

**Департамент образования и науки Тюменской области
Тюменский областной государственный институт
развития регионального образования**

Е. Ф. Федоров

**Современные подходы к развитию
инженерного мышления в школе**

Методические рекомендации

Тюмень
ТОГИРРО

378.14
74.48

Современные подходы к развитию инженерного мышления в школе:
Методические рекомендации – Тюмень, Методические рекомендации –
Тюмень, ТОГИРРО, ЦНППМПР г. Ишим, 2025. – 137 с.

Составитель:

Федоров Е.Ф., кандидат биологических наук, начальник отделения
непрерывного повышения профессионального мастерства педагогических
работников г. Ишим

В рекомендации включены муниципальные практики организации
проектно-исследовательской деятельности в рамках инженерного направления,
описаны теоретические основы и практики развития инженерного мышления в
школе, а также приведены задания Межрегиональной инженерной олимпиады
«ИнженерикУМ» в 2024-2025 учебном году.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Глава 1. Определение и компоненты инженерного мышления.....	6
Глава 2. Возрастные особенности развития инженерного мышления.....	8
Глава 3. Современные подходы к развитию инженерного мышления.....	11
Глава 4. Практика развития инженерного мышления через организацию профильных олимпиад.....	15
Глава 5. Примеры учебно-исследовательских проектов, направленных на развитие инженерных компетенции учащихся младшего, среднего и старшего школьного возраста.....	33
Список используемой литературы.....	137

Введение

В настоящее время инженерное мышление приобретает всё большую значимость в условиях ускоренного технологического прогресса, помогая находить инновационные решения сложных технических задач и создавать продукты, определяющие будущее экономики. По данным исследований, в России наблюдается острый дефицит квалифицированных инженеров — около 600 тысяч специалистов в начале 2025 года, особенно в высокотехнологичных отраслях, таких как ИТ, робототехника и биотехнологии. Эта проблема усугубляется недостаточной подготовкой школьников к освоению технических дисциплин: не все ученики обладают базовыми знаниями и навыками для успешного перехода к инженерным специальностям, что приводит к низкой вовлеченности в техническое творчество. Поэтому развитие инженерного мышления у детей ещё в школьные годы становится стратегической задачей. Актуальность темы обусловлена не только глобальными вызовами цифровой трансформации, но и конкретными запросами российского государства и бизнеса. С 2025 года особую актуальность обретает проект «Передовые инженерные школы», который уже во второй волне отбора охватывает сотни учреждений и предусматривает выделение значительных ресурсов - до 248,5 тысяч бюджетных мест на инженерные направления в вузах. Технологический прогресс открывает горизонты в областях вроде искусственного интеллекта, квантовых вычислений и устойчивой энергетики, делая эти направления особенно привлекательными для молодёжи. По словам министра просвещения Сергея Кравцова, популярность инженерного образования среди школьников растёт: в 2024–2025 годах открыто свыше 200 инженерных классов, где обучается около 5,5 тысячи учеников, а новые инициативы, такие как проект «Инженеры будущего» от Фонда развития Физтеха.

В современном обществе остро стоит задача организации образовательных процессов, ориентированных на формирование предпосылок инженерного мышления у учащихся. Это сложная социокультурная проблема, требующая интеграции тенденций цифровизации и инновационных

педагогических подходов. Ключевым элементом здесь является создание технологической образовательной среды — от школьных лабораторий до сетевых платформ, где дети могут экспериментировать с реальными инструментами.

Тюменская область традиционно ориентирована на подготовку инженерных кадров. Школьное инженерное образование в регионе развивается как часть суверенной национальной системы, с акцентом на раннюю профориентацию, интеграцию с вузами и предприятиями (ТИУ, ТюмГУ, Газпром, СИБУР). Это отвечает федеральным приоритетам: национальным проектам «Образование», «Кадры», «Наука и университеты», а также федеральному проекту «Передовые инженерные школы». В настоящее время реализуются несколько масштабных программ федерального и регионального уровней.

1. Школа инженерного резерва (ШИР) Тюменского индустриального университета (ТИУ)

Это флагманский проект для школьников 1–11 классов. ШИР работает как центр дополнительного образования с филиалами в Тюмени и Тобольске. Программы включают:

- Робототехнику (Lego, Arduino).
- 3D-моделирование и программирование.
- Физику, геологию, основы нефтегазового дела.
- Проектную деятельность с экскурсиями на предприятия.

2. Детский технопарк «Кванториум». Программы организованы по 12 направлениям (квантумам): робоквантум, промдизайнквантум, биоквантум, IT-квантум и др. Дети решают реальные кейсы с высокотехнологичным оборудованием (3D-принтеры, VR/AR, роботы). Включает инженерные каникулы, хакатоны и мобильный Кванториум для отдаленных районов. Фокус на проектной деятельности, ТРИЗ и навыках XXI века.

3. Индустриальные и профильные инженерные классы.

Тюменский индустриальный университет реализует проект «Индустриальные классы» в партнерстве с 30 школами Тюменской области. Занятия ведут преподаватели вуза по профилям: IT, геология, строительство дорог, логистика, нефтегаз. Ученики участвуют в олимпиадах («Газпром», Case-in) и проектах. Это обеспечивает преемственность "школа–вуз–предприятие". За последние пару лет в регионе открыты несколько десятков инженерных классов на базе общеобразовательных школ региона.

Глава 1. Определение и компоненты инженерного мышления

Инженерное мышление - это особый тип познавательной деятельности, ориентированный на решение практических задач путем создания, проектирования и оптимизации технических объектов и систем.

В педагогической литературе существуют различные формулировки этого понятия:

- Д.А. Мустафина, Г.А. Рахманкулова и Н.Н. Короткова определяют инженерное мышление как «особый вид мышления, формирующийся и проявляющийся при решении инженерных задач, позволяющий быстро, точно и оригинально решать как ординарные, так и неординарные задачи в определенной предметной области, направленные на удовлетворение технических потребностей».

- Т.Н. Лебедева подчеркивает, что инженерное мышление представляет собой сложное системное образование, объединяющее логическое, образно-интуитивное, практическое, научное, эстетическое, экономическое, экологическое, эргономическое, управленческое, коммуникативное и творческое мышление.

- В контексте школьного образования (по П.В. Зуеву и Е.С. Кошечевой) инженерное мышление школьника - это способность применять знания из разных областей для анализа проблем, генерации идей, проектирования решений, их реализации и оценки, с учетом ограничений и критериев эффективности.

Для школьников инженерное мышление проявляется не в профессиональной деятельности, а в учебно-исследовательской и проектной работе. Оно начинается с простых конструкторских задач в начальной школе (например, сборка моделей из конструктора) и развивается до сложных проектов в старших классах (робототехника, моделирование систем).

Ключевые характеристики инженерного мышления школьника:

- Ориентация на практику и результат.
- Не шаблонность и оригинальность решений.
- Учет ограничений (ресурсы, время, безопасность).
- Итеративность (повторные улучшения прототипа).
- Междисциплинарность (связь с математикой, физикой, информатикой, технологией).

Развитие инженерного мышления начинается уже в дошкольном возрасте (через игры с конструкторами) и продолжается в школе, где оно интегрируется в уроки технологии, математики, физики и дополнительное образование (кружки робототехники, STEAM-проекты).

Компоненты инженерного мышления школьника

Инженерное мышление - это многоуровневая структура, включающая когнитивные, операциональные и личностные компоненты. На основе анализа работ Г.А. Рахманкуловой, Д.А. Мустафиной, И.В. Ребро, выделяются ключевые компоненты, адаптированные для школьников.

Предлагается система из 10 основных компонентов (с возможностью оценки по уровням: низкий, средний, высокий):

1. Системное мышление - способность видеть объект как систему взаимосвязанных элементов, понимать причинно-следственные связи и целостность.
2. Критическое мышление - анализ информации, выявление ошибок, оценка альтернативных решений, рефлексия над процессом и результатом.
3. Творческое (креативное) мышление - генерация оригинальных идей, нестандартный подход к задачам, преодоление стереотипов.

4. Пространственное мышление - визуализация объектов в пространстве, работа с чертежами, моделями, понимание перспективы и масштаба.

5. Логическое мышление - построение цепочек рассуждений, использование алгоритмов, доказательство и обоснование решений.

6. Практическое (техническое) мышление - умение работать с материалами, инструментами, реализовывать идеи на практике (конструирование, сборка).

7. Исследовательское мышление - постановка гипотез, экспериментирование, сбор и анализ данных.

8. Экономическое и экологическое мышление - учет ресурсов, стоимости, устойчивости и воздействия на окружающую среду.

9. Коммуникативное мышление - работа в команде, презентация идей, аргументация решений.

10. Рефлексивное мышление - самооценка, анализ успехов и неудач, планирование улучшений.

Эти компоненты взаимосвязаны и развиваются через инженерный дизайн-процесс, который определяется последовательностью этапов: определение проблемы → исследование → генерация идей → проектирование → создание прототипа → тестирование → оценка и улучшение

Глава 2. Возрастные особенности развития инженерного мышления

Теория Ж. Пиаже описывает четыре стадии когнитивного развития, часть из которых напрямую влияют на формирование инженерного мышления:

- Сенсомоторная стадия (0-2 года): Мышление через действия и ощущения. Предпосылки - манипуляция объектами, понимание причинно-следственных связей.

- Дооперациональная стадия (2–7 лет): Наглядно-образное мышление, эгоцентризм, интуитивность. Ребенок оперирует символами, но не логико-математическими операциями.

- Стадия конкретных операций (7–11 лет): Логическое мышление о конкретных объектах, понимание сохранности, классификация.

- Стадия формальных операций (11–15 лет и старше): Абстрактное, гипотетико-дедуктивное мышление, системный анализ.

Инженерное мышление эволюционирует параллельно: от практического конструирования к абстрактному проектированию. Исследования подтверждают, что младшие школьники лучше справляются с наглядными задачами, а подростки - с абстрактными моделями.

Системная работа по формированию инженерного мышления способствует не только профессиональной ориентации, но и развитию универсальных компетенций 21 века: критического мышления, коммуникации и адаптивности.

Дошкольный возраст (3-7 лет): Предпосылки инженерного мышления

Дошкольный период является наиболее сензитивным для формирования предынженерного мышления. Доминирует наглядно-действенное и наглядно-образное мышление. Дети проявляют естественную любознательность к технике, экспериментируют через игру.

Ключевые проявления:

- Исследование объектов (разборка игрушек, манипуляция материалами).
- Простое конструирование (кубики, конструкторы типа LEGO, Cuboro).
- Генерация идей в ролевой игре (строительство "домиков", "машин").
- Развитие мелкой моторики, пространственного воображения.

Рекомендуемые активности:

- Игры с конструкторами для развития пространственного и творческого мышления.
- Экспериментирование с материалами (песок, вода, бумага).
- Простые задачи на моделирование (построить мост из блоков).

Младший школьный возраст (7–10/11 лет): Переход к конкретным операциям

Стадия конкретных операций по Жану Пиаже. Мышление становится логичным, но привязанным к реальным объектам. Дети способны планировать, классифицировать, понимать причинно-следственные связи.

Ключевые проявления инженерного мышления:

- Систематическое конструирование по схемам.
- Решение практических задач (построить устойчивую башню).
- Элементарные этапы инженерного проектирования: проблема → идея → прототип → тест.

- Учет простых ограничений (материалы, устойчивость).

Рекомендуемые активности:

- Проекты с конструкторами и простыми механизмами.
- Задачи на дизайн технических изделий
- Интеграция на уроках технологии и математики.

Подростковый возраст (11–15 лет): Развитие абстрактного мышления

Переход к формальным операциям. У подростков к этому времени проявляется способность к гипотетическому мышлению, системному анализу, учету множественных переменных.

Ключевые проявления:

- Проектирование сложных систем (роботы, модели).
- Критическая оценка решений, итеративные улучшения.
- Учет экономических, экологических факторов.
- Командная работа в проектах.

Рекомендуемые активности:

- Робототехнические кружки и объединения (учебные комплекты Arduino, LEGO Mindstorms).
- Хакатоны, олимпиады по техническому творчеству.
- Моделирование в программах.

Подростки на данном этапе демонстрируют хорошо развитые "инженерные навыки" - системное мышление и креативность.

Старший школьный возраст (15–18 лет): Зрелость инженерного мышления

Полное формирование формальных операций. Мышление приближается к профессиональному: абстрактное моделирование, этические аспекты, инновации.

Ключевые проявления:

- Сложные проекты с реальными ограничениями.
- Исследовательская деятельность, патентование идей.
- Интеграция знаний из разных дисциплин.

Рекомендуемые активности: Участие в конкурсах («Шаг в будущее», межрегиональная олимпиада «ИнженерикУМ»), проектных сменах («Большие вызовы»).

Глава 3. Современные подходы к развитию инженерного мышления в школе

В современной России развитие инженерного мышления у школьников приобретает стратегическое значение. Это связано с задачами импортозамещения, технологического суверенитета и подготовки кадров для высокотехнологичных отраслей экономики. Инженерное мышление представляет собой комплексный тип когнитивной деятельности, включающий анализ сложных систем, креативное решение проблем, проектное планирование, работу в команде и применение знаний на практике. Оно формируется на стыке логического, творческого и пространственного мышления, позволяя школьникам не просто усваивать информацию, а создавать новые решения для реальных задач.

Актуальность этой темы обусловлена требованиями Федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС), которые подчеркивают необходимость метапредметных навыков, проектной деятельности и ранней

профориентации. В условиях быстрого развития технологий российское образование ориентируется на подготовку поколения, способного к инновациям. Дефицит квалифицированных инженеров, отмечаемый на государственном уровне, стимулирует интеграцию инженерных подходов уже со школьной скамьи.

Одним из ключевых современных подходов является проектная деятельность. Школьники учатся ставить цели, анализировать проблемы, разрабатывать прототипы и тестировать решения. Это реализуется через индивидуальные и групповые проекты на уроках технологии, физики, математики и информатики. Проектный метод развивает системное мышление, учит учитывать ограничения ресурсов и оценивать риски, что напрямую соответствует инженерной практике.

Значительную роль играет робототехника и образовательная робототехника. Во многих школах открыты кружки и факультативы по сборке и программированию роботов. Такие занятия формируют навыки алгоритмического мышления, работы с механизмами и электроникой.

Робототехника позволяет школьникам применять знания из разных дисциплин: математику для расчетов траекторий, физику для понимания движения, информатику для кодирования. Это не только развивает технические умения, но и стимулирует креативность — дети создают оригинальные модели для соревнований или решения повседневных задач.

Трехмерное моделирование и компьютерная графика становятся все более доступными благодаря цифровым образовательным платформам. Школьники осваивают программы для проектирования объектов, что развивает пространственное воображение и умение визуализировать идеи. Такие инструменты интегрируются в уроки технологии и дополнительное образование, позволяя переходить от виртуальной модели к реальному прототипу с помощью трехмерной печати.

Интеграция инженерных элементов в базовые предметы - еще один эффективный подход. На уроках математики используются прикладные задачи,

моделирующие реальные инженерные ситуации, такие как оптимизация конструкций или расчет нагрузок. Физика обогащается экспериментами по механике и электротехнике, а изобразительное искусство — модулями по архитектуре и дизайну, где школьники конструируют модели зданий или объектов. Это обеспечивает преемственность и делает обучение междисциплинарным.

В российской действительности важное место занимают специализированные инженерные классы и профильные школы. В крупных городах, таких как Санкт-Петербург и Москва, создаются инженерные классы с углубленным изучением естественных наук и партнерством с вузами и предприятиями. Школьники участвуют в мастер-классах, экскурсиях на производство и совместных проектах с инженерами. Это обеспечивает раннюю профориентацию и мотивацию.

Дополнительное образование играет ключевую роль через центры типа "Точек роста" и "Кванториумов", созданные в рамках национального проекта "Образование". Эти площадки оснащены современным оборудованием для робототехники, прототипирования и научных экспериментов. Они доступны в сельских и малых школах, способствуя равенству возможностей. Консорциумы по развитию школьного инженерно-технологического образования объединяют школы, вузы и предприятия для обмена практиками.

Государственная поддержка проявляется в федеральных инициативах, таких как вовлечение школьников в деятельность передовых инженерных школ при вузах и обновление предмета "Технология" с акцентом на практические навыки. Региональные программы, включая партнерства с крупными компаниями, организуют конкурсы и олимпиады по инженерным дисциплинам.

В заключение, современные подходы к развитию инженерного мышления в российской школе сочетают традиционные методы с инновационными технологиями, ориентируясь на практическую направленность и междисциплинарность. Это позволяет формировать у школьников не только

знания, но и компетенции, необходимые для будущего в высокотехнологичном мире. Дальнейшее развитие этих подходов требует инвестиций в оборудование, подготовку педагогов и расширение партнерств, чтобы каждый ребенок имел возможность раскрыть свой инженерный потенциал.

Одной из важнейших площадок для развития инженерного мышления является программа «Шаг в будущее». Это самый представительный смотр научных и инновационных достижений молодых исследователей России, на котором демонстрируются разработки, имеющие длительный период выполнения (3-5 лет). В отборочных мероприятиях ежегодно участвуют более 15 тысяч школьников и студентов начальных курсов вузов.

Ежегодно в конце марта форум собирает в Москве цвет научной молодёжи страны – около тысячи победителей региональных отборочных соревнований, более 500 учёных, учителей и специалистов. Так, в 2025 году право участия в форуме завоевали 1137 лучших молодых исследователя из 4 стран мира, среди них – уроженцы 249 городов, 356 сёл, хуторов и станиц. Научные мероприятия форума были организованы на базе 13 ведущих университетов и 14 научно-исследователь-ских институтов с мировым именем; в их числе – МГТУ им. Н.Э. Баумана, МГУ им. М.В. Ломоносова, РХТУ им. Д.И. Менделеева, РТУ МИРЭА, РГГУ, Институт химической физики им. Н.Н. Семёнова РАН, ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Институт космических исследований РАН и ряд других. Организация целенаправленной и методичной работы в этом направлении является залогом успеха в дела развития инженерного мышления школьников.

Глава 4. Практика развития инженерного мышления через организацию профильных олимпиад

Межрегиональная инженерная олимпиада школьников «ИнженерикУМ»

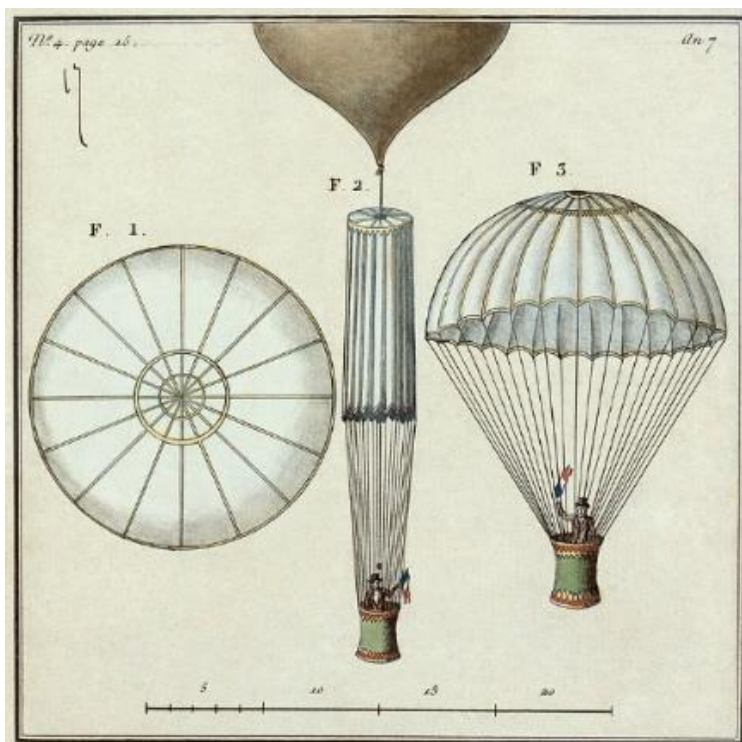
Отборочный этап 2024-2025 учебного года

3-4 класс

Время на выполнение заданий – 90 минут
Максимальное количество баллов – 98 баллов

Часть 1.

1. Определите, что изображено на рисунке конца 18 века



- А. Воздушный шар
В. Зонт от дождя и снега

- Б. Парашют.
Г. Аэростат

2. Что изобрел русский электротехник Павел Яблочков?

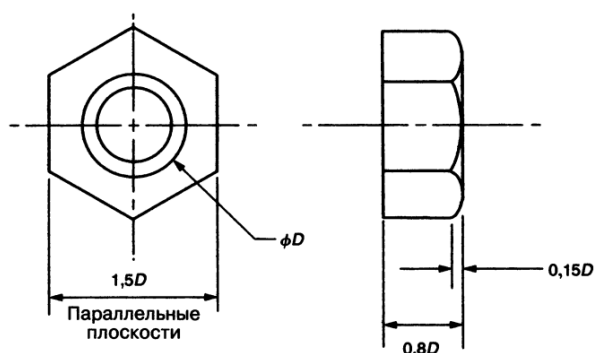
- А. Первый электромотор
В. Кислотный аккумулятор

- Б. Электролампочку
Г. Электрический трамвай



МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ИНЖЕНЕРИКУМ

3. Как называется изображенная на чертеже крепежная деталь?

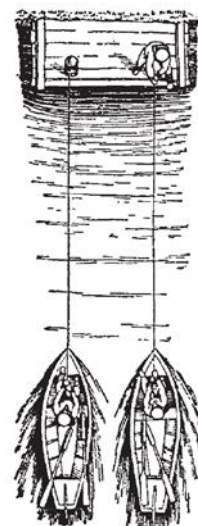


- А. Болт Б. Гайка В. Саморез Г. Шайб

4. Как называется сила, с которой тело действует на опору (или подвес, или другой вид крепления), препятствующую падению, возникающая в поле сил тяжести?

- А. Вес Б. Масса В. Груз Г. Брутто

5. К пристани на озере приближаются две одинаковые лодки (смотри рисунок справа). Оба лодочника подтягиваются с помощью веревки. Противоположный конец веревки первой лодки привязан к тумбе на пристани; противоположный же конец веревки второй лодки находится в руках матроса на пристани, который также тянет веревку к себе. Все трое прилагают одинаковые усилия. Какая лодка причалит раньше?



- А. Правая лодка
Б. Левая лодка
В. Обе одновременно
Г. Ни одна не причалит

6. Определите, для чего необходимо это устройство



А. Для измельчения зерна
инструментов
В. Для обрезки камней

Б. Для заточки
Г. Для проверки колес

7. Из чего изготавливают стекло?

А. Песок, сода и поваренная соль
В. Песок, сода и известняк
кислота

Б. Песок, слюда и известняк
Г. Песок, сода и уксусная

8. Что НЕ изобретал Иван Петрович Кулибин?

А. Водоход
В. Механическую ногу

Б. Самокатную повозку
Г. Механическую руку

9. Как уменьшить трение между двумя стальными поверхностями?

А. Добавить абразивный порошок
поверхности
В. Покрасить трущиеся поверхности

Б. Отполировать трущиеся
Г. Добавить воды

10. Как называется железосодержащий сплав, в котором более 2,14 %
углерода

А. Белый чугун
В. Дюралюминий

Б. Мельхиор
Г. Булатная сталь

Часть 2.

Ответьте максимально развернуто и с обоснованием (решением) на следующие вопросы:

1. Можно ли пустую бочку наполнить три раза, ни разу не опорожняя?
2. Автомобильные конструкторы разрабатывают и испытывают новую систему нейтрализации отработанных газов для легковой машины. Им требуется спланировать непрерывную работу на 100 дней для завершения проекта. Они приступают к работе в понедельник. В какой день недели завершится тестирование системы?
3. На инженерном турнире, где нужно набрать как можно больше баллов и решить стартовые 7 задач, за каждую правильно решенную задачу участники бонусом получали ещё две задачи. Команда из Новосибирска решила 21 задачу. Сколько раз команда дала правильный ответ? Обоснуйте решение.
4. Три поросенка Ниф-Ниф, Наф-Наф и Нуф-Нуф сидят на весах. Если с весов спрыгнет Ниф-Ниф, то весы покажут 17 кг. Если спрыгнет Наф-Наф, то

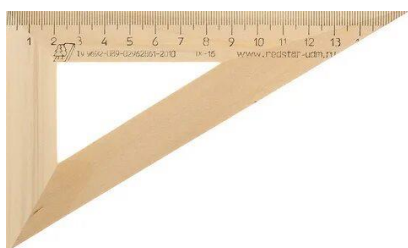
весы покажут 15 кг, а если прыгнет Нуф-Нуф, то весы покажут 14 кг. Какова масса всех поросят? Записать решение.

Часть 3.

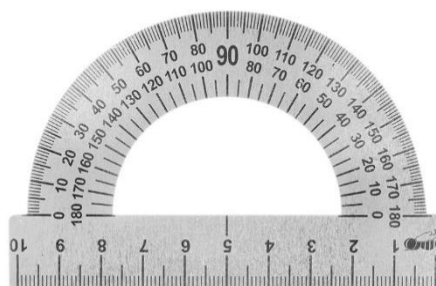
1. Установите соответствие между веществами (А-Е) и их характеристиками (1-2): к позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

Вещества	Типы полимеров
А. Ртуть	1. Неметалл
Б. Бром	2. Металл
В. Алюминий	
Г. Резина	
Д. Углерод	
Е. Поликарбонат	

2. Назовите инструменты чертежника, приведенные на рисунках



1



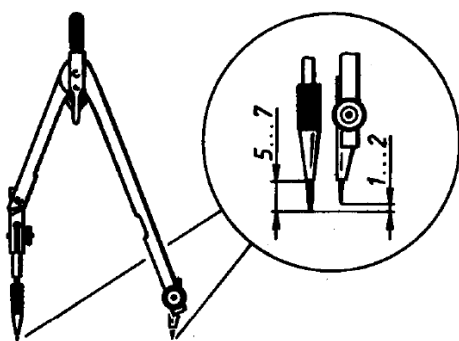
2



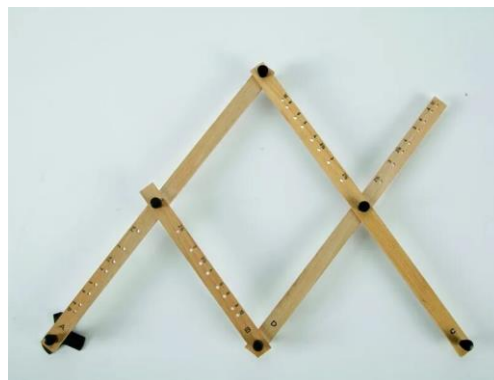
4



3



5

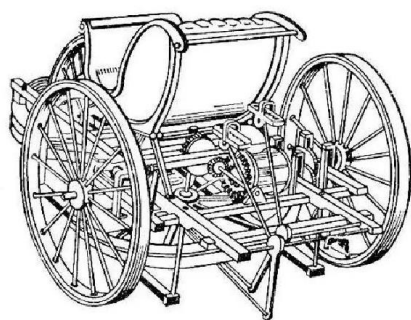


6.

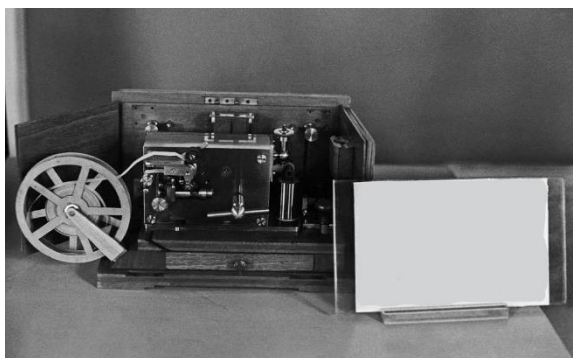
3. Установите соответствие между техническими изделиями (А-Г) и их авторами (1-2): к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца



А



Б



В



Г



1



2



3

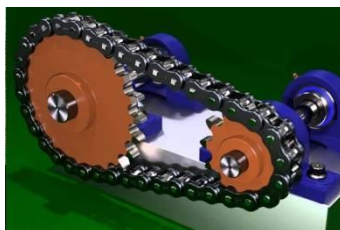
Время на выполнение заданий – 90 минут
Максимальное количество баллов – 92 балла

Часть 1.

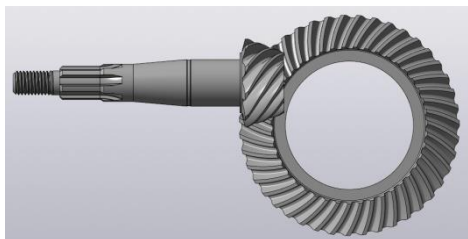
1. Определите, на каком из рисунков изображена фрикционная передача



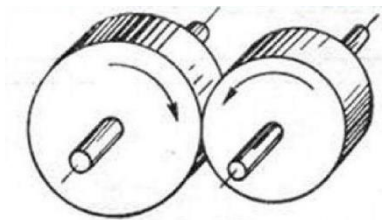
А



Б



В



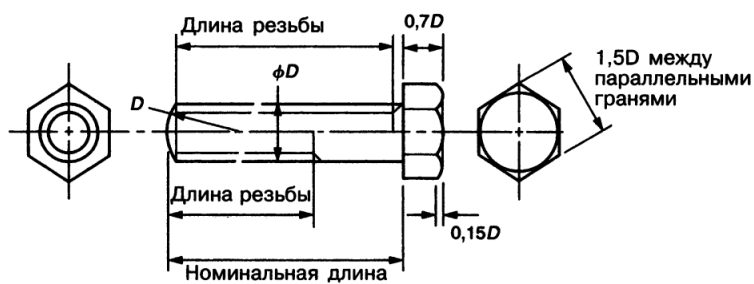
Г

2. Кто является изобретателем токарно-винторезного станка?

А. Иван Ползунов
Б. Иван Кулибин

В. Борис Якоби
Г. Андрей Нартов

3. Как называется изображенное на чертеже крепежное соединение



А. Шуруп
В. Гайка

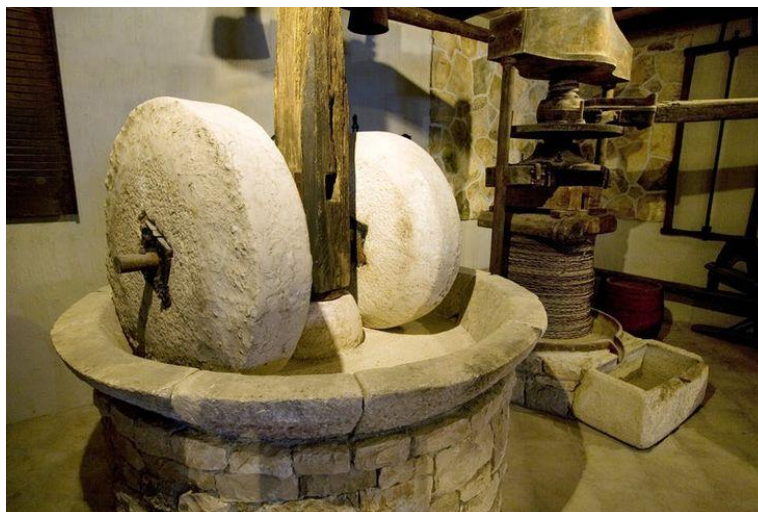
Б. Болт
Г. Шпилька

4. Как называется быстрота изменения скорости тела?

А. Модуль скорости
В. Импульс

Б. Ускорение
Г. Гравитация

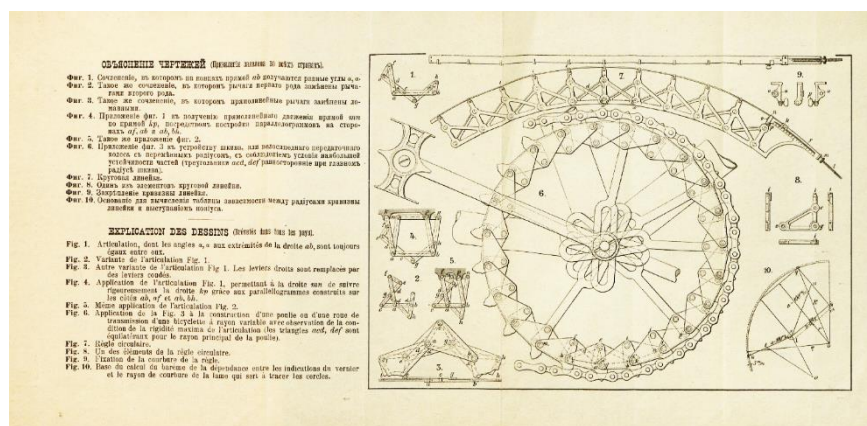
5. Предположите, для чего предназначен древний механизм, изображенный на фото



А. Для измельчения руды
каменных кругов
В. Для перетирания зерна
инструментов

Б. Для выравнивания
Г. Для заточки режущих

6. В 1900 году на Всемирной выставке в Париже золотую медаль получила «круговая линейка Гагарина» (смотри рисунок ниже). Автор устройства – первый директор Санкт-Петербургского политехнического института князь Андрей Григорьевич Гагарин. Предположите, для чего была необходима его «круговая линейка».



А. Устройство для измерения радиусов кругов
Б. Устройство для определения тангенса
В. Устройство для измерения длины окружности
В. Устройство для определения местоположения

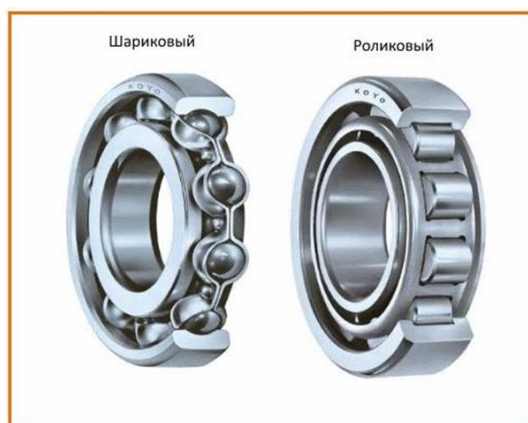
7. Первый в мире гирокар придумал в 1913 году русский инженер Петр Шиловский. За счет чего двухколесное транспортное средство гирокар не заваливается набок при работающем моторе?

- А. За счет дополнительных упоров, обеспечивающих устойчивость машине.
- Б. За счет массивного вращающегося маховика
- В. За счет упреждающего руления водителя
- Г. За счет достаточно широких колес

8. За счет чего отечественный автомобиль LADA Vesta получает энергию для движения?

- А. За счет сжигания бензина и вращения раскаленными газами турбины
- Б. За счет энергии каталитического окисления топлива
- В. За счет взрывного горения в камерах сгорания
- Г. За счет перегретого водяного пара, который вращает коленчатый вал

9. На рисунке изображены два узла. Для чего они необходимы в технике?



- А. Для охлаждения трущейся пары агрегатов.
- Б. Для обеспечения демпфирования при резком увеличении крутящего момента на валу
- В. Для обеспечения качения или вращения с наименьшими затратами энергии
- Г. Для ускорения движения колеса

10. На фото справа изображена копия ракеты «Восток», расположенная на ВДНХ в Москве. Чем так знаменита оригинальная ракета?



- А. С её помощью подняли в космос первый искусственный спутник Земли
- Б. С её помощью подняли в космос первый искусственный спутник Земли и первый обитаемый космический корабль
- В. С её помощью подняли в космос первый обитаемый космический корабль
- Г. С её помощью доставили на орбиту основные модули космической станции «Союз»

Часть 2.

Ответьте максимально развернуто и с обоснованием на следующие вопросы:

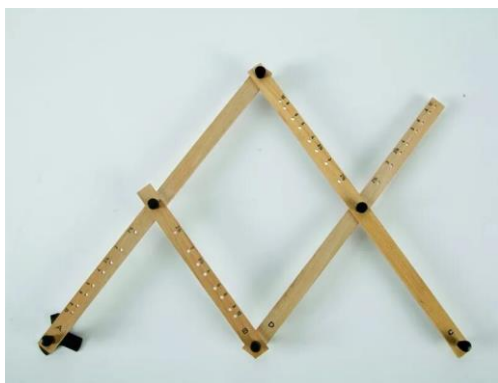
1. Всегда ли кипяток горячий?
2. Почему передняя ось у большинства телег стирается больше, нежели задняя?
3. В ящике хранится 22 пары перчаток: 5 пар черных, 4 пары коричневых и 3 пары серых. Вы выбираете перчатки в темноте и можете посмотреть, что вы выбрали, только после того, как выбор сделан. Чему равно минимальное количество перчаток, которые надо взять из ящика, чтобы гарантированно получить:
 - а) по крайней мере, одну подходящую пару;
 - б) по крайней мере, по одной подходящей паре каждого цвета?
3. Три поросенка Ниф-Ниф, Наф-Наф и Нуф-Нуф сидят на весах. Если с весов спрыгнет Ниф-Ниф, то весы покажут 17 кг. Если спрыгнет Наф-Наф, то весы покажут 15 кг, а если спрыгнет Нуф-Нуф, то весы покажут 14 кг. Какова масса всех поросят? Записать решение.

Часть 3.

1. Установите соответствие между веществами (А-Е) и группами веществ (1-2): к позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

Вещества	Типы веществ
А. Ртуть Б. Бром В. Алюминий Г. Резина Д. Углерод Е. Поликарбонат	1. Простые вещества 2. Сложные вещества

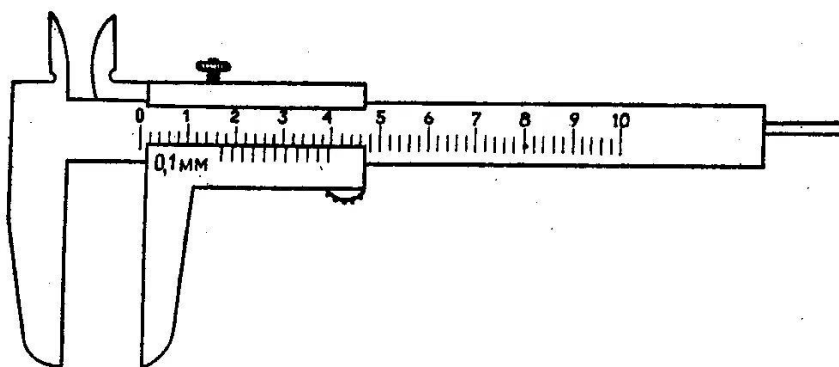
2. Назовите инструменты инженера и конструктора, представленные на рисунках



1



2



3.

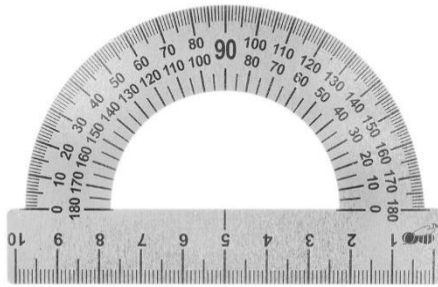


4.

5

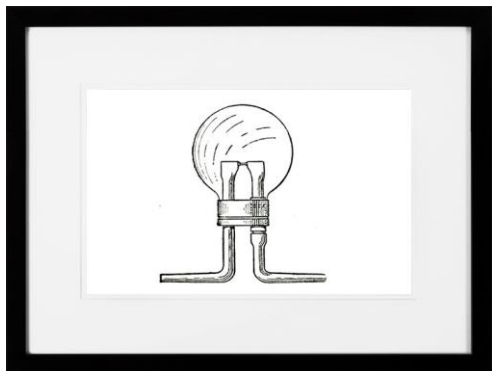


6.



3. Установите соответствие между техническими изделиями (строениями) (А-В) и их авторами (1-4): к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца

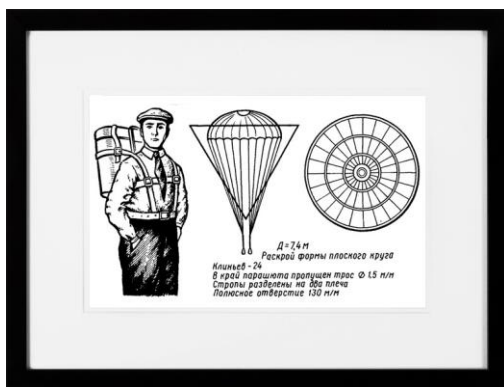
А



1



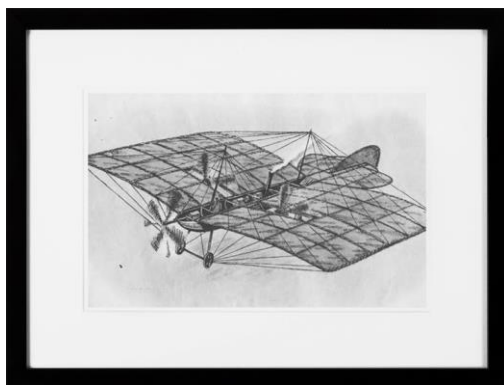
Б



2



В



3.



4.

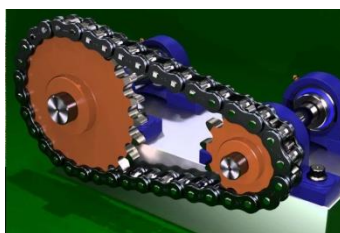


7-8 класс

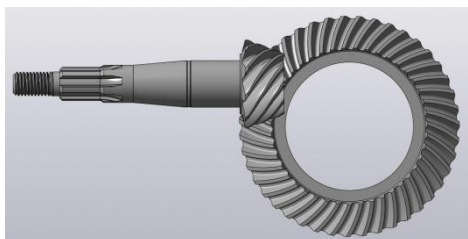
Время на выполнение заданий – 90 минут
Максимальное количество баллов – 100 баллов

Часть 1.

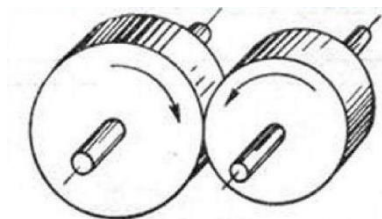
1. Определите, на каком из рисунков изображена червячная передача



А



Б



В

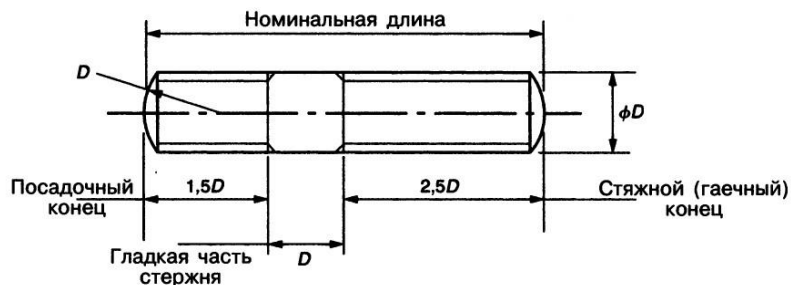
2. Кто является изобретателем водохода – речного судно с водоотталкивающим мотором, позволяющим двигаться против течения?

Г

А. Иван Ползунов
Б. Иван Кулибин

В. Борис Якоби
Г. Андрей Нартов

3. Как называется изображенное на чертеже крепежное соединение

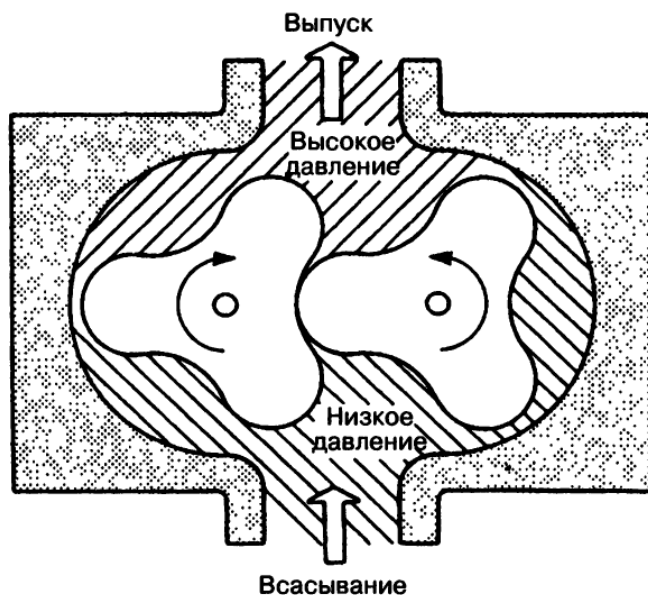


А. Болт Б. Винт В. Шпилька Г. Шуруп

4. Как называется способность материала деформироваться под нагрузкой и возвращаться к первоначальным размерам и форме после устранения нагрузки?

А. Вязкость. Б. Упругость В. Пластичность Г. Ковкость

5. Определите тип изображенного на схеме гидравлического насоса.



А. Шестеренный насос Б. Поршневой насос В. Осевой насос Г. Пластинчатый насос

6. На фото изображен автомат перекоса, изобретенный отечественным ученым Борисом Юрьевым в 1911 году. Ответьте, для чего необходим этот узел.



А. Для управление горизонтальным перемещением турбовинтового самолета.
Б. Для управления вертикальным перемещением вертолета.
В. Для управления вертикальным и горизонтальным перемещением вертолета.
Г. Для управления горизонтальным перемещением реактивного самолета

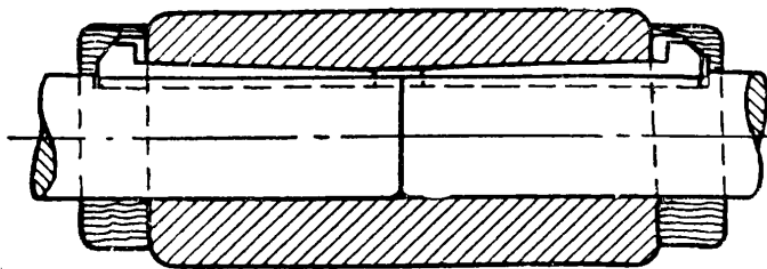
7. Первый в мире гирокар придумал в 1913 году русский инженер Петр Шиловский. За счет чего двухколесное транспортное средство гирокар не заваливается набок при работающем моторе?

- А. За счет дополнительных упоров, обеспечивающих устойчивость машине.
- Б. За счет массивного вращающегося маховика
- В. За счет упреждающего руления водителя
- Г. За счет достаточно широких колес

8. На атомной электростанции генерация электричества происходит за счет...

- А. ...вращения турбин перегретым паром
- Б. ...нагрева с помощью ядерной реакции потоков воздуха, которые вращают вентилятор электрогенератора
- В. ...ядерной реакции, напрямую генерирующей электроэнергию
- Г. ...ядерной энергии, напрямую заряжающей электрические аккумуляторы

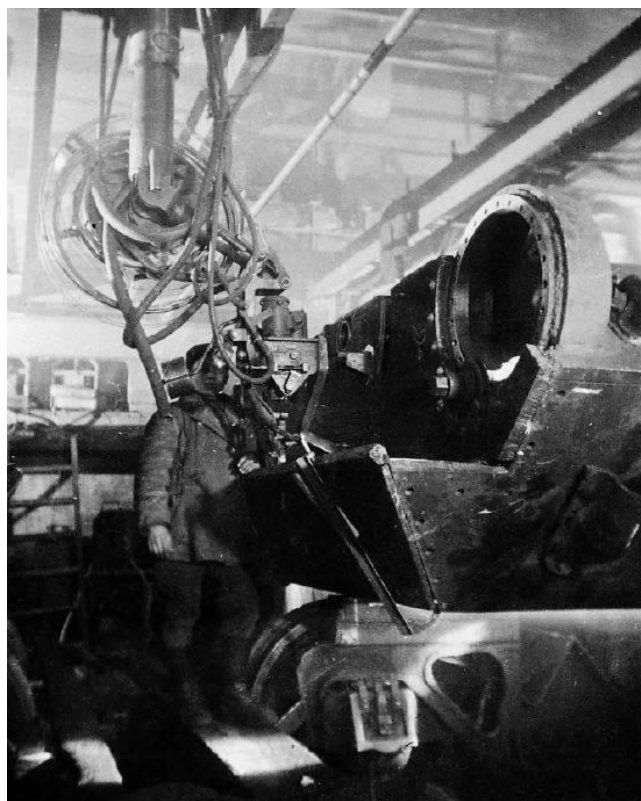
9. На рисунке изображена жесткая втулочная муфта. Для чего необходим этот узел?



- А. Для охлаждения трущейся пары агрегатов.
- Б. Для обеспечения демпфирования при резком увеличении крутящего момента на валу
- В. Для контроля температуры в месте соединения ведущего и ведомого вала.
- Г. Для соединения валов и передачи движения от ведущего вала к ведомому.

10. На фото изображен агрегат, внесший весомый вклад в Победу советского народа в Великой Отечественной войне. Что это за устройство и для чего оно предназначено?

- А. Машина для шлифовки сварочных поверхностей.
- Б. Агрегат для антикоррозийной обработки броневых сталей
- В. Установка для автоматической сварки под флюсом корпуса танка Т-34-85
- Г. Устройство для закалки танковой брони на большую твердость



Часть 2.

Ответьте максимально развернуто и с обоснованием на следующие вопросы:

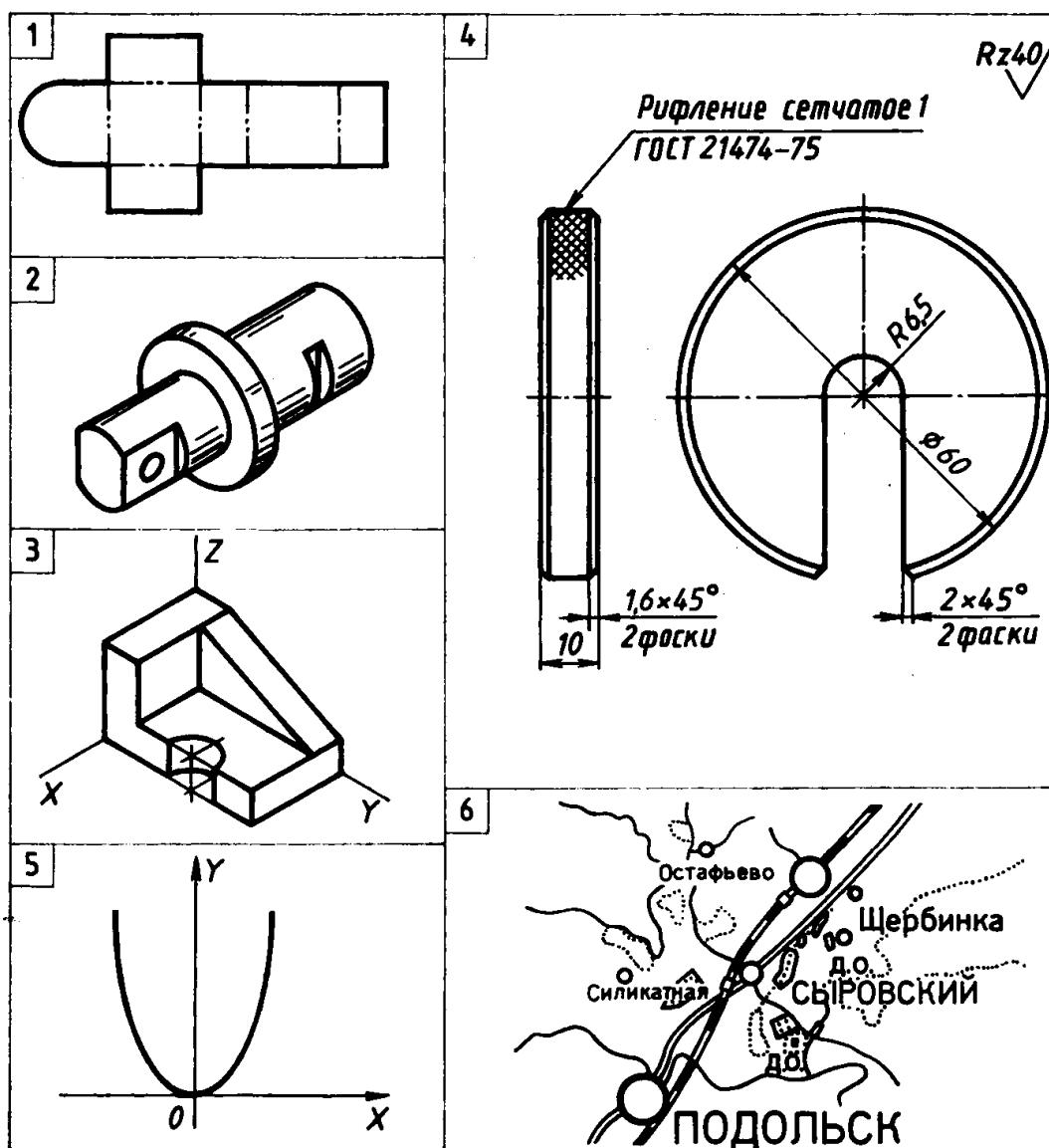
1. Всегда ли кипяток горячий?
2. Почему передняя ось у большинства телег стирается больше, нежели задняя?
3. У вас две емкости, в одну входит три литра воды, в другую – пять литров воды. Вам нужно ровно четыре литра воды. Как при помощи этих двух емкостей отмерить четыре литра?
4. У вас есть $n > 2$ монет, которые выглядят одинаково, и чашечные весы без гирь. Одна из монет – фальшивая, но вы не знаете, легче она или тяжелее, чем настоящие монеты. Все настоящие монеты весят одинаково. Разработайте алгоритм, позволяющий за минимальное количество взвешивания определить, легче или тяжелее фальшивая монета.

Часть 3.

1. Установите соответствие между веществами (А-Е) и типами полимеров (1-2): к позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

Вещества	Типы полимеров
А. Силикон (термореактив)	1. Термопластичные полимеры
Б. Тефлон (термопласт)	2. Термореактивные полимеры
В. Полиэстер (термореактив)	
Г. Целлюлоза	
Д. Поливинилхлорид (термопласт)	
Е. Поликарбонат (термопласт)	

3. Назовите графические изображения, приведенные на рисунке



4. Имеются четыре гири различного веса. Антон попарно взвешивает гири. В результате получилось 1800, 1970, 2110, 2330 и 2500 граммов. Сколько граммов весит шестой вариант взвешивания?

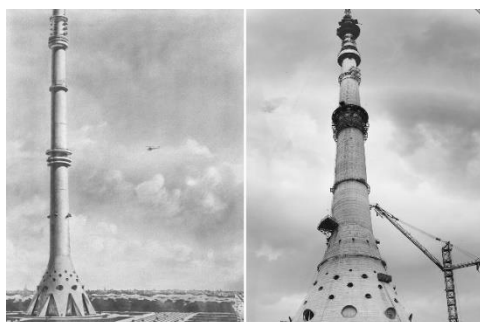
5. Установите соответствие между техническими изделиями (строениями) (А-Е) и их авторами (1-2): к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца



А



1



Б



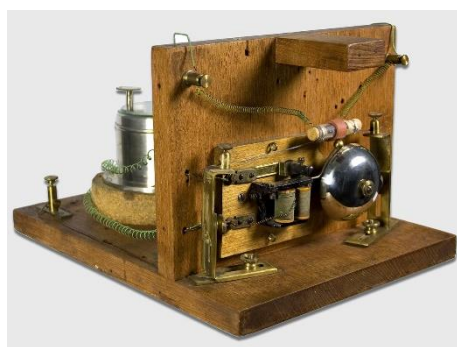
2



В



3



Г

Глава 5. Примеры учебно-исследовательских проектов, направленных на развитие инженерных компетенции учащихся младшего, среднего и старшего школьного возраста.

МОДЕЛЬ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ГРЕЛКИ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

АННОТАЦИЯ

При длительном нахождении человека в условиях отрицательных температур или повышенной влажности неизбежная ситуация, когда необходимо оперативно согреться. Зачастую нет никакой возможности развести огонь или найти теплое помещение для обогрева. В настоящее время особую актуальность приобретают грелки медицинского назначения, которые используются в холодное время или для стабилизации пациентов с большой кровопотерей. Поэтому *актуальной* становится проблема обеспечения медицинских работников, либо иных пользователей автономным согревающим устройством. В рамках данного исследования предпринята попытка создать действующий прототип прибора, который в течение длительного времени сможет генерировать тепло.

Основной *проблемой*, которую автор исследования решал в рамках работы, является отсутствие на рынке дешевого и эффективного автономного источника тепла, который способен длительное время обогревать человека.

Цель исследования – разработка принципиальной схемы и создание термохимической грелки для восстановления теплового состояния переохлажденного человека и для профилактики переохлаждения.

1. В ходе опытно-конструкторских работ была создана конструкция термохимической грелки, которая способна генерировать тепло без огня.
2. С использованием недорогих и доступных химических ингредиентов возможно создание универсального автономного источника тепла, который предназначен для восстановления теплового состояния переохлажденного человека и для профилактики переохлаждения.

3. В основе теплогенерирующих процессов в термохимической грелке выступают реакции обменного взаимодействия между алюминием и солями меди. Готовые реактивы в твердом состоянии могут храниться неограниченно долгое время. Для инициации реакции добавляется вода.

4. Термохимическая грелка обладает следующими параметрами – максимальная температура $+60^{\circ}\text{C}$, максимальная продолжительность работы – до 1,5 часа, масса – до 100 гр, в зависимости от исполнения.

Ключевые слова: экзотермическая реакция, медицинская грелка, алюминий, соли меди.

ВВЕДЕНИЕ

При длительном нахождении человека в условиях отрицательных температур или повышенной влажности неизбежная ситуация, когда необходимо оперативно согреться. Зачастую нет никакой возможности развести огонь или найти теплое помещение для обогрева. В настоящее время особую актуальность приобретают грелки медицинского назначения, которые используются в холодное время или для стабилизации пациентов с большой кровопотерей. Поэтому *актуальной* становится проблема обеспечения медицинских работников, либо иных пользователей автономным согревающим устройством. В рамках данного исследования предпринята попытка создать действующий прототип прибора, который в течение длительного времени сможет генерировать тепло.

Основной *проблемой*, которую автор исследования решал в рамках работы, является отсутствие на рынке дешевого и эффективного автономного источника тепла, который способен длительное время обогревать человека.

Цель исследования – разработка принципиальной схемы и создание термохимической грелки для восстановления теплового состояния переохлажденного человека и для профилактики переохлаждения.

Задачи исследования:

1. Подбор химических реактивов, которые необходимы для реакций с большим выделением тепловой энергии.

2. Провести работы по созданию и испытанию термохимической грелки.
3. Экономически обосновать стоимость внедрения разработки в массовое производство.

Объект исследования – экзотермические реакции

Предмет исследования – конструкция термохимической грелки.

Новизна исследования – впервые в рамках работы создана термохимическая грелка медицинского назначения, не потребляющая кислород воздуха, позволяющая эффективно защищать от переохлаждения или отогревать различные участки тела человека, в том числе те места, куда затруднен доступ воздуха (воздухонепроницаемая спецодежда, сапоги, валенки и т.д.).

Практическая значимость исследования – химический источник тепла, разработанный в ходе работы, может стать элементом экипировки медицинских работников, сотрудников МЧС, Минобороны и МВД, а также использоваться гражданскими лицами в походах, на охоте, на рыбалке и в автопутешествиях. Рассматривается возможность применения термохимической грелки на фронтах СВО.

Гипотеза - с использованием недорогих и доступных химических реактивов, возможно создание автономного источника тепла для согревания пациентов в неблагоприятных условиях.

Основная часть

В холодное время года у людей, чья деятельность связана с выполнением определенных заданий на улице, обязательно возникает желание согреться. Но не всегда для этого есть условия. Большинство специалистов, занимающихся охотоведением, спортивной и промысловой охотой, экотуризмом и зимней рыбалкой, неоднократно сталкивались в своей практике с эффектом окоченелых рук. Сутью эффекта является снижение чувствительности и потеря тонкой моторики. Проблему можно решить, используя грелки.

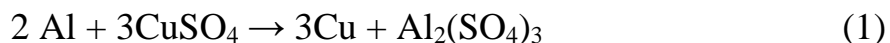
Во второй половине XIX века химическая наука достигла такого уровня развития, который сделал возможным создание новых, никогда ранее в природе не сосуществовавших веществ. Многие химические реакции идут с выделением

теплоты, иногда значительной. Такие реакции называются *экзотермическими*. [1, 2, 3].

В настоящее время существует несколько разновидностей химических грелок. Например, *каталитическая грелка*, в которой происходит окисление паров бензина на катализаторе. Работает долго, выделяет токсичные газы, поэтому пользоваться не совсем удобно. *Солевые грелки* получили широкое распространение среди туристов в нашей стране благодаря своей универсальности: многоразовое применение, небольшие размеры и различная форма изготовления (например, в форме стелек). Представляют собой пакетик с солевым раствором внутри. Помнёшь такой пакетик, и, пока соль кристаллизуется, грелка даёт тепло. Перезарядка осуществляется проваркой этого пакета. Но у солевых грелок есть ряд серьёзных недостатков: непродолжительное время действия (от 20 до 60 минут в зависимости от размеров), восстановление исходных функций возможно только при наличии горячей воды. Также выпускаются серийная термохимическая грелка «АИСТ» и «Теплолюб», однако высокая стоимость (от 350 рублей) и недолгая работа (до 1 часов) ограничивается использование изделий.

Методика исследования

В основе термохимической грелки лежат две реакции (1) и (2), которые протекают с выделением большого количества тепла. В первом случае (1), медный купорос (серноокислая медь, сульфат меди CuSO_4) вступает в реакцию замещения с алюминием. В результате образуются чистая медь и сульфат алюминия.



При реакции 1 моля алюминия с 1 молем медного купороса выделяется 2680 кДж тепла.

Во втором случае (2), хлорид меди CuCl_2 вступает в реакцию замещения с алюминием. В результате образуются чистая медь и сульфат алюминия.



В ходе образования хлорида алюминия выделяется 704,2 кДж/моль тепловой энергии.

Для запуска обеих реакций необходима вода – в твердом состоянии вещества не реагируют друг с другом.

Таблица 1. Массы и количество реактивов, необходимых для зарядки термохимической грелки

Реагент	Масса, гр.
Алюминиевая фольга	3-5
Сернокислая медь	30-50
Хлористая медь	2-5
Вода	От 30 до 50

Реактивы находятся в двух пакетах. Внешний вмещается в себя алюминиевую фольгу, соли меди, фетровую ткань и внутренний разрывной пакет, в котором вода с иницирующим шнуром. Запаивание и герметизация пакетов проводилась термическим способом.

Результаты исследования и обсуждение

Перед началом конструирования термохимической грелки были поставлены следующие условия, которым он должен отвечать:

1. Быть простым в использовании и иметь небольшую массу.
2. Иметь достаточно продолжительный срок хранения.
3. Температура, которую выделяет аппарат, должна иметь диапазон от +40°C до +90°C.
4. Источник тепла должен генерировать тепловую энергию не менее часа.
5. В состав источника тепла не должны входить огнеопасные или взрывчатые вещества.

Основной задачей, на решение которой направлено изобретение, является обеспечение надежности за счет равномерного и длительного поддержания температуры на поверхности грелки, улучшение технологичности изготовления, безопасности и удобства при использовании.

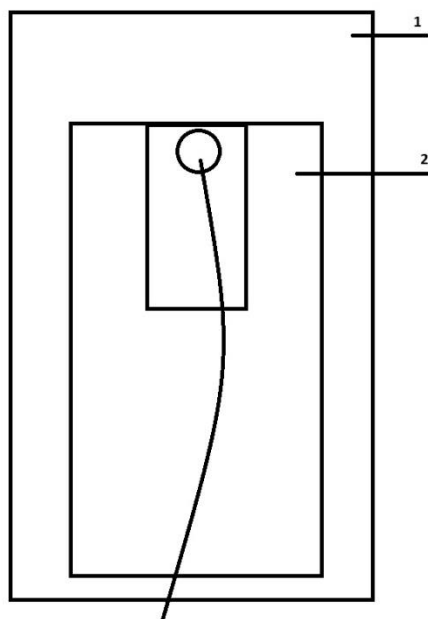


Рисунок 1. Принципиальная схема термохимической грелки, разработанной в рамках проекта. 1- внешний пакет, в котором размещается алюминиевая фольга, сернокислая и хлористая медь, фетровая ткань, а также внутренний разрывной пакет. 2 – разрывной пакет с водой и устройством активация (шнуром с пуговицей).

На фетровую ткань с помощью обычного канцелярского клея наносятся реактивы CuSO_4 и CuCl_2 . Такой способ не позволяет реагентам рассыпаться при транспортировке по всему пакету или скапливаться в одном месте, что ухудшит протекание химической реакции. Алюминий в грелке представлен в виде тонкой пищевой фольги, которая значительно увеличивает площадь соприкосновения веществ.

Термохимическая медицинская грелка работает и используется следующим образом. Для запуска грелки плавно вытягивают шнур, в результате чего между рукавами разрывного пакета происходит разрывы и выливание воды на фетровую ткань, которая равномерно распределяет воду по поверхности алюминиевой фольги. Химические реагенты (сернокислая и хлористая медь), растворяясь, поступают на поверхность алюминиевой фольги, в результате чего происходит термохимическая реакция окисления алюминия, который замещает

медь в ее солях с выделением тепла. В приложении представлены подробные фотографии этапов разработки и испытания.

В случае необходимости транспортировки грелок в жестких условиях, связанных с большим атмосферным разрежением или сильными механическими давлениями, грелки могут изготавливаться без разрывных пакетов с водой. В этом случае предусмотрен запуск грелки введением воды с помощью шприца.

Положительный эффект от использования предлагаемой термохимической медицинской грелки заключается в том, что она, являясь автономным источником тепла, не потребляющей кислород воздуха, позволяет эффективно защищать от переохлаждения или отогревать различные участки тела человека, в том числе те места, куда затруднен доступ воздуха (воздухонепроницаемая спецодежда, сапоги, валенки и т.д.). Упрощенный "запуск" путем вытягивания шнуров повышает удобство при пользовании грелки.

Таблица 2. Характеристика термохимической грелки

Параметры	Значение
Размеры	20,3 x 26 см
Масса	До 100 гр
Максимальная температура	До 60 ⁰ С
Длительность работы	До 1,5 часов

Экономическое обоснование проекта и сфера применения автономного источника тепла.

Любая инновация должна иметь под собой чёткое экономическое обоснование, иначе она так и останется лишь перспективной разработкой. В нашем случае была рассчитана стоимость термохимической грелки с учетом цены на составные части (Таблица 2).

Таблица 2. Экономическое обоснование создания термохимической грелки

№	Составная часть или химический ингредиент	Стоимость, руб
1	Пакеты	Около 60
2	Алюминиевая фольга, 3-5 гр	Около 30
3	Медный купорос, 35 гр	Около 30
4	Фетровая ткань	Около 20
ИТОГО		Около 150

Итоговая стоимость разработанной в рамках данного проекта термохимической грелки составляет порядка 150 рублей. Это говорит о том, что организация крупномасштабного производства может приносить значительный доход при рыночной стоимости порядка 200 рублей за экземпляр. К экономическим достоинствам можно отнести и то, что после использования утилизируется только реакционная среда, а внешний пластиковый пакет может повторно заправляться реагентами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В качестве заключения можно выделить следующие положения:

1. В ходе опытно-конструкторских работ была создана конструкция термохимической грелки, которая способна генерировать тепло без огня.
2. С использованием недорогих и доступных химических ингредиентов возможно создание универсального автономного источника тепла, который предназначен для восстановления теплового состояния переохлажденного человека и для профилактики переохлаждения.
3. В основе теплогенерирующих процессов в термохимической грелке выступают реакции обменного взаимодействия между алюминием и солями меди. Готовые реактивы в твердом состоянии могут храниться неограниченно долгое время. Для инициации реакции добавляется вода.
4. Термохимическая грелка обладает следующими параметрами – максимальная температура $+60^{\circ}\text{C}$, максимальная продолжительность работы – до 1,5 часа, масса – до 100 гр, в зависимости от исполнения.

5. Экономическая оценка производства термохимической грелки позволяет говорить о себестоимости устройства на уровне 150 рублей в зависимости от исполнения.
6. Химический источник тепла, разработанный в ходе работы, может стать элементом экипировки медицинских работников, сотрудников МЧС, Минобороны и МВД, а также использоваться гражданскими лицами в походах, на охоте, на рыбалке и в автопутешествиях. Предусматривается возможность применения термохимической грелки на фронтах СВО.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глинка Н. Л. Общая химия: учебник для бакалавров / Н. Л. Глинка; под ред. В. А. Попкова, А. В. Бабкова. – 18-е изд., перераб. И доп. – М.: Издательство Юрайт, 2013. – 898 с.
2. Ольгин О. М. Давайте похимичим!: Занимательные опыты по химии / Ил. Е. Андреевой. – М.: Дет. лит., 2001. – 175 .: ил.
3. Ольгин О. М. Опыт без взрывов. – М.: Дет. лит., 2001. – 150 .: ил.
4. Энциклопедия для детей. [Том 17.] Химия / ред. коллегия: М. Аксёнова, И. Леенсон, С Мартынова. – 2-е изд. перераб. – М.: Мир энциклопедий Аванта+, астрель, 2008. – 656 с.: ил.
5. "Юный техник", №5, 1983г., стр.78-79.

МОДЕЛЬ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ ДЛЯ ТЕХНИКИ В ЗОНЕ СВО

Запуск военной техники в холодное время года является одной из важнейших задач боевого обеспечения. Особенно это актуально на фронтах специальной военной операции, когда далеко не всегда есть возможность пользоваться штатными системами подогрева, а пользоваться открытым огнем невозможно. Во-первых, это пожароопасно, во-вторых, демаскирует расположение техники. Именно поэтому актуальной выглядит вопрос о создании устройства беспламенного подогрева техники в холодный период года.

Цель исследования - создание прототипа полевого каталитического подогревателя техники в зоне СВО, работающего без пламени.

Задачами выступают:

1. Разработка схемы прибора для генерации тепла на основе экзотермического процесса каталитического горения ацетона.
2. Сборка стальной модели каталитического теплогенератора.
3. Испытания прототипа и оценка эффективности.

Ключевыми результатами реализации проекта являются:

1. Создан работоспособный компактный прототип каталитического теплогенератора для использования в условиях открытого воздуха.
2. В основе работы теплогенератора лежит реакция каталитического горения ацетона на медной проволоке, отличающаяся большей энергетической эффективностью, чем обычное горение топлива.
3. Максимальная температура нагрева - $+264^{\circ}\text{C}$, длительность работы на 50 мл ацетона - 45 минут. При максимальной заправке в 300 мл теплогенератор работает более 8 часов.
4. Использовать теплогенератор предполагается для подогрева военной техники при низких температурах на открытом воздухе. При этом устройство пожаробезопасно и не демаскирует позиции открытым горением.

Ключевые слова: каталитический нагреватель, военная техника, СВО

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

Запуск военной техники в холодное время года является одной из важнейших задач боевого обеспечения. Особенно это актуально на фронтах специальной военной операции, когда далеко не всегда есть возможность пользоваться штатными системами подогрева, а пользоваться открытым огнем невозможно. Во-первых, это пожароопасно, во-вторых, демаскирует расположение техники. Именно поэтому актуальной выглядит вопрос о создании устройства беспламенного подогрева техники в холодный период года.

Кроме этого, при длительном нахождении человека в условиях отрицательных температур или повышенной влажности неизбежная ситуация, когда необходимо оперативно согреться. Зачастую нет никакой возможности развести огонь или найти теплое помещение для отогревания. В настоящее время регулярно происходят трагические случаи, когда люди страдают от переохлаждения. Одним из серьезных происшествий подобного рода стал снежный перемет трассы Оренбург-Орск со 2 по 4 января 2016 года, в котором оказались заблокированными несколько десятков автомобилей. По сообщениям ГУ МЧС по Оренбургской области эвакуированы были 84 человека, 12 из них госпитализированы с переохлаждением и обморожениями. Один человек погиб, не дойдя 20 метров до дороги. У людей не было возможности даже просто согреть замерзающие руки, а развести огонь не позволяли погодные условия. Суровые климатические условия России и расселение людей в регионы с низкими температурами ставит ряд проблем. Одной из них является необходимость обогрева в экстремальных ситуациях – в походе, в автомобильном путешествии, в условиях стихийного бедствия. Представленные на рынке системы автономного обогрева представляют из себя грелки, которые либо работают незначительное время, либо требуют электропитания, либо огнеопасны. Поэтому возникает **проблема** отсутствия компактного и экономичного теплогенератора, способного длительное время

поддерживать высокие температуры и не демаскировать расположение техники перед противником.

Цель исследования - создание прототипа полевого каталитического подогревателя техники в зоне СВО, работающего без пламени.

Задачами выступают:

1. Разработка схемы прибора для генерации тепла на основе экзотермического процесса каталитического горения ацетона.
2. Сборка и сварка стальной модели каталитического теплогенератора.
3. Испытания прототипа и оценка эффективности.

Новизна исследования - создан дешевый и эффективный индивидуальный полевой каталитический теплогенератор, не демаскирующий расположение техники открытым пламенем.

Актуальность - компактный и недорогой каталитический источник тепла станет во многих аварийных случаях спасительным средством при запуске замерзшей техники. Кроме этого, мощность теплогенератора позволит обогреть несколько человек.

Объект исследования - конструкция и основные параметры теплогенератора, работающего на основе каталитического горения ацетона.

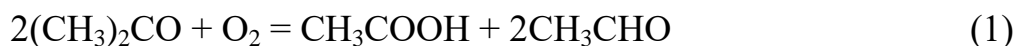
Предмет исследования – особенности работы и эксплуатации каталитического нагревателя.

Практическая значимость – создан малогабаритный прототип каталитического теплогенератора, который может стать промышленным образцом для крупномасштабного производства.

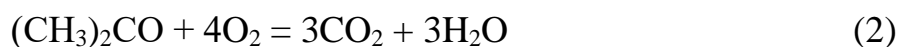
Гипотеза исследования – на основе экзотермической реакции горения ацетона на медном катализаторе возможно сконструировать малогабаритный и эффективный прибор для обогрева военной техники.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследовательский проект осуществлялся на базе химической лаборатории и мастерской по технологии. На первом этапе проводился подбор реактивов для запуска теплогенерирующей реакции [4]. В итоге была выбрана реакция каталитического горения ацетона на медной проволоке



Ацетон или диметилкетон, систематическое наименование: пропан-2-он – это простейший представитель класса кетонов. Формула: $\text{CH}_3\text{-C(O)-CH}_3$. Бесцветная легкоподвижная летучая жидкость с характерным запахом. Полностью смешивается с водой и большинством органических растворителей. Ацетон хорошо растворяет многие органические вещества (ацетилцеллюлозу и нитроцеллюлозу, воск, резину и др.), а также ряд солей (хлорид кальция, иодид калия). Является одним из метаболитов, производимых человеческим организмом. Ацетон является одним из наиболее реакционноспособных кетонов [1, 2, 3]. Горит на воздухе в соответствии с уравнением реакции



Выбор ацетона в качестве топлива для каталитического теплогенератора был осуществлен по нескольким причинам:

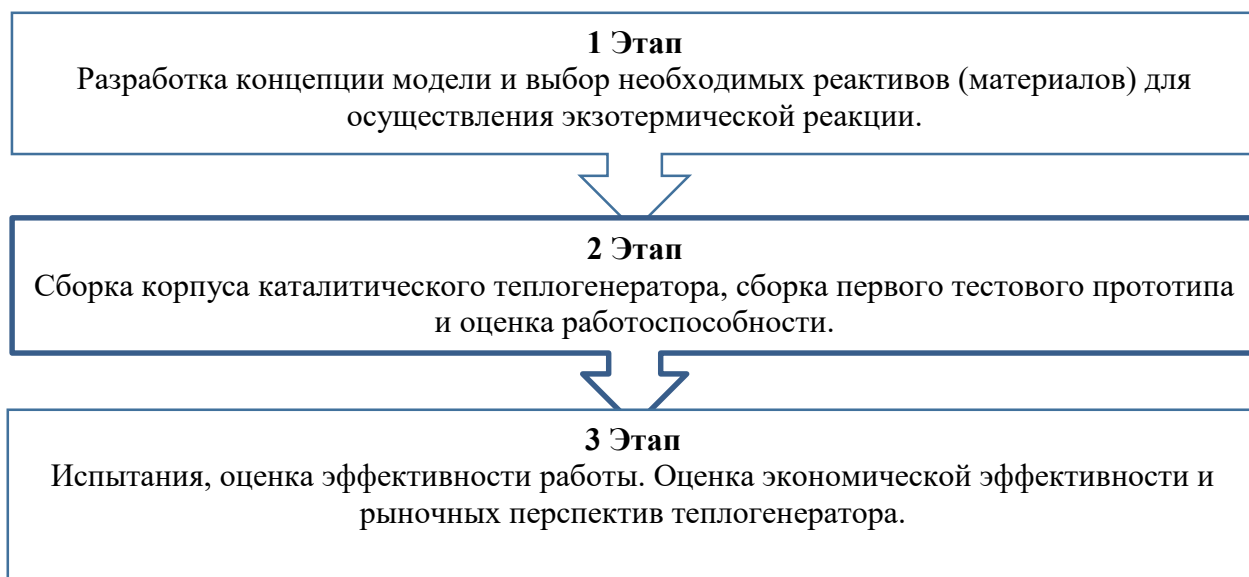
- высокий тепловой эффект реакции горения $Q = 1788,29$ кДж;
- доступность и дешевизна – стоимость 1 литра около 30 рублей;
- очень низкий расход реактива в случае каталитического горения (1).

Прямое горение ацетона (2) не эффективно в качестве теплогенерирующей реакции, так как расход топлива очень высок и аппарат просто не успевает полноценно нагреться.

Корпус теплогенератора изготовили из стальных заготовок методом сварки. Сталь была выбрана за высокую теплопроводность и устойчивость к высокому нагреву.

Этапы проведения исследования представлены в Схеме 1.

Схема 1. Этапы реализации исследовательского проекта



На этапе испытаний фиксировали максимальную температуру корпуса (до +250⁰C) и длительность работы минимальном количестве топлива.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

Подогреватель для зоны СВО представляет собой модифицированный медицинский контейнер для термической стерилизации инструментов, в который помещается поролоновая основа для пропитки ацетоном. В верхней части емкости располагается медная сетка из проволоки, на поверхности которой происходит каталитическое окисление ацетона. В комплект обязательно входит: пьезозажигалка для разогрева медной проволоки, шприц для добавления ацетона в емкость теплогенератора и посуда для хранения ацетона. При испытании изготовленных образцов, были сформулированы следующие рекомендации. Запуск теплогенератора проходит по следующему алгоритму – заправка емкости ацетоном, разогрев пьезозажигалкой медной спирали и инициация экзотермической реакции. В течение 10 минут теплогенератор выходит на максимальную температуру нагрева. Основное предназначение подогревателя – разогрев моторно-трансмиссионного отделения военной техники на открытом воздухе при отрицательных температурах. В качестве дополнительной опции теплогенератор можно

использовать устройство можно для обогрева рук (от ожога использовать перчатки) и открытых частей тела. Так как для реакции необходим кислород, нельзя закрывать вентиляционные отверстия на теплогенераторе, иначе медная спираль потухнет. При заправке теплогенератора не следует заливать более 300 мл ацетона, так это вызовет чрезмерное испарение топлива и неэффективную работу прибора. Следует соблюдать технику безопасности - не вдыхать пары, образующиеся при работе теплогенератора и не подносить верхнюю часть близко к лицу. Теплогенератор является достаточно безопасным прибором, так раскаленная медная проволока не вызывает возгорание паров ацетона, а при перевороте или падении вата в стакане не позволяет вылиться ацетону и теплогенератор продолжает работу. Итоговая стоимость разработанных прототипов не превышает 400 рублей, что делает каталитические теплогенераторы недорогими.

Таблица 1. Параметры разработанного каталитического нагревателя

<i>Параметр</i>	<i>Значение</i>
Масса	До 2 кг
Высота	20 см
Ширина	30 см
Длительность работы на полной заправке	до 8 часов
Максимальная температура нагрева	+264 ⁰ С
Стоимость	400 руб

ВЫВОДЫ

Ключевыми результатами реализации проекта являются:

1. Создан работоспособный компактный прототип каталитического теплогенератора для использования в условиях открытого воздуха.
2. В основе работы теплогенератора лежит реакция каталитического горения ацетона на медной проволоке, отличающаяся большей энергетической эффективностью, чем обычное горение топлива.

3. Максимальная температура нагрева - $+264^{\circ}\text{C}$, длительность работы на 50 мл ацетона - 45 минут. При максимальной заправке в 300 мл теплогенератор работает более 8 часов.

4. Использовать теплогенератор предполагается для подогрева военной техники при низких температурах на открытом воздухе. При этом устройство пожаробезопасно и не демаскирует позиции открытым горением.

Дальнейшие перспективы. В настоящее время ведется работа по оснащению теплогенератора элементом Пельтье, способным вырабатывать электричество при одновременном нагреве одной стороны и охлаждении другой. Также ведется поиск путей нейтрализации токсичных продуктов каталитического горения ацетона - уксусной кислоты и уксусного альдегида.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глинка Н. Л. Общая химия: учебник для бакалавров / Н. Л. Глинка; под ред. В. А. Попкова, А. В. Бабкова. – 18-е изд., перераб. И доп. – М.: Издательство Юрайт, 2013. – 898 с.
2. Ольгин О. М. Давайте похимичим!: Занимательные опыты по химии / Ил. Е. Андреевой. – М.: Дет. лит., 2001. – 175 .: ил.
3. Ольгин О. М. Опыт без взрывов. – М.: Дет. лит., 2001. – 150 .: ил.
4. Энциклопедия для детей. [Том 17.] Химия / ред. коллегия: М. Аксёнова, И. Леенсон, С Мартынова. – 2-е изд. перераб. – М.: Мир энциклопедий Аванта+, астрель, 2008. – 656 с.: ил.

ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИЙ АВТОМОБИЛЬНЫЙ ОГNETУШИТЕЛЬ

Введение

Во все времена особое внимание уделялось безопасности на транспорте, в том числе на автомобильном. Автомобиль – это потенциально пожароопасный объект. Может воспламениться как горючее, так и масло, протекающее из двигателя. По статистике, наиболее подвержены риску возгорания автомобили с гибридным приводом (почти 3 500 случаев на 100 тысяч машин). Второе место – у машин с ДВС (более 1 500 случаев). Электромобили в меньшей степени подвержены риску – 25 случаев на 100 тысяч машин. При этом у подавляющего большинства автомобилей отсутствует штатная система автоматического или полуавтоматического тушения возгораний. Прежде всего, в подкапотном пространстве. Штатные ручные огнетушители требуют немало времени для приведения в рабочее состояние и тушения. Кроме этого, необходимы навыки обращения с огнетушителем. Особенно для тушения возгораний в подкапотном пространстве.

Исходя из вышесказанного, определена **проблема**, на решение которой направлен научно-практический проект – отсутствие полуавтоматизированной системы пожаротушения в конструкции автомобиля. **Актуальным** является создания недорогого и эффективного огнетушителя, который мог бы в критическую минуту быстро потушить возгорание в подкапотном пространстве автомобиля. При этом важно, чтобы огнетушитель возможно было создать собственными руками, и чтобы он был перезаряжаемым.

Цель исследования – проведение опытно-конструкторских работ по созданию и испытанию действующего прототипа полуавтоматического автомобильного углекислотного огнетушителя.

Задачи:

1. Разработка принципиальной схемы недорогого полуавтоматического автомобильного огнетушителя и описание механизмов его работы.

2. Создание прототипа полуавтоматического автомобильного огнетушителя и его испытание при тушении различных объектов.
3. Описание методики его сборки, использования и перезарядки, а также определение экономической эффективности серийного производства.

Объектом исследования выступает конструкция полуавтоматического углекислотного автомобильного огнетушителя.

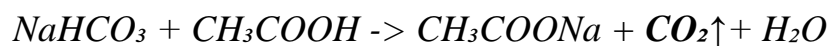
Предмет исследования – особенности работы и эксплуатации огнетушителя.

Гипотеза исследования – в домашних условиях с применением простейшего инструментария и реактивов возможно сборка недорогого и эффективного автомобильного углекислотного перезаряжаемого огнетушителя.

Основное содержание

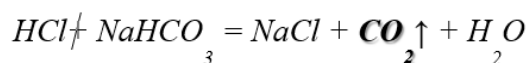
Испытания действующих прототипов полуавтоматических прототипов делились на два этапа - лабораторный и полевой. В ходе первого этапа оценивалась сама возможность тушения возгорания с помощью реакции генерации углекислого газа.

За основу работы огнетушителя была выбрана реакция взаимодействия уксусной кислоты с пищевой содой по следующему уравнению:



Пищевая сода + Уксусная кислота + = Ацетат натрия + Углекислый газ + вода

Вторым вариантом получения углекислого газа для тушения возгораний является следующая реакция:

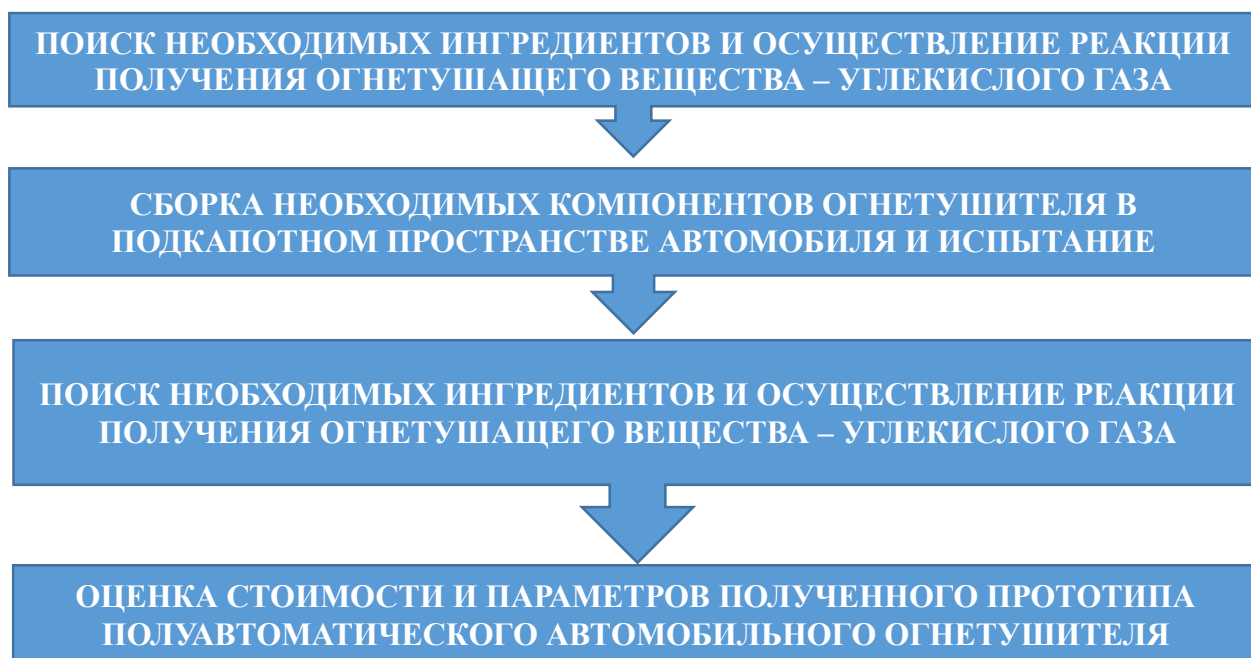


Соляная кислота + пищевая сода = поваренная соль + углекислый газа + вода

Использовать соляную кислоту следует с осторожностью, так как это гораздо более сильная кислота, чем уксусная.

Как видно из уравнения, самое главное значение здесь приобретает активное выделение углекислого газа - $\text{CO}_2\uparrow$. Этот газ подавляет горение практически любых веществ и материалов, что особенно важно для тушения пожаров в подкапотном пространстве автомобиля, где может гореть масло, горячее, пластик, полиэтилен и прочее [1, 2, 3]. При этом углекислый газ не вызывает замыкания электропроводки автомобиля и не заливает жидкостью дорогостоящие элементы конструкции. Использование исходных реактивов, которые можно купить в любом магазине (пищевая сода и уксусная кислота), позволяет снизить себестоимость заправки углекислотного огнетушителя. Для усиления мощности огнетушителя можно использовать соляную кислоту, которую можно взять в школьной лаборатории [4, 5].

Логическая схема реализации проекта



Главной проблемой было обеспечение работы огнетушителя в условиях низких температура – очевидно, что вода в качестве растворителя соды не подходила. Поэтому основной средой, где осуществлялась реакция взаимодействия соды и кислоты, стали антифриз, используемый в автомобильной системе охлаждения, или незамерзающая жидкость для омывания стекол. Как показали опыты, данные жидкости хорошо растворяют соду и кислоту, а низкая температура замерзания (до – 40 градусов) обеспечивает круглогодичное использование

огнетушителя [6, 7]. В Приложении представлены опыты с получением углекислого газа в жидкости среде антифриза и незамерзающей жидкости.

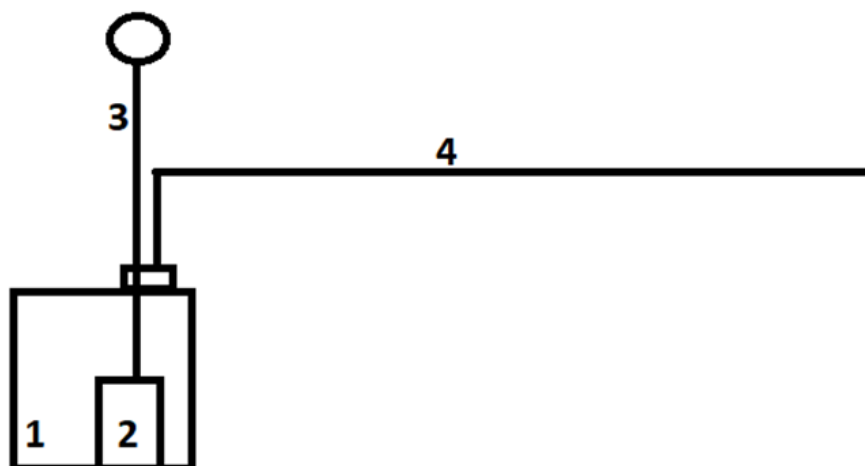


Рисунок 1. Принципиальная схема полуавтоматического

1 – бак с антифризом и растворенной содой

2 – ёмкость с соляной кислотой (HCl) и уксусной кислотой (CH_3COOH)

3 – аварийный шнур для запуска реакции генерации CO_2 (открывает колбы с кислотой)

4 – газопровод с перфорациями у моторного щита автомобиля

Таблица 2. Параметры полуавтоматического автомобильного огнетушителя

№	Параметр	Значение
1	Снаряженная масса	5,5 кг
2	Примерный объем генерации углекислого газа	50-80 литров
3	Длительность работы	Не менее 10 минут
4	Температуры эксплуатации	-60 ⁰ C - + 90 ⁰ C
5	Класс ликвидируемых пожаров по ГОСТ 27331-87	А, В, Е

Использование результатов

Правила использования огнетушителя.

В ходе проектирования и испытаний пенного огнетушителя нами были сформулированы некоторые правила использования данной модели во время тушения возгорания в подкапотном пространстве автомобиля:

1. При первых признаках возгорания (дым из-под капота, языки пламени) немедленно дернуть на себя аварийный шнур и остановить автомобиль.

2. Затем покинуть машину, чтобы не отравиться углекислым газом и продуктами горения.
3. При необходимости можно воспользоваться штатным пенным или порошковым огнетушителем.

Процедура перезарядки огнетушителя состоит из следующих действий. В первую очередь во внутренние емкости заливается с помощью длинной пипетки уксусная кислота концентрацией 70%. В качестве аналога можно использовать соляную кислоту. В таком случае объем необходимо уменьшить в два-три раза. Причина в большей активности соляной кислоты. Крышка емкости должны быть прочно привязаны к леске с чекой. Далее заливается антифриз или незамерзающая омывающая жидкость и аккуратно добавляется сода. Емкость огнетушителя плотно закрывается.

*Экономическое обоснование проекта и сфера применения пенного
огнетушителя.*

Для оценки экономической обоснованности создания модели огнетушителя был сформирован список составных частей с учетом их стоимости в розничной продаже г. Ишима.

Таблица 2. Стоимость составных частей огнетушителя.

<i>Наименование</i>	<i>Стоимость</i>
Реакционный бак	250 рублей
Газопроводный шланг	300 рублей
Антифриз и незамерзающая жидкость (2 литра)	300 рублей
Сода (1 кг)	100 рублей
Кислота соляная (100 мл)	30 рублей
ИТОГО	980 рублей

Анализ таблицы 2 позволяет говорить о том, что сравнительно невысокая итоговая стоимость огнетушитель вкупе с высокой эффективностью являются главными положительными моментами. Мы считаем, что на каждом автомобиле в подкапотном пространстве должен монтироваться подобный

огнетушитель. Это позволит в критические моменты возгорания быстро и безопасно потушить небольшой пожар автомобиля. Необходимо помнить, что по правилам безопасности необходимо быстро покинуть автомобиль сразу после активации огнетушителя. Во-первых, это поможет избежать отравления продуктами горения и ожогов, а, во-вторых, отравления углекислым газом, который выделяется при работе огнетушителя.

Разработанный в рамках проекта огнетушитель может использоваться для локализации и ликвидации возгораний жидких и твердых веществ, а также электропроводки под напряжение. Это достигается за счет генерации не поддерживающего горение углекислого газа, который также не проводит электрический ток.

Схема полуавтоматического огнетушителя для подкапотного пространства автомобилей, представленная в данном проекте, инновационная, но также имеются разработки со сходными параметрами. Например, устройство газового пожаротушения автономное «Парабола-КС» (изготовитель МГП-сервис) представляет собой гибкую трубку из полимерного материала, заполненную огнетушащим газовым составом в жидком состоянии. Выпускаются различные варианты изделия, максимальный защищаемый объем достигает 2200 литров. «Парабола-КС» относится к типу автоматических огнетушителей, срабатывающее при повышении температуры по 160 градусов Цельсия. Принцип работы прост - от температуры плавится полимерный корпус трубы и наружу выбрасывается огнетушащее вещество. Крепятся огнетушители обычно к внутренней поверхности капота. Стоимость каждой «Параболы-КС» составляет несколько тысяч рублей, в зависимости от варианта. В сравнении с представленным аналогом, у разработанного в рамках проекта полуавтоматическим огнетушителем, имеются преимущества. Во-первых, огнетушитель гораздо дешевле «Параболы-КС», примерно, в два-три раза. Это делает его доступным широким слоям населения. Во-вторых, разработанный в проекте огнетушитель полуавтоматический, что исключает ложные срабатывания. В тоже время, это и определенный недостаток, так как

не позволяет потушить возгорание, когда в водителя или пассажира нет в салоне. В дальнейшем автор проекта намерен решить эту проблему установкой устройства автоматического запуска огнетушителя. Третьим преимуществом разработанного в проекте автомобильного огнетушителя является возможность его многократного использования. После тушения возгорания достаточно повторно заправить газогенератор кислотой и раствором соды в антифризе. Важным преимуществом также считается не просто дешевизна конструкции, но и доступность ингредиентов для заправки огнетушителя – уксусная кислота, сода и антифриз продаются в большинстве магазинов. После того, как огнетушитель отработал, требуется утилизировать жидкую смесь, состоящую из антифриза, ацетата натрия и остатков соды с уксусной кислотой. Утилизировать смесь можно в бытовую канализацию, никакие специальные реагенты и устройства для этого не требуются.

Использование в конструкции огнетушителя корпусов отработанных пенных и порошковых огнетушителей является несомненным преимуществом. Во-первых, это снижает итоговую стоимость изделия, а, во-вторых, позволяют вторично использовать отходы эксплуатации огнетушителей.

Основной областью применения полуавтоматического огнетушителя является обеспечение безопасности подкапотного пространства автомобилей. Но разработка отличается универсальностью. К примеру, полуавтоматический огнетушитель можно монтировать в шкафах с электрооборудованием – в случае возгорания углекислый газ эффективно потушит электропроводку под напряжением.

Для полноценного запуска огнетушителя в массовое производство потребуется:

- помещение площадью не более 50-60 кв. метров;
- налаженная логистика доставки отработанных корпусов огнетушителей, либо покупка новых емкостей у подрядчиков;
- установки для монтажа внутренних колб для кислоты и нанесения клеевой основы;

- площади для хранения кислоты, соды и антифриза.

В зависимости от модели автомобиля предусматривается разработка нескольких модификаций огнетушителя, различающихся емкостью газогенератора и длиной шланга-газовода.

Среди ключевых преимуществ от организации производства полуавтоматического огнетушителя выделяются – снижение травматизма и материальных потерь от возгораний автомобилей за счет тушения огня на ранних стадиях возникновения, повышение трудовой занятости населения, так как производство огнетушителя является отличной бизнес-схемой.

Заключение

По итогам опытно-конструкторских работ нами были сделаны следующие **выводы**:

1. Углекислотный перезаряжаемый огнетушитель, собранный в рамках данного исследовательского проекта способен эффективно работать с использованием реагентов, которые можно купить в любом магазине.
2. Огнетушитель эффективно тушит любые возгорания в подкапотном пространстве автомобиля за счет генерации большого объема газообразного углекислого газа. Тушит в том числе и электропроводку.
3. Себестоимость прототипа огнетушителя составляет 980 рублей. Таким образом, цена изготовленного прототипа в несколько раз меньше любого другого автомобильного огнетушителя, которые, к тому не перезаряжаемые.
4. Для использования огнетушителя водителю достаточно дернуть аварийный шнур – тушение возгорания возможно и в движении, а также при отрицательных температурах. Разработанное устройство предназначено для локализации и тушения пожаров и возгораний классов А (горение твердых веществ), В (горение жидких веществ), а также пожаров и возгораний в электрооборудовании, находящимся под напряжением – класс Е.
5. Важно соблюдать технику безопасности и не находиться в салоне во время тушения возгорания, чтобы избежать отравления продуктами горения и углекислым газом.

6. Способность к многократной перезарядке – это также один из весомых плюсов нашего продукта опытно-конструкторских работ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ольгин О. М. Давайте похимичим!: Занимательные опыты по химии / Ил. Е. Андреевой. – М.: Дет. лит., 2001. – 175 .: ил.
2. Ольгин О. М. Опыты без взрывов. – М.: Дет. лит., 2001. – 150 .: ил.
3. Энциклопедия для детей. [Том 17.] Химия / ред. коллегия: М. Аксёнова, И. Леенсон, С Мартынова. – 2-е изд. перераб. – М.: Мир энциклопедий Аванта+, астрель, 2008. – 656 с.: ил.
4. "Юный техник", №5, 1983г., стр.78-79.
5. Алехин Е. М., Брушлинский Н. Н., Вагнер П. и др. Пожары в России и мире. Статистика, анализ, прогнозы. - М.: Изд. Калан, 2002. - 157 с.
6. Брушлинский Н. Н., Соколов С. В., Вагнер П. Проблемы пожаров в мире в начале 21 столетия // Пожаровзрывоопасность,- 2 - 3,- №1. - с.7-14.
7. Терещнев В. В., Артемьев Н. С., Думилин А. И.. Жилые и общественные здания, противопожарная защита и тушение пожаров. М.: «Пожнаука». 2006. - 312 с.
8. Харисов Г. Х. Основы обеспечения жизнедеятельности человека. - М.: МИПБ МВД России 1998 г.- 88 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕНИЯ НИТИ О ПОВЕРХНОСТЬ НЕПОДВИЖНОГО ЦИЛИНДРА

АННОТАЦИЯ

Очень часто в жизни людей и в технике встречается трение гибких тел (верев, нитей) о блоки, цилиндрические поверхности. Например, в подъемных механизмах, устройствах крепления. Данный вид трения учитывают в текстильной, рыболовной промышленности, используют альпинисты, закручивая в несколько оборотов страховочный трос о выступы скал. Мы используем этот вид трения, завязывая шнурки или узлы на веревке. Многие видели, каким образом сдерживают ход судна, подошедшего к пристани. С палубы на пристань бросают конец троса с широкой петлей. Человек набрасывает ее на швартовочную тумбу, а бросивший канат моряк быстро раскладывает второй его конец между палубными кнехтами. Сила трения между кнехтами и канатом прочно стопорит судно. Матрос, намотав несколько раз канат на кнехты и наступает на его конец, прижимая к палубе. Такого малейшего усилия хватает для удержания огромного судна.

Цель исследования: изучение трения нити о поверхность неподвижного цилиндра и экспериментальная проверка формулы Эйлера.

Задачи:

1. Изучить литературу по данной теме.
2. Исследовать и объяснить зависимость силы трения нити от изменения условий эксперимента
3. Рассчитать коэффициент трения о поверхность неподвижного цилиндра

Объект исследования: сила трения.

Гипотеза: предполагаю, что коэффициент трения не зависит от диаметра цилиндра

По результатам исследования были сделаны следующие **выводы:**

- отношение сил натяжения нитей, а, следовательно, сила трения нити о поверхность неподвижного цилиндра не зависит от диаметра цилиндра

- чем больше угол охвата нитью блока, тем больше сила трения требуется для движения веревки по блоку

- чем больше коэффициент трения, тем большая сила требуется для движения веревки по блоку.

Зависимость силы трения от угла охвата нити блока широко используется в процессах заточки инструментов, шлифовки и полировки поверхностей металлов, стекла, алмазов, дерева и других материалов.

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

Роль силы трения в быту сводится к тому, что мы можем ходить и ездить, что предметы не выскальзывают у нас из рук, что полки и картины висят на стенах, а не падают, даже одежду мы носим благодаря трению, которое удерживает волокна в составе нитей, а нити в структуре тканей.

Впервые изучил трение веревки о цилиндр математик Леонард Эйлер и вывел формулу, позволяющую определить отношение сил натяжения веревки на «входе» и «выходе» с поверхности цилиндра. Рассмотрим блок с перекинутой через него веревкой. Пусть T_1 и T_2 - силы натяжения нити. В такой системе трение между нитью и блоком настолько мало, что не оказывает влияния на движение тел и не учитывается при решении задач. Найдем соотношения между силами T_1 и T_2 в случаях, когда нить можно считать идеальной, но между поверхностью блока и нити существует сила трения.

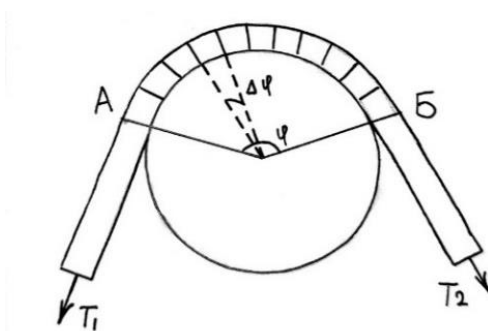


Рис.1- схема блока с перекинутой через него веревкой

Сначала выберем на нити сечения А и Б, которые ограничивают криволинейный участок нити, лежащий на блоке (см.рис.1). Разделим участок

нити А-Б на маленькие элементы, которые далее будем рассматривать как материальные точки. Каждый элемент нити представляет собой дугу, опирающуюся на малый центральный угол $\Delta\varphi$. На каждый элемент нити массы m_i , - действуют 5 сил: силы натяжения T_{i-1} и T_{i+1} со стороны соседних элементов нити, сила тяжести $m_i g$ и сила реакции N_i со стороны поверхности блока, сила трения $F_{тр\ i}$, где i — порядковый номер элемента. Сила реакции N_i перпендикулярна касательной к окружности блока в точке расположения данного элемента нити, сила трения направлена по касательной против направления скорости движения нити (см. рис. 2).

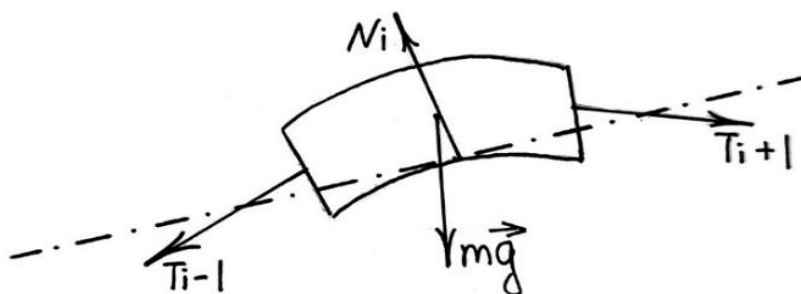


Рис.2- силы, действующие на i -й элемент нити

Штрихпунктирная линия — касательная к окружности блока, проведенная через среднюю точку нижней дуги данного элемента нити. Силы натяжения T_{i-1} и T_{i+1} действуют со стороны соседних элементов нити. Они направлены перпендикулярно сечениям, ограничивающим элемент нити. Сила нормальной реакции N_i действует со стороны поверхности блока и направлена перпендикулярно поверхности блока в месте нахождения данного элемента нити. Сила тяжести $m_i g$ направлена вертикально вниз. Все сечения, которые делят нить на элементы, проведены перпендикулярно нити. Соседние сечения, ограничивающие некоторый элемент нити, не параллельны относительно друг друга из-за кривизны нити, охватывающей блок. Силы натяжения T_{i-1} и T_{i+1} направлены перпендикулярно соответствующим сечениям и, следовательно, угол между ними отличается от 180° (см. рис.2). Заменим i -й элемент нити материальной точкой и приложим к ней все действующие на неё силы (см. рис.

3). Запишем уравнение движения для i -го элемента нити:

$$T_{i-1} + T_{i+1} + N_i + m_i g + F_{\text{тр } i} = m_i a_i$$

где, a - ускорение i -го элемента нити.

Элементы идеальной нити имеют пренебрежимо малые массы, что позволяет упростить уравнение движения:

$$T_{i-1} + T_{i+1} + N_i + F_{\text{тр } i} = 0$$

Направим координатную ось X вдоль касательной к блоку в точке расположения i -го элемента нити (рис. 3). Из симметрии элемента следует, что углы $(\Delta\varphi/2)$ отклонения векторов сил T_{i-1} и T_{i+1} от оси X равны между собой (см. рис. 3).

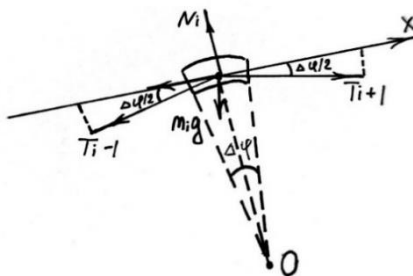


Рис.3- элемент нити, превращенный в материальную точку

Проведя преобразование, получаем соотношение силы натяжения нити на «входе» и «выходе» нити с блока в зависимости от угла охвата нитью блока:

$$\frac{T_2}{T_1} = e^{\mu\varphi}$$

где: φ – угол охвата нити, μ - коэффициент трения.

Видим, что чем больше угол охвата нитью блока и коэффициент трения, тем большая сила требуется для движения веревки по блоку. Если рассмотреть идеальный случай, когда трение отсутствует, получим, что $T_1 = T_2$

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Эксперимент 1. Экспериментальная проверка зависимости силы трения нити о поверхность неподвижного цилиндра, от диаметра цилиндра.

Как можно заметить из формулы, отношение сил натяжения в крайних местах касания нити о цилиндр не зависит от диаметра самого цилиндра. Чтобы это проверить, достаточно взять цилиндры с одинаковыми поверхностями, но разного диаметра и измерить силы T_1 и T_2 в крайних местах касания нити о цилиндр. В опыте будет использоваться установка, изображенная на рис.4. Цилиндр должен быть неподвижным, нить нерастяжима и легкая по сравнению с грузом.

Рассмотрим силы, с которыми нить действует на тела системы: T_1 приложена к грузу, T_2 к динамометру, T_1' и T_2' к цилиндру. Так как нить невесома и нерастяжима, то на вертикальных участках сила натяжения нити во всех сечениях одинакова, поэтому

$T_1 = T_1'$ и $T_2 = T_2'$. На поверхность цилиндра действует также сила трения скольжения со стороны нити, она не показана на экспериментальной установке, т. к. направление будет различным для каждого элемента дуги: сила трения, действующая на любой элемент, направлена по касательной к поверхности.

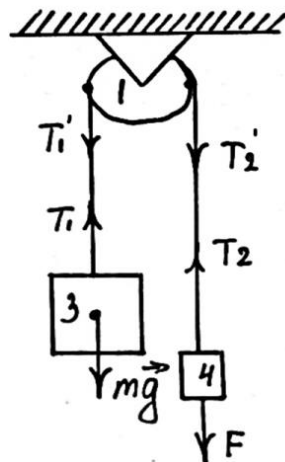


Рис.4- схема экспериментальной установки

Запишем второй закон Ньютона для груза:

$$\vec{T_1} + \vec{mg} = m\vec{a}$$

В проекции на вертикальную ось:

$$T_1 - mg = ma$$

При равномерном движении: $T_1 = mg$, то есть сила натяжения нити на левом крае равна весу груза.

Прикрепив к одному концу нити груз, очень медленно приводим его в движение. Необходимо, чтобы ускорение системы было равно нулю, следовательно, груз должен двигаться равномерно. Силу натяжения на правом крае показывает динамометр:

$$T_2' = T_2 = F$$

Угол обхвата нити можно менять с шагом π , но при этом при углах π , 3π , 5π динамометр тянем вниз, а при углах 2π и 4π динамометр тянем вверх. Результаты опытов представлены в таблицах 1-3.

Эксперимент 2. Экспериментальная проверка формулы Эйлера и определение коэффициента трения одной и той же нити о поверхности цилиндров различных диаметров.

Получив результаты измерений силы натяжения нити T динамометром, а также зная вес груза P и угол охвата нитью цилиндра φ , можно проверить что зависимость $\ln(T/P)$ от угла охвата φ является линейной и определить коэффициент трения нити о цилиндр как коэффициент полученной линейной зависимости. Экспериментальная установка и методика измерений такая же, как в опыте 1. Для каждого угла несколько раз измеряем динамометром силу натяжения нити T при различных значениях веса груза P , результаты заносим в таблицу 1. Графики зависимости коэффициента трения цилиндров объемом 1, 2, 3 л. от угла обхвата нити φ , находятся в приложении 3.

Значение T_{cp} определяем, как среднее арифметическое измеренных величин:

$$T_{cp} = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{N}$$

где N - количество измерений.

Экспериментальная проверка зависимости силы трения нити о поверхность неподвижного цилиндра

Таблица 1. Стекло́нный цилиндр объёмом 1 литр

Угол (рад)	m (гр)	P (Н)	T (Н)			T _{cp} (Н)	T _{cp} / P	Ln (T _{cp} /P)
			№1	№2	№3			
$\pi/2$	50	0,46	0,58	0,6	0,6	0,6	1,3	0,19
	100	0,98	1,17	1,2	1,21	1,2	1,2	0,19
	150	1,47	1,8	1,8	1,8	1,8	1,2	0,19
	200	1,96	2,4	2,4	2,4	2,4	1,2	0,19
π	50	0,46	0,7	0,7	0,7	0,7	1,5	0,27
	100	0,98	1,32	1,31	1,32	1,3	1,3	0,27
	150	1,47	2	2,1	2	2	1,4	0,27
	200	1,96	2,68	2,7	2,7	2,7	1,4	0,27
2π	50	0,46	0,85	0,8	0,8	0,8	1,7	0,35
	100	0,98	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	0,35
	150	1,47	2,1	2,1	2,15	2,1	1,4	0,35
	200	1,96	2,92	2,9	2,92	2,9	1,5	0,35
3π	50	0,46	1	1	1	1	2,1	0,48
	100	0,98	1,59	1,6	1,6	1,6	1,7	0,48
	150	1,47	2,4	2,4	2,4	2,4	1,6	0,48
	200	1,96	3,22	3,2	3,22	3,2	1,6	0,48
4π	50	0,46	1,2	1,2	1,2	1,2	2,6	0,6
	100	0,98	1,82	1,82	1,8	1,8	1,8	0,6
	150	1,47	2,7	2,7	2,7	2,7	1,8	0,6
	200	1,96	3,5	3,55	3,5	3,5	1,8	0,6

Выводы:

1. Из таблицы видно, что сила трения нити о поверхность стеклянного неподвижного цилиндра не зависит от его диаметра

2. Построен график зависимости $\ln(T_{cp}/P)$ от угла охвата нити φ , добавлена линия тренда, и найден угловой коэффициент, который и будет являться коэффициентом трения нити о поверхность цилиндра.

Таблица 2. Стекло́нный цилиндр объёмом 2 л

Угол (рад)	m (гр)	P (Н)	T (Н)			T _{ср} (Н)	T _{ср} / P	Ln (T _{ср} /P)
			№1	№2	№3			
$\pi/2$	50	0,46	0,58	0,6	0,6	0,6	1,3	0,19
	100	0,98	1,17	1,2	1,21	1,2	1,2	0,19
	150	1,47	1,8	1,8	1,8	1,8	1,2	0,19
	200	1,96	2,4	2,4	2,4	2,4	1,2	0,19
π	50	0,46	0,7	0,7	0,7	0,7	1,5	0,27
	100	0,98	1,32	1,31	1,32	1,3	1,3	0,27
	150	1,47	2	2,1	2	2	1,4	0,27
	200	1,96	2,68	2,7	2,7	2,7	1,4	0,27
2π	50	0,46	0,85	0,8	0,8	0,8	1,7	0,35
	100	0,98	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	0,35
	150	1,47	2,1	2,1	2,15	2,1	1,4	0,35
	200	1,96	2,92	2,9	2,92	2,9	1,5	0,35
3π	50	0,46	1	1	1	1	2,1	0,48
	100	0,98	1,59	1,6	1,6	1,6	1,7	0,48
	150	1,47	2,4	2,4	2,4	2,4	1,6	0,48
	200	1,96	3,22	3,2	3,22	3,2	1,6	0,48
4π	50	0,46	1,2	1,2	1,2	1,2	2,6	0,6
	100	0,98	1,82	1,82	1,8	1,8	1,8	0,6
	150	1,47	2,7	2,7	2,7	2,7	1,8	0,6
	200	1,96	3,5	3,55	3,5	3,5	1,8	0,6

Выводы:

1. Из таблицы видно, что сила трения нити о поверхность стеклянного неподвижного цилиндра не зависит от его диаметра
2. Построен график зависимости $\ln(T_{cp}/P)$ от угла охвата нити φ , добавлена линия тренда, и найден угловой коэффициент, который и будет являться коэффициентом трения нити о поверхность цилиндра.

Таблица 3. Стекланный цилиндр объемом 3 л

Угол (рад)	m (гр)	P (Н)	T (Н)			T ср (Н)	T ср/ P	Ln (T ср/P)
			№1	№2	№3			
$\pi/2$	50	0,46	0,58	0,6	0,6	0,6	1,3	0,26
	100	0,98	1,17	1,2	1,21	1,2	1,2	0,18
	150	1,47	1,8	1,8	1,8	1,8	1,2	0,18
	200	1,96	2,4	2,4	2,4	2,4	1,2	0,18
π	50	0,46	0,7	0,7	0,7	0,7	1,5	0,4
	100	0,98	1,32	1,31	1,32	1,3	1,3	0,26
	150	1,47	2	2,1	2	2	1,4	0,33
	200	1,96	2,68	2,7	2,7	2,7	1,4	0,33
2π	50	0,46	0,85	0,8	0,8	0,8	1,7	0,35
	100	0,98	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	0,33
	150	1,47	2,1	2,1	2,15	2,1	1,4	0,33
	200	1,96	2,92	2,9	2,92	2,9	1,5	0,4
3π	50	0,46	1	1	1	1	2,1	0,48
	100	0,98	1,59	1,6	1,6	1,6	1,7	0,48
	150	1,47	2,4	2,4	2,4	2,4	1,6	0,5
	200	1,96	3,22	3,2	3,22	3,2	1,6	0,5
4π	50	0,46	1,2	1,2	1,2	1,2	2,6	0,6
	100	0,98	1,82	1,82	1,8	1,8	1,8	0,6
	150	1,47	2,7	2,7	2,7	2,7	1,8	0,6
	200	1,96	3,5	3,55	3,5	3,5	1,8	0,6

Выводы:

1. Из таблицы видно, что сила трения нити о поверхность стекланный цилиндра не зависит от его диаметра
2. Построен график зависимости $\ln(T_{\text{ср}}/P)$ от угла охвата нити ϕ , добавлена линия тренда, и найден угловой коэффициент, который и будет являться коэффициентом трения нити о поверхность цилиндра.

Эксперимент 3. Экспериментальная проверка формулы Эйлера и определение коэффициента трения одной и той же нити о поверхности деревянных цилиндров различных диаметров.

Таблица 4, деревянный цилиндр диаметром 30мм

Угол (рад)	m (гр)	P (Н)	T (Н)			T ср (Н)	T ср/ P	Ln (T ср/P)
			№1	№2	№3			
$\pi/2$	100	0,98	1,25	1,3	1,2	1,2	1,2	0,18
π	100	0,98	1,3	1,35	1,33	1,3	1,3	0,26
2π	100	0,98	1,45	1,45	1,4	1,4	1,4	0,33
3π	100	0,98	1,6	1,6	1,65	1,6	1,6	0,47
4π	100	0,98	1,85	1,85	1,9	1,9	1,9	0,64

Выводы:

1. Из таблицы видно, что сила трения нити о поверхность деревянного неподвижного цилиндра не зависит от диаметра цилиндра.
2. Построен график зависимости $\ln(T_{ср}/P)$ от угла охвата нити φ , добавлена линия тренда, и найден угловой коэффициент, который и будет являться коэффициентом трения нити о поверхность цилиндра.

Таблица 5, деревянный цилиндр диаметром 40 мм

Угол (рад)	m (гр)	P (Н)	T (Н)			T ср (Н)	T ср/ P	Ln (T ср/P)
			№1	№2	№3			
$\pi/2$	100	0,98	1,25	1,3	1,2	1,2	1,2	0,18
π	100	0,98	1,3	1,35	1,33	1,3	1,3	0,26
2π	100	0,98	1,45	1,45	1,4	1,4	1,4	0,33
3π	100	0,98	1,6	1,6	1,65	1,6	1,6	0,47
4π	100	0,98	1,85	1,85	1,9	1,9	1,9	0,64

Выводы:

1. Из таблицы видно, что сила трения нити о поверхность деревянного неподвижного цилиндра не зависит от диаметра цилиндра.
2. Построен график зависимости $\ln(T_{ср}/P)$ от угла охвата нити φ , добавлена линия тренда, и найден угловой коэффициент, который и будет являться коэффициентом трения нити о поверхность цилиндра.

Таблица 6, деревянный цилиндр диаметром 60 мм

Угол (рад)	m (гр)	P (Н)	T (Н)			T _{ср} (Н)	T _{ср} / P	Ln (T _{ср} /P)
			№1	№2	№3			
$\pi/2$	100	0,98	1,25	1,3	1,2	1,2	1,2	0,18
π	100	0,98	1,3	1,35	1,33	1,3	1,3	0,26
2π	100	0,98	1,45	1,45	1,4	1,4	1,4	0,33
3π	100	0,98	1,6	1,6	1,65	1,6	1,6	0,47
4π	100	0,98	1,85	1,85	1,9	1,9	1,9	0,64

Выводы:

1. Из таблицы видно, что сила трения нити о поверхность деревянного неподвижного цилиндра не зависит от диаметра цилиндра.
2. Построен график зависимости $\ln(T_{ср}/P)$ от угла охвата нити φ , добавлена линия тренда, и найден угловой коэффициент, который и будет являться коэффициентом трения нити о поверхность цилиндра.

Эксперимент 4. Экспериментальная проверка формулы Эйлера и определение коэффициента трения одной и той же нити о поверхности деревянных цилиндров различных диаметров, покрытых наждачной бумагой.

Таблица 7, деревянный цилиндр диаметром 30 мм, покрытый наждачной бумагой

Угол (рад)	m (гр)	P (Н)	T (Н)			T _{ср} (Н)	T _{ср} / P	Ln (T _{ср} /P)
			№1	№2	№3			
$\pi/2$	50	0,49	3	3,2	3	3	6,1	1,8
π	50	0,49	3,5	3,5	3,5	3,5	7,1	1,96
2π	50	0,49	3,7	3,8	3,7	3,7	7,5	2
3π	50	0,49	4	4	4	4	8,1	2,09
4π	50	0,49	4	4,2	4,5	4,2	8,6	2,15

1. Из таблицы видно, что сила трения нити о поверхность деревянного неподвижного цилиндра, покрытого наждачной бумагой, не зависит от диаметра цилиндра.

2. Построен график зависимости $\ln(T_{cp}/P)$ от угла охвата нити φ , добавлена линия тренда, и найден угловой коэффициент, который и будет являться коэффициентом трения нити о поверхность цилиндра.

Таблица 8, деревянный цилиндр диаметром 40 мм, покрытый наждачной бумагой

Угол (рад)	m (гр)	P (Н)	T (Н)			T _{ср} (Н)	T _{ср} / P	Ln (T _{ср} /P)
			№1	№2	№3			
$\pi/2$	50	0,49	3	3,2	3	3	6,1	1,8
π	50	0,49	3,5	3,5	3,5	3,5	7,1	1,96
2π	50	0,49	3,7	3,8	3,7	3,7	7,5	2
3π	50	0,49	4	4	4	4	8,1	2,09
4π	50	0,49	4	4,2	4,5	4,2	8,6	2,15

1. Из таблицы видно, что сила трения нити о поверхность деревянного неподвижного цилиндра, покрытого наждачной бумагой, не зависит от диаметра цилиндра.

2. Построен график зависимости $\ln(T_{cp}/P)$ от угла охвата нити φ , добавлена линия тренда, и найден угловой коэффициент, который и будет являться коэффициентом трения нити о поверхность цилиндра.

Таблица 9, деревянный цилиндр диаметром 60 мм, покрытый наждачной бумагой

Угол (рад)	m (гр)	P (Н)	T (Н)			T _{ср} (Н)	T _{ср} / P	Ln (T _{ср} /P)
			№1	№2	№3			
$\pi/2$	50	0,49	3	3,2	3	3	6,1	1,8
π	50	0,49	3,5	3,5	3,5	3,5	7,1	1,96
2π	50	0,49	3,7	3,8	3,7	3,7	7,5	2
3π	50	0,49	4	4	4	4	8,1	2,09
4π	50	0,49	4	4,2	4,5	4,2	8,6	2,15

1. Из таблицы видно, что сила трения нити о поверхность деревянного неподвижного цилиндра, покрытого наждачной бумагой, не зависит от диаметра цилиндра.

2. Построен график зависимости $\ln(T_{\text{ср}}/P)$ от угла охвата нити φ , добавлена линия тренда, и найден угловой коэффициент, который и будет являться коэффициентом трения нити о поверхность цилиндра.

Приложение

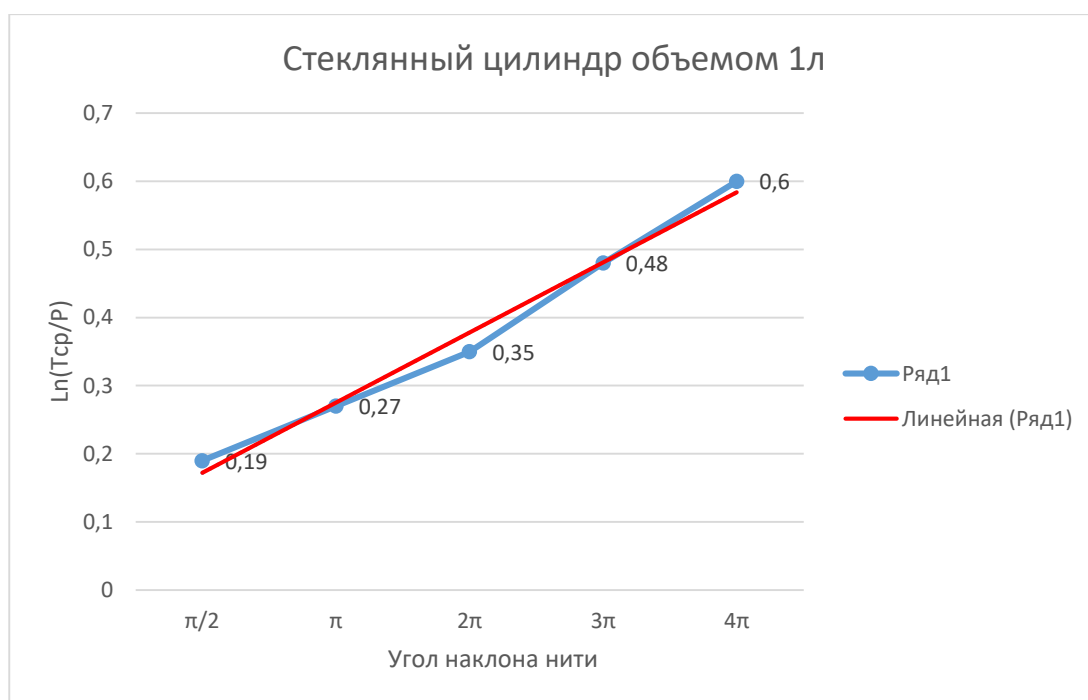


Рис 1. График зависимости коэффициента трения стеклянного цилиндра объемом 1 л. от угла обхвата нити φ

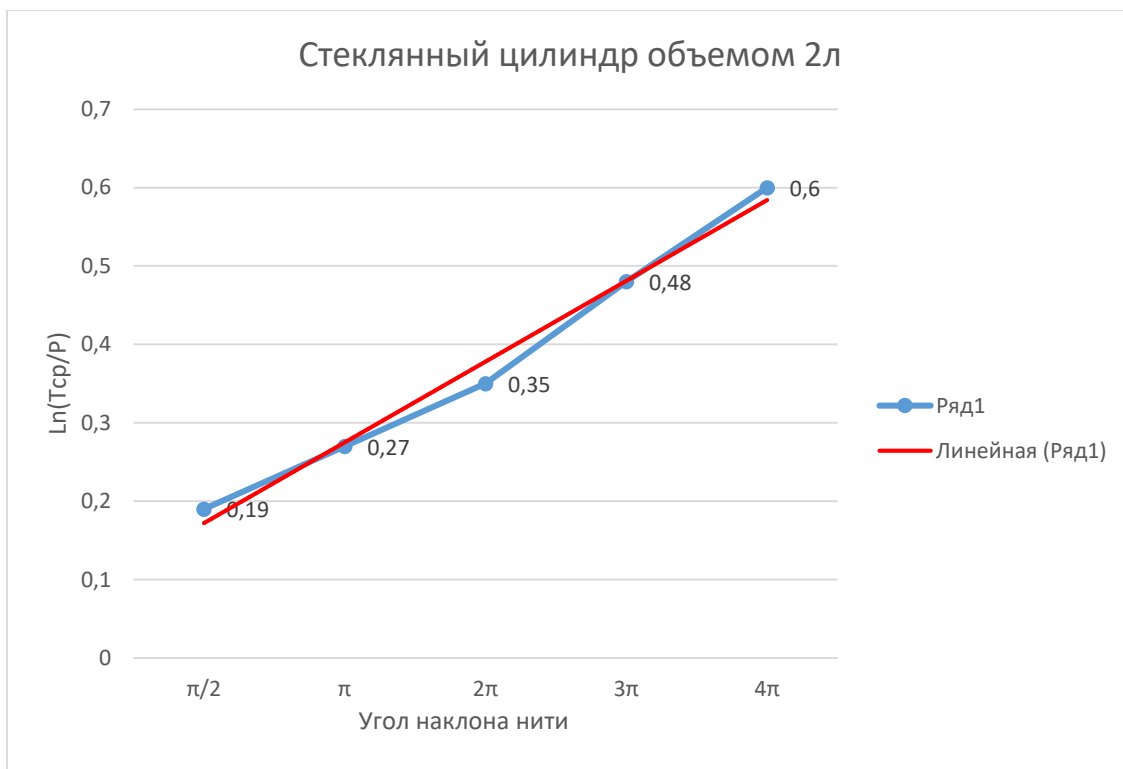


Рис 2. График зависимости коэффициента трения стеклянного цилиндра объемом 2 л. от угла обхвата нити φ

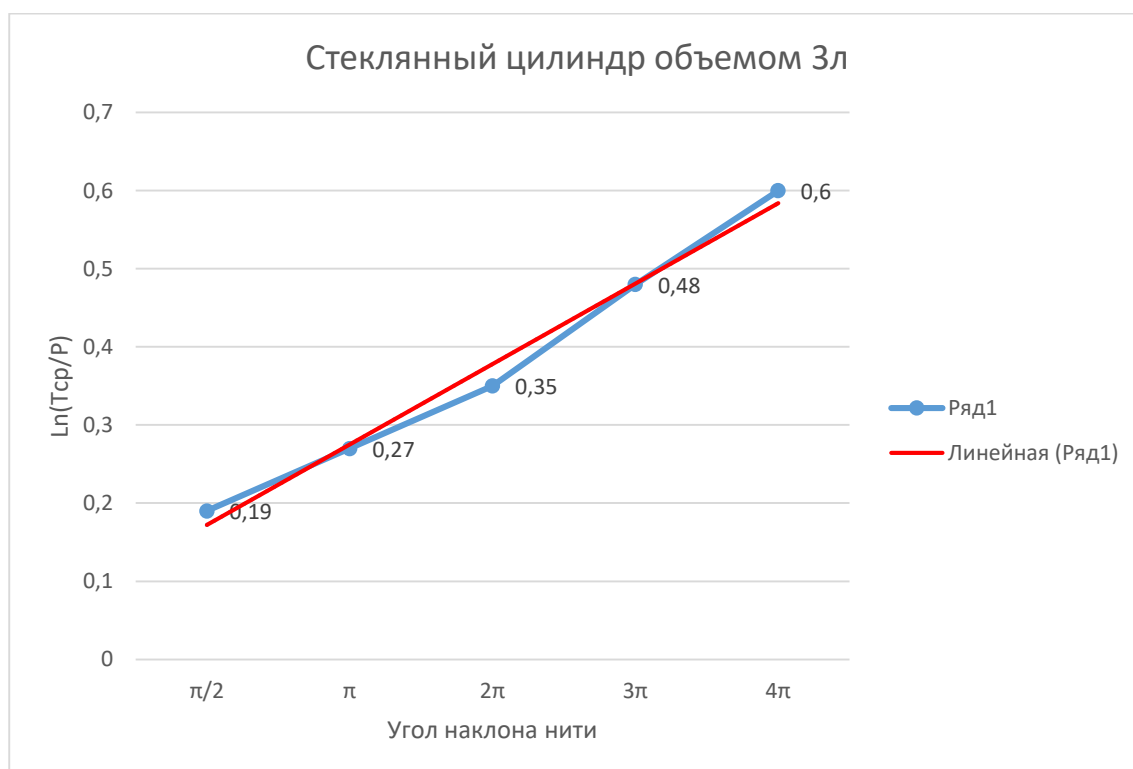


Рис 3. График зависимости коэффициента трения стеклянного цилиндра объемом 3л. от угла обхвата нити φ

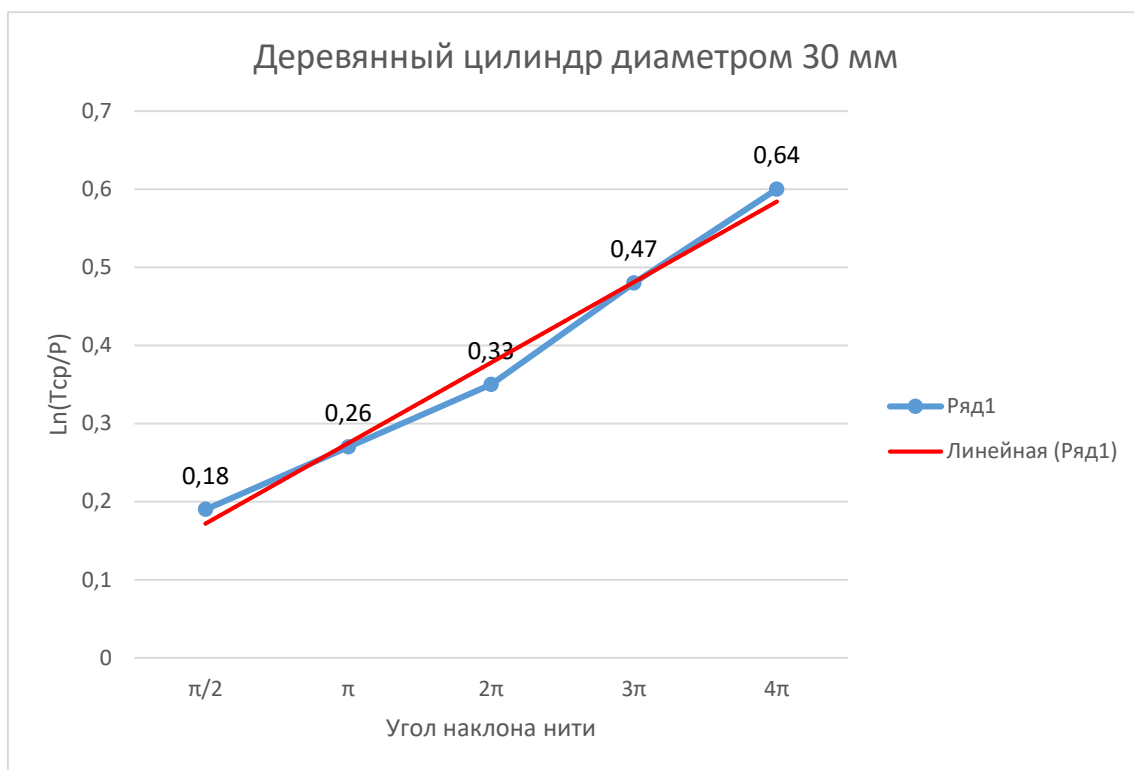


Рис. 4. График зависимости коэффициента трения деревянного цилиндра диаметром 30 мм от угла обхвата нити φ

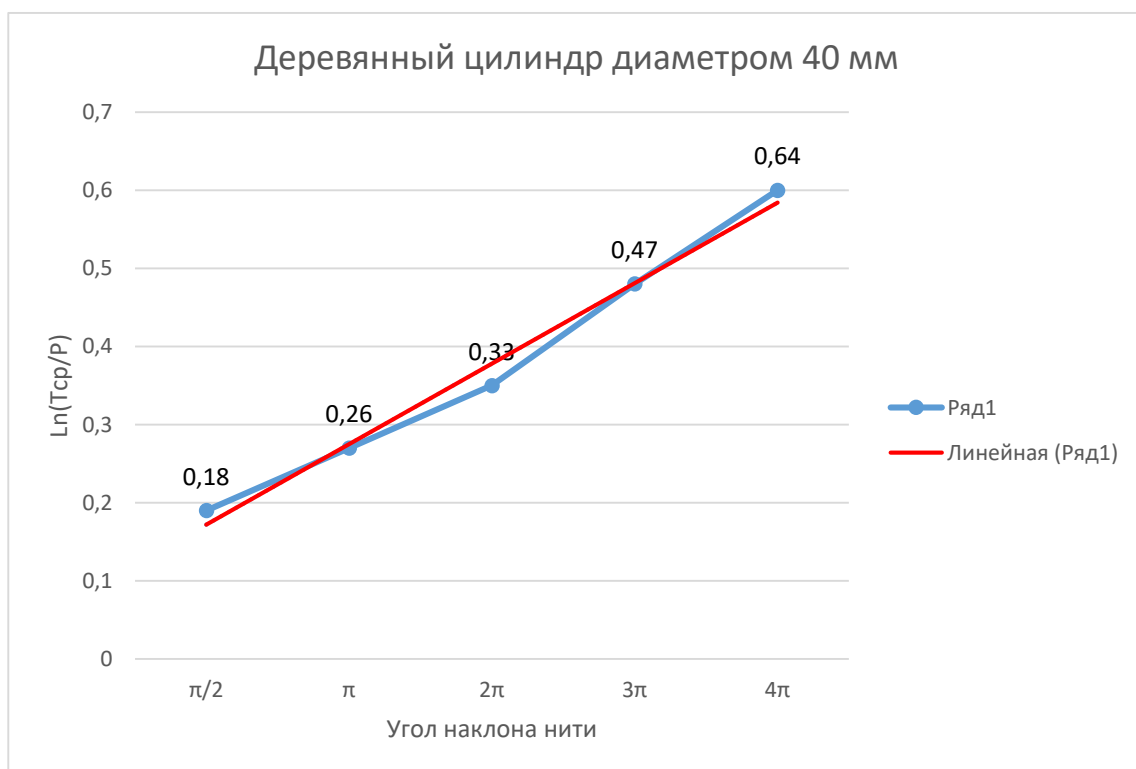


Рис. 5. График зависимости коэффициента трения деревянного цилиндра диаметром 40 мм от угла обхвата нити φ

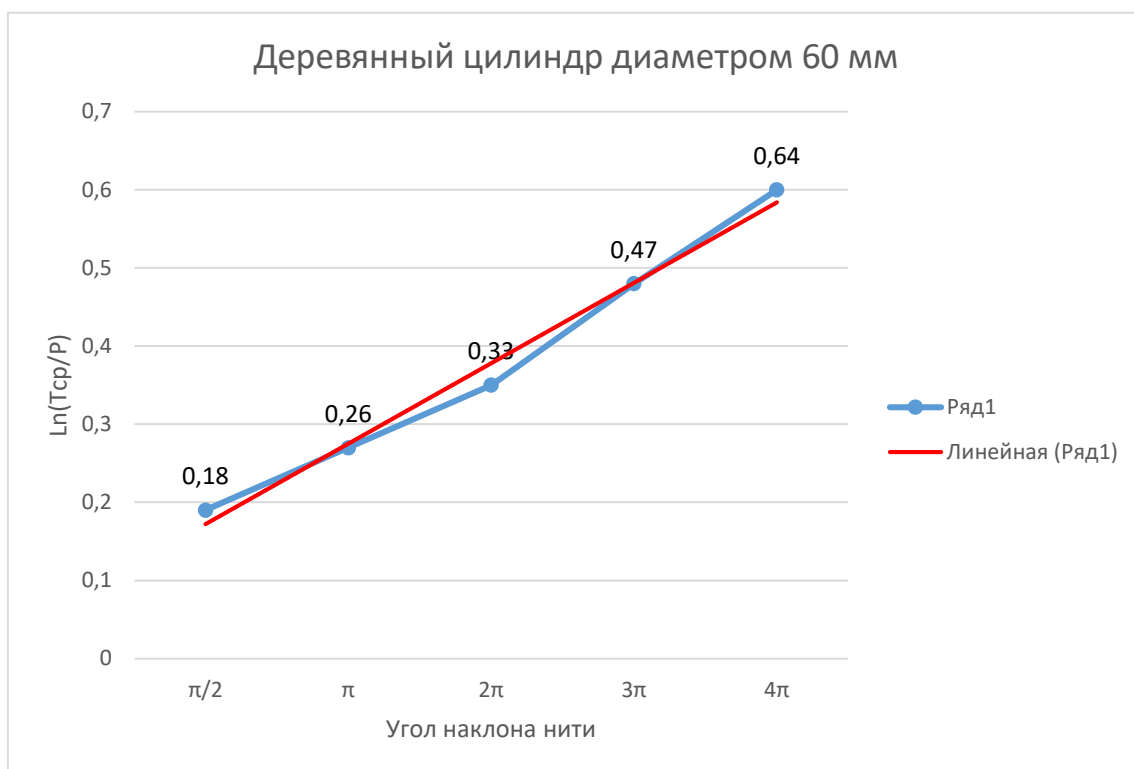


Рис. 6. График зависимости коэффициента трения деревянного цилиндра диаметром 60 мм от угла обхвата нити φ

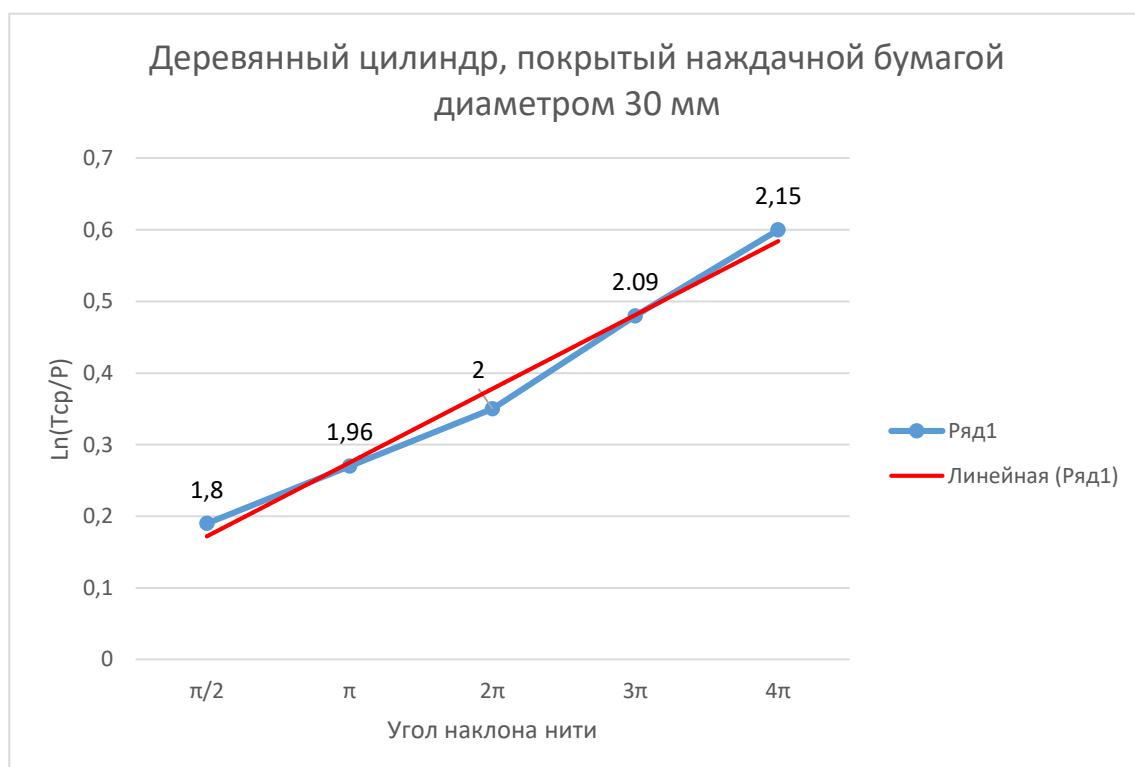


Рис. 7. График зависимости коэффициента трения деревянного цилиндра, покрытого наждачной бумагой, диаметром 30 мм от угла обхвата нити φ

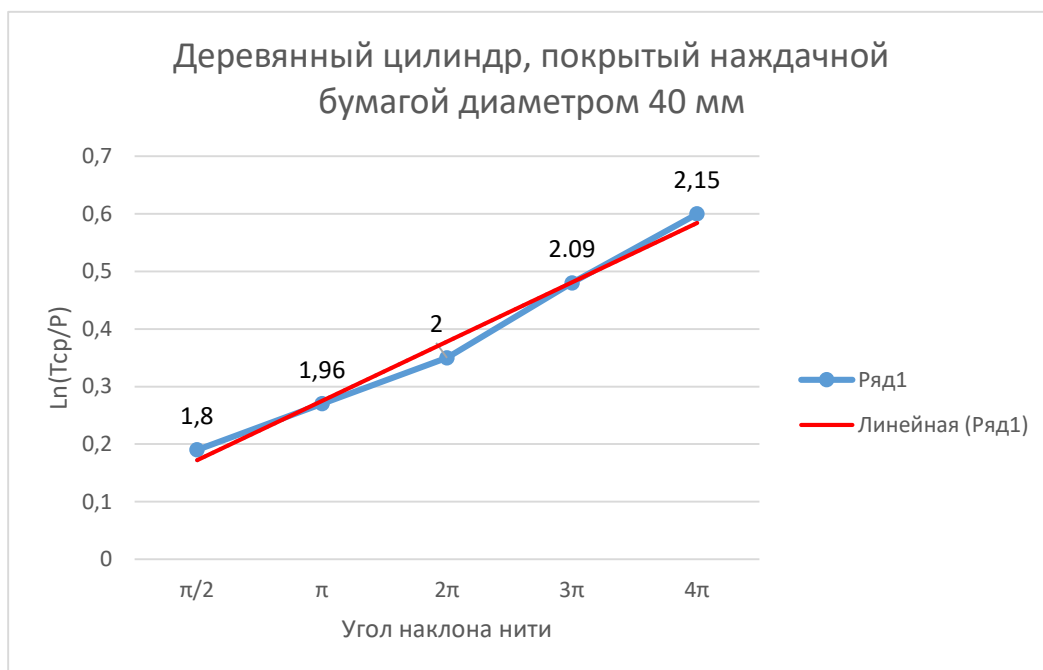


Рис. 8. График зависимости коэффициента трения деревянного цилиндра, покрытого наждачной бумагой, диаметром 40 мм от угла обхвата нити φ

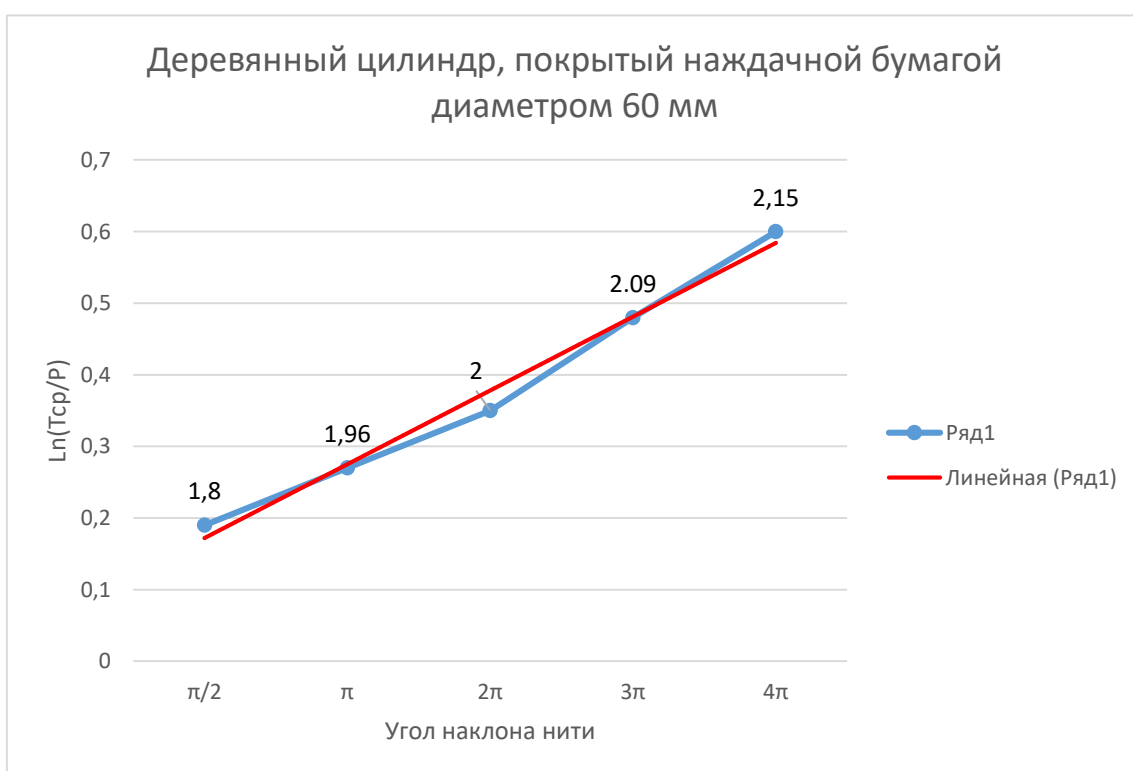


Рис. 9. График зависимости коэффициента трения деревянного цилиндра, покрытого наждачной бумагой, диаметром 40 мм от угла обхвата нити φ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы мы:

1. изучили действие силы трения нити о поверхность неподвижного цилиндра;
2. экспериментально проверили формулу Эйлера;
3. исследовали зависимость силы трения нити о поверхность цилиндров разного материала от их диаметров;
4. рассчитали коэффициент трения нити о поверхность цилиндра;
5. построили график зависимости коэффициента трения от угла обхвата нити.

Выводы:

- T_2 / T_1 , а, следовательно, сила трения нити о поверхность неподвижного цилиндра не зависит от диаметра цилиндра.

- Чем больше угол охвата нитью блока, тем больше сила трения требуется для движения веревки по блоку.

- Чем больше коэффициент трения, тем большая сила требуется для движения веревки по блоку.

Таким образом, моя гипотеза, что коэффициент трения нити не зависит от диаметра цилиндра, подтвердилась.

Зависимость силы трения от угла охвата нити блока широко используется в процессах заточки инструментов, шлифовки и полировки поверхностей металлов, стекла, алмазов, дерева и других материалов.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИСТОВОГО ОПАДА В КАЧЕСТВЕ СОРБЕНТА ДЛЯ НЕФТИ

Научная статья

За последние двадцать лет распространение вредных веществ в природной среде, вследствие производственной деятельности человека, приобрело глобальный масштаб. Поэтому загрязнение морей, океанов, почв и их биоты стало международной проблемой, а необходимость охраны объектов окружающей среды диктуется требованиями рационального использования природных ресурсов. Тревогу у экологов вызывает продолжающееся поступление в Мировой океан разливов нефти и нефтепродуктов, достигающее уже 1/5 его общей поверхности, что может вызвать существенные нарушения газо- и водообмена между гидросферой и атмосферой. Объемы нефтесодержащих отходов, скопившихся на отдельных объектах, составляют десятки и сотни тысяч кубометров [1].

Основными источниками поступления данных компонентов являются нефтедобывающие предприятия, системы перекачки и транспортировки, нефтяные терминалы и нефтебазы, хранилища нефтепродуктов, железнодорожный транспорт, речные и морские нефтеналивные танкеры, автозаправочные комплексы и станции.

Особенно актуальна эта проблема в России, в связи с изношенностью оборудования, несоблюдением технологической дисциплины промышленных предприятий. Также имеют место значительные разливы данных продуктов в местах прохождения технологических эстакад и трубопроводов.

Существующие методы сбора нефтепродуктов не всегда оказываются способными быстро и эффективно ликвидировать разливы нефтепродуктов с поверхности воды. На пути решения этой проблемы становится важным выбрать наиболее эффективный метод сбора нефтепродуктов. Существуют различные способы очистки: механический, физико-химический, биологический, а также эффективно применение сорбционных процессов.

Одним из перспективных решений в области удаления нефтяной пленки с поверхности водных объектов является применение технологий с использованием в качестве сорбентов растительных отходов [2]. Основное достоинство таких материалов – это экологическая чистота, широкая сырьевая база, обладание сорбционной емкостью по отношению к нефти и нефтепродуктам при сравнительно низкой стоимости [3].

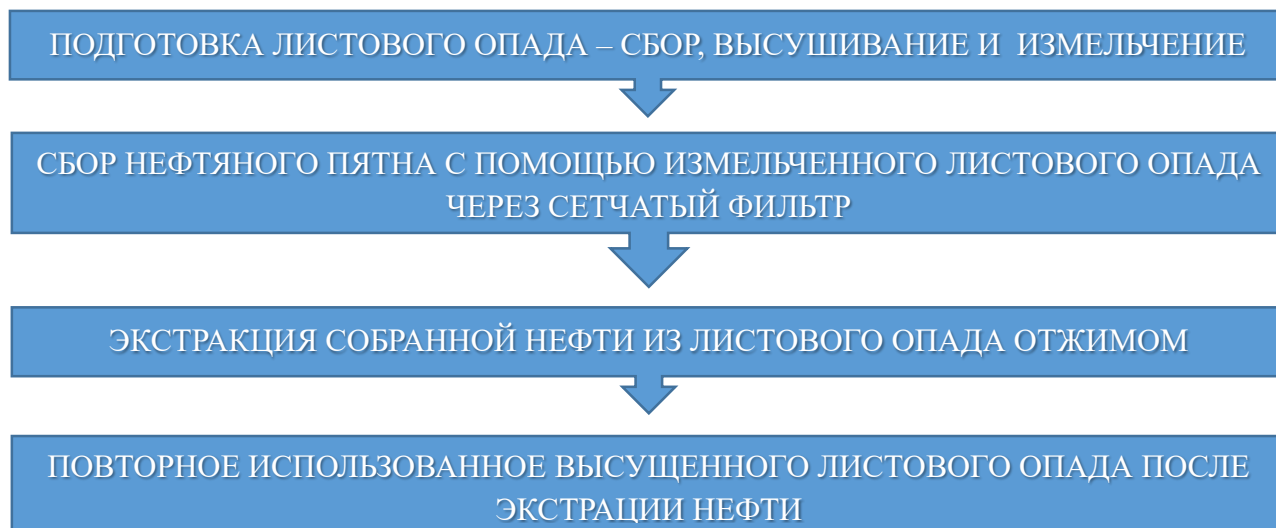
Поскольку перспективой развития промышленных территорий является увеличение зоны защитных растительных полос и лесопосадок, то закономерным явлением будет и увеличение объемов, образующегося смета – листового опада – деревьев озеленителей, который подвергается воздействию различных химических реагентов в пределах черты города. При характеристике листового опада как отхода возникает задача его утилизации, которая в настоящее время, как правило, осуществляется в виде захоронения на полигонах отходов. Более рациональным является исследование возможности применения листового опада в качестве сорбционного материала для удаления пленки нефти с поверхности водных объектов [4,5,6].

Проблема очистки водной поверхности, сточных вод от органических соединений, нефти, нефтепродуктов ряда химических и нефтехимических производств является одной из кардинальных проблем охраны окружающей среды. Наиболее эффективным средством очистки от этих видов загрязнения является сорбционная очистка. Несомненная актуальность метода заключается в возможности удаления загрязнений до любой остаточной концентрации и отсутствии вторичных загрязнений. Достоинства сорбционного способа — дешевизна сорбента, отсутствие особых условий его транспортировки и хранения, экологическая чистота процесса, возможность применения в качестве восстановителя материала, использование которого не приводит к повышению солесодержания в очищенной среде [1, 2, 3].

В настоящем проекте предпринята попытка получения нефтяного сорбента из экологически чистого материала – листового опада, который в городских условиях приходится вывозить и отдельно утилизировать. На это тратится

дополнительное время и ресурсы. Организация переработки большей части листового опада в нефтяной сорбент обеспечить немалую экономию средств.

Последовательность использования измельченного листового опада для сбора нефти с поверхности воды



Листовой опад собирали в городе Ишиме. В работе в качестве сорбционного материала исследовался смешанный опад следующего состава (%): листья тополя – 47, липы – 28, березы – 15, дуба – 2, прочих деревьев – 8. Собранный опад предварительно высушивался до постоянной массы и измельчался до частиц размером не более 0,01-1 мм.

Анализ технических условий и физико-химических закономерностей сорбции, а также многочисленные литературные данные по исследованию свойств различных поглотителей позволили сформулировать основные требования к оптимальному сорбенту для сбора нефти и нефтепродуктов. К ним, в частности, относятся наличие у сорбента высокой нефтепоглощающей способности, плавучесть, низкая стоимость, доступность и др.

Для установления сорбционной способности листового опада создана имитация нефтяного загрязнения: на поверхность воды налито 10 мл нефти, а далее извлеченным опадом в количестве 1 г с помощью мелкого сита произведено удаление загрязнения.

В дальнейшем смесь собранной нефти и листового опада выжималась с помощью медицинского шприца – это позволило определить, какой объем нефти можно вернуть обратно после сбора с поверхности воды. Мы считаем, что после

отжима и высушивания использованный лиственный опад можно применять второй раз.

В рамках проекта мы выяснили, сколько нефти может впитать 1 грамм листового опада. Называется это сорбционная емкость. Для этого мы взвешивали измельченный опад до и после сбора нефти. Оказалось, что 1 гр измельченного листового опада сорбирует или впитывает в среднем 7,5 гр нефти. Это приближенное значение – сухой опад мог частично впитать и воду. В дальнейшем мы точнее высчитаем этот показатель. Но даже сейчас понятно, что наш сорбент впитывает преимущественно нефть, а не воду. Достаточно высокая способность листового опада впитывать нефть объясняется наличием большого количества микропор, которые удерживают нефть, но не воду [4, 5, 6].

В рамках исследования также определяли степень очистки СО (%), которая показывает долю абсолютного количества вещества, которое улавливается сорбентом и дает достаточно полное представление о характере процесса. Данный показатель является важным критерием при определении оптимальных условий процесса сорбции нефти и рассчитывается по следующей формуле:

$$CO = \frac{C_0 + C_{ост}}{C_0} \cdot 100$$

где C_0 – исходная концентрация нефти, г/дм³; $C_{ост}$ – остаточная концентрация нефти, г/дм³.



Предложенная методика сбора нефти через сетчатый фильтр является модельной. В рамках исследования предложена модель наливного фильтра для загрязнённой нефтепродуктами воды. Фото представлены в приложении. Принцип работы прост – загрязненную воду заливают в емкость с измельченным сорбентом (листовым опадом) и некоторое время отстаивают. Есть также вариант пропускания загрязненной воды через толщу сорбента.

В таблице 1 показана зависимость степени очистки воды от времени. По истечении 10 минут контакта загрязненной воды с сорбентом, вода полностью очищается от нефти.

Заключение

1. В ходе исследования изучена возможность применения отходов растительного происхождения (смешанного опада) для ликвидации пленки нефти с поверхности воды

2. Листовой опад является гидрофильным, то есть не впитывает воду, но при этом впитывает (сорбирует) нефть.

3. Лучшим способом сбора нефти с водной поверхности является пропускание через сетчатый фильтр с измельченным листовым опадом. В среднем 1 гр. высушенного и измельченного листового опада сорбирует не менее 7,5 гр. нефти. Для полного очищения загрязненной воды избыточному количеству сорбента достаточно 10 минут.

4. В будущем мы проведем исследование для выявления типа листового опада, который лучше всех сорбирует нефть

Используемая литература

1. Мухутдинов А.А. Основы и менеджмент промышленной экологии. – Казань: Магариф, 1998. – 380с.

2. Степанова С.В. Ликвидация разливов нефти сорбционным методом с применением новых материалов / Вестник Казан. технол. ун-та. -2011. -№ 10, - с. 159-160

3. Шайхиев И.Г. Исследование удаления нефтяных пленок с водной поверхности плазмообработанными отходами злаковых культур 1. Лузгой овса / Вестник Казан. технол. ун-та. - 2011. № 12, -с. 110-117

4. Ольгин О. М. Давайте похимичим!: Занимательные опыты по химии / Ил. Е. Андреевой. – М.: Дет. лит., 2001. – 175 .: ил.

5. Ольгин О. М. Опыты без взрывов. – М.: Дет. лит., 2001. – 150 .: ил.

6. Энциклопедия для детей. [Том 17.] Химия / ред. коллегия: М. Аксёнова, И. Леенсон, С Мартынова. – 2-е изд. перераб. – М.: Мир энциклопедий Аванта +, Астрель, 2008. – 656 с.: ил.



Рисунок 1. Модельное нефтяное пятно до и после сбора с использованием листового опада в качестве сорбента.



Рисунок 2. В качестве объекта исследования в работе использован смешанный опад листьев измельченные на мельнице до частиц размером 0,01-1 мм



Рисунок 3. Вымытый и высушенный лиственный опад перед измельчением.



Рисунок 4. Экстракция нефти из листового опада в рамках проекта осуществлялась выдавливанием через шприц.



Рисунок 5. Прототип фильтра для отделения нефтяного загрязнения от воды

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ НАПОЛНИТЕЛЬ ДЛЯ ПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ СУЛЬФИДА КАЛЬЦИЯ

Введение

Одним из важнейших принципов «зеленых» технологий является замкнутый производственный цикл. Далеко не всегда это достижимо, особенно в крупнотоннажном химическом производстве. Одной из насущных проблем являются сложности утилизации фосфогипса, образующихся в больших объемах в ходе синтеза ортофосфорной кислоты сернокислотным способом из апатитов. Образование масштабных отвалов фосфогипса около производственных площадок загрязняет воздух, подземные и поверхностные воды. Опасность фосфогипс представляет и для почвенно-растительного покрова. На проблему указывают как отечественные, так и зарубежные авторы [1, 2]. При этом возникают сложности с утилизацией и вторичным использованием фосфогипса – лишь несколько процентов отходов удается отправить в сельскохозяйственную отрасль для мелиорации солонцовых и кислых почв. Находит применение фосфогипс в производстве строительных материалов. Есть наработки по использованию отходов производства ортофосфорной кислоты в изготовлении сухих строительных смесей, цемента, газобетона, стеклокерамики и даже в автодорожном строительстве. Также фосфогипс используется в процессах получения редкоземельных металлов и в качестве основы для материала, позволяющего удалять ионы хрома из растворов. Однако это не позволяет полноценно замыкать производственный цикл и в итоге огромные объемы фосфогипса остаются не переработанными и не утилизированными. В России запасы фосфогипса постоянно увеличиваются, так как вторичному использованию подвергаются не более 2% отходов химического производства [3]. В стране на данный момент накоплены сотни миллионов тонн фосфогипса. В этой связи особую **актуальность представляют исследования**, направленные на разработку приемов получения востребованных продуктов из многотоннажных промышленных отходов, в том числе фосфогипса. Особенностью фосфогипса в присутствии в составе

следовых количеств фосфора (отсюда и название фосфогипс), что негативно влияет на его использование в качестве строительного и отделочного материала. Поэтому необходимо искать альтернативные пути использования отходов крупнотоннажного производства. В данном исследовании показана возможность использования фосфогипса в качестве исходного вещества для получения люминесцентных материалов, которые, в свою очередь, востребованы в качестве красителей полимерных материалов, а также в качестве хемосенсоров. По современным данным, стоимость одного килограмма неорганического люминофора может достигать 4,5 тыс. рублей, что делает исследование экономически выгодным. При этом необходимо понимать, что немалая часть коммерческих люминофоров в настоящее время недоступны в России, так как являются санкционными товарами или производители просто прекратил поставки в нашу страну. Необходимость в импортозамещении люминофоров являются дополнительной мотивацией для проведения исследования.

Цель исследования – изучение процесса получения люминесцентного красителя из фосфогипса на основе реакции получения сульфида кальция.

Задачи:

1. Провести экспериментальный поиск методики получения люминесцентного сульфида кальция из фосфогипса с применением в качестве восстановителей угля, сахарозы и лимонной кислоты.
2. Оценить эффективность использования полученного люминофора в качестве наполнителя полимерных материалов.
3. Описать схему практического использования полученных органических люминофоров.

Новизна исследования – впервые описана методика применения полученных из фосфогипса люминофоров в качестве наполнителей полимерных материалов, показана методика термического восстановления фосфогипса до сульфида кальция.

Практическая значимость - результаты исследования могут быть использованы для изготовления новых красок, светящихся покрытий, материалов и маркерных обозначений.

Объект исследования – фосфогипс как побочный продукт ортофосфорной кислоты из апатитов.

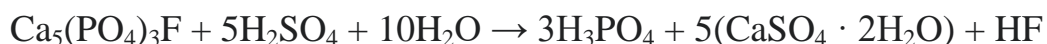
Предмет исследования – методика получения люминофора из фосфогипса методом термического восстановления.

Гипотеза исследования – из отходов промышленного производства ортофосфорной кислоты возможно получение люминофоров, пригодных для наполнения полимеров.

Материалы и методы исследования

В качестве исходного сырья для получения люминофора применялся фосфогипс для сельского хозяйства с содержанием двуводного сульфата кальция 99% по массе. Формула соединения - $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Фосфогипс образуется в процессе синтеза ортофосфорной кислоты из апатитов:



Фосфогипс представляет собой полидисперсный материал серо-белого цвета, представленный агрегатами частиц, комками с межагрегатными пустотами. Он содержит примеси неорганических и органических соединений, водно-растворимых и водно-нерастворимых, адсорбированных на поверхности кристаллов и встроенных в кристаллическую решетку. Фосфогипс проявляет тиксотропные свойства, т. е. способен разжижаться при механических воздействиях (вибрации, перемешивании, встряхивании). Среднее содержание фторидов в фосфогипсе в зависимости от исходного сырья составляет 0,05–0,4 %, влажность – от 30 до 40 % [4].

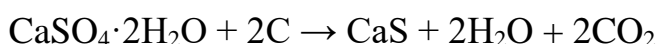
К синтезируемому люминофору были предъявлены следующие требования:

- свечение при облучении мягким ультрафиолетовым светом;

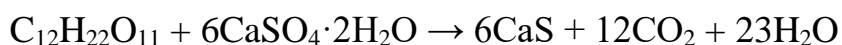
- люминофор должен быть экологически нейтральным и безвредным для человека;
- люминофор должен свободно смешиваться с полимерными веществами без потери способности к свечению;
- обладать низкой себестоимостью – не более 100-150 рублей за килограмм люминофора [5,6,7,8].

Для получения люминофора были выбраны в рамках исследования следующие восстановители – активированный уголь (C), сахароза (C₁₂H₂₂O₁₁) и лимонная кислота (C₆H₈O₇). Все вещества недороги и общедоступны. Восстановление до сульфида возможно при нагревании до 600-800 градусов Цельсия.

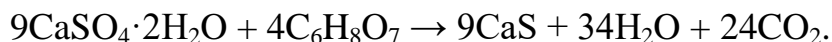
Реакция фосфогипса (двуводного сульфата кальция) с углем осуществляется по следующей схеме:



С сахарозой:



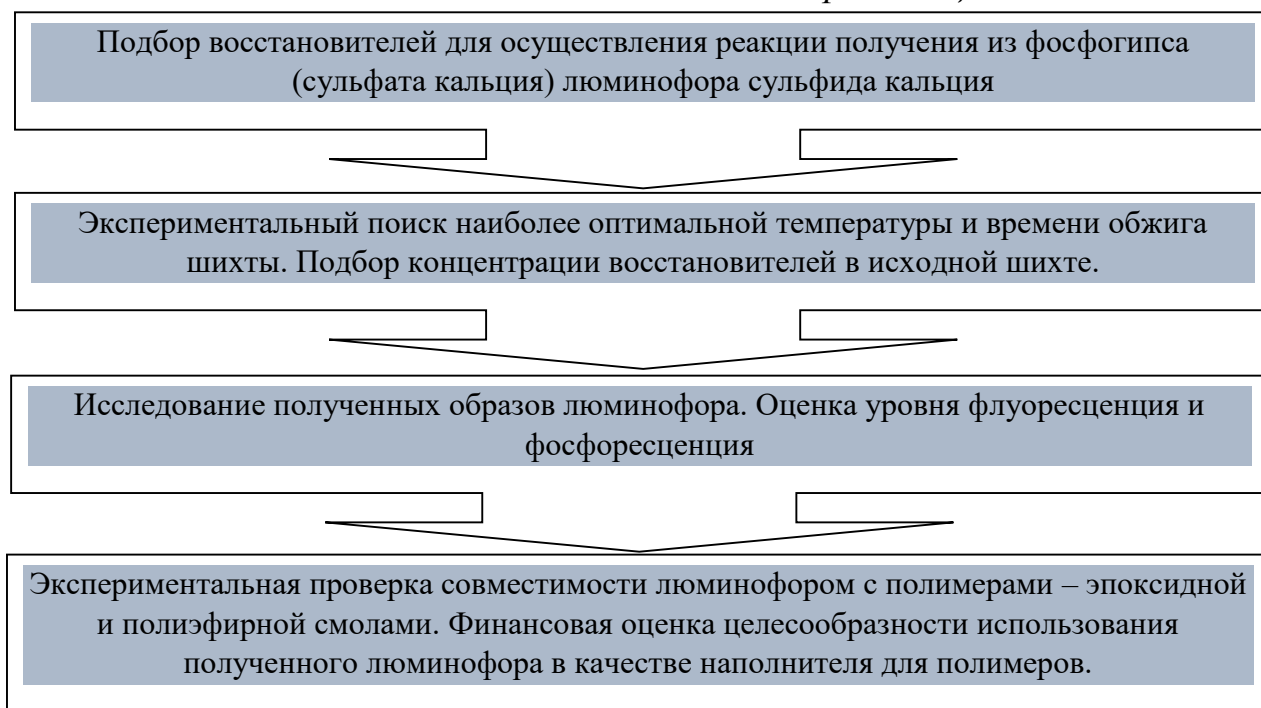
С лимонной кислотой:



Нагрев исходной шихты (смеси фосфогипса и восстановителя) проводили в муфельной печи в лаборатории «НаукоЛаб» школы №8 г. Ишима. Проводилось несколько опытов с целью выявления наиболее оптимальной концентрации исходных веществ и температуры нагрева. Для подбора оптимальной температуры и времени нагрева шихты опыты начинали с нагрева от 500 градусов Цельсия, последовательно увеличивая на 50 градусов. Максимальная температура приготовления люминофоров составляла 900 градусов Цельсия длительностью до 60 минут.

Оптимальность выбранной рецептуры шихты оценивалась по длительности и интенсивности свечения полученного люминофора.

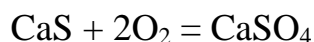
Схема 1. Логическая последовательность организации исследования



В качестве полимерной основы, наполнителем для которой служит полученный люминофор, выступали эпоксидная и полиэфирная смолы. Первая представляет собой продукты поликонденсации эпихлоргидрина с бифенолом А, вторая – синтетическая смола, полученная в результате реакции двухосновных органических кислот и многоатомных спиртов. Полиэфирная смола, используемая в исследовании, производства фирмы Turknaz (Турция) и используется в качестве связующего для стеклопластиков, литья и формовки. Добавление люминофоров в состав полимера позволит создать материал с новыми свойствами, более востребованный на рынке. Эпоксидная смола с отвердителем используется фирмы Arteroxu (Россия). Полимерные матрицы заливались в чашки Петри в слой толщиной 3-4 мм. Долю люминофора варьировали от 3 до 10% по массе. Для проверки работоспособности люминофора использовался ультрафиолетовый светильник и фонарик.

Результаты и обсуждение

Первым результатом исследования стало определение оптимальной температуры и времени выдержки исходной шихты в муфельной печи. Температура должны быть не более 800 градусов Цельсия, время – не более 30 минут. При больших температурах происходит частичное разложение полученного сульфида кальция и его дальнейшее окисление кислородом воздуха по схеме:



При меньших температурах реакция до конца не завершалась и не фиксировалась флуоресценция. Также при меньших температурах не успевали окисляться восстановители – сахароза, лимонная кислота и уголь. Опытным путем также определена длительность обезвоживания фосфогипса для перевода из двуhydrата в безводное состояние. Для этого необходим часовой нагрев в муфельной печи при температуре 100 градусов Цельсия. Это обязательная процедура перед нагреванием шихты в муфельной печи.

В Приложении представлены фото промежуточных этапов исследования.

В Таблице 1 представлены результаты термической обработки фосфогипса с различными восстановителями при заданной температуре в 800 градусов Цельсия.

Таблица 1. Результаты термической обработки фосфогипса с различными восстановителями.

Восстановитель	Массовая доля в шихте	Температура /Время нагрева	Флуоресценция	Фосфоресценция /Длительность
Уголь	25%	800C ⁰ /30 мин	-	-
	30%	800C ⁰ /30 мин	-	-
	35%	800C ⁰ /30 мин	+	+ /5 сек
	40%	800C ⁰ /30 мин	+	+ /15 сек
Сахароза	25%	800C ⁰ /30 мин	-	-

	30%	800C ⁰ /30 мин	+	+/-10 сек
	35%	800C ⁰ /30 мин	+	+/-10 сек
	40%	800C ⁰ /30 мин	+	+/-10 сек
Лимонная кислота	25%	800C ⁰ /30 мин	-	-
	30%	800C ⁰ /30 мин	+	+/-10 сек
	35%	800C ⁰ /30 мин	+	+/-10 сек
	40%	800C ⁰ /30 мин	+	+/-10 сек

Очевидно, что оптимальная концентрация восстановителей в исходной шихте варьируется в пределах 30-35%. При меньших концентрациях не происходит восстановление фосфогипса, при больших не наблюдается усиление эффекта люминисценции. В лаборатории отсутствовали средства объективного контроля, но по внешнему виду не менее 80-85% фосфогипса из шихты переходит в люминофор сульфид кальция. Важной проблемой при обжигании смеси фосфогипса является большое дымообразование в ходе реакции восстановления. Больше всего дымит уголь, меньше всего лимонная кислота. Это приходится учитывать для адаптации технологии в дальнейшем.

Исследование совместимости полученного люминофора с полимерными матрицами выявили необычную закономерность. Во-первых, компоненты эпоксидной и полиэфирной смолы не вступают в реакцию с компонентами люминофора, что обеспечивает его работу под лучами ультрафиолета. Вторая закономерность – флуоресценция и фосфоресценция люминофора в полимерной матрице возможна лишь на поверхностном слое материала, так как остальная масса непрозрачная для ультрафиолета. Это стоит учитывать в разработке технологии интеграции люминофоров в полимерные матрицы. Экономически целесообразно использовать нанесение люминофора только в поверхностные слои полимерной матрицы [9, 10]. Наиболее оптимальной

концентрацией люминофора в полимере является 5-7% по массе. Большая доля вещества не усиливает флуоресценция и фосфоресценция в пробе.

Для расчета экономической целесообразности производства люминофора использовали следующую формулу:

$$X_1(\text{стоимость 1 кг фосфогипса}) + X_2(\text{стоимость затраченной электроэнергии}) + X_3(\text{стоимость восстановителя}) = Y (\text{стоимость 1 кг люминофора})$$

При использовании угля расчеты стоимости люминофора следующие:

$$15+25+40=80 \text{ рублей}$$

Стоит учитывать высокую дымность угля, что ограничивает широкое использование данного восстановителя.

При использовании сахарозы расчеты стоимости люминофора следующие:

$$15+25+30=70 \text{ рублей}$$

При использовании лимонной кислоты расчеты стоимости люминофора следующие:

$$15+25+120=160 \text{ рублей}$$

Амортизация и стоимость муфельной печи не учитывались в расчетах.

Выводы:

1. Предложен недорогой и сравнительно простой способ получения люминофоров из отходов производства ортофосфорной кислоты. Методика подразумевает под собой предварительное обезвоживание фосфогипса в течение 1 часа при 100°C и дальнейший обжиг при 800°C в течение получаса.
2. На основании ряда проведенных исследований, можно сформулировать наиболее оптимальные из изученных технологические условия синтеза люминесцентного материала из фосфогипса: температура термообработки 800°C , изотермическая выдержка в течение 0,5 ч.
3. Компоненты эпоксидной и полиэфирной смолы не вступают в реакцию с компонентами люминофора, что обеспечивает его работу под лучами ультрафиолета. Флуоресценция и фосфоресценция люминофора в

полимерной матрице возможна лишь на поверхностном слое материала, так как остальная масса непрозрачная для ультрафиолета. Это стоит учитывать в разработке технологии интеграции люминофоров в полимерные матрицы

4. Минимальная стоимость одного килограмма люминофора, в котором не менее 85% сульфида кальция, составляет 70 рублей. Наиболее выгодным является использование в качестве восстановителя сахарозу.
5. Результаты исследования позволяют говорить о появлении широких возможностей вовлечения в повторную переработку отходов крупнотоннажного химического производства с получением дешевых востребованных продуктов.

Список литературы

1. Локшин Е.П., Тареева О.А., Седнева Т.А., Елизарова И.Р. Получение фосфорной кислоты сорбционной конверсией апатитового концентрата с использованием сульфокатионита в натриевой или калиевой формах Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2020. Т. 63. Вып. 1. С. 78-85.
2. Yang J., Ma L., Liu H., Guo Z., Dai Q., Zhang W., Bounkhong K. Chemical behavior of fluorine and phosphorus in chemical looping gasification using phosphogypsum as an oxygen carrier. *Chemosphere*. 2020. V. 248.
3. Яшин С.О. Технология и свойства модифицированных фосфогипсом битумоминеральных композиций: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, Ставрополь. 2013
4. Мещеряков Ю.Г., Федоров С.В. Промышленная переработка фосфогипса. – СПб: Стройиздат, 2007. – 104 с.
5. Левшин В.Л. Фотолюминесценция жидких и твердых веществ, Москва-Ленинград, Гостехиздат, 1951.
6. Казанкин О.М., Марковский Л.А., Пекерман Д.М. Неорганические люминофоры. Л.: Химия, 1980. – 345 с.

7. Азаров А.Д., Большухин В.А., Евдокимова Т.В., Социн Н.П. Светозапасающие люминофоры длительного послесвечения // Электронная промышленность. 2006. № 1. С. 24-28.
8. Большухин В.А., Геворкян В.А., Казарян М.А., Погосян М.А., Влагозащищенные люминофорные элементы различной конструкции // Сборник трудов симпозиума «Лазеры на парах металлов» Ростов-на-Дону, 24-28 сентября 2012 г. С. 15
9. Мешков В.В., Епанешников М.М. Осветительные установки. М.: Энергия, 1972. – 156 с.
10. Фридман С.А. Светящиеся составы постоянного и временного действия/ АН СССР, М.— Л., 1945. Вып. 3. С. 426–484.



Рисунок 1. Исходное сырье фосфогипс - $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Минеральное удобрение для сельского хозяйства.



Рисунок 2. Автор за работой



Рисунок 3. Процесс нагрева шихты в муфельной печи



Рисунок 3. Сульфид кальция, полученный прокаливанием фосфогипса с сахарозой. Вещество с устойчивым запахом сероводорода

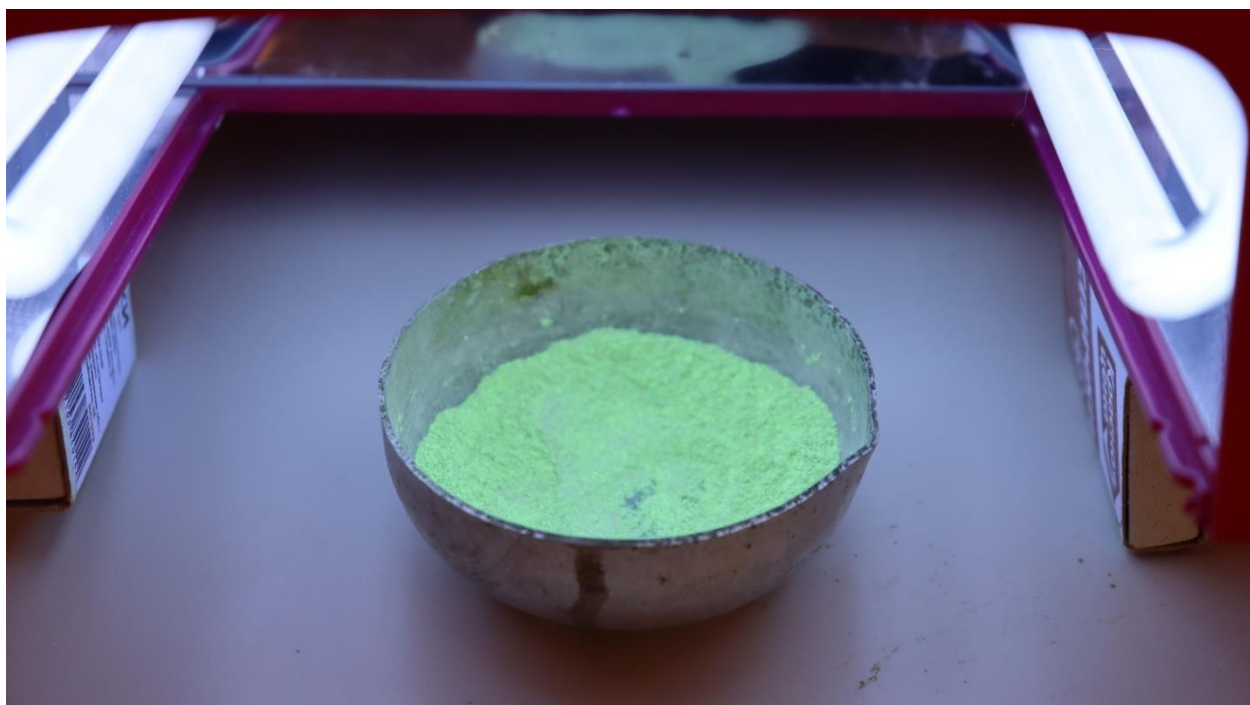
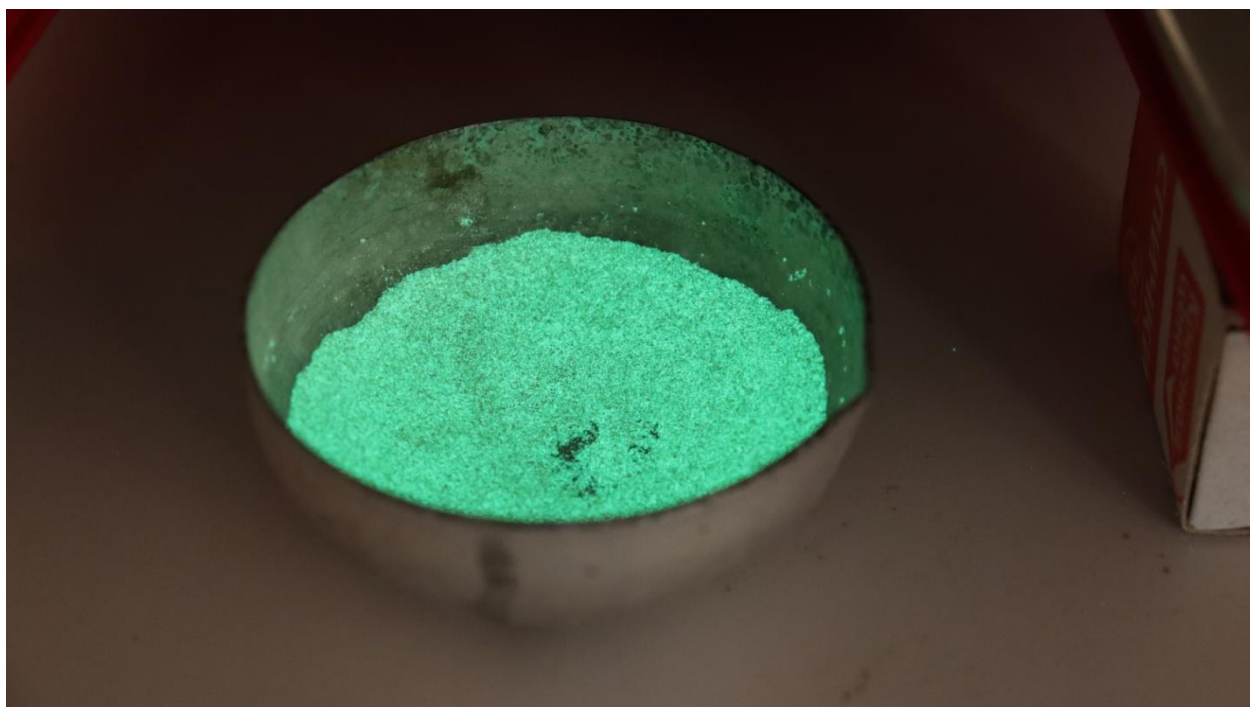
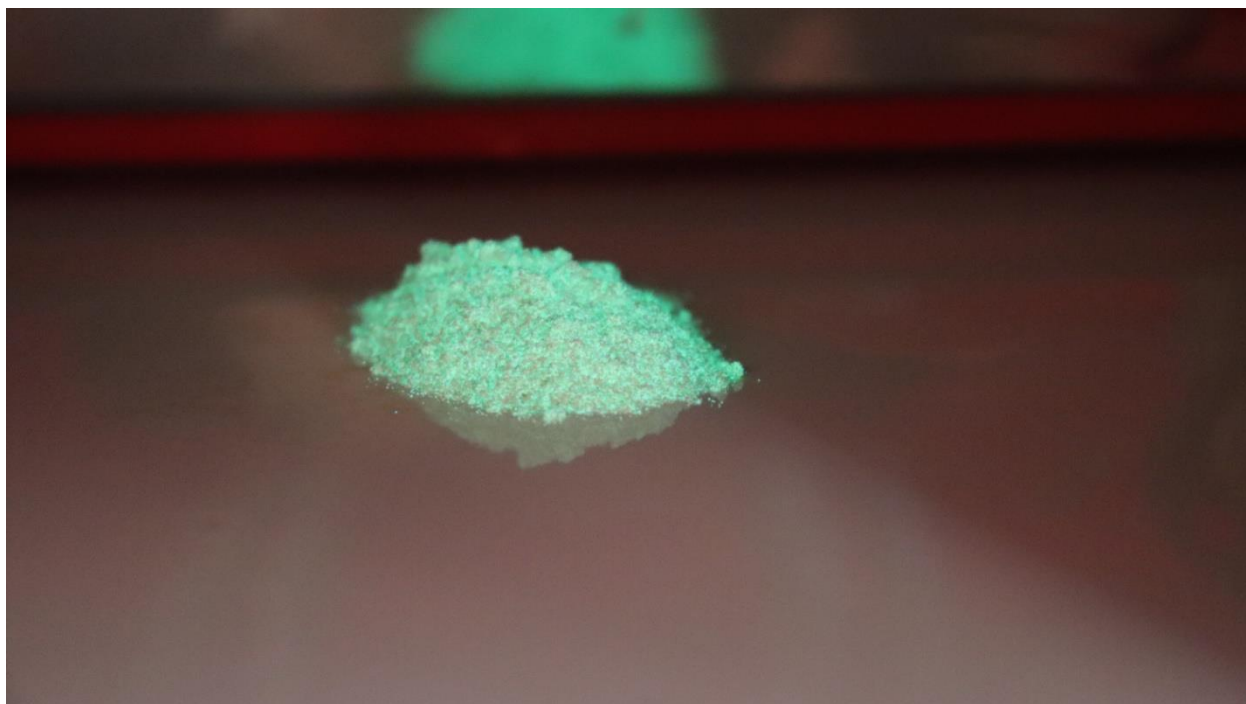


Рисунок 5. Флуоресценция полученного порошка в ультрафиолетовом свете





Рисунки 6-7. Фосфоресценция экспериментальной смеси после окончания облучения ультрафиолетом.

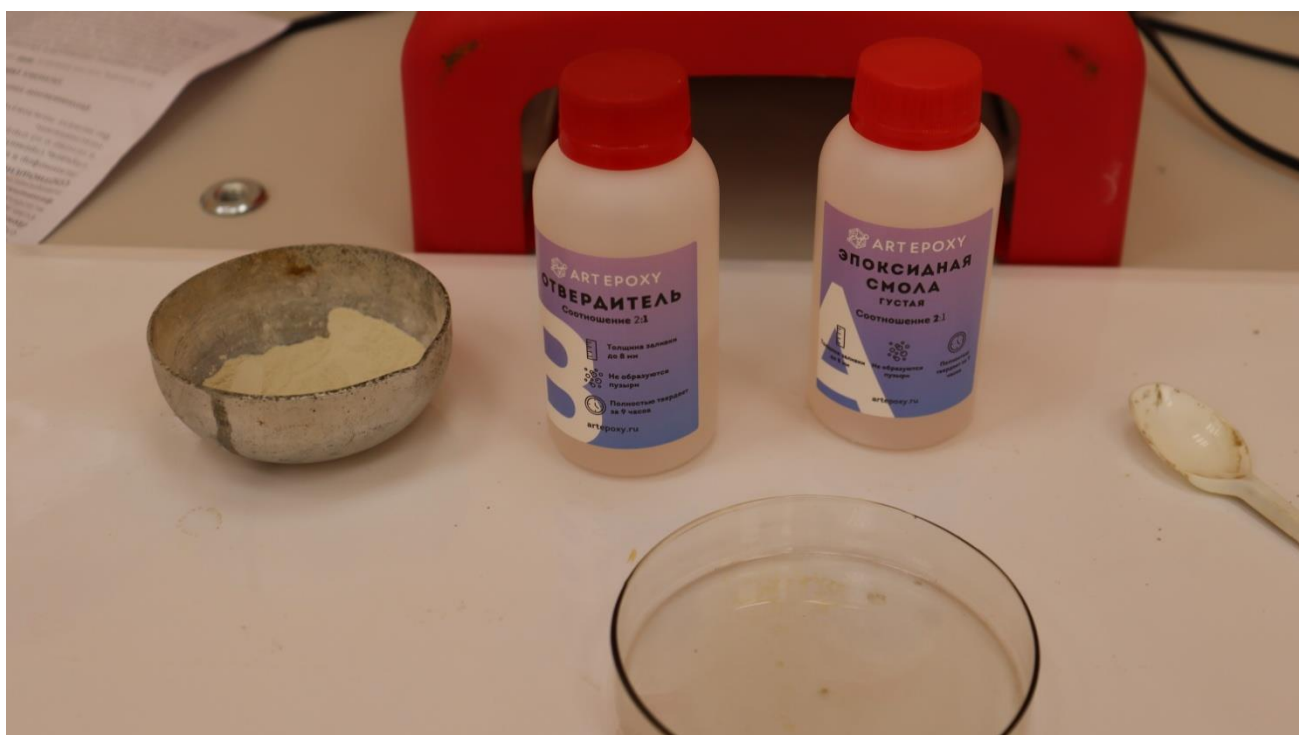


Рисунок 8. Реагенты для получения эпоксидной смолы.



Рисунки 9-10 Флуоресценция и фосфоресценция люминофора CaS в эпоксидной смоле



Рисунок 11. Получение полиэфирной смолы

ВСПЕНЕННЫЕ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Введение

Создание новых высокоэффективных теплоизолирующих материалов являются одними из важнейших направлений развития строительной отрасли. Особенно это касается силикатной теплоизоляции для жилых и производственных помещений. Важно понимать, что использование бытовых отходов для данных целей является важной задачей для химиков и производителей.

В качестве основного **объекта исследования** выбрано силикатное пеностекло, получаемое из измельченного натрий-кальциевого стекла с углеродной добавкой. Основной **проблемой исследования** является высокие энергетические затраты на производство пеностекла, а отсюда и нагрузка на окружающую среду. Недостатком пеностекла является длительный процесс изготовления при высоких температурах – до 850 градусов. С последующим 16-часовым охлаждением в муфельной печи. Кроме этого, в качестве пенообразователя используется уголь или антрацит, содержащие до 1,5% серы. Это приводит не только к выбросам оксида серы в атмосферу, но и невозможность использования полученного материала в жилых помещениях. Поэтому **предметом исследования** является разработка методики получения пеностекла без использования угля и антрацита в качестве пенообразования.

Цель исследования – изучение возможности метасиликата натрия в качестве вспенивателя для получения пеностекла из бытового и промышленного стеклобоя.

Задачи:

1. Разработка способа получения пеностекла из отходов и метасиликата натрия в качестве пенообразователя.
2. Сравнение процессов получения классического пеностекла на основе углеродных вспенивателей и нового способа с использованием метасиликата натрия.

3. Оценка эффективности и экономической целесообразности нового способа получения пеностекла.

Актуальность исследования – использование метасиликата натрия (жидкого стекла) позволит удешевить процесс получения пеностекла и сделает его более экологичным.

Основная часть

В современной технике в качестве теплоизоляторов широко используются твердые пористые материалы, создаются и испытываются новые их виды. Все это требует тщательного изучения теплофизических свойств пористых материалов, их способности противостоять большим тепловым нагрузкам.

Сегодня можно выделить пеностекло, изготовленное на основе неорганического стекла. Ряд уникальных особенностей делает его многофункциональным материалом, пригодным как для внутренней, так и для внешней тепло- и звукоизоляции зданий. Пеностекло – один из наиболее эффективных материалов, применяемых для теплоизоляции зданий. Однако технология производства пеностекла связана с термообработкой, потребляющей большое количество энергоресурсов. Высокая цена определяется большими затратами на сырьевые материалы и термическую обработку. В связи с этим актуальным вопросом является совершенствование процессов термообработки пеностекла. Знание особенностей процессов нагрева, вспенивания и отжига пеностекольной шихты позволяет регулировать качество материала, расход энергии и производственных площадей путем коррекции режимов термообработки и размеров технологического оборудования. Главное при изготовлении пеностекла заключается в получении материала, равномерно пронизанного порами одинакового диаметра [1, 2].

Традиционно в процессе изготовления стекла стремятся удалить из стекломассы все видимые газовые включения, а при изготовлении пеностекла

преследуется обратная цель получить стекломассу с возможно большим количеством пор, заполненных газом.

Основным способом производства пеностекла, обеспечивающим получение равномерной заданной структуры, следует считать так называемый порошковый способ.

Порошковый способ дает возможность получать пеностекло с различной структурой и свойствами в зависимости от зернового состава порошков, вида и количества газообразователя, температуры и продолжительности процесса спекания.

Для получения пеностекла применяют мелкозернистый порошок. Чем меньше размер зерен спекаемого материала, тем равномерней структура пеностекла. Мелкозернистый порошок позволяет получать материал с малым объемным весом, низким коэффициентом теплопроводности и большой механической прочностью.

Повышение до известного предела содержания газообразователя в шихте и, следовательно, увеличение газовой фазы при нагреве материала приводят к уменьшению объемного веса пеностекла. Однако при этом, как правило, увеличивается диаметр пор.

При введении газообразователя в количестве более 3–5% по массе получается пеностекло с неравномерной крупнопористой структурой из-за высоких давлений, развиваемых газовой фазой при нагревании [2, 3].

Пеностекольную массу спекают чаще всего при температуре 750–850°С: чем выше температура спекания, тем меньше объемный вес материала.

Свойства пеностекла.

Биостойкость. Вспененное стекло по химическому составу не отличается от обычного стекла и, вследствие этого, перенимает его свойства биостойкости к разрушению микроорганизмами, грибами, бактериями, насекомыми и грызунами.

Данное свойство объясняется отсутствием органических включений, наличием газа CO_2 и CO в порах материала.

Морозостойкость. Пеностекло можно охарактеризовать маркой по морозостойкости F30 и выше, что очень важно при осуществлении теплоизоляции жилых домов, а также сооружений холодильных установок. Испытание материала на морозостойкость проводят в водонасыщенном состоянии при переменном замораживании и оттаивании.

Теплопроводность и плотность. Теплопроводность пеностекла при 25 °С находится в пределах от 0,045 до 0,16 Вт/(м·К), что делает данный материал одним из лидеров в области теплоизоляции [4, 5].

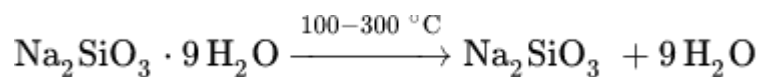
Необходимо отметить, что теплоизоляционные свойства пеностекла главным образом зависят от равномерности распределения воздуха в пористом материале и в меньшей степени от объема воздуха, заключенного в порах материала.

Плотность. Однако материалы с одинаковой плотностью не всегда имеют один и тот же коэффициент теплопроводности. Как следствие можно указать, что мелкопористый материал будет энергоэффективней по сравнению с крупнопористым.

Огнестойкость. Сравнивая пеностекло с другими теплоизоляционными материалами, можно отметить ряд полезных свойств, присущих данному материалу: температуростойкость, несгораемость, огнестойкость и др [6, 7, 8].

Экспериментальная часть

В рамках данного проекта разработан упрощенный и экологичный способ производства пеностекла из стеклобоя за счет отказа от применения углеродных пенообразователей. В качестве альтернативного пенообразователя выбран метасиликат натрия Na_2SiO_3 , водный раствор которого называется «жидкое стекло». Это неорганическое соединение, соль щелочного металла натрия и метакремниевой кислоты, представляющие собой бесцветные или белые кристаллы. Растворяется в холодной воде, образует кристаллогидраты. Именно в состоянии кристаллогидратов в данном исследовании использовался метасиликат натрия. Это вещество при нагреве до 300 градусов превращается в безводную соль, испаряя воду, в соответствии с уравнением реакции:



Именно это и обуславливается вспенивание исходной шихты. Для полноценного формирования кристаллогидратов $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot \text{SiO}_2$ смесь измельченного стекла и метасиликата натрия перед спеканием предварительно смачивали водой. Для сравнения, температура вспенивания кокса составляет около 800 градусов, графита – выше 850 градусов, сажи – от 750 до 875 градусов, древесного угля – до 800 градусов.

Таблица 1. Состав стеклобоя

Виды стекла	Состав, мас. %			
	SiO ₂	CaO	Na ₂ O	Оксиды Al, Fe
Оконное (листовое) стекло: – тянутое – прокатное – полированное	71–73 70,5–72,5 73	8–10 11–14 Не менее 7,6	14–16 12–14 13,6	1–7 До 6,5 5,8
Тарное (бутылочное) стекло: – полубелое – темное	67–68 69–70	10,5–11,0 9–10	14,5–15,5 14,5–15,5	6,5–8,0 4,5–7,5
Сортовая посуда: – выдувная, ручной выработки – прессовыдувная, машинной выработки – прессованная	74–75 71–76 74–76	До 7,0 4,5–7,5 5–7	10–10,5 10,5–15,5 13–16	До 16 1–14 1–8
Водомерное стекло	73,4	5,3	4,6	16,7

Порошкообразное стекло для экспериментальной работы получали механическим перетиранием стеклобоя для размера частиц в 0,1-0,2 мм. Одновременно с этим, для сравнения, изготавливалось пеностекло с углеродным вспенивателем – активированным углем. Основным параметром, который учитывался при оценке материала, стала теплопроводность. В виду того, что в условиях школьной лаборатории «НаукоЛаб» нет возможности

инструментально оценить этот параметр инструментально, используются теоретические расчеты. В частности, в работе «Новое пеностекло на основе промышленных отходов» под авторством В. В. Артамонова, Е. И. Гришкова из Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого предложено оценивать коэффициент теплопроводность пеностекла в зависимости от среднего размера ячейки. Так, если ячейка 0,5 мм, то коэффициент теплопроводности около 85,7 мВт/(м• °К), если 1 мм, то 45,7 мВт/(м• °К), 3,0 мм – 38,8 мВт/(м• °К) и 3,5 мм – 33,9 мВт/(м• °К). То есть, чем больше средний размер ячейки в пеностекле, тем ниже теплопроводность. В таблице 2 представлены параметры полученных экспериментальных образцов. Термостойкость определяли нагревом в муфельной печи до первых признаков пластичности.

Таблица 2. Экспериментальные шихты на основе метасиликата натрия и активированного угля [7].

Параметр	Вспениватель метасиликат натрия Доля в % по массе			Вспениватель активированный уголь Доля в % по массе
	30	40	50	2
Температура спекания, град Цельсия	700	700	700	800
Время спекания, часов	4,5	4	4	18-20
Средний размер ячейки в пеностекле, мм	0,5-1	2 мм	3 мм	2 мм
Термостойкость,	650	700	720	650
Рассчитанная теплопроводность, мВт/(м• °К)	Около 70	Около 42	Около 38	Около 42

Методика получения пеностекла в лабораторной муфельной печи состояла в следующем. Смесь измельченного стеклобоя и сухого метасиликата натрия в указанных выше пропорциях укладывали либо в термостойкую стеклянную

посуду, либо в фарфоровые чаши. Увлажняли водой, перемешивали и выдерживали в муфельной печи при температуре около 700 градусов Цельсия до окончания пенообразования. В зависимости от массовой доли вспенивателя длительность спекания варьировалась от 4 до 4,5 часов. В итоге получалось стекло светло зеленого, либо белого цвета – в зависимости от качества исходного стекла. После охлаждения замерялись размеры пор в пеностекле. Аналогичным образом получали пеностекло с использованием активированного угля в качестве пенообразователя.

Заключение

Исходя из вышесказанного, можно сделать следующие выводы:

1. Разработан новый способ изготовления экологически чистого пеностекла на основе промышленных и бытовых отходов (стеклобоя), отличающийся от существующих пониженными температурами вспенивания и отсутствием углеродных пенообразователей.
2. Обнаружена прямая зависимости между концентрацией метасиликата натрия в исходной шихте и размерами ячеек в пеностекле. Чем больше вспенивателя, тем больше ячейки, а значит, и ниже теплопроводность.
3. Наиболее оптимальной является массовая доля метасиликата натрия в 40%, что обеспечивает низкую теплопроводность с достаточной прочностью.
4. Использование метасиликата натрия в качестве пенообразователя позволяет в два-три раза экономить энергозатраты на нагрев шихты, что значительно удешевляет производство пеностекла.
5. Пеностекло на основе метасиликата натрия в виде блоков, пластин, гранул может применяться в строительстве, теплоэнергетике, машиностроении как тепло-, звукоизолирующий материал при эксплуатации в диапазоне от –50 до 600 °С.

Список литературы:

1. Коротков Е.А., Иванов К.С. Пеностекло в дорожном строительстве — новое направление использования материала // Вестник МАДИ. 2016. Вып. 1 (44). С. 4–6.
2. Грешнов В.А. Пеностекло как перспективный теплоизоляционный материал // Сб. науч. статей по итогам четвертой Междунар. науч. конф. Часть 1. 2019. С. 233–234.
3. Овчинникова А.П., Кузьмичева И.Г., Ишутин А.А. Пеностекло. Материал будущего // Наука сегодня: история и современность: Междунар. науч.-практ. конф. г. Вологда, 25 октября 2017 г.: в 2-х частях. Часть 1. Вологда: ООО «Маркер», 2017. С. 58–59.
4. Китайгородский И.И., Михайлова-Богданская З.А. Пеностекло, его свойства, производство и применение. М. : Промстройиздат, 1956. С. 3–28.
5. Справочник по производству стекла / под ред. заслуж. деятеля науки и техники РСФСР д-ра техн. наук проф. И.И. Китайгородского и канд. техн. наук доц. С.И. Сильвестровича. М.: Госстройиздат, 1963. С. 487–496.
6. Демидович Б.К. Пеностекло. Минск: Изд-во «Наука и техника», 1975. С. 9–26.
7. Кетов А.А. Перспективы пеностекла в жилищном строительстве // Строительные материалы. 2016. С. 79–81.
8. Мелконян Р.Г., Суворова О.В., Макаров Д.В., Манакова Н.К. Производство стеклообразных пеноматериалов: проблемы и решения // Вестник Кольского научного центра РАН. 2018. С. 133–139.

НОВЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА – ПЭТ

Введение

Значение полимерных материалов в жизни современного общества трудно переоценить. Рост производства и потребления полимеров – одно из основных направлений развития мировой экономики. В последние годы темпы роста производства полимерных материалов неуклонно возрастают.

Вместе с тем остро встает проблема утилизации полимерных отходов после истечения срока эксплуатации материалов и изделий, получаемых на их основе (бутылки, канистры, лотки, поддоны, пакеты, упаковка, этикетки, пленка и множество других изделий).

Цель: создать стенд, отражающий путь рециклинга отходов ПЭТ (пластиковой тары) с использованием наиболее перспективного способа переработки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить **ряд задач:**

- Определить объем образования отходов упаковки ПЭТ в России.
- Выбрать наиболее подходящий способ переработки отходов ПЭТ.
- Определить основные этапы переработки упаковки ПЭТ.
- Определить области использования вторичного материала.

Основная часть

Пластик принадлежит к материалам, которые практически не разлагаются со временем, а при сжигании выделяются крайне токсичные вещества. Поэтому изделия из пластика должны быть переработаны.

В странах с развитой промышленностью пластмасс отходы полимерных материалов, медленно разлагающиеся в естественных условиях, составляют серьезную угрозу как источник загрязнения окружающей среды. В настоящее время ~30 % полимерных отходов сжигается, 30 % перерабатывается вторично, 30 % не утилизируется.

Цель: создать стенд, отражающий путь рециклинга отходов ПЭТ (пластиковой тары) с использованием наиболее перспективного способа переработки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- Определить объем образования отходов упаковки ПЭТ в России.
- Выбрать наиболее подходящий способ переработки отходов ПЭТ.
- Определить основные этапы переработки упаковки ПЭТ.
- Определить области использования вторичного материала.

В настоящее время проблема переработки отходов полимерных материалов получает актуальность не только в связи с охраной окружающей среды, но и в связи с дефицитом полимерного сырья. Из 1 кг отходов (полиэтилентерефталат ПЭТ, полипропилен ПП, полиэтилен высокого давления ПВД, полиэтилен низкого давления ПНД) получается 0.8 кг вторичного сырья.

По своему химическому составу ПЭТ – это насыщенный полиэфир этиленгликоля и терефталевой кислоты. Исходным сырьем для синтеза ПЭТ являются продукты, которые получают в процессе переработки нефти и газового конденсата. Производство ПЭТ позволяет повысить глубину переработки углеводородов и снизить экологическую нагрузку на окружающую среду.

Известный нам в виде пластиковых бутылок ПЭТ обладает достаточно стабильными механическими свойствами, поэтому вторичный материал на его основе легко поддается переработке. Кроме того, его достаточно просто собрать, он не подвержен гниению, легко подвергается вторичной переработке (практически без потери свойств), из него проще всего сделать вторичный гранулят, постоянно растет число сфер использования ПЭТ, что создает возможность применения больших объемов ПЭТ-отходов и позволяет создавать масштабную переработку.

Таблица 1. Классификация способов переработки отходов ПЭТ

Способ переработки и ПЭТ-отходов	Доля способа переработки в общем объеме перерабатываемых отходов, %	Области применения веществ, полученных в результате переработки
Механический	70–75	Для упаковок, производства волокон (напольные покрытия, искусственная шерсть, спортивная одежда), конструкционный пластик для автомобилестроения, строительства.
Химический		Получение полиэфиров для производства клеев, покрытий и исходного сырья для повторного синтеза ПЭТ.
Термический	20–21	Сжигание для получения тепловой энергии или пиролиз для получения жидких и газообразных топлив.

Энергетический способ – сжигание – процесс термического окисления, сопровождающийся выделением большого количества тепла. Теплотворная способность 2 тонн пластиковых отходов упаковки эквивалентна теплотворной способности 1 тонны нефти (теплотворная способность нефти 46600 кДж/кг, ПЭТ - 22700 кДж/кг). Способ распространен во многих странах, однако имеет значительный недостаток: возможность попадания опасных газов в атмосферу, а потому необходимость в использовании дорогостоящих фильтров.

Пиролиз – термическое разложение органических веществ в отсутствии кислорода. Полимеры разлагаются полностью при температурах порядка 650 °С. В процессе пиролиза ПЭТ выделяются масло, воск, кокс, водород, этилен, пропилен, углекислый газ и угарный газ. Так, в США при переработке пластиковой тары из ПЭТ получают мономеры – диметилтерефталат и этиленгликоль, которые, в свою очередь, снова применяются для получения ПЭТ.

Пиролиз – термическое разложение органических веществ в отсутствии кислорода с целью получения полезных продуктов. При низких температурах (до 600 °С) образуются в основном жидкие продукты, а выше 600 °С –

газообразные. В твердом остатке образуется в основном технический углерод и соединения металлов.

Пиролиз позволяет переработать смешанные и загрязненные отходы. Механический способ – регрануляция, а именно переработка пленок, лент, волокон, пустотелых изделий в однородный с хорошей сыпучестью регранулят. Для переработки бутылок ПЭТ используют дробилки, мельницы, грануляторы. В ходе процесса под механическим и тепловым воздействием отходы переходят из твердого в смолоподобное состояние. Далее на выходе из гранулятора расплав продавливают через калибровочные отверстия и нарезают на гранулы, которые затем охлаждаются. Одним из перспективных направлений в этой области является производство гранулята из отсортированного сырья с использованием различных добавок, повышающих его качество (стабилизаторов, красителей, модификаторов и пр.), идущего на переработку в изделия различными способами переработки [1, 2].

Одним из наиболее распространенных способов переработки измельченных отходов полиэтилентерефталата является экструзия. Для этой цели используют как одно-, так и двухшнековые экструдеры. На установках по получению регранулята отходы транспортируют из сборника по транспортной ленте в агрегат, где их измельчают, перемешивают, нагревают (отработанным теплом установки), высушивают и подают в экструдер с дегазатором. В экструдере при необходимом давлении расплав фильтруется через сита, затем гранулируется с охлаждением и сушкой. В материал можно вводить наполнители и добавки.

Химический рециклинг – другой распространенный метод переработки отходов потребления. Химические способы переработки пластиковых отходов в основном направлены на использование пластиковых отходов, потерявших первичные свойства и которые сложно переработать механическими способами [3, 4].

Это направление охватывает наиболее распространенный, экономичный, непрерывный и безопасный для окружающей среды способ переработки

отходов ПЭТ – деполимеризацию. Деполимеризация полиэтилентерефталата производится различными методами, в результате которых получают продукты для реполимеризации до первичного ПЭТ (деполимеризация нейтральным гидролизом до терефталевой кислоты и этиленгликоля, снова идущих на синтез ПЭТ), а также новые продукты, используемые в других областях химической промышленности.

Понятие сольволиз объединяет различные способы деполимеризации (метанолиз, гидролиз, гликолиз, алкоголиз). При сольволизе ПЭТ подвергается деполимеризации при взаимодействии с химическими веществами, такими как, метанол (метанолиз с получением мономера диметилтерефталата); этиленгликоль (гликолиз с получением мономера бисгидроэтилтерефталата); кислоты (гидролиз с получением терефталевой кислоты) или щелочи (омыление).

Экспериментальная часть

Щелочной гидролиз измельченных ПЭТ-флексов осуществляли в присутствии водного раствора NaOH (5–20 %). В результате химического превращения продуктами гидролиза ПЭТ являются этиленгликоль и терефталевая кислота.

Стадии щелочного гидролиза:

измельчение ПЭТ-флексов с помощью ножевой мельницы

сушка измельченных ПЭТ-флексов (120 °C, 1,5 ч)

гидролиз, 80 °C в течении 10 часов

выделение ТФК

Условия щелочного гидролиза

$m(\text{ПЭТ}) = 5 \text{ г}$

$C(\text{NaOH}) = 5\text{-}20 \text{ \% масс.}$

$t = 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$\tau = 10 \text{ ч}$

В результате реакции образуются натриевая соль терефталевой кислоты и этиленгликоль. При подкислении концентрированной серной кислотой

реакционного раствора, ТФК осаждается из раствора, отфильтровывается, промывается и сушится. Этиленгликоль, образующийся в ходе реакции остается, в водной фазе. Оставшийся ПЭТ отделяли от раствора, промывали водой и сушили при температуре 100 °С.

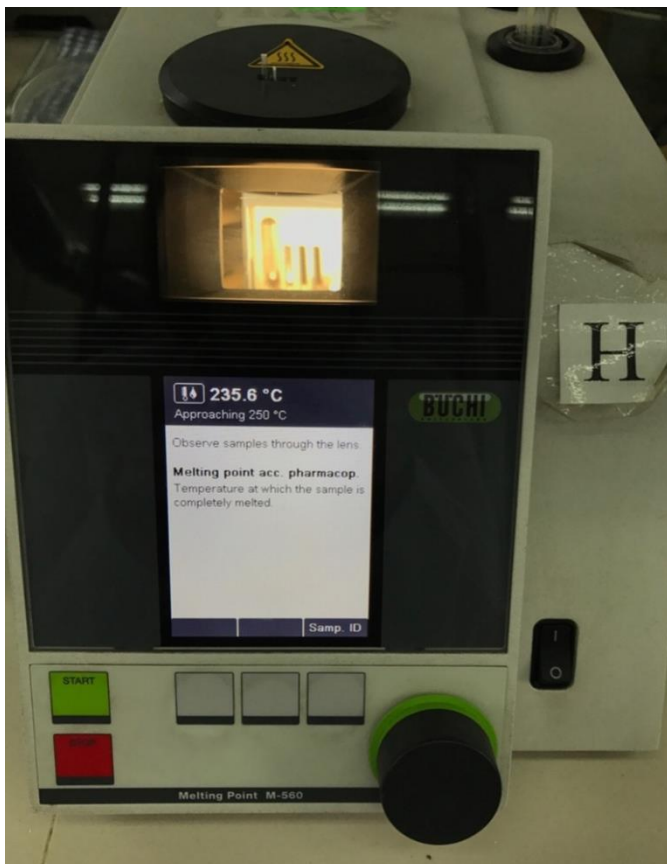


Рис. 1. Прибор для определения температуры плавления (температура плавления ТФК = 300 °С)

При выборе интервала концентрации раствора щелочи от 5 до 20 % руководствовались выбором низких концентраций, так как нейтрализация остаточного количества NaOH в конечном итоге приведет к снижению потребления серной кислоты в конце реакции, и уменьшению стадий промывки ТФК для получения чистого продукта [5, 6].

В качестве основных параметров для определения оптимальных условий использовали выход ТФК (%) и степень деградации ПЭТ (%), которые рассчитывали следующим образом (табл. 2):

$$\text{— степень деградации ПЭТ (\%)} = ((m_{\text{ПЭТ, н}} - m_{\text{ПЭТ, к}}) / m_{\text{ПЭТ, н}}) * 100,$$

где, $m_{\text{ПЭТ, н}}$ и $m_{\text{ПЭТ, к}}$, г, относятся к начальной и конечной массе ПЭТ соответственно.

$$- \text{выход ТФК (\%)} = (m_{\text{ТФК}}/m_{\text{ПЭТ, н}}) * 100,$$

где, $m_{\text{ТФК}}$ – масса ТФК, г.

Таблица 2. Результаты эксперимента щелочного гидролиза ПЭТ-флексов

Концентрация раствора NaOH, (%)	Выход ТФК, %	Степень деградации ПЭТ, (%)
5	18,5	21,5
10	35,5	39,2
20	58,0	80,5

Степень деградации ПЭТ (%) = $((m_{\text{ПЭТ, н}} - m_{\text{ПЭТ, к}})/m_{\text{ПЭТ, н}}) * 100$, где, $m_{\text{ПЭТ, н}}$ и $m_{\text{ПЭТ, к}}$, г, относятся к начальной и конечной массе ПЭТ соответственно.

Из результатов, представленных в табл. видно, что снижение концентрации NaOH приводит к снижению степени деградации ПЭТ и выхода ТФК.

Оценить степень чистоты полученной ТФК можно с помощью ИК-спектроскопии, а чистоту – по температуре плавления. Температура полученной ТФК составила 295–297°C (температура плавление справочная – 300 °C).

Стадии получения регранулята:

измельчение ПЭТ-флексов

сушка измельченных ПЭТ-флексов (120 °C, 1,5 ч)

экструзия (значения температур по зонам экструдера 230–250 °C, скорость вращения шнека – 60 об/мин

грануляция.

Получение композиционных материалов на основе ПЭТ-флексов осуществляли на двухшнековом лабораторном экструдере, включающем плоскощелевую фильеру на выходе (диаметр 2 мм), охлаждающую ванну и гранулятор. Предварительно осуществляли измельчение отходов ПЭТ с помощью ножевой мельницы и сушку измельченных хлопьев. Композиционная добавка вносится на этапе грануляции и равномерно

перемешивается в экструдере. Оптимальными значениями температур по зонам экструдера является диапазон 230–250 °С, скорость вращения шнека – 60 об/мин.

В Приложении приведены схемы получения производных ТФК

Область применения терефталевой кислоты

Терефталевая кислота главным образом используется для получения насыщенных полиэфиров (полиэтилентерефталат занимает 90 % от общего производимого количества этих полимеров).

К другим областям применения терефталевой кислоты относятся производство полибутилентерефталата, используемого как промышленная изоляция, и диоктилтерефталата [7, 8].

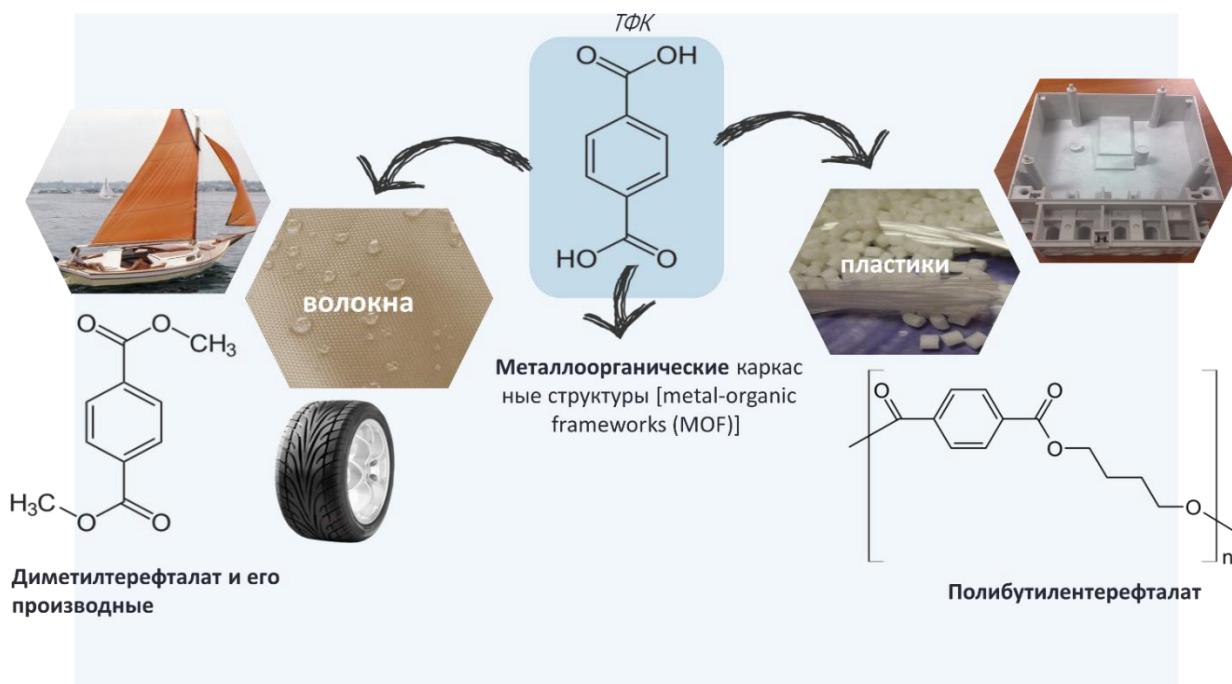


Рис. 2. Области применения терефталевой кислоты (ТФК)

Учёные из Эдинбургского университета при помощи генетически модифицированных бактерий *Escherichia coli* смогли переработать 79 % терефталевой кислоты в ванилин.

Этиленгликоль – это прозрачная маслянистая жидкость без запаха, обладающая очень высокой токсичностью и представляющая в открытом виде серьезную опасность для организма человека. В промышленности его получают путем гидратации оксида этилена в присутствии ортофосфорной кислоты.

Он используется в химической, автомобильной, нефтегазовой, авиационной, фармацевтической, текстильной, табачной парфюмерной и кожевенной сферах промышленности.

Главным свойством этиленгликоля можно считать его способность делать значительно ниже температуру замерзания жидкости. Именно поэтому он широко используется в приготовлении незамерзающих и охлаждающих составов. Основные направления использования этиленгликоля:

- в составе антифризов и тормозных жидкостей для автомобилей;
- в охлаждающих системах компьютеров;
- в виде теплоносителя в автомобилях;
- как высокотемпературный растворитель при органическом синтезе;
- в процессе изготовления полиуретанов, полимеров и целлофана;
- во время органического синтеза с целью защиты карбонильной группы;
- как криопротектор;
- как исходное сырье для изготовления специального взрывчатого вещества – нитрогликоля;
- в составе крема для обуви;
- в качестве одного из компонентов средства для мытья окон.

Вторичный ПЭТ обычно применяется для изготовления упаковки, не предназначенной для хранения пищевой продукции и напитков. Он также находит широкое применение в производстве конструкционных материалов для строительства, композиционных материалов для машиностроительной промышленности и др. Композиционные материалы на основе вторичного ПЭТ с различными наполнителями (древесные опилки, отсеvy гравийного производства, бой стекла, пылевидная зола ТЭЦ) можно использовать для изготовления таких изделий, как кровельная черепица, тротуарная плитка, листовые материалы и т.д.

Кроме того, из отходов ПЭТ и минеральных наполнителей (золы, песка) получают полимербетон – прочный и долговечный материал, который имеет разнообразное применение.

Вторичный ПЭТ обладает многочисленными преимуществами, которые позволяют считать его удобным материалом для 3D-печати. Изделия из ПЭТ прочны и устойчивы ко многим агрессивным средам.

Заключение

1. Выполнен щелочной гидролиз ПЭТ-флексов. Выход терефталевой кислоты составил 80 % от теор., степень деградации ПЭТ – 54 %.
2. Из выделенной терефталевой кислоты синтезирован ряд полупродуктов: нитротерефталевая кислота (выход 83 % от теор.), аминотерефталевая кислота (выход 91 % от теор.) йодтерефталевая кислота (выход 70 % от теор.) и 4-карбокси-2-йодозилкарбоновая кислота (выход 77 % от теор.).
3. На основе полупродуктов изучена возможность образования МОКС с различными солями металлов. С помощью ИК-спектроскопии установлено, что при использовании хлорида олова не происходит образования МОКС.
4. Получены мембраны в виде тонких слоев МОКС, нанесенных на пористый носитель двухстадийным синтезом.
5. Создан прототип сорбционной колонки для опреснения соленой воды. Установлено, что при использовании полученных МОКС наблюдается уменьшение концентрации хлорид-ионов в морской воде.

Список литературы:

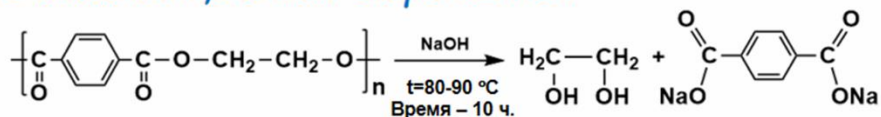
1. https://mkgtn.ru/docs/KONF_SEM/bedanokov_beshtoev.pdf
2. <https://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=324>
3. <https://mirothodov.ru/articles/stati-o-polimernih-othodah/pererabotka-PET-othodov-himicheskimi-metodami-metanoliza-i-gidroliza>
4. <https://www.sibur.ru/upload/iblock/710/7107fa6622da1e1579d19507f6f015d0.pdf>
5. http://ecotechnologies.ru/images/st_2017_1.pdf
6. <http://www.polymerbranch.com/magazine/magdocs/view/194.html>

7. <http://www.polymerbranch.com/04ad5632029cbfbed8e136e5f6f7ddfa/0735659f5a892f7c5f5bca3186cdf498/magazineclause.pdf>
8. <https://science-education.ru/pdf/2015/2-2/349.pdf>
9. <http://ecotechpro.ru/en/company/stati/251-vtorichnyj-petf-rossijskij-rynok-segodnya.html>

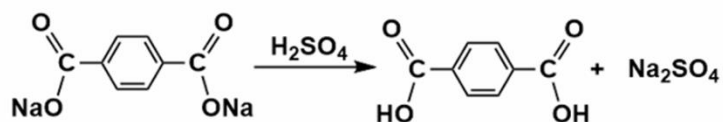
ПРИЛОЖЕНИЕ

Щелочной гидролиз ПЭТ флексов

1 стадия: щелочной гидролиз ПЭТ



2 стадия: выделение терефталевой кислоты (ТФК)



Выход ТФК – 80 % от теор.
Степень деградации ПЭТ – 54 %

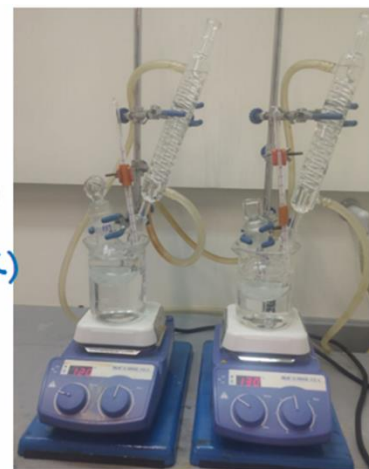
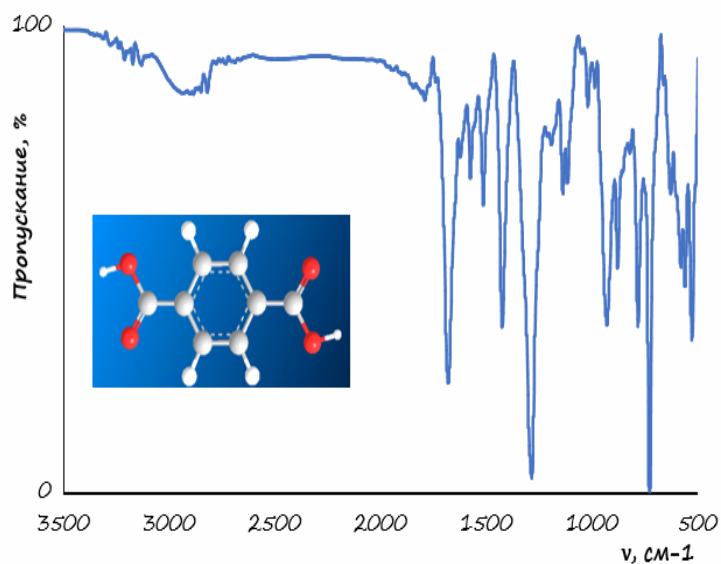


Рис. 1 – Лабораторная установка для проведения щелочного гидролиза ПЭТ

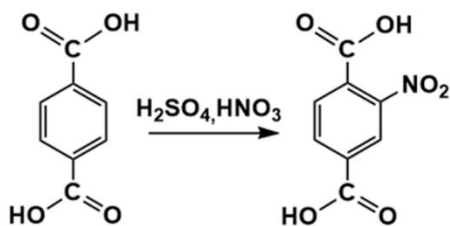


Диапазон поглощения, см ⁻¹	Группа
3050–2940	C–H вал.
2920–2660	COO–H вал.
1678	C=O вал.
1574, 1509	C–C аром. кольца
878	C–H деф. (1,4 зам. в Ar кольце)

Рис. 2 – ИК-спектр терефталевой кислоты полученной щелочным гидролизом ПЭТ

Получение производных ТФК

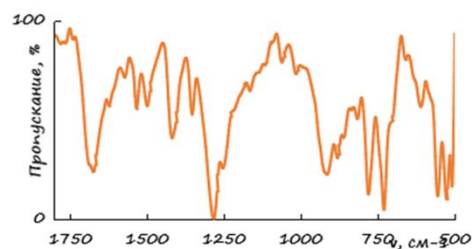
Получение нитротерефталевой кислоты (НТФК)



t = 60 °C, время – 1 ч.
t = 80 °C, время – 1 ч.
t = 25 °C, время – 10 ч.

Выход НТФК – 83 %

Рис. 3 – Установка для получения НТФК



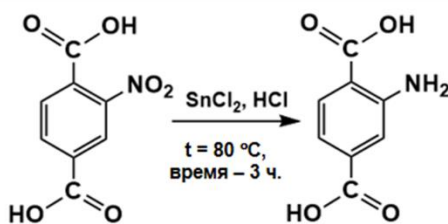
Диапазон поглощения, см⁻¹	Группа
3050-2946	C-H вал.
2921-2658	COO-H вал.
1678	C=O вал.
1574, 1509	C-C аром. кольца
1534, 1325	NO₂ вал. асим.
1325	NO₂ вал. сим.

Рис. 4 – ИК-спектр НТФК

Получение аминотерефталевой кислоты (АТФК)



Рис. 5 – Установка для выделения АТФК



t = 80 °C,
время – 3 ч.

Выход АТФК – 91 % от т

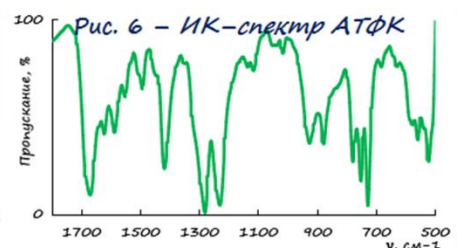


Рис. 6 – ИК-спектр АТФК

поглощения, см⁻¹	Группа
3050-2850	C-H вал.
2810-2660	COO-H вал.
1670	C=O вал.
1590	N-H деф.
1553, 1495	C-C аром. кольца
1231	C-N вал.

Получение йодтерeftалевой кислоты

Получение йодтерeftалевой кислоты (ЙТФК)

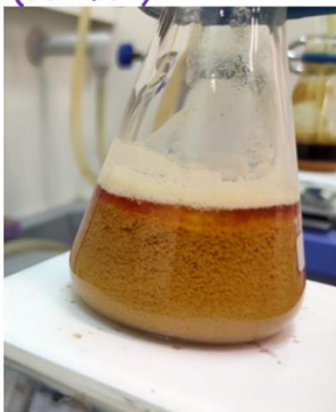


Рис. 7 – Реакционная смесь

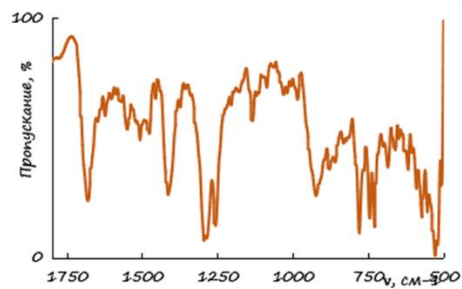
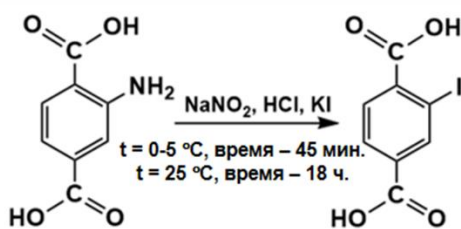


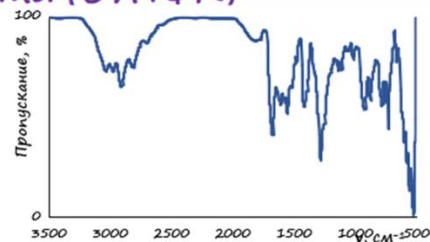
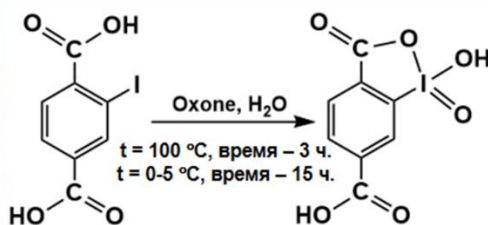
Рис. 8 – ИК-спектр ЙТФК

Выход ЙТФК – 70 % от теор.

Получение 4-карбокci-2-йодозилбензойной кислоты (ОЙТФК)



Рис. 9 – Установка для выделения 4-карбокci-2-йодозилбензойной кислоты



Выход ОЙТФК – 77 % от теор.

Диапазон поглощения, см ⁻¹	Группа
3100-2946	C-H вал.
2903-2630	COO-H вал.
1674	C=O вал.
1274	C-O вал.
580-520	C-I вал.

Рис. 10 – ИК-спектр ОЙТФК

Получение металлорганических каркасных структур

Схема получения МОКС гидротермальным и сольвотермальным методами:

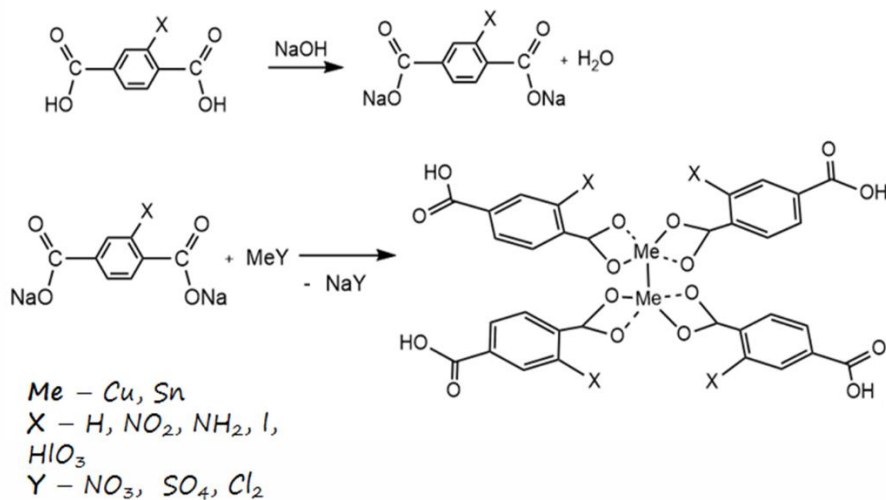


Рис. 11 – Получение МОКС на основе аминотерефталевой кислоты и нитрата меди (II)

Результаты синтеза металлорганических каркасных структур

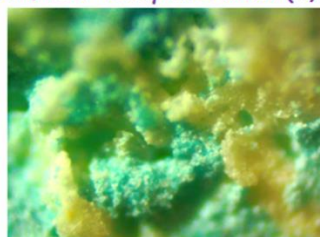
Соли металлов	Органические лиганды				
	ТФК	НТФК	АТФК	ЙТФК	ОЙТФК
$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	+ Осадок голубого цвета	+ Осадок цвета морской волны	+ Осадок серо-зеленого цвета	+ Осадок светло-зеленого цвета	+ Осадок цвета морской волны
CuSO_4	+ Осадок голубого цвета	+ Осадок голубого цвета	+ Осадок серо-зеленого цвета	+ Осадок цвета морской волны	+ Осадок цвета морской волны
SnCl_2	Не образуется По данным ИК-спектроскопии	Не образуется По данным ИК-спектроскопии	Не образуется По данным ИК-спектроскопии	Не образуется По данным ИК-спектроскопии	Не образуется По данным ИК-спектроскопии
$\text{Zn}(\text{OAc})_2$	+ Осадок белого цвета	Не образуется осадок	+ Осадок горчичного цвета	+ Молочно-желтый осадок	+ Молочно-желтый осадок

Нанесение металл-органических каркасных структур на носитель

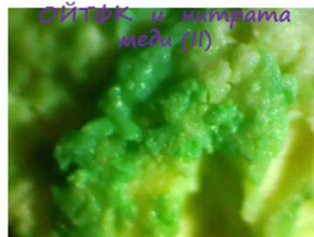
1 стадия
темплатного
синтеза:
создание центров
кристаллизации
на носителе

2 стадия
темплатного
синтеза:
вторичный рост
кристаллов МОКС

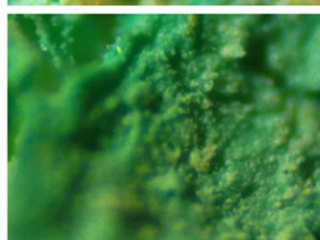
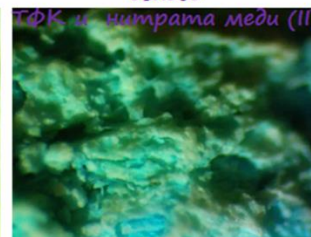
Нанесение МОКС на основе
НТФК и нитрата меди (II)



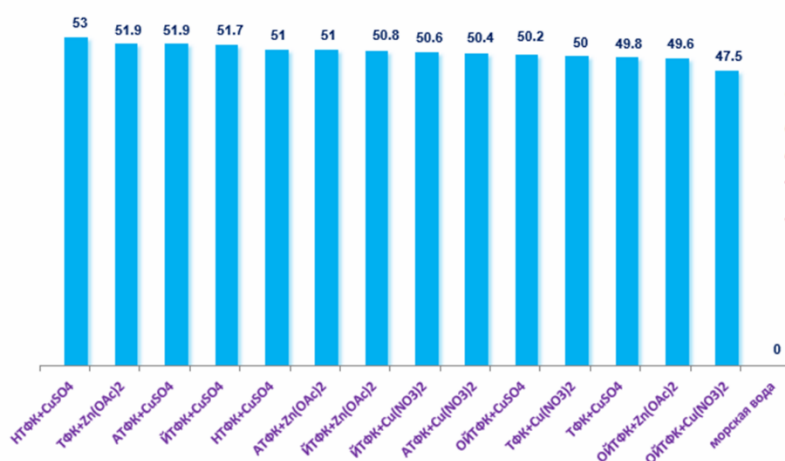
Нанесение МОКС на
основе
ОИТФК и нитрата
меди (II)



Нанесение МОКС на
основе
ТФК и нитрата меди (II)



Оценка адсорбционных свойств металлорганических каркасных структур



Определение содержания хлор-иона
проводили титрованием
азотнокислым серебром (ГОСТ
4245-72, точность метода 1-3
мл/л)

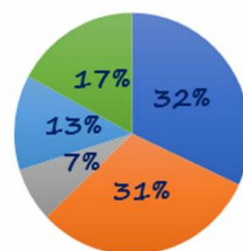
Рис. 12 – Уменьшение концентрации хлорид-ионов после пропускания морской воды через металлорганические каркасные структуры, %

Технико-экономический анализ

Параметр	Округлен. значение	ед. изм.
Прибыль валовая	49.074.153	руб/мес
Прибыль бухгалтерская	37.565.570	руб/мес
Прибыль чистая	30.204.447	руб/мес
Налоги	7.361.123	руб/мес
Рентабельность продукции	263	%
Чистая рентабельность продаж	62	%
Окупаемость	3	мес
	67	дня
	1	квартал

Общий объем инвестиций – 109,4 млн. рублей

Оборудование закупается из РФ и КНР



- МОКС
- Этиленгликоль
- Аминотерефталевая к-та
- Терефталевая к-та
- Сульфат натрия
- Сорбционные колонны

Рис. 13 – Доля различных продуктов в товарообороте

МОДЕЛЬ БЫТОВОГО ОГNETУШИТЕЛЯ

Во все времена борьба с неконтролируемым горением, то есть с пожарами, была очень актуальна. Человечество придумало множество способов для устранения этого бедствия, которое уносило и уносит человеческие жизни. И одним из них стал огнетушитель. Это достаточно компактное устройство, которое позволяет оперативно приступить к тушению. Под понятием огнетушитель мы понимаем переносное или передвижное устройство для тушения очагов пожара за счет выпуска запасенного огнетушащего вещества [1, 2]. Различают множество типов огнетушителей: углекислотные, пенные, порошковые и др. Они различаются как по принципу действия, так и по методике применения. К примеру, горящую электропроводку нельзя тушить пенным огнетушителем, лучше для этой цели применить углекислотный или порошковый. Современные огнетушители достаточно эффективны и просты в эксплуатации, но у них есть ряд важных ограничений:

- достаточно высокая стоимость – от 1000 рублей и более;
- большая масса – от 4 кг и более;
- при использовании серийных углекислотных огнетушителей есть большая вероятность получить обморожение, так как температура сопла падает до -72°C ;
- перезарядка производится в специальных условиях и самостоятельно пользователь произвести её не может [3, 4].

Проблемой является отсутствие дешевого и удобного мини-огнетушителя многократного использования, пригодного для использования в домашних условиях.

Также можно отметить, что большинство домохозяйств не приобретают самостоятельно огнетушители, так как не придают особого значения пожарной безопасности. Возможны и финансовые ограничения при покупке современного огнетушителя. В отличие от домохозяйств, в личном автотранспорте всегда имеется рабочий огнетушитель, так как этот предписывают правила технического осмотра транспортного средства. Тем не

менее, он не всегда эффективен и ощущается необходимость в наличии запасного недорогого огнетушителя.

Исходя из вышесказанного, очевидным становится **актуальность** создания недорогого и эффективного огнетушителя, который мог бы в критическую минуту быстро потушить возгорание в доме, на пикнике или в автомобиле. При этом важно, чтобы огнетушитель возможно было создать собственными руками, и чтобы он был перезаряжаемым.

Новизной исследования можно считать тот факт, что на современном рынке нет в продаже огнетушителей, которые можно самостоятельно заряжать после использования. В рамках данной работы создана модель простого и эффективного устройства для тушения огня, которые может стать коммерчески успешным.

Цель исследования – проведение опытно-конструкторских работ по созданию и испытанию действующего прототипа пенного огнетушителя.

Задачи:

1. Разработка принципиальной схемы недорогого пенного огнетушителя и описание химических механизмов его работы.
2. Создание прототипа огнетушителя и его испытание при тушении различных объектов.
3. Описание методики его сборки, использования и перезарядки, а также определение экономической эффективности производства.

Объектом исследования выступает конструкция пенного огнетушителя.

Предмет исследования – особенности работы и эксплуатации огнетушителя.

Гипотеза исследования – в домашних условиях с применением простейшего инструментария и реактивов возможно сборка недорогого и эффективного пенного перезаряжаемого огнетушителя.

Методика исследования.

В ходе опытно-конструкторских работ были выбраны две цели – выбор химической реакции для осуществления выброса пены под большим давлением и разработка принципиальной схемы огнетушителя с учетом использования выбранных реагентов.

За основу работы огнетушителя была выбрана реакция взаимодействия уксусной кислоты с пищевой содой по следующему уравнению:



Как видно из уравнения, самое главное значение здесь приобретает активное выделение углекислого газа - $\text{CO}_2\uparrow$, что в присутствии пенообразователя (обычного моющего средства для посуды) вызывает резкое повышение давления в огнетушителе, «вскипание» жидкости и выброс большого количества пены. Кроме того, вместе с пеной выбрасывается и большая порция углекислого газа, который также тушит пламя. Использование исходных реактивов, которые можно купить в любом магазине (пищевая сода, уксусная кислота и моющее средство для посуды), позволяет снизить себестоимость заправки пенного огнетушителя. На рис. 1 в Приложении представлено фото исходных реактивов.

В ходе разработки принципиальной схемы к огнетушителю были выдвинуты следующие требования:

- огнетушитель должен долгое время находиться в заряженном состоянии без потери свойств;
- в любой момент времени огнетушитель должен быть приведен в боевое состояние и применен для тушения возгорания;
- после тушения огнетушитель может снова быть снаряжен в боевое состояние и повторно использован для тушения;
- конструкция должна отличаться простой и дешевизной составных частей.

Также к методике исследования мы отнесен и этап полевых испытаний прототипов огнетушителя. В их ходе были исследованы возможности тушения

различных видов возгораний. Весь ход исследований сопровождался фото- и видеофиксацией результатов.

Конструирование прототипов пенного огнетушителя.

В ходе работы был сделан предварительный набросок схемы пенного огнетушителя (Рис. 2 в Приложении). В ёмкости огнетушителя жестко закреплены две пробирки со шлифованными стеклянными пробками. В качестве ёмкости нами была использована пластиковая бутылка из-под сокового напитка ёмкостью 1,5 литра. Запорный механизм с краном и соплом для выброса пены изготавливается из сантехнических полипропиленовых труб с помощью специального паяльника. Также для приведения огнетушителя в рабочее состояние (для тушения пламени) предусмотрена система активации, которая состоит из чеки соединенной леской со шлифованными стеклянными пробками пробирок. Пробирки закреплены в ёмкости с помощью санитарного водостойкого силиконового герметика, который крепко держит пробирки на дне огнетушителя. В пробирках находится 30 мл уксусной кислоты. В случае необходимости человек дергает чеку, которая в свою очередь через леску вынимает стеклянные пробки из пробирок и в огнетушителе начинается химическая реакция с выделением большого количества углекислого газа. Выделение углекислого газа провоцирует повышение давления внутри емкости, а также вскипание жидкости, что приводит, в присутствии пенообразователя, к выбросу большого объема пены. Все это приводит к тому, что за 10-13 секунд из сопла огнетушителя с высоким давлением и высокой скоростью на дальность до 5-6 метров вылетает несколько литров водно-пенной огнетушащей смеси.

В ходе опытно-конструкторских работ были разработаны три прототипа огнетушителей, которые отличались способом крепления пробирок ко дну емкости. В первом и втором прототипе были проблемы с герметичностью огнетушителя. И только в третьем экземпляре удалось достичь необходимого уровня герметичности всех соединений. Для этого на дно огнетушителя мы

вылили несколько десятков миллилитров силиконового водостойкого герметика, который за 24 часа очень прочно зафиксировал в себе пробирки с кислотой.

Особенности конструкции пенного огнетушителя позволяют ему неограниченно долгое время быть в заряженном состоянии. Это удалось сделать за счет того, что шлифованные стеклянные пробки не пропускают раствор соды и моющего средства внутрь пробирок до тех пор, пока не выдернут чеку.

В Таблице 1 представлены основные технические характеристик пенного перезаряжаемого огнетушителя.

Таблица 1. Основные характеристики пенного огнетушителя.

<i>Параметр</i>	<i>Значение</i>
Снаряженная масса	1,8 кг
Объем пенообразующей смеси	1,5 л воды + 50 мл пенообразователя (жидкое средство для мытья посуды)
Масса соды	До 40 гр (оптимально 30 гр)
Объем 70%-ной уксусной кислоты	30 мл (две пробирки по 15 мл)
Длительность работы	10-15 сек
Эффективная дальность применения	3-5 мин
Длительность нахождения в заряженном состоянии	Около полугода
Объем генерируемого углекислого газа	До 8 литров

Результаты испытаний.

Испытания действующих прототипов делились на два этапа - лабораторный и полевой. В ходе первого этапа оценивалась сама возможность тушения возгорания с помощью изготовленного пенного огнетушителя. В ходе его в керамической чашке зажигался небольшой костерок, который и тушился

с помощью пены. Стоит отметить, что мощность огнетушителя в данном опыте была избыточна. Нами был сделан предварительный вывод, что собранный огнетушитель гарантировано ликвидирует любое возгорание внутри помещения площадью до 1-1,5 м². Так как в состав огнетушащей пенной смеси входит вода, тушить горящую проводку нашим огнетушителем категорически запрещено, так как по струе может распространиться ток, который и поразит человека. Поэтому предварительно необходимо обесточить очаг возгорания проводки.

Полевые испытания проводились на территории школы и включали два опыта – тушение костра и горящих 100 мл бензина. Костер был успешно потушен с расстояния 3 метра. При подготовке к тушению бензина были определенные сомнения, так топливо легче воды и может не потухнуть, а просто всплыть. Но за счет высокого напора струи и большого количества пены горящий бензин в чашке был успешно потушен. В некоторых случаях струя из огнетушителя просто сбивает пламя, не давая ему распространяться дальше. Таким образом, можно с уверенностью рекомендовать данный огнетушитель для ликвидации возгораний, которые простой водой не потушить – это воспламенение бензина и других горюче-смазочных материалов.

1.4. Правила использования огнетушителя.

В ходе проектирования и испытаний пенного огнетушителя нами были сформулированы некоторые правила использования данной модели во время тушения пожара:

1. Перед использованием интенсивно встряхнуть 2-3 раза. Это необходимо для того, чтобы осевшая порошкообразная сода перемешалась с водой и пенообразователем.
2. Открыть кран.
3. Направить раструб огнетушителя на источник возгорания.
4. Выдернуть чеку. В результате откроются пробирки с уксусной кислотой, которая вступит в реакцию с содой. Затем последует мощный выброс пены с водой и углекислым газом.

5. В конце работы перевернуть огнетушитель вверх дном, это даст кислоте полностью прореагировать с содой и добавит несколько секунд тушению огня.

Запрещается:

1. Выдергивать чеку до открытия крана. Так как огнетушитель герметичен, то это вызовет скачкообразное увеличение внутреннего давления и его дальнейшее разрушение.

2. Тушить объекты под электрическим напряжением. Это может привести к удару током, так как струя огнетушащего средства содержит воду и электролит. Поэтому перед тушением необходимо обесточить место возгорания.

Процедура перезарядки огнетушителя показана на рисунке 8 в Приложении. В первую очередь в пробирки заливается с помощью длинной пипетки уксусная кислота концентрацией 70%. Следующим шагом стеклянными пробками со шлифом плотно закрывают пробирки. Пробки должны быть прочно привязаны к леске с чекой. Далее заливается вода, аккуратно добавляется сода и жидкое моющее средство. Емкость огнетушителя плотно закрывается, кран устанавливается в положение «закрыто», а чека приматывается к огнетушителю скотчем в качестве предохранителя.

1.5 Экономическое обоснование проекта и сфера применения пенного огнетушителя.

Для оценки экономической обоснованности создания модели огнетушителя был сформирован список составных частей с учетом их стоимости в розничной продаже г. Ишима (Таблица 2).

Таблица 2. Стоимость составных частей огнетушителя.

<i>Наименование</i>	<i>Стоимость</i>
Отработанная бутылка из пластика	0 руб
Кран полипропиленовый	250 руб
Фурнитура полипропиленовая (заглушка, уголок, труба 20 см)	50 руб
Герметик сантехнический (150 мл)	100 руб

Пробирки со шлифом и стеклянной пробкой	120*2=240 руб
Леска и чека	50 руб.
ИТОГО	690 рублей.

Стоимость заправки огнетушителя составляет порядка 50 рублей, что включает в себя стоимость 30 гр соды, 30 мл кислоты и 50 мл жидкого моющего средства.

Анализ таблицы 2 позволяет говорить о том, что кроме невысокой итоговой стоимости огнетушитель позволяет вторично использовать бутылки из-под напитков, что также является положительным моментом. Стоимость промышленно изготовленных огнетушителей в настоящее время превышает 5000 рублей. Безусловно, они эффективнее и надежнее тушат возгорания, но они неспособны к последующей перезарядке силами простого пользования. Для их перезарядки необходимо обращаться в специальные центры. Пенный огнетушитель нашей разработки этого недостатка лишен. Мы считаем, что в каждой квартире на кухне должна быть такая модель огнетушителя. Это позволит в критические моменты возгорания быстро и безопасно потушить небольшой пожар.

Выводы

По итогам опытно-конструкторских работ нами были сделаны следующие **выводы**:

1. Пенный перезаряжаемый огнетушитель, собранный в рамках данного исследовательского проекта способен эффективно работать с использованием реагентов, которые можно купить в любом магазине.
2. Огнетушитель эффективно тушит возгорания любых горючих материалов, в том числе бензина. Применять его для тушения электропроводки под напряжением категорически запрещено.
3. Себестоимость прототипа огнетушителя составляет 690 рублей. Таким образом, цена изготовленного прототипа минимум в два с половиной раза ниже, чем у самого дешевого промышленно изготовленного огнетушителя.

4. Безусловно, использовать наш огнетушитель как полноценную замену настоящему, нельзя. Основная ниша его применения – это мелкие возгорания горючих материалов и жидкостей для тушения которых использовать полноценный промышленный огнетушитель экономически неэффективно, а гасить пламя подручными средствами опасно.
5. Способность к многократной перезарядке – это также один из весомых плюсов нашего продукта опытно-конструкторских работ.

Список используемой литературы:

1. Алехин Е. М., Брушлинский Н. Н., Вагнер П. и др. Пожары в России и мире. Статистика, анализ, прогнозы. - М.: Изд. Калан, 2002. - 157 с.
2. Брушлинский Н. Н., Соколов С. В., Вагнер П. Проблемы пожаров в мире в начале 21 столетия // Пожаровзрывоопасность, - 2 - 3, - №1. - с.7-14.
3. Терещенков В. В., Артемьев Н. С., Думилин А. И.. Жилые и общественные здания, противопожарная защита и тушение пожаров. М.: «Пожнаука». 2006. - 312 с.
4. Харисов Г. Х. Основы обеспечения жизнедеятельности человека.- М.: МИПБ МВД России 1998 г.- 88 с.



Рисунок 1. Исходные реактивы для заправки пенного огнетушителя.

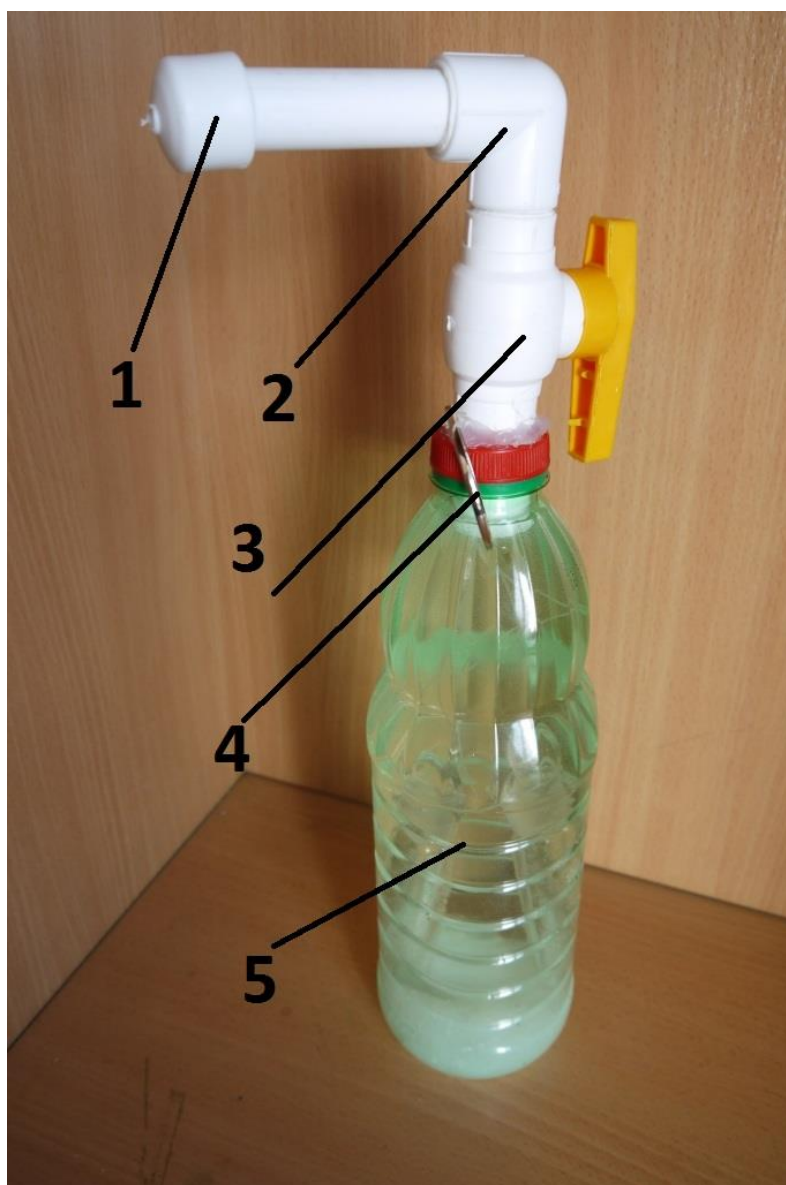


Рисунок 2. Устройство собранного и снаряженного пенного огнетушителя.

- 1- сопло для распыления водно-пенной смеси
- 2 – колено
- 3 – кран
- 4 – чека для активации огнетушителя
- 5 – емкость с огнетушащей смесью



Рисунок 3. Кран и сопло с запорным механизмом в сборе.

Рисунок 4. Кран и сопло с запорным механизмом отдельно от ёмкости.



Список источников и литературы

1. Мустафина Д.А., Рахманкулова Г.А., Короткова Н.Н. Модель конкурентоспособности будущего инженера-программиста // Педагогические науки. 2010. № 8. С. 16–20. (Определение инженерного мышления и его компонентов.)
2. Лебедева Т.Н. Инженерное мышление: определение и состав его компонентов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 4-3. (Системное описание компонентов инженерного мышления.)
3. Зуев П.В., Кошечева Е.С. Развитие инженерного мышления обучающихся в процессе обучения // Педагогическое образование в России. 2016. № 6. С. 44–49. (Компоненты и система оценки инженерного мышления школьников.)
4. Ребро И.В., Мустафина Д.А., Рахманкулова Г.А. и др. Формирование инженерного мышления в процессе организации профессиональной ориентации у школьников // Современные проблемы науки и образования. 2019. № 3. (Проектная и исследовательская деятельность как инструмент формирования.)
5. Угрюмов С.Н. Наборы-конструкторы как инструмент формирования инженерного мышления школьников // Научно-методический электронный журнал «Калининградский вестник образования». 2025. (Роль конструкторов и практической деятельности в развитии.)
6. Абрамова О.Н. Развитие инженерного мышления школьников // Молодой ученый. 2021. № 15 (357). С. 301–303. (Возрастные особенности и метапредметный подход.)
7. Церковная И.А. Возможности STEM-образования в развитии предпосылок инженерного мышления у детей дошкольного возраста // CyberLeninka. 2017. (Предпосылки инженерного мышления в раннем возрасте, связь с робототехникой.)
8. Ребро И.В., Мустафина Д.А., Рахманкулова Г.А. Формирование инженерного мышления студентов через исследовательскую деятельность: монография. 2015. 113 с. (Адаптируемо к школьникам: проектная деятельность и компоненты.)
9. Бормотова А.Г., Мамалыга Р.Ф. Методические аспекты использования метода проектов при формировании инженерного мышления у младших школьников // CyberLeninka. 2016. (Проектная деятельность в начальной школе.)
10. Сазонова З.С., Чечеткина Н.В. Развитие инженерного мышления — основа повышения качества образования: учебное пособие. М.: МАДИ, 2007. 195 с. (Классика по развитию инженерного мышления в образовании.)