряжением 1 В, из овощей – помидор с напряжением 0,89 В, по силе тока: из фруктов – апельсин с силой тока 0,75 мА; из овощей – картофель с силой тока 0,95 мА (Приложение 3, Приложение 4).

1.2. Увеличение мощности источников энергии

Из курса физики 8 класса мы знаем, что мощность зависит от напряжения и силы тока.

Напряжение и силу тока можно увеличить. Если мы соединим источники последовательно, то увеличится напряжение, а если соединим источники параллельно, то увеличится сила тока [4, с. 115].

Эксперимент 2

Три картофелины соединили последовательно, напряжение увеличилось до 2,64 В (примерно в три раза), а сила тока составила 0,99 мА. (Приложение 5).

Эксперимент 3

Соединили пять картофелин последовательно. Напряжение выросло до 4,39 В, сила тока – до 1,03 мА (Приложение 6).

А будет ли гореть светодиод от пяти картофелин?

Эксперимент 4

Светодиод горит, и напряжение на светодиоде равно 2,5 В (Приложение 6).

Падение напряжения составило 1,89 В (из-за малой силы тока источника).

Эксперимент 5

Подключили светодиодный головной фонарь, который тоже горел при напряжении 1,89 В (рис.). Падение напряжения составило 2,5 В (Приложение 7).

Эксперимент 6

Соединили десять картофелин последовательно и измерили напряжение и силу тока: напряжение – 8,15 В, сила тока – 0,98 мА (Приложение 8).

Эксперимент 7

Берём пять картофелин и соединяем их последовательно, и ещё пять картофелин тоже соединяем последовательно, а затем соединяем их между собой параллельно. Полученное напряжение – 4,08 В, сила тока – 1,86 мА (сила тока возросла в два раза).

Вывод: светодиод и фонарь горят ярче. Напряжение на светодиоде – 2,51 В, напряжение на фонаре – 2,46 В (Приложение 9, 10). Падение напряжения уменьшилось, так как ток увеличился.

1.3. Жидкие альтернативные источники энергии

Для создания жидких источников энергии взяли:

– сок «Добрый» – яблоко/виноград (Приложение 11);

– воду;

– солевой раствор.

Эксперимент 8

Измерили силу тока и напряжение фруктового сока. Напряжение сок выдал 0,95 В, а силу тока – 1,49 мА. Это самое большое значение тока наших экспериментов (Приложение 12).

Исследования простой воды и солевого раствора показали: напряжение у воды – 0,9 В; солевого раствора – 0,92 В. Сила тока воды – 0,72 мА; солевого раствора – 1,24 мА. (Приложение 13, 14).

1.4. Исследование ёмкости источников энергии

Эксперимент 9

Для определения зависимости напряжения и силы тока от времени горения светодиодного фонаря берём альтернативные источники, показавшие наиболее высокие значения (это сок, вода, солевой раствор, картофель), и соединяем их по схеме (Приложение 15). Измерения снимали в течение семи часов.

Исследование показало: свечение светодиодного фонаря было стабильным, напряжение практически не изменялось, а сила тока изменялась меньше всего у сока (Приложение 16, 17).

Эксперимент 10

В качестве альтернативного источника был взят фруктовый сок. Светодиодный фонарь оставили гореть на время 30 часов. Яркость, напряжение и сила тока по окончании этого времени практически не изменились.

Эксперимент 11

Подключили настенные кварцевые часы, которые работали от альтернативного источника (Приложение 18).

2. Результаты и обсуждение

Изучив теоретический материал, а именно – что такое электрический ток, историю создания химических источников тока, а также принцип действия химических источников тока, можно сказать, что при наличии в овоще или фрукте анода и катода при химической реакции можно получить электрический ток. Проведённые опыты успешно подтвердили гипотезу о том, что электричество можно получить не только из розетки электрической сети. Электричество можно получить из подручных материалов, к примеру – из лимона, картофеля или обыкновенного сока. Научное обоснование: в этой самодельной батарейке оцинкованная пластина действует как отрицательный электрод, а медная пластина – как положительный. Сок является электролитом, его положительно заряженные ионы водорода взаимодействуют с цинком [1]. Главное, мне стало понятно, что, чем больше включаем в цепь элементов последовательно, тем больше получается напряжение. А чем больше включаем элементов параллельно, тем больше сила тока. Но следует обратить внимание, что мощность нашей батарейки зависит не только от количества овощей и фруктов, но и от их свежести. Представленная мною модель служит прямым доказательством того, что фрукты и овощи обладают электрическими свойствами и могут служить простейшим источником электрического тока.

Практическое применение овощей и фруктов в качестве источников питания возможно, но пока только для питания приборов, потребляющих очень малое количество электроэнергии, например, часов или светодиодов. Однако развитие данного направления – это огромный вклад в вопросы мировой экологии, и оно непременно должно развиваться дальше.

Данная работа позволила мне расширить и углубить свои знания об альтернативных источниках тока, усилить свой интерес к физике, электрической энергии.

Выводы

Подводя итоги моего исследования, можно сказать, что фрукты и овощи действительно могут служить источником электрической энергии, и из них возможно изготовить «природную батарейку». Использование альтернативных источников энергии благоприятно влияет на экологическую обстановку в стране и является экономически выгодным. Самый экономически выгодный источник энергии – картофель. Проведённые опыты подтверждают гипотезу о возможности создания источников питания из фруктов и овощей. Подводя итоги, видим, что традиционный источник энергии – далеко

не единственный. И выбор – за человеком, который может воспользоваться любым существующим или дождаться, пока откроют что-то новое.

Работа будет продолжена в направлении создания альтернативного источника тока – земляной батареи из стержней разных металлов – и рассмотрения перспектив использования такого источника тока человеком, попавшим в экстремальную ситуацию.

Заключение

Таким образом, исследование фруктов/овощей и жидких источников энергии показало:

– Данные альтернативные источники могут служить источником электрической энергии.

– Лучшими источниками электрического тока из овощей и фруктов оказались яблоко и картофель, из жидких альтернативных источников энергии – фруктовый сок.

Эксперименты показали, что, используя комбинации смешанного соединения источников энергии, можно на выходе получать разное напряжение и силу тока, а значит, и разную их мощность.

Источники тока можно использовать для освещения (как альтернативу фонарику), питания кварцевых часов и других бытовых предметов, потребляющих низкое напряжение и силу тока.

Список литературы

1. Блудов, М. И. Беседы по физике / М. И. Блудов. – Москва : Просвещение, 1984. – 225 с.
2. Бутиков, Е. И. Строение и свойства вещества. Физика: учеб. пособие / Е. И. Бутиков, А. С. Кондратьев, В. М. Уздин. – Москва : Физматлит, 2004. – 336 с.
3. Горев, Л. А. Занимательные опыты по физике / Л. А. Горев. – Москва : Просвещение, 1985. – 152 с.
4. Перельман, Я. И. Занимательная физика. В 2 томах / Я. И. Перельман. – Москва : Наука, 1986. – 495 с.

Измерение напряжения



Измерение силы тока



Таблица напряжения и силы тока

	яблоко	помидор	огурец	апельсин	лимон	банан	картофель	лук	морковь	свекла
Напряжение (В)	1	0,89	0,82	0,93	0,93	0,84	0,85	0,78	0,82	0,41
Сила тока (mA)	0,37	0,74	0,73	0,85	0,41	0,32	0,95	0,28	0,51	0,55

Таблица и график напряжения

	яблоко	помидор	огурец	апельсин	лимон	банан	картофель	лук	морковь	свекла
Напряжение (В)	1	0,89	0,82	0,93	0,93	0,84	0,85	0,78	0,82	0,41

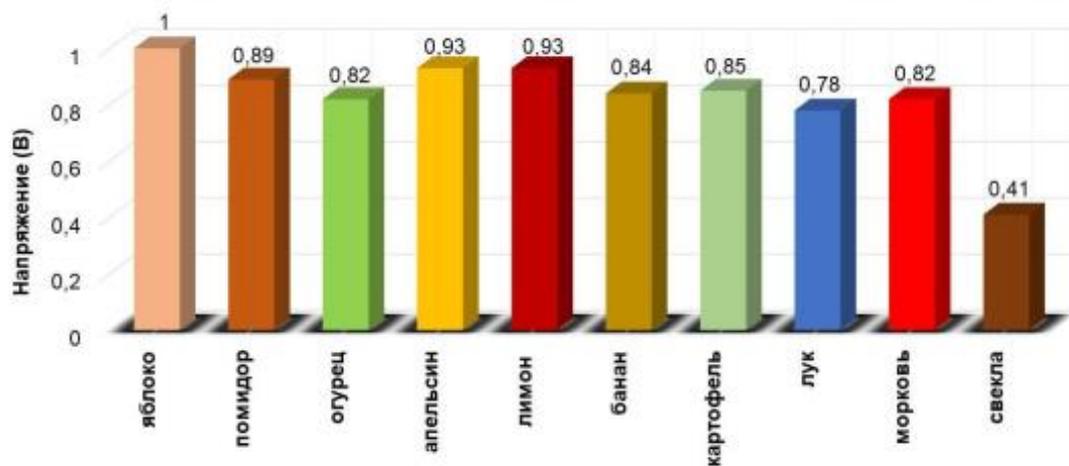
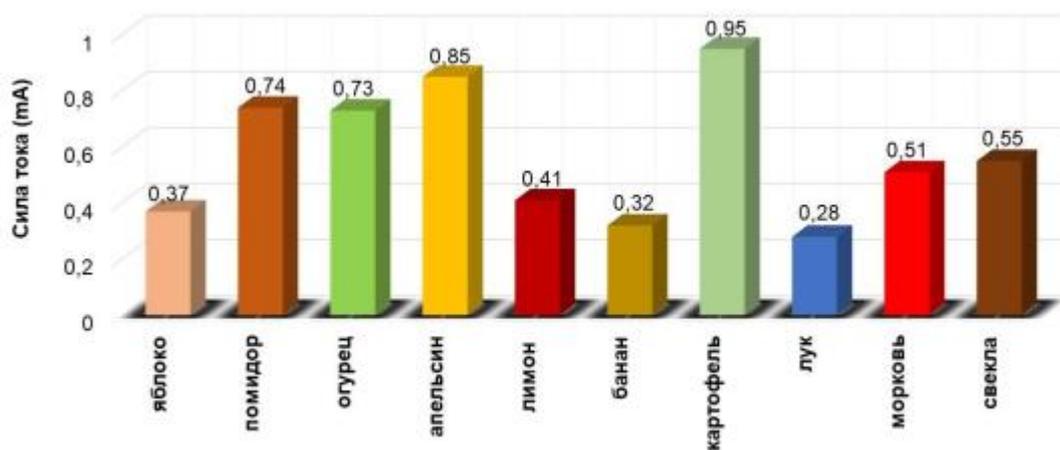
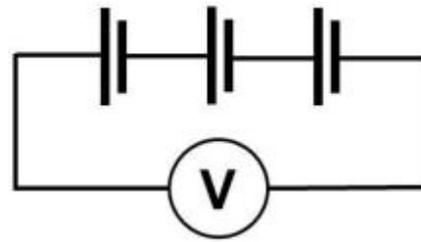


Таблица и график силы тока

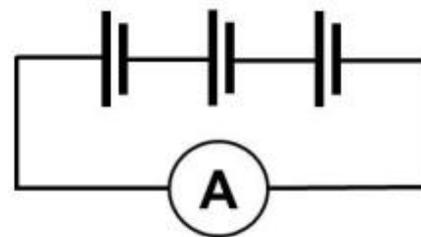
	яблоко	помидор	огурец	апельсин	лимон	банан	картофель	лук	морковь	свекла
Сила тока (мА)	0,37	0,74	0,73	0,85	0,41	0,32	0,95	0,28	0,51	0,55



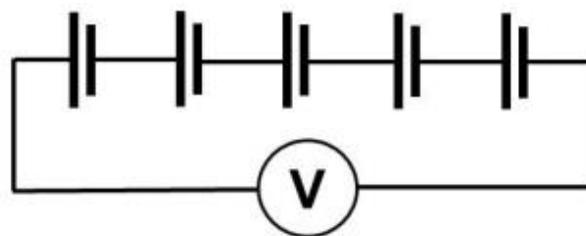
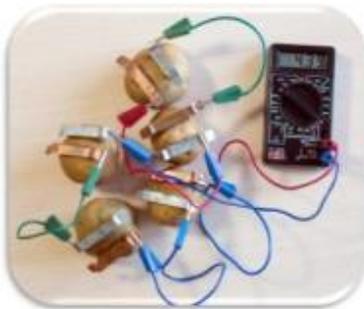
Измерение напряжения



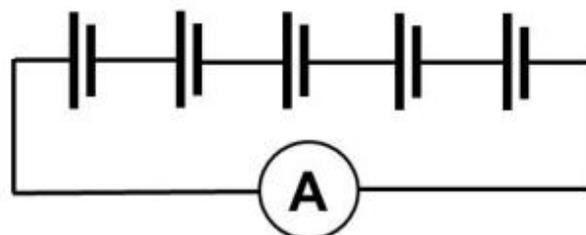
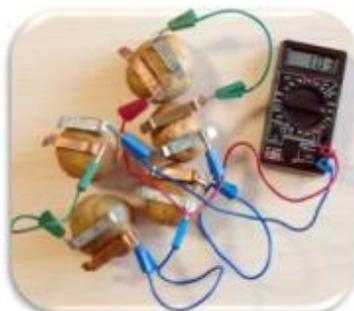
Измерение силы тока



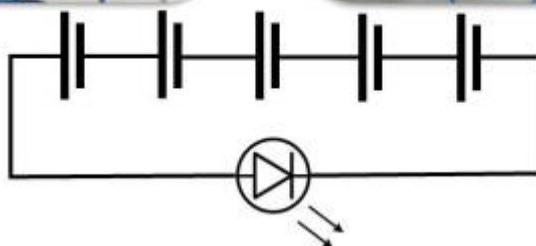
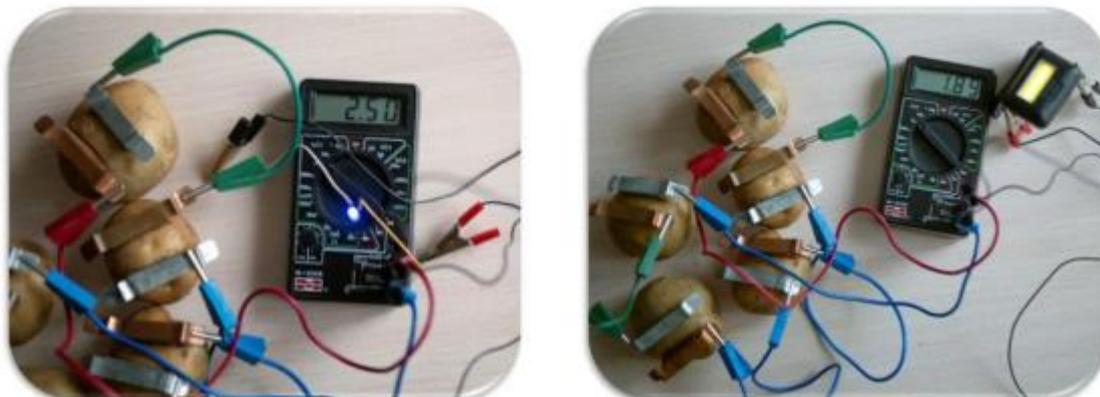
Измерение напряжения



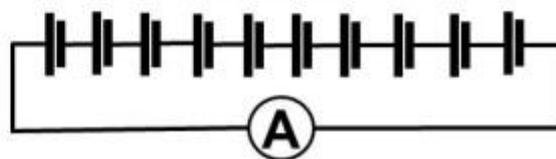
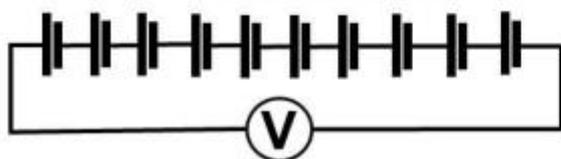
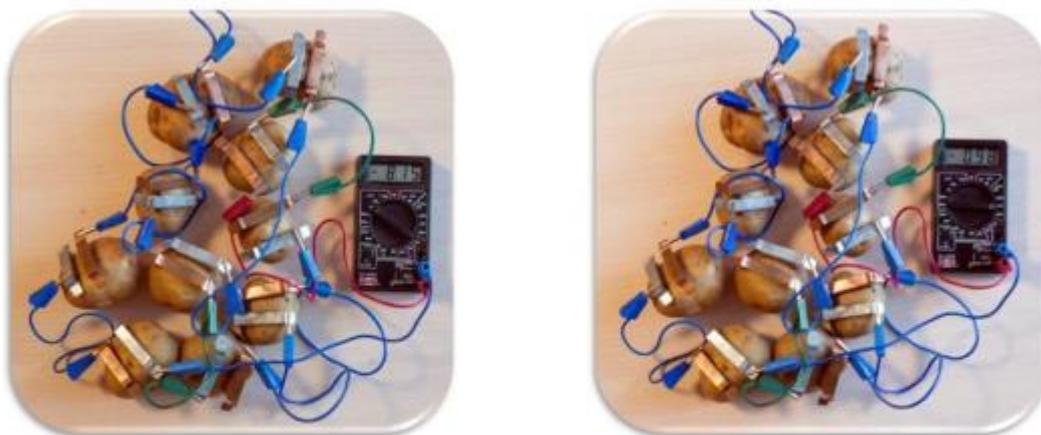
Измерение силы тока



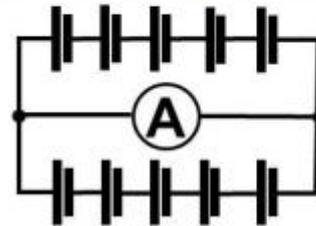
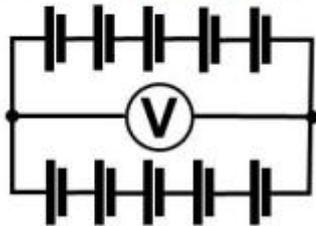
Горит светодиод и светодиодный фонарь



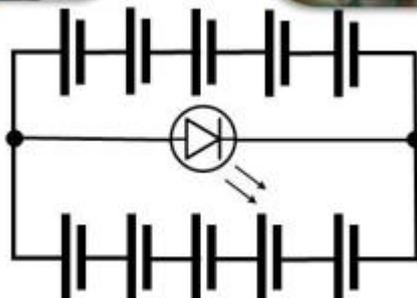
Измерение напряжения и силы тока



Измерение напряжения и силы тока

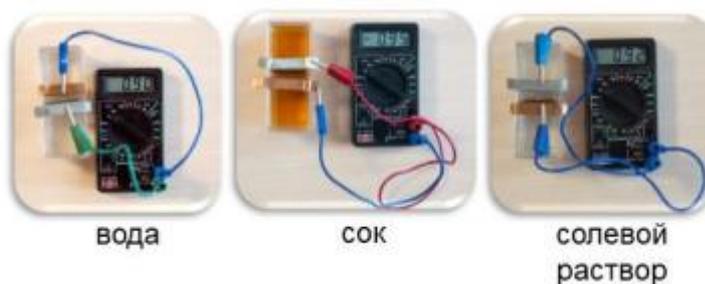


Горит светодиод и светодиодный фонарь

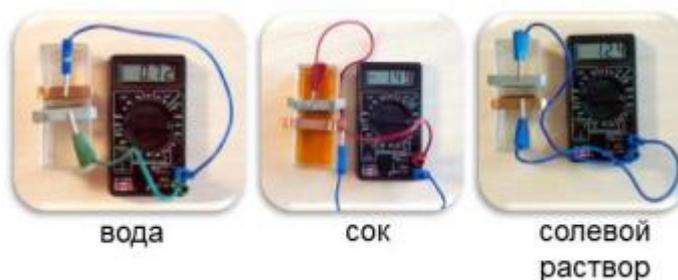




Измерение напряжения



Измерение силы тока



	вода	сок	солевой раствор
Напряжение (В)	0,9	0,95	0,92
Сила тока (mA)	0,72	1,49	1,24

Таблица и график напряжения

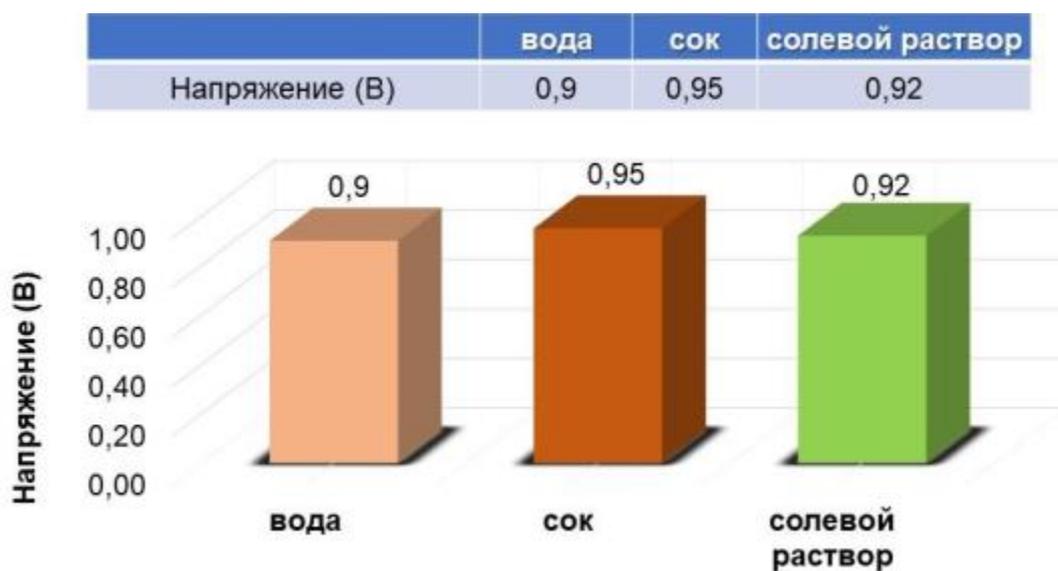
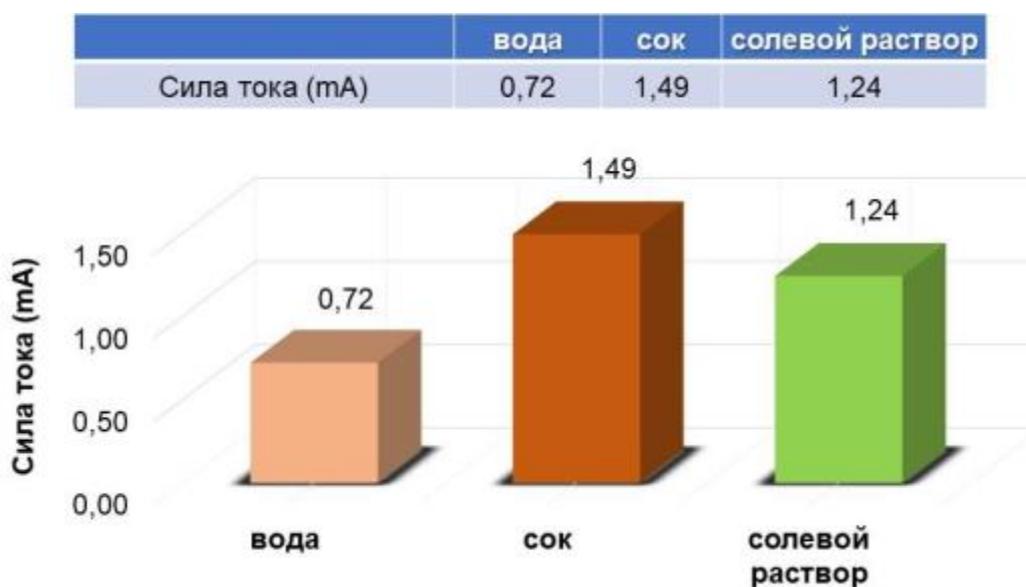
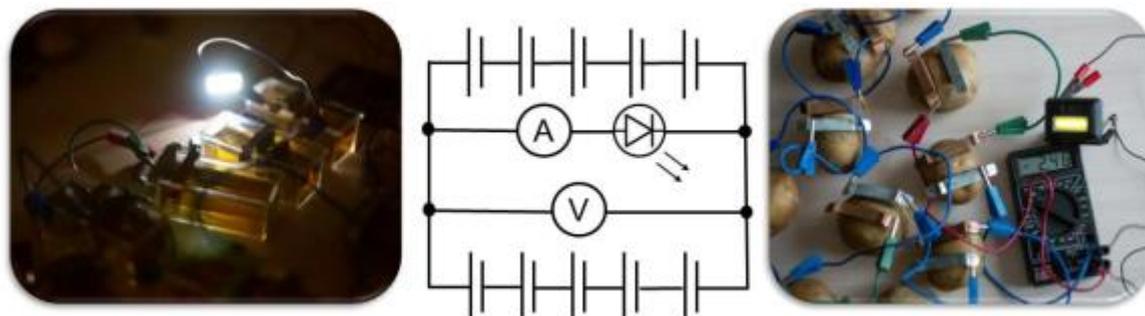


Таблица и график силы тока

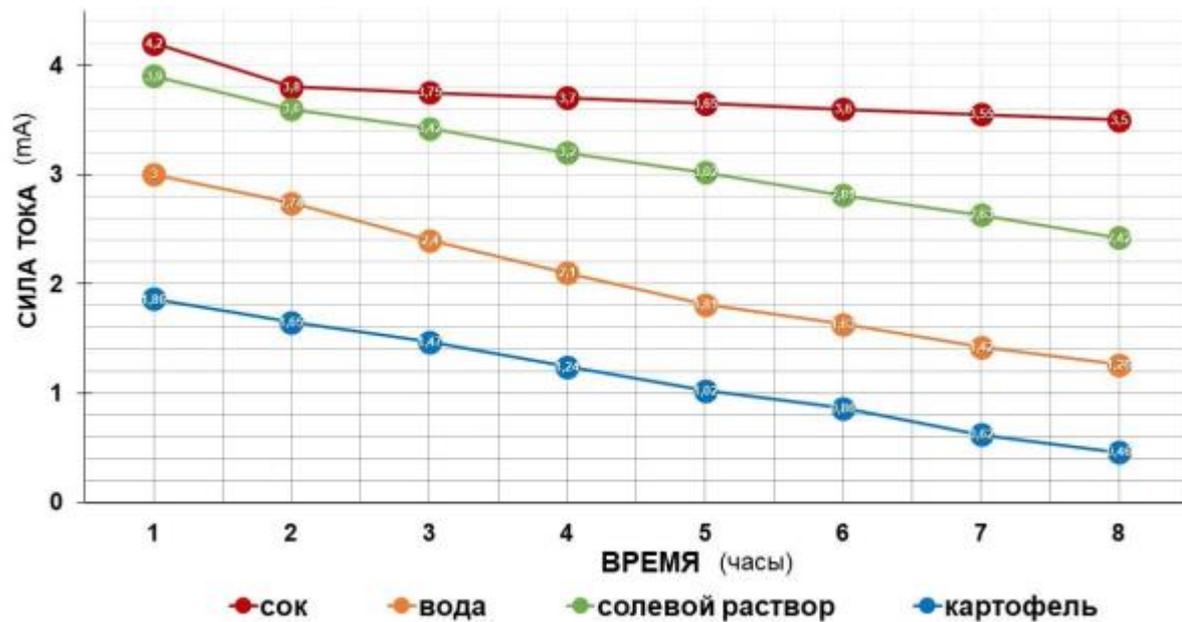


Измерение напряжения и силы тока от времени



Зависимость напряжения и силы тока от времени, при работе фонаря								
Время (ч)	Сок		Вода		Солевой раствор		Картофель	
	Напряжение (В)	Сила тока (мА)	Напряжение (В)	Сила тока (мА)	Напряжение (В)	Сила тока (мА)	Напряжение (В)	Сила тока (мА)
0	2,46	4,20	2,46	3,0	2,45	3,90	2,46	1,86
1	2,45	3,80	2,45	2,74	2,45	3,60	2,44	1,65
2	2,45	3,75	2,44	2,40	2,45	3,42	2,42	1,47
3	2,45	3,70	2,44	2,10	2,45	3,20	2,40	1,24
4	2,45	3,65	2,43	1,81	2,44	3,02	2,38	1,02
5	2,45	3,60	2,43	1,63	2,44	2,81	2,37	0,86
6	2,45	3,55	2,43	1,42	2,44	2,63	2,36	0,62
7	2,45	3,50	2,42	1,26	2,43	2,42	2,35	0,46

График изменения силы тока от времени



Работа часов



Ф. И. О. участника: Полищук Иван Сергеевич
Название проекта: «Альтернативные способы получения энергии.
Ветровая энергетика»
Статус участника: призёр

Введение

Оглянувшись вокруг, я понял, что работа всех приборов, нас окружающих, основана на электричестве. Без электроэнергии мы сейчас как без рук. Тепло – электроэнергия, приготовление еды – электроэнергия, получение знаний – электроэнергия. А хватит ли этого вида энергии на всё человечество?

Человечество потребляет огромное количество энергии. За год население планеты сжигает от 9 до 20 млрд тонн топлива. 75 % всей потребляемой энергии составляют полезные ископаемые (34 % – нефть, 25 % – уголь, 19 % – природный газ); 5 % остальной потребляемой энергии – АЭС; 6 % – ГЭС; 11 % – другие источники энергии. В своей работе я обратил внимание на те 17 %, которые приходится на возобновляемые источники энергии.

Увеличение численности населения нашей планеты, развитие производства, нарастающее истощение запасов привычных источников энергии, а также требования к сохранению окружающей среды заставляют людей искать новые источники энергии, прежде всего – возобновляемые или неисчерпаемые. Человечество ещё мало использует возможности получения энергии из природных, практически неисчерпаемых источников: тепла земных недр и океана, энергии океанских и речных течений, приливов и волн, ветра.

Актуальность работы

Энергетика служит основой любых процессов во всех отраслях народного хозяйства, главным условием создания материальных благ, повышения уровня жизни людей. К традиционным источникам энергии относятся ТЭС, АЭС, ГЭС. Если рассматривать перспективы традиционной энергетики, то угля хватит на 600 лет, нефти – на 90 лет, газа – на 50 лет, урана, по разным прогнозам, – на 27-80 лет. Поэтому обратимся к теме использования нетрадиционных источников энергии. К ним относятся ветровая энергетика, приливно-отливная энергетика, геотермальная энергетика и другие виды восполняемой энергетика.

Цель: изучить альтернативные, нетрадиционные способы получения энергии и более подробно остановиться на ветровой энергетике.

Задачи:

- Найти и проанализировать информацию по альтернативным способам получения энергии.
- Изучить принципы получения и применения энергии.
- Выявить преимущества и недостатки каждого способа получения электроэнергии.
- Изучить получение электричества с помощью ветра.

Объект исследования: альтернативные источники энергии.

Предмет исследования: ветровая энергетика.

Гипотеза: возможно, что ветровая энергетика действительно является наиболее выгодной заменой традиционным источникам.

Глава 1. Альтернативные методы получения электрической энергии

1.1. Виды альтернативных источников энергии

В последнее время человечество обратило свой взор на альтернативные источники энергии.

Альтернативные источники энергии – это приборы, способы, устройства или сооружения, позволяющие получать электрическую энергию (или другой требуемый вид энергии) и заменяющие собой традиционные источники энергии, функционирующие на нефти, природном газе и угле.

К ним относятся:

- солнечная энергетика;
- ветровая энергетика;
- энергетика приливов и отливов;
- геотермальная энергетика;
- энергия биомассы.



Все эти способы получения энергии не наносят особого вреда природе, являются неисчерпаемыми и экологически чистыми. Их использование не портит экологию планеты и играет значительную роль в решении трёх глобальных проблем – энергии, экологии, продовольствия.

1.2. Солнечная энергетика

Солнце – источник жизни на Земле и источник практически всех видов энергии, которыми пользуется человек. Этот ресурс неисчерпаем. Огромное количество энергии, непрерывно приходящее на поверхность Земли от Солнца в течение года, в 32 000 раз больше той энергии, которая поступает за это время в мировую энергетическую систему от разных источников энергии, таких как минеральное топливо, гидроэнергия и прочих.



Солнечные батареи применяют во многих областях деятельности человека за счёт многофункциональности и простоты использования. Батареи устанавливают на крышах зданий и на специальных опорах. Мировые производители электроники давно научились применять солнечные панели в своих устройствах. В космонавтике солнечные батареи являются основным источником энергии, снабжающим все системы и установки жизнеобеспечения космической станции.

Плюсы:

1. Неисчерпаемость.
2. Доступность.
3. Бесшумность.
4. Обильность.

Минусы:

1. Непостоянство.
2. Высокая стоимость оборудования станции.
3. Маленькая мощность по сравнению с традиционными источниками.
4. Большая территория станции.

1.3. Геотермальная энергетика

Геотермальные станции используют внутреннюю энергию Земли в виде пара и горячей воды. Ставят такие станции в основном в местах, где горячая вода подходит близко к поверхности земли. Добраться до неё можно, пробуравив скважину.

Плюсы:

1. Такие электростанции не выбрасывают вредные вещества.
2. Являются неисчерпаемыми источниками электричества.
3. Могут использоваться как станции опреснения морской воды.

Минусы:

1. Невозможно угадать, когда начнётся извержение вулкана, поэтому сложно выбрать место для геотермальной электростанции.
2. Несмотря на почти полную экологическую безопасность, существует вероятность минерализации термальных вод и наличия в воде примесей вредных металлов.



1.4. Энергия биомассы

Биоэнергетика – это производство энергии из различных видов биотоплива. Это могут быть гранулы из различных видов древесины (щепа, лузга, солома) или жидкое биотопливо различного происхождения.



Плюсы:

1. Сгорая, биотопливо не выбрасывает в окружающую среду вредных отходов.
2. Биотопливо легко транспортируется.
3. Теплоотдача максимальная, так как отсутствуют потери тепла.

Минусы:

1. Из-за увеличения площадей посадки специальных культур для биотопливной промышленности, соответственно, уменьшаются площади под продовольственные культуры.
2. Для получения биотоплива используется большое количество древесины, что послужило причиной вырубания лесов.

1.5. Энергия приливов и отливов

Приливные электростанции являются инновационными сооружениями, способными преобразовать кинетическую энергию прибывающей или убывающей воды в электрическую.

Принцип работы приливной электростанции основан на перепадах уровня воды между приливом и отливом для получения энергии.

Плюсы:

1. Возобновляемый источник.
2. Экологически чистая энергия.
3. Высокая эффективность.
4. Помимо производства электроэнергии, такие электростанции защищают берег от наводнения.



Минусы:

1. Высокие затраты на строительство.
2. Нарушение жизнедеятельности местной флоры и фауны.
3. Географические ограничения.
4. Могут мешать судоходству и рыболовству.

1.6. Виды альтернативной энергетики в России

Около 20 % производимой электроэнергии в России – возобновляемая. Общая выработка электроэнергии электростанциями на основе ВИЭ (возобновляемых источников энергии) в 2023 году составила около 211 млрд кВт*ч, из них 96 % – ГЭС. Все остальные ВИЭ выработали около 89 млрд кВт*ч (не считая геотермального теплоснабжения – ~170 млн кВт*ч тепловой энергии в год), что составляет около 0,7 % от выработки электроэнергии в России и 4 % – возобновляемой.

Между тем экономический потенциал возобновляемых источников страны довольно велик и, по некоторым оценкам, составляет 270 миллионов тонн условного топлива в год. Из них 115 млн т у.т./год составляет геотермальная энергия, 65,2 млн т у.т./год – малые гидроустановки, 35 млн т у.т./год – биомасса, 12,5 млн т у.т./год – солнечная энергия, 10 млн т у.т./год – энергия ветра. В 2019 году в России принята программа развития солнечной и ветроэнергетики до 2024 года.

С 2019 года по середину 2024 года установленная мощность ВИЭ выросла в два раза и достигла 6,16 ГВт. Из них 2,6 ГВт – ветровая генерация, 2,2 ГВт – солнечная, 1,3 ГВт – малые гидроэлектростанции.

Глава 2. Ветровая энергетика

2.1. Ветровая энергетика в России

Технический потенциал ветровой энергии России оценивается в размере свыше 50 трлн кВт*ч/год. Экономический потенциал составляет примерно 260 млрд кВт*ч/год, то есть около 25 % производства электроэнергии всеми электростанциями России.

К перспективным зонам для строительства в России ветрогенераторов относятся побережья морей, острова Северного Ледовитого океана. Так, особой концентрацией ветропотенциала отличаются побережья Тихого океана, предгорные и горные районы Кавказа, Урала, Алтая, Саян.

В приближённых к потребителям и имеющих подходящую инфраструктуру районах возможно строительство крупных ветропарков. Среди них можно выделить побережья Кольского полуострова, Приморья, юга Камчатки, Каспийское и Азовское побережья.

Крупнейшие действующие ветропарки (по состоянию на 2024 год):

Кольская ВЭС (201 МВт, Мурманская область);

Кочубеевская ВЭС (210 МВт, Кочубеевский район Ставропольского края);

Адыгейская ВЭС (150 МВт, Республика Адыгея);

Бондаревская ВЭС (120 МВт, Ставропольский край);

Сулинская ВЭС, Каменская ВЭС, Гуковская ВЭС (по 100 МВт каждая, Ростовская область);

Салынская ВЭС и Целинская ВЭС (по 100 МВт каждая, Республика Калмыкия);

Казачья ВЭС-1 (50 МВт, Ростовская область);

Ульяновская ВЭС-2 (50 МВт, Ульяновская область);

Ульяновская ВЭС-1 (35 МВт, Ульяновская область).

Крупные ветропарки также расположены в Крыму, Ульяновской области (Ульяновская ВЭС), Камчатском крае, Чукотском автономном округе (Анадырская ВЭС), Башкирии (ВЭС Тюпкильды).

Приложение, рис. 6.

2.2. Ветрогенераторы и их виды

Согласно Википедии ветрогенератор (ветроэлектрическая установка или сокращённо ВЭУ, жарг. ветряк) – устройство для преобразования кинетической энергии ветрового потока

в механическую энергию вращения ротора с последующим её преобразованием в электрическую энергию.

Ветрогенераторы можно разделить на три категории: промышленные, коммерческие и бытовые (для частного использования).

Мощность ветрогенератора зависит от мощности воздушного потока (N), определяемой скоростью ветра и ометаемой площадью: $N = SV^3/4$, где V – скорость ветра, S – ометаемая площадь.

Ветрогенераторы можно классифицировать по количеству лопастей, по материалу, из которого они сделаны, по оси вращения и по шагу винта.

Существует 2 типа ветротурбин: с вертикальной осью вращения и с горизонтальной осью вращения – крыльчатые.

Приложение, рис. 3.



2.3. Строение промышленных ветрогенераторов

Промышленная ветровая установка состоит из таких частей, как:

1. Фундамент.
 2. Силовой шкаф, включающий силовые контакторы и цепи управления.
 3. Башня.
 4. Лестница.
 5. Поворотный механизм.
 6. Гондола.
 7. Электрический генератор.
 8. Система слежения за направлением и скоростью ветра (анемометр).
 9. Тормозная система.
 10. Трансмиссия.
 11. Лопасти (как правило, три, поскольку роторы с двумя лопастями подвергаются большим нагрузкам в момент, когда пара лопастей вертикальна, а больше трёх лопастей создают избыточное сопротивление воздуха).
 12. Система изменения угла атаки лопасти.
 13. Обтекатель.
- Система пожаротушения.
Телекоммуникационная система для передачи данных о работе ветрогенератора.
Система молниезащиты.
Привод питча.

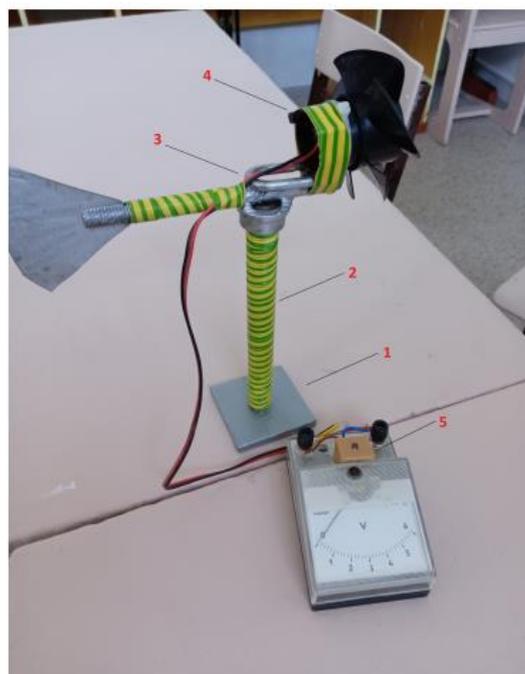


Приложение, рис. 1.

2.4. Сборка ветрогенератора в домашних условиях

Меня настолько увлекла тема ветрогенераторов, что я решил собрать что-то подобное сам. Мой ветрогенератор, вернее – его модель, состоит:

1. Из увесистой подставки для устойчивости.
2. Соединительных труб из металла.
3. Основного корпуса. Он тоже металлический, к нему приварен хвост для поворотов при движении ветра.
4. К основному корпусу прикреплена рабочая часть генератора с лопастями по преобразованию энергии ветра в электрическую.
5. Отдельно выведен светодиод, показывающий появление тока в системе.



В разобранном виде он легко помещается в небольшую коробку.

2.5. Эксперименты с ветрогенератором

Эксперимент 1.

Собрав модель, я захотел узнать мощность получившегося ветрогенератора.

В теории мощность любой ветровой электростанции рассчитывается по формуле $N = \rho \cdot s \cdot v^3 / 2$,

где N – мощность потока воздуха;

ρ – плотность воздушных масс (плотность воздуха на высоте 0 км зимой составляет 1,29 кг/м³ при температуре 0 °С);

S – общая обдуваемая площадь лопастей винта;

V – скорость ветра.

Как найти общую площадь лопастей?

$S = S$ круга с $R = 4$ см.

$S = \pi R^2 = 3,14 \cdot 16 = 50,24 \text{ см}^2 = 0,005 \text{ м}^2$.

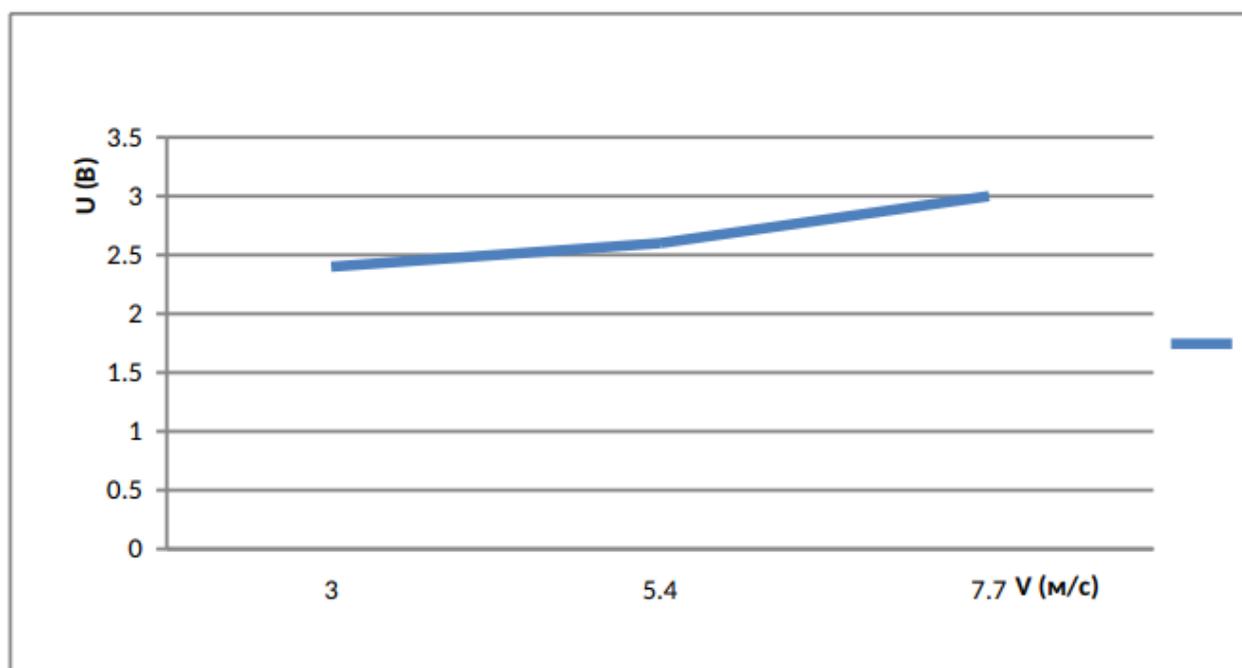
Физическая величина	1 опыт	2 опыт	3 опыт
V , м/с	7,7	8	8,5
N , Вт	0,73	0,82	0,98



Эксперимент 2.

Построение графика зависимости скорости воздушного потока от напряжения на генераторе.

Скорость, м/с	Напряжение, В
3	2,4
5,4	2,6
7,7	3



Заключение

Проанализировав развитие альтернативной энергетики в России, можно заметить, что особое внимание со стороны государства отводится таким видам производства электроэнергии, как ветровая, гидроэнергетика и солнечная энергетика. При этом в последние годы именно ветровая энергетика выходит на лидирующий уровень.

С 2019 года по середину 2024 года установленная мощность ВИЭ выросла в два раза и достигла 6,16 ГВт, 2,6 ГВт из которых – ветровая генерация, 2,2 ГВт – солнечная, 1,3 ГВт – малые гидроэлектростанции.

Альтернативные виды энергетики очень нужны человечеству, так как они основываются на неисчерпаемых или возобновляемых видах энергии, таких как энергия солнца, ветра, приливов и отливов, тепло недр Земли, и не вредят природе и жизни человека.

В дальнейшем я бы хотел создать ветрогенератор с 3 лопастями большей площади и сравнить их мощность, напряжение, силу тока и КПД.

Литература:

1. Сидорович В. Мировая энергетическая революция: Как возобновляемые источники энергии изменят наш мир. – М.: Альпина Паблишер, 2015.
2. Чумаков В. Токи ветров // Вокруг света: журнал. – 2008. – № 8.
3. Германович В., Турилин А. Альтернативные источники энергии и энергосбережение. Практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы. – СПб: Наука и техника, 2014.
4. Ильин В. Виды ветродвигателей. – 2013.

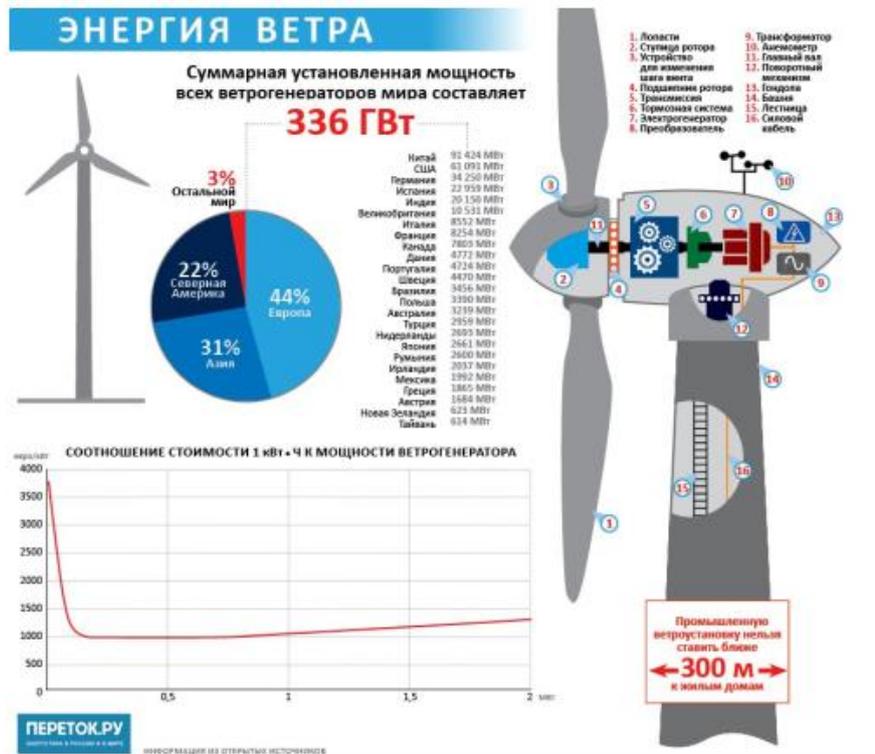


Рис. 1.

Сравнение типов ветротурбин по теоретической аэродинамической характеристике (КПД ветротурбины)

Тип ветротурбины	Коэф. КПД	рисунок
Крыльчатая с горизонтальной осью вращения параллельной потоку воздуха (классическая)	0,593	
Карусельная крыльчатая ветротурбины с вертикальной осью перпендикулярной направлению движения потока	0,41	
Роторная карусельная с осью перпендикулярной направлению движения потока	0,192	

Рис. 3.



Рис. 4.



Рис.6.

**Сборник проектных работ победителей и призёров
регионального этапа всероссийского конкурса
научно-технологических проектов
«Большие вызовы»**

Ответственный за выпуск: *Н. В. Ногтева*
Ответственный редактор: *А. П. Долгова*
Редактор: *А. В. Журавлёв*
Автор-составитель: *А. Ю. Мамонтов*
Технический редактор: *С. И. Антонова*

ТОГБОУ ДО «Центр развития творчества детей и юношества» –
Региональный модельный центр дополнительного образования детей
392000, г. Тамбов, ул. Сергея Рахманинова, 36

