

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое Акционерное Общество «Казахский Национальный Исследовательский
Технический Университет имени К.И.Сатпаева»

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра «Робототехники и технических средств автоматики»



Абильбекова Айым Жумахановна

Разработка портативного термоконтейнера для транспортировки вакцин

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

Специальность 6В07113 – Робототехника и мехатроника

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»



SATBAYEV
UNIVERSITY

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Робототехники и технических средств автоматизации

Абильбекова Айым Жумахановна

Робототехники и технических средств автоматизации

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

6В07113 – Робототехника и мехатроника

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»



Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Робототехники и технических средств автоматки

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой РТиТСА
кандидат технических наук,
ассоциированный профессор
Ожикенов К. А.
«26» маи 2024 г.



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

На тему: «Разработка портативного термokonтейнера для транспортировки вакцин»

6B07113 – Робототехника и мехатроника

Выполнил

Рецензент

К. ф.-м. н., ассоциированный профессор

Тюлепбердинова Г.А.

«24» май 2024 г.



Абильбекова А.Ж.

Научный руководитель

Доктор Ph.D.

Ассоциированный профессор

Бердибаева Г.К.

«27» май 2024 г.

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казакский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»



Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Робототехники и технических средств автоматизации

6В07113 – Робототехника и мехатроника

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой РТиТСА
кандидат технических наук,
ассоциированный профессор
Ожиженов К. А.
«29» мая 2024 г.



ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студенту Абильбековой Айым Жумахановне

Тема: «Разработка портативного термоконтейнера для транспортировки
вакцин»

Утверждена приказом ректора университета № 54 от «04» 12 2024 г.

Срок сдачи законченной работы «3» 06 2024 г.

Исходные данные к дипломному проекту:

Теоретическая часть по медицинским термоконтейнерам

Теоретическая часть по Элементу Пельтье

Теоретическая часть по материалам термоконтейнера

Теоретическая часть по работе термоконтейнера

Теоретическая часть по фиксированному температурному режиму
медицинских термоконтейнеров

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:

- Исследовать актуальность портативных медицинских термоконтейнеров
- Изучить современные медицинские термоконтейнеры, выявить их преимущества

в) Программно реализовать систему охлаждения с использованием Элемента Пельтье и LCD дисплея

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): представлены слайдов презентации работы

Таблицы: 1

Рисунки: 26

Рекомендуемая основная литература: из 15 наименований 15

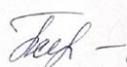
ГРАФИК

подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечания
Теоретическая часть	24.11.23г.	Выполнено
Практическая часть	23.02.24г.	Выполнено
Специальная часть	03.05.24г.	Выполнено

Подписи

консультантов и норм контролера на законченную дипломную работу (проект) с указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

Наименование разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Основная часть	Бердибаева Г.К., Доктор Ph.D. Ассоциированный профессор	15.02.24г.	
Программная часть	Бердибаева Г.К., Доктор Ph.D. Ассоциированный профессор	02.04.24г.	
Нормоконтроль	Игембай Ерболат Айдынұлы, Магистр техники и технологии, Преподаватель	31.05.2024	

Научный руководитель: Г.К. Бердибаева Бердибаева Г.К.

Задание принял к исполнению обучающийся: А.Ж. Абильбекова Абильбекова А.Ж.

Дата «24» май 2024

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыс вакциналарды қауіпсіз және тиімді тасымалдау үшін портативті жылу контейнерін жасауға арналған. Вакциналарды шалғай және жету қиын аймақтарға жеткізудің мобильді әдістеріне қызығушылықтың артуын ескере отырып, бұл зерттеудің мақсаты тұрақты температуралық жағдайларды және вакциналарды экстремалды температуралық әсерлерден қорғауды қамтамасыз ететін инновациялық контейнер құру болып табылады. Әдістеме вакциналарды сақтау және тасымалдау талаптарын талдауды, сондай-ақ портативті жылу контейнерінің тұжырымдамалық дизайны мен прототипін әзірлеуді қамтиды. Зерттеу нәтижелері әзірленген термоконтейнерде жылу оқшаулағыш материалдар мен температураны реттеу механизмдерінің оңтайлы үйлесімі бар, тіпті төтенше климаттық жағдайларда да вакциналардың сенімді және қауіпсіз тасымалдануын қамтамасыз етеді. Алынған прототип жаһандық вакцинация бағдарламалары үшін перспективалы шешім болып табылады және шалғай және табысы төмен аймақтарда вакцинацияға қолжетімділікті кеңейтуге ықпал етуі мүмкін.

АННОТАЦИЯ

Данная дипломная работа посвящена разработке портативного термоконтейнера для безопасной и эффективной перевозки вакцин. С учетом увеличивающегося интереса к мобильным методам доставки вакцин в удаленные и труднодоступные регионы, целью данного исследования является создание инновационного контейнера, обеспечивающего стабильные температурные условия и защиту вакцин от экстремальных температурных воздействий. Методология включает в себя анализ требований к хранению и транспортировке вакцин, а также разработку концептуального дизайна и прототипа портативного термоконтейнера. Результаты исследования работы позволяют утверждать, что разработанный термоконтейнер обладает оптимальной комбинацией теплоизоляционных материалов и механизмов регулирования температуры, обеспечивая надежную и безопасную транспортировку вакцин даже в условиях экстремальных климатических условий. Полученный разработанный макет представляет собой перспективное решение для глобальных программ вакцинации и может способствовать расширению доступа к вакцинации в удаленных и низкодоходных регионах.

ABSTRACT

This thesis is devoted to the development of a portable thermal container for the safe and efficient transportation of vaccines. Given the increasing interest in mobile methods of vaccine delivery to remote and hard-to-reach regions, the aim of this research is to develop an innovative container that provides stable temperature conditions and protection of vaccines from extreme temperature effects. The methodology includes the analysis of vaccine storage and transportation requirements and the development of a conceptual design and prototype of a portable thermal container. The results of the study suggest that the developed thermocontainer has an optimal combination of thermal insulation materials and temperature control mechanisms, providing reliable and safe transportation of vaccines even under extreme climatic conditions. The prototype represents a promising solution for global vaccination programs and can help to expand access to vaccination in remote and low-income regions.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Теоретическая часть	5
1.1 Достоинство и недостатки существующих термоконтейнеров	5
1.2 Ключевые задачи термоконтейнера	6
1.3 Сбор и анализ данных	8
1.4 Материалы и технология сборки термоконтейнеров	10
1.5 Основные параметры и классификация термоконтейнеров	12
1.6 Постановка задачи	13
2 Практическая часть	15
2.1 Выбор материалов для моего термоконтейнера	15
2.2 Электронная схема подключения	22
2.3 3D-модель	23
2.4 Программный код	26
2.5 Расчет надежности	27
2.6 Экономический расчет макета проекта	30
3. Готовый макет термоконтейнера	32
Заключение	35
Список терминов и сокращений	36
Список использованной литературы	37
Приложение А	39

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире технологические инновации играют ключевую роль в решении сложных медицинских проблем, включая транспортировку и хранение вакцин, критической важности для общественного здравоохранения. Одним из таких инновационных решений являются термоконтейнеры - специальные устройства, предназначенные для поддержания стабильной температуры внутри контейнера в течение определенного времени. Эти контейнеры выполняют ряд важных функций, обеспечивая сохранность и эффективность медицинских препаратов, включая вакцины.

Термоконтейнеры используются в различных сферах, но особенно значимы они в медицинской индустрии. Вакцины и другие медицинские препараты часто являются термочувствительными и могут терять свою эффективность при недостаточных или экстремальных температурных условиях. Термоконтейнеры обеспечивают идеальные условия хранения и транспортировки, предотвращая потерю эффективности и сохраняя целостность медицинских препаратов во время перевозки.

В наше время актуальность использования термоконтейнеров становится все более очевидной. С развитием глобальных программ вакцинации и расширением доступа к медицинским услугам, транспортировка вакцин становится все более сложной задачей, особенно в отдаленных и труднодоступных регионах. Экстремальные климатические условия, отсутствие инфраструктуры и нестабильность электроснабжения делают использование термоконтейнеров крайне важным для обеспечения успешной доставки вакцин туда, где они нужны наиболее.

Цель использования термоконтейнера заключается в обеспечении стабильных температурных условий внутри контейнера в течение всего процесса транспортировки. Это позволяет сохранить эффективность вакцин и других медицинских препаратов, обеспечивая безопасность и эффективность вакцинации и лечения пациентов во всем мире.

Таким образом, разработка и использование портативных термоконтейнеров для транспортировки вакцин представляет собой важный шаг в направлении обеспечения доступа к медицинским услугам и предотвращения распространения инфекционных заболеваний в нашем мире.

1. Теоретическая часть

1.1 Достоинство и недостатки существующих термоконтейнеров

Термоконтейнеры представляют собой важное средство для хранения и транспортировки различных медицинских и биологических грузов, обеспечивая сохранность и стабильность условий окружающей среды. Каждая модель (патенты RU5922, RU10341, RU186014 и RU197942) имеет свои уникальные особенности, которые делают их эффективными в различных ситуациях.

Многофункциональность и гибкость использования обеспечивается упаковочными термокассетами в термоконтейнере RU5922, что делает его идеальным выбором для перевозки разнообразных по размеру упаковок вакцин. Это повышает эффективность использования и экономит затраты на приобретение различных контейнеров.

Простота конструкции и доступность в модели термоконтейнера RU10341 позволяют использовать его широкому кругу потребителей, включая небольшие медицинские учреждения или регионы с ограниченными бюджетными возможностями. Это снижает затраты на приобретение и обслуживание термоконтейнера, делая его доступным для широкого использования.

Контроль температуры играет ключевую роль в обеспечении сохранности биологических объектов и медицинских препаратов. Модель термоконтейнера RU186014 обеспечивает заданный температурный режим от +2°C до +8°C за счет контроля температуры внутри рабочей камеры, что гарантирует сохранность груза в любых условиях.

Энергоэффективность и устойчивость к изменениям температуры достигается в многослойной конструкции термоконтейнера RU197942 с использованием теплоизолирующих слоев. Это позволяет поддерживать стабильные температурные условия внутри контейнера при минимальном расходе энергии, что особенно важно для перевозки чувствительных медицинских и биологических грузов.

Термоконтейнеры, хотя и представляют собой важное средство для транспортировки и хранения медицинских и биологических грузов, могут иметь определенные недостатки, затрудняющие их производство и использование.

Сложность производства является одним из основных недостатков моделей термоконтейнеров RU5922 и RU197942. Многоступенчатый процесс производства, требующий использования различных материалов и постепенной сборки изделия, может привести к увеличению затрат на производство и усложнению производственного процесса.

Отсутствие встроенных аккумуляторов для поддержания необходимой температуры внутри контейнера является еще одним недостатком модели термоконтейнера RU10341. Это может ограничить его эффективность при длительных перевозках или в условиях, где нет доступа к электроэнергии.

Ограниченный температурный диапазон работы от +2°C до +8°C у

модели термоконтейнера RU186014 также может ограничить его применение. Для хранения определенных типов медицинских или биологических препаратов может потребоваться более строгий контроль температуры.

Сложность производства и высокая себестоимость модели термоконтейнера RU197942 связаны с ее многослойным дизайном. Это ограничивает ее массовое производство и может увеличивать себестоимость конечного изделия.

Наконец, отсутствие возможности штабелирования термоконтейнера RU197942 из-за наличия ручек и петель может ограничивать его использование при хранении и перевозке больших объемов груза в несколько рядов.

Эти недостатки подчеркивают необходимость разработки более эффективных и удобных в использовании моделей термоконтейнеров, способных обеспечивать надежную и безопасную транспортировку медицинских и биологических грузов в различных условиях.

1.2 Ключевые задачи термоконтейнера

Поддержание стабильной температуры (от +2°C до +8°C) это одна из ключевая задача медицинского термоконтейнера. Для поддержания стабильности температуры самое главное герметичность, термоизолирующий материал, плотно прилегающая крышка, прочная полистирольная пленка внутри и защита наружным чехлом из дерматина.

Есть множество методов и технологий, используемых для поддержания стабильной температуры в термоконтейнерах. К ним относятся: активная рефрижерация, пассивная изоляция, фазовые переходы, активной контроль температуры, солнечные батареи, генераторы и т. д.

Активная рефрижерация включает использование компрессоров, конденсаторов и испарителей для создания и поддержания низких температур внутри термоконтейнера. Системы активной рефрижерации обеспечивают точный контроль температуры и могут поддерживать необходимые условия даже в экстремальных климатических условиях.

Пассивная изоляция метод основанный на использовании теплоизоляционных материалов, таких как полиуретановая пена или вакуумные панели, для уменьшения теплопередачи между внешней средой и внутренним пространством термоконтейнера. Пассивная изоляция позволяет сохранять стабильные температурные условия без использования активных систем охлаждения или нагрева.

Хладагенты, также известные как холодоносители, представляют собой вещества, которые используются для передачи тепла в системах охлаждения и кондиционирования воздуха. Они работают по принципу циклического изменения фазы из жидкого состояния в газообразное и обратно, поглощая и выделяя тепло в процессе.

Эффективность каждого метода может различаться от климатических условий. Активная рефрижерация, могут быть более эффективными в жарких

климатах, где температуры могут достигать высоких значений, в то время как другие методы, такие как пассивная изоляция, могут быть более эффективными в холодных климатических условиях. Длительность транспортировки также может существенно влиять на выбор метода поддержания стабильной температуры. Например, для коротких перевозок пассивная изоляция может быть достаточно эффективной, тогда как для длительных перевозок может потребоваться активная рефрижерация или использование фазовых переходов. Не мало важным фактором является стоимость и доступность различных методов. Например, активные системы рефрижерации могут быть более дорогостоящими в установке и обслуживании, чем пассивная изоляция. При выборе метода необходимо также учитывать его надежность и безопасность. Например, активные системы рефрижерации могут быть подвержены сбоям или поломкам, что может привести к повреждению груза, в то время как пассивная изоляция менее подвержена подобным рискам. Также следует учитывать экологические аспекты различных методов. Например, некоторые методы могут потреблять больше энергии или использовать опасные химические вещества, что может иметь негативное воздействие на окружающую среду.[3]

Защита от экстремальных температур, используемых для защиты груза, включая изоляцию, рефрижерацию и использование хладагентов.

Изоляция предотвращает передачу тепла через стенки контейнера, что помогает поддерживать стабильные температурные условия внутри.

Рефрижерация использует активные системы охлаждения для поддержания низких температур внутри контейнера.

Хладагенты могут быть использованы для поглощения или выделения тепла, помогая поддерживать стабильную температуру внутри контейнера.

Обеспечение безопасности и целостности груза. Основными критериями транспортировки препаратов с 18 июня вступил приказ в силу МЗ РК от 02.06.2023 г. № 100 «О внесении изменений и дополнений в приказ МЗ РК от 16 февраля 2021 года № ҚР ДСМ-19. В одном из пунктов указывается контроль качества посредством визуального осмотра состояния упаковки и внешних изменений. Для предотвращения повреждения используются системы защиты от ударов, вибрации и контроль влажности.[4]

Системы защиты от ударов и вибрации используют поглощающие материалы внутри контейнера для амортизации ударов и смягчения воздействия внешних сил. Также она предусматривает укрепление стенки контейнеров, способными выдержать механические воздействия.

Влажность играет не менее важную роль на внешний вид груза. Контроль влажности использует влагопоглотители внутри контейнера, герметизацию предотвращающий проникновения влаги извне и систему вентиляции для обеспечения циркуляции воздуха и снижения влажности.

Предотвращение контаминации. Контаминация это – непреднамеренное попадание болезнетворных бактерий в термоконтейнер. Для предотвращения контаминации используются система фильтрации воздуха HEPA, которая эффективно улавливают микроорганизмы и аллергены, предотвращая их

попадание в контейнер. Также против контаминации помогает использование антимикробных материалов такие как специальные покрытия и антимикробные пленки.

Мобильность и удобство в использовании. Данному требованию соответствует вес, размер, конструкция и система управления. Более легкие контейнеры могут быть более подвижными и удобными для переноски, особенно в случае длительных перевозок или необходимости транспортировки на небольшие расстояния. Компактные контейнеры более легкие для хранения и транспортировки, особенно если они предназначены для использования в ограниченных пространствах, например, на транспорте или в медицинских учреждениях. Исследование различных конструктивных особенностей контейнеров, таких как наличие ручек, колес, удобных замков и открытий, которые могут повысить мобильность и удобство в использовании. Различные системы управления, такие как механические и автоматические регуляторы температуры, мониторинг условий хранения и другие функции, которые могут повысить удобство использования.

1.3 Сбор и анализ данных

Будем рассматривать такие патенты на полезные модели как: RU5922, опубл. 16.02.1998; RU10341, опубл. 16.07.1999; RU186014, опубл. 27.12.2018; RU197942, опубл. 08.06.2020; RU2725122, опубл. 29.06.2020. [5],[6],[7],[8],[9]

Термоконтейнер патент на полезную модель RU5922. Главным преимуществом этого патента является наличие упаковочных термокассет, благодаря которому пользователь может использовать его для различных упаковок вакцин, несмотря на его размеры.

Недостатком этой полезной модели является сложная многоступенчатая сборка термоконтейнера, которая замедляет процесс сборки.

Термоконтейнер патент на полезную модель RU10341. Данная модель предназначена для хранения и транспортировки медикаментов, главным его преимуществом является дешевизна, простота и удобная конструкция.

Причина недостатка данного патента сложность поддержания температуры внутри термоконтейнера из-за отсутствия аккумулятора.

Термоконтейнер патент на полезную модель RU186014. Применяется для транспортировки и хранения биологических объектов от температуры 2 до 8°C. Ограниченный диапазон температуры является его недостатком, также одним из недостатков считается невозможность измерить температуру медикаментов и вакцин, так как термомпара измеряет температуру хладоэлементов.

Термоконтейнер с моделью RU197942, его предназначение и главное преимущество перевозка вакцин, лекарственных средств, трансплантатов, биоматериалов, материалов медицинского назначения и многое другое. Главным его преимуществом является сохранение определенного температурного режима на протяжении всего пути.

Недостатком является сложность производства и высокая себестоимость.

Также отсутствие ручек и петель которая не дает возможность штабелирования и постановки в несколько рядов.

Термоконтейнер модели RU2725122 применяется для хранения и транспортировки биологических материалов и объектов с сохранением их свойств.

Недостатком данной модели является ограниченный диапазон температуры -6°C , низкая ударопрочность и снижение времени температурного режима.

Термоконтейнер RU2795328, опубликованный 02.02.2023г. Главным преимуществам данного термоконтейнера является сохранение температурного режима от -40 до $+30^{\circ}\text{C}$ при внешних температурах от -50 до $+50^{\circ}\text{C}$. В его задачи также входят перевозка и хранение медицинских иммунобиологических препаратов и биологических материалов.

Недостатком данного изобретения может быть сложность технологического процесса изготовления термоконтейнера. Нагрев форм до температуры $38-60^{\circ}\text{C}$ и поддержание давления в контурах машины для заливки, в частности, $50-200$ бар требует специального оборудования и опытных специалистов для обеспечения технологического процесса и качества изделия. Это может усложнить и удорожить производство термоконтейнеров, особенно при массовом производстве. Кроме того, необходимость использования двух компонентов с параллельными соединениями также может повысить сложность процесса и увеличить затраты на материалы.

Результаты данного анализа привел нас к тому, что термоконтейнеры имеют некоторые сходства и недостатки. Отличия приходятся к себестоимости и в температурном диапазоне. Также цель использование в эксплуатации и в методах сбора.

Результаты анализа указанных изобретений на полезных моделях позволяют выделить основные особенности и различия между термоконтейнерами, а также оценить их применимость в различных классах. Все рассматриваемые модели транспортировки и хранения медицинских и биологических материалов, в том числе вакцинации, при строгих требованиях к соблюдению определенного температурного режима.

Одним из основных преимуществ термоконтейнеров является возможность использования различных упаковок вакцин, обеспечивающих сохранность медикаментов во время транспортировки. Однако любая модель имеет свои особенности и недостатки, которые необходимо учитывать при выборе варианта решения.

Таким образом, во всех модификациях возникает недостаток, связанный с ограничениями в температурном режиме. Это может ограничить их применение в условиях, требующих соблюдения температурных параметров в целом. Кроме того, выявлены проблемы, связанные со сложностью сборки и производства, что можно сказать о затратах времени и ресурсов при производстве термоконтейнеров.

Важное замечание: каждая модель имеет свою целевую аудиторию и применение в определенных сферах медицинской или биологической отрасли.

Например, более простые и простые по конструкции модели могут быть гарантированы для массовой транспортировки вакцины, тогда как более дорогие и технически сложные модели контроля могут использоваться для более чувствительных биоматериалов, требующих более строгой температуры.

Таким образом, при выборе термоконтейнера для конкретной задачи необходимо учитывать его технические характеристики, стоимость, температурный режим, а также целевую аудиторию и область применения.

1.4 Материалы и технология сборки термоконтейнеров

Материалы и технологии сборки термоконтейнеров могут различаться по мере его области применения. К примеру, патент на изобретение RU2400361, опубликованный 27.09.2010г. применили способ изготовления из полиуретановой композиции с содержанием изоцианатных групп в количестве 4,09-6,5%. В предварительно разогретую форму заливали полиуретановую композицию, после чего устанавливали его в термopечь для полимеризации при температуре 110-120°C в течение 0,5-2ч. Перед извлечением детали осуществляли прямое прессование гидравлическим прессом с давлением 20-120атм в течении 7-10 минут, выдержку детали осуществляли после извлечения из формы, проводили его внутри термopечи при температуре 110-120°C в течении 8-16ч. После окончания выдержки проводится механическая обработка.[10],[11]

Недостатком данной технологии является использование термopечи при температуре 110-120°C на 0,5-2ч и использование сложного оборудования. Это крайне затрудняет массовое производство.

Патент на изобретение RU2725122, опубликованный 29.06.2020г. Для изготовления данного термоконтейнера устанавливают в форму твердые элементы. Для получения пенополиуретана готовят и смешивают два компонента в смесителе и заливают его в форму при температуре 35-40°C. Первый компонент — это смесь простых полиэфиров и технологических добавок, а второй компонент это полиизоцианат. Выдерживают его в течении заданного времени и получают элемент термоизоляции. Данный способ применяется для получения ударопрочного изделия с теплоизоляционными характеристиками.

Недостаток данного изобретения является небольшой диапазон температуры от 2 до 8°C, которая сохраняет внутреннюю температуру в течение 72 часов. Цель создания ударопрочного изделия с сохранением теплоизоляционных характеристик данным методом, привело к снижению плотности, то есть к снижению его ударопрочности. Также увеличилась теплопроводность, что привело его к снижению сохранения температурного режима.

Анализ представленных патентов на изобретения позволяет выделить различные подходы к изготовлению термоконтейнеров с использованием разнообразных материалов и технологий. Каждый из них имеет свои

преимущества и недостатки, а также ориентирован на решение конкретных задач в области транспортировки и хранения медицинских препаратов и биологических материалов.

Например, патент RU2400361 описывает метод изготовления термоконтейнеров из полиуретановой композиции, который обеспечивает высокие теплоизоляционные свойства изделия. Однако сложность и продолжительность процесса обработки, а также требования к специализированному оборудованию, могут затруднить массовое производство таких контейнеров.

С другой стороны, патент RU2725122 предлагает более простой способ изготовления термоконтейнеров с использованием пенополиуретана. Однако ограниченный диапазон температур и снижение ударопрочности изделия могут снизить его привлекательность для определенных видов транспортировки.

Таким образом, выбор технологии сборки и материалов для термоконтейнеров должен основываться на балансе между требованиями к теплоизоляции, ударопрочности, простоте производства и экономической целесообразности, с учетом конкретных потребностей и условий эксплуатации.

Подытоживая, технология сборки имеет несколько ступени:

Литье: применяется для создания структурных элементов из пластика или металла.

Выпекание: используется для соединений различных частей термоконтейнера.

Клеение: определить соединение различных материалов и компонентов в единое целое.

Термосварка: применяется для создания герметичных соединений.

Материалы используются для изоляции, структурные и уплотнительные:

Пенополистирол (ППС): легкий и хорошо изолирующий материал, часто используемый для создания внутренних утеплителей в термоконтейнерах.

Пенополиуретан (ППУ): ещё один популярный материал для реализации, обеспечивающий высокую эффективность утепления и реализации.

Минеральная вата: используется для создания утеплителей в контейнерах, обладающих хорошими теплоизоляционными методами.

Пластик: Легкий и прочный материал, широко используемый для изготовления внешних термоконтейнеров.

Металл: некоторые термоконтейнеры имеют металлический каркас для повышения прочности и защиты груза.

Композитные материалы: сочетание различных материалов для достижения оптимальных свойств прочности, эффективности и легкости.

Резина или силиконовые уплотнители: используются для создания герметичного уплотнения между частями контейнера, предотвращения проникновения воздуха или влаги.

Эластичные пены: также могут применяться для обеспечения герметичности и амортизации.

1.5 Основные параметры и классификация термоконтейнеров

Медицинские портативные термоконтейнеры играют ключевую роль в сохранении целостности и эффективности чувствительных медицинских материалов во время транспортировки и хранения. Эти контейнеры обеспечивают поддержание оптимальной температуры внутри, что является критически важным для сохранения эффективности медицинских препаратов, вакцин, биологических образцов и других материалов.

Основные параметры медицинских портативных термоконтейнеров определяют их способность к безопасной транспортировке и хранению медицинских материалов. Эти параметры включают в себя температурный диапазон, который определяет способность контейнера поддерживать требуемую температуру внутри; емкость, определяющую объем медицинских материалов, которые можно перевозить и хранить в контейнере; внешние размеры, которые влияют на удобство транспортировки и хранения; источник питания, который может быть встроенным аккумулятором или зависеть от внешних источников энергии.

Кроме того, материалы изоляции и конструкции имеют большое значение для эффективности термоконтейнеров. Выбор материалов, таких как пенополиуретан, минеральная вата или композитные материалы, влияет на теплоизоляционные свойства контейнера. Конструкция также играет роль в обеспечении прочности и устойчивости контейнера к внешним воздействиям.

Мобильность и портативность также важны для медицинских термоконтейнеров, особенно при необходимости транспортировки в условиях ограниченной доступности и ограниченном пространстве. Ручки, колесики или другие средства для удобства переноски могут значительно облегчить использование контейнера.

Таким образом, медицинские портативные термоконтейнеры представляют собой важное средство для обеспечения безопасной и эффективной транспортировки медицинских материалов. Их основные параметры и классификация позволяют выбирать наиболее подходящий тип контейнера в зависимости от конкретных требований и условий использования.

Перечислим следующие классификации термоконтейнеров из вышеперечисленных примеров:

По назначению: термоконтейнер (патент RU5922) предназначен для хранения и транспортировки заводских упаковок вакцин. Термоконтейнер (патент RU10341) предназначен для хранения и транспортировки медицинских препаратов. Термоконтейнер (патент RU186014) предназначен для хранения и транспортировки биологических объектов при заданных температурных режимах.

По типу теплоизоляции: модель RU5922 использует стеклотекстолит и термоизолятор для обеспечения теплоизоляции. Модель RU10341 применяет литьевой пенополиуретан и паронепроницаемый тепловой экран. Модель RU186014 использует жесткий пенополиуретан для обеспечения теплоизоляции.

По температурным режимам: модель RU186014 имеет узкий температурный режим от +2°C до +8°C, подходящий для биологических объектов. Другие модели не указывают конкретные температурные диапазоны.

По конструкции: модель RU197942 имеет многослойную конструкцию с несущей оболочкой из полипропилена, теплоизоляционными слоями из пенополиуретана и вакуумными теплоизоляционными панелями.

По сложности производства: модель RU197942 имеет сложный многоступенчатый процесс производства, что может ограничивать массовое производство из-за высокой себестоимости и сложности производства.

По материалам изготовления: все модели используют различные материалы для создания термоизоляционных свойств и прочности корпуса (стеклотекстолит, пенополиуретан, полипропилен и др.).[12],[13],[14]

Эти классификации помогают понять основные характеристики и отличия между различными моделями термоконтейнеров.

Также составить следующие параметры термоконтейнеров:

Термоконтейнер RU5922: хранение и транспортировка типоразмерных заводских упаковок вакцин. Особенность в наличие упаковочных термокассет, обеспечивающих возможность использования одного контейнера для различных по размеру упаковок вакцин. Материалы, из которых выполнен термоконтейнер внутренняя и наружная оболочки выполнены из стеклотекстолита, с термоизоляцией между ними.

Термоконтейнер RU10341: хранение и транспортировка медицинских препаратов. Особенность в использование литьевого пенополиуретана с замкнутоячеистой структурой в качестве теплоизоляционного материала, а также наличие паронепроницаемого теплового экрана.

Термоконтейнер RU186014: хранение и транспортировка биологических объектов при температурном режиме от +2°C до +8°C. Особенность в корпусе, выполнен из жесткого пенополиуретана с высокими теплоизоляционными свойствами.

Термоконтейнер RU197942: транспортировка режимных объектов с поддержанием определенных температурных условий.

Особенность в многослойной конструкции с несущей оболочкой из полипропилена, теплоизоляционными слоями из пенополиуретана и вакуумными теплоизоляционными панелями из вакуумированного наноструктурированного порошка диоксида кремния.

Все эти параметры определяют функциональные и конструктивные характеристики термоконтейнеров, а также их специализацию и возможности применения в медицинских и других сферах.

1.6 Постановка задачи

Разработка портативного термоконтейнера для перевозки вакцин представляет собой актуальную задачу в современной медицинской логистике. С учетом строгих требований к сохранению температурного режима вакцин,

надежность и эффективность транспортировки играют ключевую роль в обеспечении общественного здоровья.

Целью моего исследования является разработка инновационного портативного термоконтейнера, который не только обеспечивает стабильное сохранение температурного режима, но и предлагает дополнительные функциональные возможности. Среди них — модернизированная подсветка для обеспечения видимости содержимого, ударопрочная конструкция и встроенный термометр для мониторинга внутренней температуры.

Для достижения этой цели были поставлены конкретные задачи. Вначале проводился анализ требований и стандартов для перевозки вакцин, что позволило определить ключевые параметры и параметры безопасности для термоконтейнера. Затем на основе полученных данных была разработана ударопрочная конструкция с использованием современных САД-систем.

Одним из ключевых элементов термоконтейнера стал элемент Пельтье. Этот термоэлектрический элемент способен создавать разницу в температуре между двумя его сторонами при подаче электрического тока. Эта технология позволяет обеспечивать стабильное температурное окружение внутри контейнера.

Для улучшения комфорта использования и обеспечения безопасности вакцин включим подсветка. Она предоставляет возможность наблюдать за содержимым контейнера в темное время суток с ограниченным доступом к свету или мало освещенных помещениях, что минимизирует риски при выборе вакцин.

Также я добавлю встроенный термометр, который непрерывно мониторит и отображает внутреннюю температуру, обеспечивая пользователю полный контроль над условиями хранения.

Значимость данного исследования заключается в создании инновационного решения, способного улучшить условия перевозки вакцин. Разработанный портативный термоконтейнер может стать важным шагом в совершенствовании медицинской логистики и обеспечении надежности и эффективности перевозок, способствуя сохранению биологически активных веществ и обеспечивая безопасность вакцин на каждом этапе их транспортировки.

2 Практическая часть

2.1 Выбор материалов для моего термоконтейнера

Материалы, использованные для моего термоконтейнера:

Полиэтиленовая фольга — это тонкий и гибкий лист полиэтиленового материала, который обладает особыми свойствами и может использоваться в различных областях. Она часто изготавливается в виде рулонов или листов и имеет разную толщину, текстуру и цвет в зависимости от конкретного назначения.



Рисунок 2.1 – Полиэтиленовая фольга

Пеноплекс — это вид строительного материала, который представляет собой легкий и прочный полистирол, изготовленный в виде плиты. Он также известен как пенопласт или экструдированный полистирол (XPS). Пеноплекс имеет закрытую клетчатку, что придает ему отличные теплоизоляционные свойства. Этот материал обладает хорошей устойчивостью к солнечной влаге и химическим веществам, что делает его популярным для использования в строительстве и ремонте. Характеристики пеноплекса включают в себя высокую теплоизоляцию, низкую водопоглощаемость, легкость и прочность.



Рисунок 2.2 – Пеноплекс

Arduino Uno — это одна из самых популярных плат микроконтроллера, разработанная компанией Arduino. Она широко используется в образовательных проектах, прототипировании и любительских разработках. Arduino Uno обладает большей функциональностью по сравнению с Arduino Nano, однако она несколько крупнее по размеру.

Основные характеристики Arduino Uno:

Микроконтроллер: ATmega328P, работающий на тактовой частоте 16 МГц.

Память:

- 32 КБ флеш-памяти для загрузчика и программ.
- 2 КБ оперативной памяти (SRAM).
- 1 КБ энергонезависимой памяти (EEPROM).

Интерфейсы:

USB для программирования и питания.

- UART (последовательный интерфейс).
- I2C (интерфейс межкомпонентной связи).
- SPI (последовательный периферийный интерфейс).
- GPIO (цифровые и аналоговые входы/выходы).

Разъемы:

- USB Type-B для подключения к компьютеру.
- Разъем питания для внешнего источника питания (7-12 В).
- 14 цифровых входов/выходов (из них 6 могут использоваться как ШИМ-выходы).
- 6 аналоговых входов.

Питание:

- Напряжение питания: 5 В (от USB) или 7-12 В (от внешнего источника).
- Выходное напряжение: 3.3 В и 5 В (для питания периферийных устройств).
-



Рисунок 2.3 – Arduino Uno

Индикатор LCD1602 I2C — это устройство, представляющее собой жидкокристаллический индикатор (ЖК-дисплей) с технологией 16 символов в 2 строки, снабженный интерфейсом I2C для подключения к микроконтроллеру или устройству. Это упрощенная версия стандартного LCD1602, где для управления используется интерфейс I2C (межинтегральная схема), что обеспечивает более простое подключение и управление с помощью всего двух проводов.

Основные характеристики дисплея LCD1602 I2C:

- Разрешение: 16 символов в 2 строках.
- Интерфейс: I2C (обычно используется адрес 0x27 или 0x3F).
- Подсветка: многие модели имеют подсветку, что обеспечивает хорошую видимость информации в различных условиях освещения.
- Управление: управление дисплеем происходит через шину I2C, что касается подключения и управление с помощью микроконтроллера.
- Низкое энергопотребление: ЖК-дисплей I2C эффективно использует энергию, что позволяет экономить заряд аккумуляторов или работать от источников питания с ограниченной мощностью.



Рисунок 2.4 – LCD1602I2C дисплей

Элемент Пельтье (или термоэлектрический модуль Пельтье) — это электронное устройство, основанное на принципе термоэлектрического явления, которое позволяет преобразовывать электрическую энергию в тепловую и наоборот. Этот элемент состоит из множества параллельно соединенных полупроводниковых пластин, изготовленных из различных материалов с разными термоэлектрическими свойствами.[1]

Когда через элемент Пельтье пропускается электрический ток, происходит термоэлектрический эффект: на одном из его концов происходит нагревание, а на другом - охлаждение. Этот эффект основан на переносе тепла от одного конца элемента к другому при прохождении тока через полупроводниковые пластины, что создает разницу температур и обеспечивает эффективную передачу тепла.

Элементы Пельтье широко используются в различных областях, включая электронику, медицину, автомобильную промышленность и другие. Они применяются для охлаждения и обогрева электронных устройств, создания климатических систем, термостабилизации, охлаждения процессоров

компьютеров, питания криогенных устройств и многого другого. Благодаря своей надежности, эффективности и компактности элементы Пельтье являются важным элементом многих современных технологий и приборов. [2]

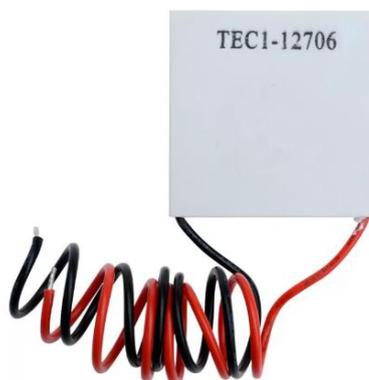


Рисунок 2.5 – Элемент Пельтье

Датчик температуры – это устройство, способное измерять температуру окружающей среды или объекта и преобразовывать полученные данные в машинный сигнал или цифровой вывод. Они используются для Диптихов и контроля температуры в различных приложениях, включая промышленные процессы, автомобильную промышленность, электронику, медицину, климатические системы и бытовые приборы.

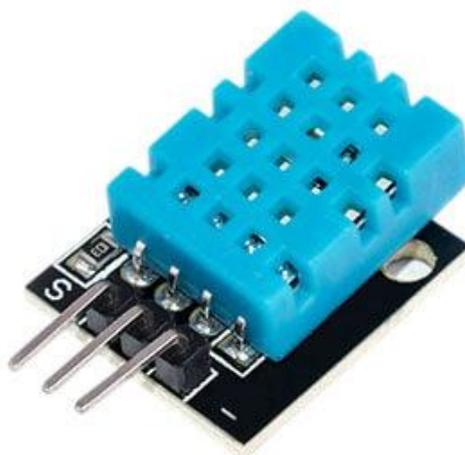


Рисунок 2.6 – Датчик температуры

Реле 12В – это электромеханическое низковольтное устройство, которое используется для управления электрическими цепями высокого напряжения (обычно 220В) с помощью сигнала (обычно 12В). Он состоит из катушки, создающей магнитное поле при подаче напряжения на нее, и переключающего механизма, который размыкает или замыкает контакты в зависимости от состояния катушки.

Оно позволяет разделить электрические цепи с разными напряжениями, обеспечить безопасность и эффективность работы устройств и систем. Реле 12В

может управляться с помощью микроконтроллеров, датчиков или других электронных устройств, что делает его удобным и гибким компонентом в различных приложениях.



Рисунок 2.7 – Реле 12В

Понижающий преобразователь DC-DC с 12 до 5 В — это электронное устройство, используется для снижения напряжения постоянного тока (DC) с уровня 12 В до уровня 5 В. При этом принимается входной сигнал напряжением 12 В и обеспечивается стабильный выходной сигнал напряжением 5 В, что позволяет подключать низковольтные устройства.

Преобразователи этого типа широко используются в различных электронных устройствах и устройствах, где требуется подача питания на устройства, которые работают от напряжения 5 В, но источник питания обеспечивает напряжение 12 В. Примеры применения включают питание микроконтроллеров, датчиков, светодиодных лент, мобильных устройств и других электронных компонентов.



Рисунок 2.8 – Преобразователь DC DC

Батарейки 3,3 В – это тип батареек, обеспечивающих напряжение около 3,3 Вольта. Они обычно используются в электронных устройствах, которым требуется низковольтное питание. Эти батарейки могут иметь различные формы и размеры, включая монетные батарейки типа CR2032 или батарейки стандартного размера типа AA и AAA. Батарейки 3,3 В обычно содержат химические элементы, такие как литий или щелочные элементы, и обеспечивают стабильное и энергопитание для устройств.



Рисунок 2.9 – Батарейки 3V

Кнопки для Arduino – это периферийные устройства, предназначенные для взаимодействия с микроконтроллером Arduino. Они представляют собой простые устройства ввода, которые могут быть нажаты пользователем для передачи сигнала на микроконтроллер. Кнопки имеют два состояния: нажатое и отжатое. Когда кнопка нажата, происходит замыкание контактов, и микроконтроллер может обнаружить это изменение и выполнить определенные действия в соответствии с программой. Кнопки могут использоваться для управления различными функциями в Arduino проектах, такими как включение и выключение, выбор режимов работы, ввод чисел или символов и т. д. Они обычно подключаются к цифровым входам микроконтроллера и могут быть легко интегрированы в различные устройства и системы.



Рисунок 2.10 – Кнопки

Вентилятор Arduino – это устройство, которое подключается к микроконтроллеру Arduino для управления скоростью его вращения. Он используется для охлаждения различных устройств или для создания воздушного потока в проектах DIY. Подключается к выходным портам Arduino и может быть управляем программно для регулировки скорости или включения/выключения вентилятора в зависимости от условий окружающей среды или задачи проекта.



Рисунок 2.11 – Вентилятор

Светодиодная лента – это гибкая полоска, на которой расположены светодиоды. Она обычно поставляется в рулонах и может иметь различные цвета и длины. Светодиодные ленты легко монтируются благодаря клейкой основе на обратной стороне и могут использоваться для подсветки, декоративного освещения или индикации. Каждый светодиод может быть индивидуально адресуемым, что позволяет создавать разнообразные цветовые эффекты и анимации.



Рисунок 2.12 – Светодиодная лента

Система охлаждения с радиатором и одним вентилятором представляет собой устройство, используемое для эффективного охлаждения компонентов электроники или других систем, где необходимо снизить температуру. Она состоит из радиатора, который предоставляет большую поверхность для отвода тепла, и вентилятора, который обеспечивает поток воздуха для охлаждения радиатора.

Когда вентилятор включен, он вытягивает прохладный воздух из окружающей среды и направляет его на радиатор. Затем радиатор рассеивает тепло, поступающее от нагретых компонентов, в окружающую среду. Этот процесс помогает предотвратить перегрев и обеспечивает оптимальные условия работы для системы.

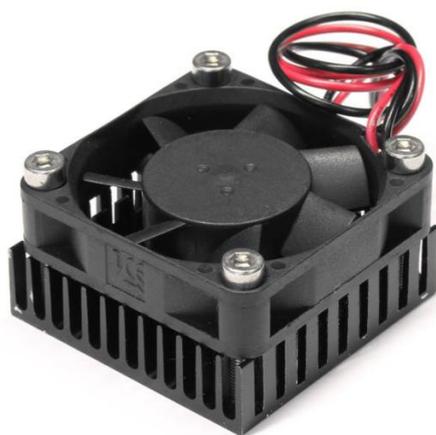


Рисунок 2.13 – Радиатор

Данные компоненты и материалы были выбраны по низкой себестоимости, по предварительно разработанной схеме.

2.2 Электронная схема подключения

Схема подключения была сделано в программе Fritzing.

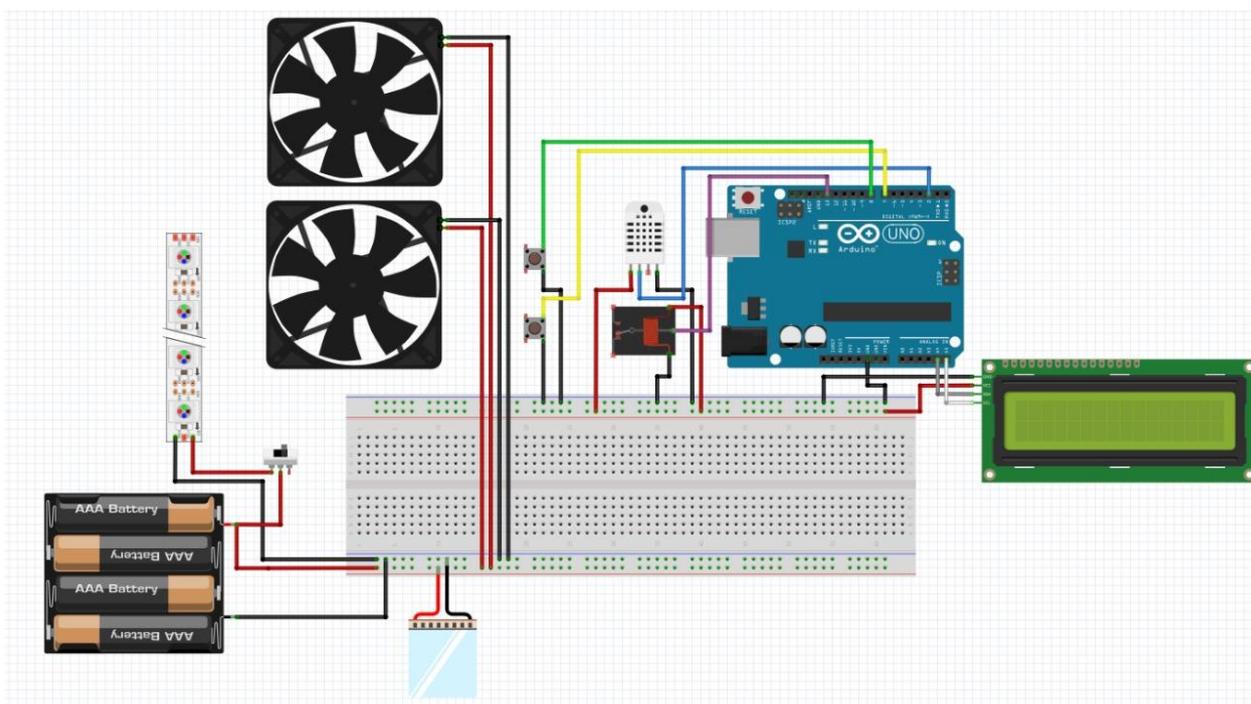


Рисунок 2.14 – Электронная схема термоконтейнера

В данной схеме датчик температуры и влажности, LCD дисплей, кнопки, понижающий преобразователь и реле были подключены через Arduino UNO.

Плюс и минус разветвляется через макет. К реле подключены радиатор с встроенным вентилятором и Элементом Пельтье, также к реле подключен маленький вентилятор и переключаящая кнопка on/off. То есть, когда датчик температуры даст сигнал, реле одновременно включит радиатор с Элементом Пельтье и вентилятором. Все это будет питаться от блока батарей, к которому напрямую подключена светодиодная лента и кнопка работающая на открытие крышки термоконтейнера. Блок питания будет проходить через понижающий преобразователь, каждая батарея имеет от 3.3В, значит на входе преобразователя у нас будет около 14В, а на выходе мы его понизим до 9В.[2]

2.3 3D-модель

На изображениях ниже представлена 3D модель моего термоконтейнера, все модели были сделаны в программе SolidWorks. 3D модель была сделана на основе готового макета.

Первым делом я создала корпус модели от чего в дальнейшем отталкивалась и добавляя компоненты, блоки и дизайн виде надписи.

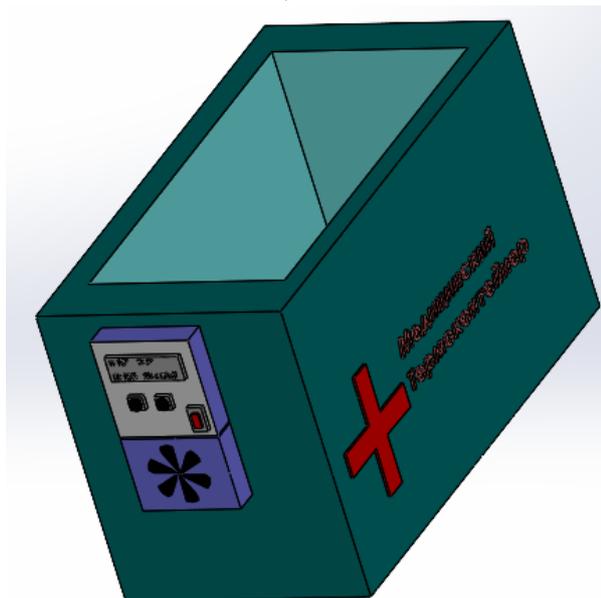


Рисунок 2.15 – Вид изометрия

Следующим был сделан блок с компонентами: дисплей, кнопки, переключатель on/off и радиатор. Дисплей был сделан с целью мониторинга температуры и влажности внутри термоконтейнера. Также добавлены кнопки для установки желаемой температуры и кнопка включения/выключения термоконтейнера для экономии батареи. В нижней части блока размещен радиатор для отвода горячего воздуха внутри.

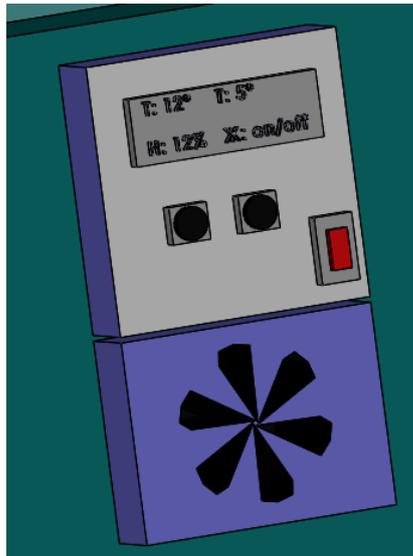


Рисунок 2.17 – 3D модель блока

Далее были собраны внутренние компоненты для подсветки вакцин в темном помещении. Кнопка, работающая на открытие крышки и светодиод включающаяся при размыкании кнопки.

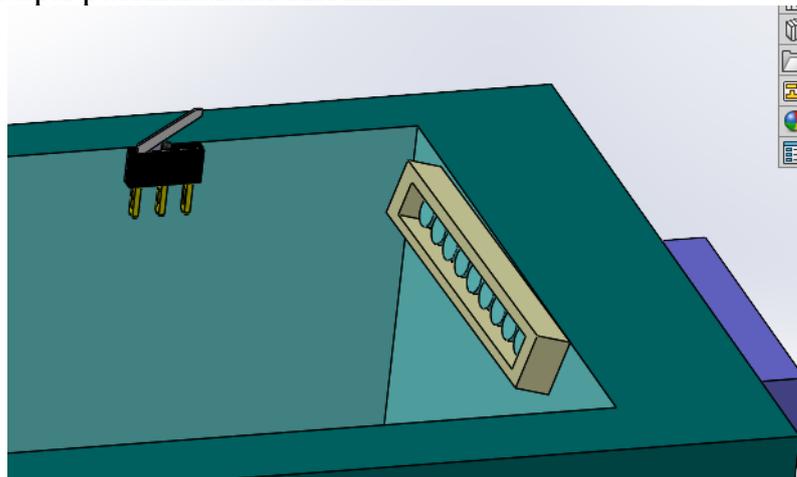


Рисунок 2.18 – 3D светодиод и кнопка

Третьим шагом было создание крышки с кругленными краями во внутренней части. Данная форма применяется для повышения вакуума внутри термодомтейнера.

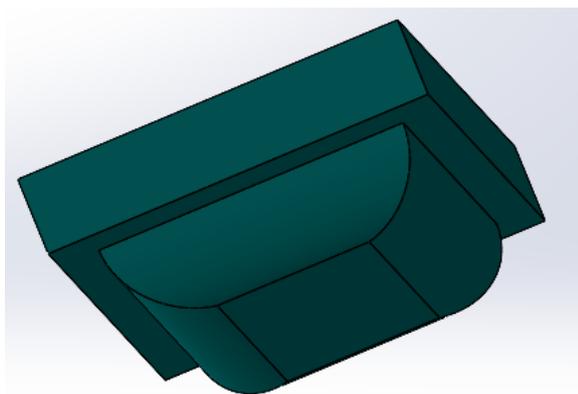


Рисунок 2.19 – 3D модель крышки

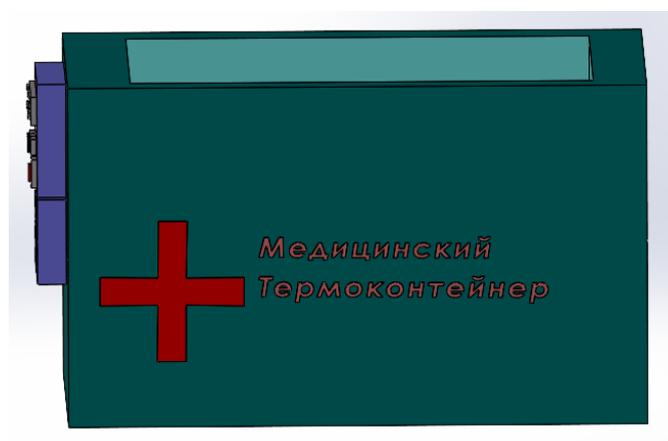


Рисунок 2.20 – Вид спереди

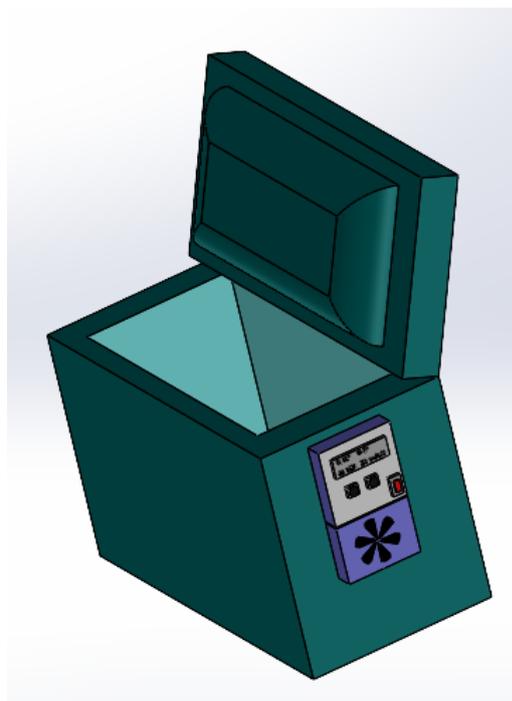


Рисунок 2.21 – 3D модель термоконтейнера

2.4 Программный код

Для написания этого кода использовалась среда Arduino IDE. В коде Arduino сочетаются две ключевые функции: мониторинг окружающей среды и управление устройством в зависимости от измеренных данных. Подключенный датчик DHT22 используется для измерения температуры и влажности в окружающей среде. Собранные данные отображаются на LCD дисплее, что позволяет оператору легко отслеживать текущие показания.

Дополнительно, код включает в себя функцию управления реле, основанную на сравнении измеренной температуры с предварительно установленным значением. Если температура превышает заданное значение, реле включается и включает Элемент Пельтье, что используется, для управления охлаждением воздуха. Структура кода предусматривает интерактивное управление установленной температурой через кнопки "Вверх" и "Вниз", что позволяет оператору легко регулировать систему в соответствии с текущими требованиями. Программный код указан в Приложении А. [1]

$$\lambda = \frac{1}{t} \quad (1)$$

2) Вероятность безотказной работы всей системы:

$$Ti(t) = e^{-\lambda it}, \text{ где } t=1000\text{ч} \quad (2)$$

3) Расчет показателей системы:

$$T = \sum_{i=1}^n [Ti(t)] \quad (3)$$

4) Средняя наработка до отказа системы:

$$P = \frac{1}{\lambda} \quad (4)$$

5) Годовая наработка до отказа:

$$P_{\text{Год}} = \frac{P}{24 \cdot 365} \quad (5)$$

1. Интенсивность отказа — это показатель, характеризующий частоту отказов компонента или системы в единицу времени. Она обозначается $\lambda(t)$ и может быть постоянной или изменяться со временем. Интенсивность отказа определяет вероятность того, что система откажет в следующий момент времени, при условии, что она работала до этого времени без отказов.

2. Вероятность безотказной работы всей системы— это вероятность того, что система будет функционировать без отказов в течение заданного времени. Она зависит от надежности отдельных компонентов и их конфигурации

3. Расчет показателей системы включает в себя вычисление различных характеристик, которые оценивают ее работоспособность, надежность и производительность.

4. Средняя наработка до отказа системы— это среднее время, в течение которого система или компонент функционирует до первого отказа. Этот показатель используется для оценки надежности систем и компонентов, которые не подлежат восстановлению после отказа.

5. Годовая наработка до отказа— это показатель, который оценивает вероятность отказа системы или компонента в течение одного года эксплуатации.[15]

-Arduino UNO, $t_{\text{uno}}= 66\ 000$ часов

-Элемент Пельтье, $t_{\text{пельтье}}= 50\ 000$ часов

-Реле, $t_{\text{реле}}= 43\ 800$ часов

-Датчик температуры, $t_{\text{датчик}}= 60\ 000$ часов

-Понижающий DCDC преобразователь, $t_{\text{преоб}}= 70\ 000$ часов

-LCD Дисплей I2C, $t_{\text{дисплей}}= 90\ 000$ часов

-Светодиодная лента, $t_{\text{светодиод}}= 40\ 000$ часов

Портативный термоконтейнер должен работать по 24 часа в сутки с

условиям замены батарей.

Интенсивность отказа λ для каждого компонента (в отказах на час):

$$\text{-Arduino UNO: } \lambda = \frac{1}{66\,000} = 1,515 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{-Элемент Пельтье: } \lambda = \frac{1}{50\,000} = 2 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{-Реле: } \lambda = \frac{1}{43\,800} = 2,283 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{-Датчик температуры: } \lambda = \frac{1}{60\,000} = 1,667 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{-Понижающий DCDC преобразователь: } \lambda = \frac{1}{70\,000} = 1,429 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{-LCD Дисплей I2C: } \lambda = \frac{1}{90\,000} = 1,111 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{-Светодиодная лента: } \lambda = \frac{1}{40\,000} = 2,5 \cdot 10^{-5}$$

Вероятность безотказной работы $Ti(t)$ для каждого при $t=1000$ часов:

$$\text{-Arduino UNO: } Ti(t) = e^{-\lambda_{\text{ардуино}} t} = 0,984$$

$$\text{-Элемент Пельтье: } Ti(t) = e^{-\lambda_{\text{пельтье}} t} = 0,980$$

$$\text{-Реле: } Ti(t) = e^{-\lambda_{\text{реле}} t} = 0,977$$

$$\text{-Датчик температуры: } Ti(t) = e^{-\lambda_{\text{тем}} t} = 0,983$$

$$\text{-Понижающий DCDC преобразователь: } Ti(t) = e^{-\lambda_{\text{преоб}} t} = 0,985$$

$$\text{-LCD Дисплей I2C: } Ti(t) = e^{-\lambda_{\text{дисплей}} t} = 0,989$$

$$\text{-Светодиодная лента: } Ti(t) = e^{-\lambda_{\text{светодиод}} t} = 0,975$$

Расчет показателей систем:

$$T = \sum_{i=1}^n [Ti(t)] = 0,984^2 \cdot 0,980^2 \cdot 0,977^2 \cdot 0,983^2 \cdot 0,985^2 \cdot 0,989^2 \cdot 0,975^2 = 0,774$$

Средняя наработка до отказа системы:

Интенсивность отказа системы $\lambda_{\text{системы}}$ вычисляется по формуле:

$$\lambda = -\frac{\ln(T(t))}{t} = -\frac{\ln(0,774)}{1000} \approx 2,56 \cdot 10^{-4}$$

Средняя наработка до отказа:

$$P = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{2,56 \cdot 10^{-4}} \approx 3906 \text{ часов}$$

Годовая наработка до отказа системы:

Поскольку система работает 24 часа в сутки, 365 дней в году, расчет будет следующим:

$$P_{\text{год}} = \frac{P}{24+365} = \frac{3906}{24 \cdot 365} \approx 0,445 \text{ года}$$

Преобразование в годы, месяцы и недели:

$$0,455 \text{ года} = 0,455 \cdot 12 \text{ месяцев} = 5,34 \text{ месяцев}$$

Итог: годовая наработка до отказа системы термokonтейнера при условии работы 24 часа в сутки составляет примерно 0,455 года, или около 5 месяцев и 1 неделю.

2.6 Экономический расчет

Экономический расчет для медицинского термokonтейнера включает в себя оценку всех затрат, связанных с исследованием, разработкой, производством, маркетингом и обслуживанием устройства. В начале проекта необходимо провести детальный анализ рынка и потребностей пользователей, чтобы определить потенциальный спрос на продукт и его конкурентоспособность.

Одним из затрат является компоненты и материалы из которых состоит термokonтейнер. Целью создания термokonтейнера является сделать его наиболее бюджетный вариант, с удобной мобильностью и простым в дальнейшей эксплуатации.

Затраты на исследование и разработку включают расходы на заработную плату инженеров, дизайнеров и других специалистов, а также на приобретение необходимого оборудования и программного обеспечения. Производственные затраты включают стоимость компонентов, оплату труда рабочих и аренду производственного помещения.

Дополнительные расходы могут возникнуть при тестировании продукта на соответствие стандартам качества и сертификации. Затраты на маркетинг включают рекламные кампании, упаковку и распространение продукта.

Важно также учесть затраты на обслуживание и поддержку продукта, включая гарантийное обслуживание и техническую поддержку пользователей. Планирование резервов и рисков также играет важную роль, чтобы учесть возможные непредвиденные обстоятельства, которые могут повлиять на бюджет проекта.

В моей таблице приведена минимальная, средняя и максимальная цена использованных компонентов по нынешним рыночным ценам, а также рассчитано итоговая себестоимость макета.

Таблица 2.1 – экономический расчет компонентов

Компоненты	Кол-во	Цена min	Цена mid	Цена max
Arduino Uno	1	3000	8000	12000
Элемент Пельтье	1	1000	1250	1 500
Радиатор с вентилятором	1	1200	1700	2000
Датчик температуры	1	800	1000	3500
Вентилятор	1	500	650	800
Кнопка	2	70	100	160
Дисплей LCD	1	1000	1400	1600
Реле	1	460	1000	1500
Понижающий преобразователь DCDC	1	600	1000	2000
Батарея литиевая	4	4720	10000	15580
Корпус держатель батареек	1	400	700	1000
Макетная плата	1	300	500	1200
Кнопка переключатель on/off	1	80	100	130
Светодиодная лента	1	800	1500	1900
Пеноплэкс	1	1880	2100	2600
Итого		16810тг	31000тг	47470тг

3. Готовый макет термоконтейнера

Данный макет портативного термоконтейнера в будущем может быть усовершенствован в качестве замены батареи и более мощных вентиляторов, радиаторов и элементом Пельтье. Термоконтейнер предназначен для транспортировки вакцин с условиями поддержания температуры и влажности внутри. Также внутри он оснащен светодиодной лентой для подсветки вакцин в темное время суток или в темных помещениях.

Законченная разработка:



Рисунок 3.1 – Вид спереди



Рисунок 3.2 – Вид сбоку

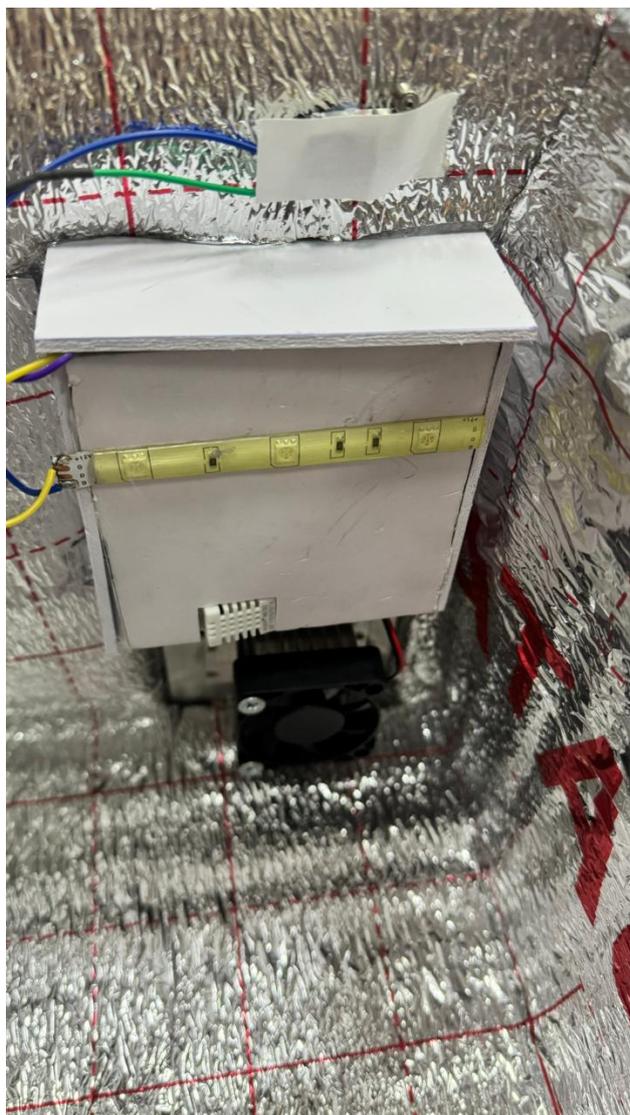


Рисунок 3.3 – Вид изнутри

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом моя дипломная работа предназначена разработке портативного термоконтейнера для перевозки вакцин.

В данной дипломной работе проведено исследование и разработка портативного термоконтейнера, предназначенного для безопасной и эффективной перевозки вакцин в удаленные и труднодоступные регионы. Основная цель исследования заключалась в создании инновационного контейнера, способного обеспечивать стабильные температурные условия и защиту вакцин от экстремальных температурных воздействий.

В теоретической части работы был проведен анализ достоинств и недостатков существующих термоконтейнеров, определены ключевые задачи, которые должен решать термоконтейнер для транспортировки вакцин. Проведен сбор и анализ данных, касающихся требований к хранению и транспортировке вакцин, что позволило выявить основные параметры и классификацию термоконтейнеров.

Практическая часть исследования включала выбор материалов для создания термоконтейнера, разработку концептуального дизайна и создание 3D-модели прототипа. Особое внимание уделено разработке программного кода для управления температурным режимом и проведению расчета надежности всех компонентов системы. Экономический расчет позволил оценить финансовую целесообразность реализации проекта.

Результаты работы показали, что разработанный термоконтейнер обладает оптимальной комбинацией теплоизоляционных материалов и механизмов регулирования температуры. Это обеспечивает надежную и безопасную транспортировку вакцин даже в условиях экстремальных климатических условий. Проведенные расчеты надежности подтвердили, что срок службы системы составляет примерно 0.445 года при условии работы 24 часа в сутки, что эквивалентно примерно 5 месяцам и 1 неделе.

Созданный макет термоконтейнера представляет собой перспективное решение для глобальных программ вакцинации и может значительно способствовать расширению доступа к вакцинации в удаленных и низкодоходных регионах. Таким образом, разработка данного термоконтейнера является важным шагом в направлении улучшения здоровья населения и борьбы с инфекционными заболеваниями.

Полученные результаты подтверждают эффективность и надежность разработанного термоконтейнера, делая его полезным инструментом для мобильных методов доставки вакцин. Перспективы дальнейших исследований включают улучшение конструкции термоконтейнера, повышение его энергоэффективности и расширение функциональности для более широкого спектра применений в различных климатических условиях.

СПИСОК ТЕРМИНОВ И СОКРАЩЕНИЙ

Термокассет – это специализированное устройство для нагрева пищи с использованием термоэлектрического принципа.

Arduino — это открытая платформа для разработки и прототипирования электронных устройств на основе микроконтроллеров, предназначенная для создания интерактивных проектов.

Рефрижерация — это процесс снижения температуры и поддержания ее на определенном уровне с целью консервации, охлаждения или замораживания продуктов, а также для создания комфортных условий в жилых и промышленных помещениях.

Полиизоцианат — это класс химических соединений, используемых в производстве полиуретанов и других полимерных материалов благодаря их реактивным и связующим свойствам.

Хладагенты — это вещества, используемые в холодильной технике для передачи тепла и обеспечения охлаждения или замораживания воздуха или жидкостей в холодильных установках и кондиционерах.

Диптих — это искусственная композиция, состоящая из двух смежных плоских панелей (обычно картин), которые могут быть складывающимися, располагаться рядом или соединяться друг с другом. Этот термин также используется для обозначения двойного листа пергамента или папируса, соединенного сгибом, который использовался в древности для письма или создания книг.

Arduino IDE (Integrated Development Environment) — это официальная среда разработки для программирования микроконтроллеров Arduino. Она предоставляет удобный интерфейс для написания, компиляции и загрузки кода на плату Arduino.

DIY (Do It Yourself) — это подход к выполнению различных задач, при котором человек самостоятельно разрабатывает и реализует проекты без привлечения профессионалов. Это может включать ремонт, строительство, создание мебели, изготовление украшений, электронику и многое другое.

Fritzing — это программное обеспечение с открытым исходным кодом, предназначенное для дизайнеров, инженеров и любителей электроники. Оно упрощает процесс проектирования схем, создания прототипов и подготовки печатных плат (PCB).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Работа элемента пельтье с ардуино , <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/element-pelte/>
- [2] Элемент Пельтье, https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82_%D0%9F%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%8C%D0%B5
- [3] Чистякова Маргарита, https://med.mcfr.kz/article/1158-termokonteyner-naznachenie-i-ustroystvo?from=PW_Time_desktop_other_art#s1
- [4] Преамбула изложена в редакции приказа Министерства здравоохранения РК от 02.06.23 г. № 100 (введен в действие с 18 июня 2023 г.), https://satbayevuniversity-my.sharepoint.com/:w:/r/personal/021002600968_stud_satbayev_university/_layouts/15/doc2.aspx?sourcedoc=%7BCA2BC90A-EF0F-4303-8D27-A00B7B7A87CB%7D&file=export.doc&action=default&mobileredirect=true&DefaultItemOpen=1&ct=1713163586946&wdOrigin=OFFICECOM-WEB.START.EDGEWORTH&cid=49102a07-8241-4a34-abf8-798b5e617c8f&wdPreviousSessionSrc=HarmonyWeb&wdPreviousSession=8e7e6250-83d3-4416-a4f6-3a5e185bcf40
- [5] Е.С. КАПКИНА, студент, ВоГУ, А.А. СИНИЦЫН, к.т.н., доцент, ВоГУ, г. Вологда, elibrary_32338956_80652749.pdf
- [6] Капкина Е.С. Вологодский Государственный Университет, г. Вологда, elibrary_32514310_62578866.pdf
- [7] Е.С. КАПКИНА, магистрант (ВоГУ) А.А. СИНИЦЫН, к.т.н, доцент (ВоГУ) г. Вологда, elibrary_36931749_19023568.pdf
- [8] Игнатов Олег Михайлович (RU), elibrary_38439013_25284402.pdf
- [9] Лияскин Олег Викторович (RU), Киселев Николай Николаевич (RU), Селяев Владимир Павлович (RU), elibrary_43892320_22973153.pdf
- [10] Максимов Александр Константинович (RU), Улиткин Алексей Борисович (RU), elibrary_49497937_51489541.pdf
- [11] Автор(ы): Осипов Сергей Альбертович (RU), Зиятдинова Эльвира Альбертовна (RU), Кашапов Наиль Фаикович (RU), Кашапов Рамиль Наилевич (RU), Кашапов Ленар Наилевич (RU), Гордиенко Илья Иванович (RU), elibrary_49945899_56364724.pdf
- [12] Автор(ы): Максимов Александр Константинович (RU), Улиткин Алексей Борисович (RU), elibrary_53734636_44932076.pdf
- [13] Автор(ы): Лияскин Олег Викторович (RU) Селяев Владимир Павлович (RU), Муханов Михаил Александрович (RU), elibrary_54204430_20017831.pdf
- [14] Автор(ы): Бояринцев Валерий Владимирович (RU), (21)(22) Трофименко Александр Викторович (RU), Фильков Глеб Игоревич (RU), Кударов Мурат Аскарлович (RU), Миляев Алексей Владимирович (RU), Пшегорлинский Юрий Александрович (RU), Куринной Евгений Дмитриевич (RU), Васильев Николай Владимирович (RU),

[elibrary_54204583_93538339.pdf](#)

[15] Расчеты надежности, [Engineering Statistics Handbook - NIST](#)

Приложение А

```
#include <DHT.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#define DHTPIN 2 // Пин датчика подключен к пину 2
#define DHTTYPE DHT22 // Используем датчик DHT22

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Адрес I2C дисплея: 0x27, 16 столбцов, 2
строки

const int relayPin = 13; // Пин для управления реле
const int btnUpPin = 7; // Пин для кнопки "Вверх"
const int btnDownPin = 8; // Пин для кнопки "Вниз"

byte snowflake[8] = {; // Правая сторона снежинки
  B10010,
  B10100,
  B11000,
  B11111,
  B11111,
  B11000,
  B10100,
  B10010,
};

byte snowflake2[8] = {; //Левая сторона снежинки
  B01001,
  B00101,
  B00011,
  B11111,
  B11111,
  B00011,
  B00101,
  B01001,
};

float setTemperature = 25.0; // Начальная установленная температура

void setup() {
  lcd.init();
  lcd.backlight(); // Включаем подсветку
  pinMode(relayPin, OUTPUT);
```

```

pinMode(btnUpPin, INPUT_PULLUP);
pinMode(btnDownPin, INPUT_PULLUP);
dht.begin();
lcd.begin(16, 2); // Инициализация LCD дисплея
lcd.print("T: ");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("H: ");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.createChar(0, snowflake);
lcd.createChar(1, snowflake2);
}

void loop() {
  // СЧИТЫВАНИЕ СОСТОЯНИЯ КНОПОК
  bool btnUpState = digitalRead(btnUpPin) == LOW;
  bool btnDownState = digitalRead(btnDownPin) == LOW;

  // Обработка кнопок и изменение установленной температуры
  if (btnUpState) {
    setTemperature += 1.0;
  }
  if (btnDownState) {
    setTemperature -= 1.0;
  }

  float temperature = dht.readTemperature(); // СЧИТЫВАЕМ ТЕМПЕРАТУРУ
  float humidity = dht.readHumidity(); // СЧИТЫВАЕМ ВЛАЖНОСТЬ

  lcd.setCursor(3, 0);
  lcd.print(temperature);
  lcd.print("C");

  lcd.setCursor(10, 0);
  lcd.print("T:");
  lcd.print(setTemperature);
  lcd.print("C");

  lcd.setCursor(3, 1);
  lcd.print(humidity);
  lcd.print("%");

  lcd.setCursor(12, 1);
  if (digitalRead(relayPin) == HIGH) {
    lcd.print("on ");
  } else {

```

```
    lcd.print("off");  
}  
  
lcd.setCursor(11, 1);  
lcd.write((uint8_t)0);  
lcd.setCursor(10, 1);  
lcd.write((uint8_t)1);  
  
if (temperature > setTemperature) {  
    digitalWrite(relayPin, HIGH);  
} else {  
    digitalWrite(relayPin, LOW);  
}  
  
delay(2000);  
}
```

РЕЦЕНЗИЯ

дипломного проекта Абильбекова Айым Жумахановна
по специальности 6В07113 – «Робототехника и мехатроника»
Satbayev University

На тему: Разработка портативного термоконтейнера для транспортировки вакцин

Выполнено:

- а) графическая часть на 25 листах
- б) пояснительная записка на 29 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Дипломный проект Абильбековой А.Ж. посвящен разработке портативного термоконтейнера для безопасной и эффективной перевозки вакцин, что представляет актуальную и важную проблему в современном мире, особенно с увеличивающимся интересом к мобильным методам доставки вакцин в удаленные и труднодоступные регионы. Автор проекта выдвигает целью создание инновационного контейнера, способного обеспечить стабильные температурные условия и защиту вакцин от экстремальных температурных воздействий.

Структура работы хорошо продумана и охватывает все необходимые аспекты разработки портативного термоконтейнера. Особое внимание заслуживает использование в работе элементов Arduino Uno и элемента Пельтье для регулирования температуры внутри контейнера. Это инновационное решение способствует обеспечению стабильных температурных условий внутри контейнера даже в условиях экстремальных климатических условий.

Перевод и Графическая часть изложена грамотно

Дипломный проект выполнен в соответствии со стандартами организации. Оформление, перевод и графическая часть изложена грамотно.

ОЦЕНКА РАБОТЫ

Считаю, что дипломный проект Абильбековой Айым Жумахановны выполнен на высоком современном уровне, полностью соответствует всем предъявляемым требованиям и заслуживает оценки «95%».

Рецензент

к.ф.-м.н.

Ассоциированный профессор.

КазНУ им. Аль-Фараби, Кафедра искусственного интеллекта и Big Data

Тюлепбердинова Г.А.

(подпись)

«20»

Г.А. Тюлепбердинова

2024 г.

ОТЗЫВ

дипломного проекта (работы)

студента специальность 6В07113 – «Робототехника и мехатроника»

Абильбекова Айым Жумахановна

На тему: «Разработка портативного термоконтейнера для транспортировки вакцин»

Целью дипломного проекта (работы) является разработка портативного медицинского термоконтейнера, который работает для поддержания охлажденной температуры.

Для достижения поставленной цели предусмотрены следующие задачи: изучить аналоги таких термоконтейнеров; отобрать компоненты разрабатываемого термоконтейнера; выбрать и обосновать программные решения для этого термоконтейнера; протестировать термоконтейнер. В основе разработки лежит универсальная платформа Arduino UNO, в качестве контроллера - датчик температуры и влажности, который распознает внутривенное состояние, элемент Пельтье в качестве охладителя, радиатор с встроенным вентилятором для теплоотвода, LCD дисплей для мониторинга внутреннего состояния и светодиодная лента для подсветки вакцин.

В первой части дипломного проекта описаны существующие медицинские термоконтейнеры.

Во второй части рассматривается описание компонентов термоконтейнера.

В третьем разделе описан разработанный макет термоконтейнера.

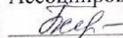
Дипломный проект оформлен по стандарту организации в соответствии с общими требованиями к созданию, изложению, оформлению и содержанию текстовых и графических материалов. В целом дипломный проект выполнен в полном объеме, Абильбекова Айым проявила свою активность, знания при выполнении дипломного проекта.

Дипломный проект заслуживает высокой оценки, а его автор заслуживает присвоения ей академической степени бакалавра техники и технологии по специальности 6В07113 – «Робототехника и мехатроника».

Научный руководитель

Доктор Ph.D.

Ассоциированный профессор

 Бердибаева Г.К.

«24» май 2024 г.



Метаданные

Название

Разработка портативного термоконтейнера для транспортировки вакцин

Автор

Абильбекова Айым Жумахановна

Научный руководитель / Эксперт

Гульмира Бердибаева

Подразделение

ИАИИТ

Тревога

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся текстовых искажений. Эти искажения в тексте могут говорить о ВОЗМОЖНЫХ манипуляциях в тексте. Искажения в тексте могут носить преднамеренный характер, но чаще, характер технических ошибок при конвертации документа и его сохранении, поэтому мы рекомендуем вам подходить к анализу этого модуля со всей долей ответственности. В случае возникновения вопросов, просим обращаться в нашу службу поддержки.

Замена букв		10
Интервалы		0
Микропробелы		4
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		21

Объем найденных подоби

КП-ия определяют, какой процент текста по отношению к общему объему текста был найден в различных источниках.. Обратите внимание!Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.

**25**

Длина фразы для коэффициента подобия 2

**7183**

Количество слов

**57779**

Количество символов

Подобия по списку источников

Ниже представлен список источников. В этом списке представлены источники из различных баз данных. Цвет текста означает в каком источнике он был найден. Эти источники и значения Коэффициента Подобия не отражают прямого плагиата. Необходимо открыть каждый источник и проанализировать содержание и правильность оформления источника.

10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
---------------------	--	--

1	Разработка роботизированной системы обнаружения и ликвидации очагов пламени 10/22/2023 Satbayev University (ИАИИТ)	29	0.40 %
2	Разработка роботизированной системы обнаружения и ликвидации очагов пламени 10/22/2023 Satbayev University (ИАИИТ)	21	0.29 %
3	Барабанов Д.В. Магистерская РИСПГ-М23.docx 1/26/2024 North Kazakhstan State University named after Manash Kozybayev (Департамент науки)	13	0.18 %
4	https://official.satbayev.university/download/document/20442/2021_%D0%91%D0%90%D0%9A_%D0%91%D0%B0%D1%83%D1%8B%D1%80%D0%B6%D0%B0%D0%BD%D2%B1%D0%BB%D1%8B%20%D0%A1%D2%B1%D2%A3%D2%9B%D0%B0%D1%80.pdf	12	0.17 %
5	Разработка роботизированной системы обнаружения и ликвидации очагов пламени 10/22/2023 Satbayev University (ИАИИТ)	12	0.17 %
6	https://vijvarada.volyn.ua/formula/122/skolko-analogovyh-vhodov-u-arduino-atmega328	12	0.17 %
7	https://nauchniestati.ru/spravka/effekt-pelte/	11	0.15 %
8	Разработка роботизированной системы обнаружения и ликвидации очагов пламени 10/22/2023 Satbayev University (ИАИИТ)	11	0.15 %
9	https://uralchip.ru/elektrika/napryazhenie-katuski-upravleniya-kontaktora-cto-eto	10	0.14 %
10	https://nauchniestati.ru/spravka/effekt-pelte/	10	0.14 %

из базы данных RefBooks (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из домашней базы данных (1.38 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	Разработка роботизированной системы обнаружения и ликвидации очагов пламени 10/22/2023 Satbayev University (ИАИИТ)	99 (8) 1.38 %

из программы обмена базами данных (0.18 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	Барабанов Д.В. Магистерская РИСПГ-М23.docx 1/26/2024 North Kazakhstan State University named after Manash Kozybayev (Департамент науки)	13 (1) 0.18 %

из интернета (1.39 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	https://zakon.uchet.kz/rus/docs/V2300032694	25 (3) 0.35 %
2	https://vijvarada.volyn.ua/formula/122/skolko-analogovyh-vhodov-u-arduino-atmega328	21 (2) 0.29 %
3	https://nauchniestati.ru/spravka/effekt-pelte/	21 (2) 0.29 %

4	https://official.satbayev.university/download/document/20442/2021_%D0%91%D0%90%D0%9A_%D0%91%D0%B0%D1%83%D1%8B%D1%80%D0%B6%D0%B0%D0%BD%D2%B1%D0%BB%D1%8B%20%D0%A1%D2%B1%D2%A3%D2%9B%D0%B0%D1%80.pdf	12 (1)	0.17 %
5	https://uralchip.ru/elektrika/napryazhenie-katuski-upravleniya-kontaktora-cto-eto	10 (1)	0.14 %
6	http://arduino.on.kg/Arduino-UNO	6 (1)	0.08 %
7	http://wiki.amperka.ru/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%8B:iskra-neo	5 (1)	0.07 %

Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	СОДЕРЖАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	------------	---