

Департамент образования города Москвы  
Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение города  
Москвы «Бауманская инженерная школа № 1580»  
Автономная некоммерческая организация дополнительного  
образования «Научнообразовательный центр МГТУ им. Н. Э. Баумана»

Технологический проект  
**Медицинский робот-компаньон «МІК»**

Автор проекта,  
ученица 10 кл. \_\_\_\_\_ Фролова К. Н.  
Руководитель проекта,  
Преподаватель технопарка «Инжинириум» \_\_\_\_\_ Секисов Д. М.

г. Москва 2024 г.

## РЕФЕРАТ

Пояснительная записка, 46 с., 50 рис., 6 табл., 9 источников, 10 приложений.

РОБОТ-КОМПАНЬОН, МЕДИКАМЕНТЫ, АВТОМАТИЧЕСКАЯ ТАБЛЕТНИЦА, СОЦИАЛЬНЫЙ РОБОТ, ЗДОРОВЬЕ.

Объектом исследования является отсутствие у роботов-компаньонов функционала для контроля состояния здоровья пользователя и возможности выдачи медицинских препаратов.

Предмет исследования - медицинский робот-компаньон “МК”.

Цель работы - разработка медицинского робота-компаньона с возможностью выдачи препаратов и системой напоминаний о приёме лекарств.

В ходе работы над проектом был проведен анализ предметной области, установлены задачи, область применения проекта. Также был произведен обзор аналогов автоматических таблетниц и роботов-компаньонов.

В качестве методов исследования использовались как теоретические (анализ аналогов и результатов тестов устройства), так и компьютерный эксперимент (3D-моделирование устройства, сборка прототипа в САПР, программирование устройства).

Основной идеей моей работы было создание устройства совмещающего в себе функционал робота-компаньона и автоматической таблетницы, при этом добавив функции контроля жизненных показателей и возможности видеосвязи с врачами и родственниками пользователя.

В результате проведённой работы было разработано устройство способное автоматически выдавать определённые, загруженные в него, таблетки, а также оповещать о времени приёма лекарств. Также было создано мобильное приложение, для мониторинга загруженности таблетницы и отслеживания статистики приёма.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 ПОИСКОВО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЭТАП.....	10
1.1 Социальный опрос.....	10
1.2 Анализ аналогов.....	11
1.2.1 Автоматические таблетницы.....	11
1.2.2 Роботы-компаньоны.....	12
1.3 Выбор оптимальных решений.....	15
1.4 Обоснование соответствия термину “робот”.....	17
1.5 Формулировка технического задания.....	17
2 КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЭТАП.....	21
2.1 Проектирование прототипа.....	21
2.2 Подбор материалов.....	22
2.3 Подбор компонентов.....	23
2.4 Разработка дизайна корпуса.....	26
2.5 Изготовление и сборка корпуса.....	28
2.6 Создание печатной платы.....	29
2.7 Разработка алгоритма работы робота.....	29
2.8 Разработка мобильного приложения.....	30
2.9 Разработка интерфейса встроенного дисплея.....	30
2.10 Сценарии использования устройства.....	31
2.11 Стоимость компонентов.....	31
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	33
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	35
ПРИЛОЖЕНИЕ А Эскизы.....	36
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Чертёж шестерни механизма выдачи.....	37

ПРИЛОЖЕНИЕ В Технологические карты.....	38
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Печатная плата.....	39
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Блок-схема алгоритма работы устройства.....	40
ПРИЛОЖЕНИЕ Е Интерфейс мобильного приложения.....	41
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж Интеллектуальные упражнения.....	42
ПРИЛОЖЕНИЕ И Рецензии и рекомендации.....	43



## **СОКРАЩЕНИЯ**

PLA – Polylactic Acid

ПО – Программное обеспечение

ГОСТ – Государственный стандарт

ЧПУ – Числовое программное управление

АЦП – Аналогово-цифровой преобразователь

ШИМ – Широтно-импульсная модуляция

САПР – Система автоматизированного проектирования работ

LCD – Liquid crystal display

URL – Uniform Resource Locator

CSI – Camera Serial Interface

ТЗ – Техническое задание

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ТЕРМИНОВ**

Робот – программируемый исполнительный механизм, обладающий определенным уровнем автономности и предназначенный для выполнения перемещения, манипулирования или позиционирования.

Робот-компаньон – автономная машина или устройство, разработанное для взаимодействия с людьми и предоставления им компаньонства.

Автоматическая таблетница – электронный органайзер для выдачи таблеток по расписанию.

Raspberry Pi 3B – одноплатный компьютер, изначально разработанный как бюджетная система для обучения информатике, но позже получивший более широкое применение и известность.

Прототип – работающая модель, опытный образец устройства или детали в дизайне, конструировании, моделировании.

Эффект Струпа – сложность, возникающая при чтении слов, цвет букв которого не совпадает со значением слова.

Таблица Шульте – таблица в ячейках которой располагаются в хаотичном порядке цифры или буквы.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Забота о здоровье - немаловажная задача для каждого. Она включает в себя регулярный приём медикаментов, но по тем или иным причинам люди часто игнорируют столь необходимую процедуру. Особенно такие проблемы актуальны для людей старшего поколения, которые могут забыть выпить таблетки или иметь сложности при приёме медикаментов, вызванные проблемами с мелкой моторикой.

### **Цель работы**

Разработка медицинского робота-компаньона с возможностью выдачи препаратов и системой напоминаний о приёме лекарств.

### **Задачи**

- 1) Провести социальный опрос среди групп людей разного возраста для подтверждения актуальности;
- 2) Изучить преимущества и недостатки аналогов;
- 3) На основе проведённого анализа выделить функционал устройства;
- 4) Разработать концепцию устройства;
- 5) Создать 3D-модель устройства в САПР;
- 6) Осуществить подбор компонентов;
- 7) Изготовить корпус, а также составляющие системы с помощью 3D-принтера и станка с ЧПУ;
- 8) Подготовить принципиальную схему электрической части системы;
- 9) Разработать и изготовить печатную плату;
- 10) Собрать механическую и электронную составляющую устройства;
- 11) Написать программный код;
- 12) Провести апробацию устройства;
- 13) Провести анализ экономической составляющей изготовления устройства.

## **Актуальность**

Частота приёма лекарств людьми всех во все возраста значительно выросла за последние 10 лет. В связи с этим проблема того, что человек ввиду разных причин забывает принять лекарства стала более массовой и от того привлекательной для внедрения автоматизированных систем в этот процесс.

В больше степени в этом нуждаются люди пожилого возраста, у которых бывают проблемы с памяти или мелкой моторикой. Пользователи среднего и младшего возраста из-за загруженности зачастую забывают о приёме препаратов и режиме в целом.

Моё устройство проконтролирует приём лекарств, поможет измерить основные жизненные показатели, а также обратиться к врачу или связаться с родственниками, скрасить одиночество, в случае необходимости. Одиночество - серьёзная проблема современного мира, особенно для пожилых людей, а забывчивость - проблема актуальная для всех возрастов.

## **Новизна темы**

Новизна моего проекта заключается в совмещении автоматической таблетницы и медицинского робота-компаньона. Данное устройство сможет напоминать о приёме препаратов, показывать основную информацию о методе приёма конкретных препаратов и выдавать их. Его функционал как робота-компаньона подразумевает видеосвязь с родственниками и врачами, а также упражнения для поддержания умственной активности и различные игры. Также в него будет добавлен функционал для контроля основных жизненных показателей.

## **Ожидаемые результаты проекта**

Результатом проекта должно стать разработанное устройство, представляющее собой домашнюю станцию. Устройство сможет помочь осуществлять контроль за выдачей лекарств, напоминать о необходимости их приёма, а также выполнять социальную, развлекательную функции или

функцию поддержания умственной активности, в зависимости от потребностей.

# 1 ПОИСКОВО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЭТАП

## 1.1 Социальный опрос

Был проведен социальный опрос, с помощью которого был определён дополнительный функционал устройства. По результатам опроса, аудитория (см. рисунок 1) сделала акцент на напоминаниях о приёме лекарств и иных режимных моментах, молодые респонденты (15 - 40 лет) (см. рисунок 2) поддержали возможность взаимодействия с устройством с помощью мобильного приложения и голосовое управление, а аудитория старшего возраста (40+) (см. рисунок 3) предпочла упрощенную запись к врачу и видеосвязь.

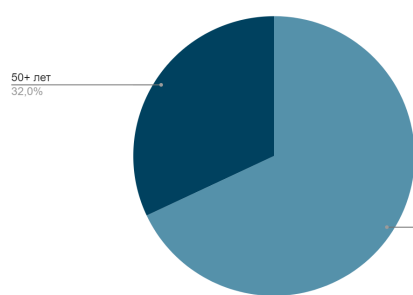


Рисунок 1 - Соотношение возрастов респондентов

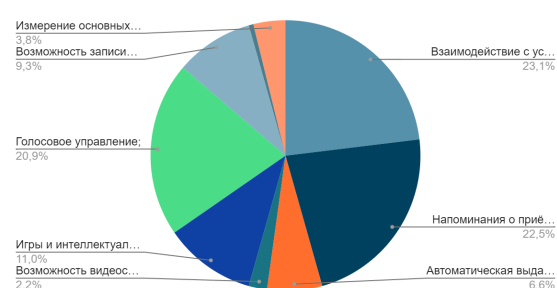


Рисунок 2 - Соотношение необходимых функций по мнению респондентов

14-50 лет

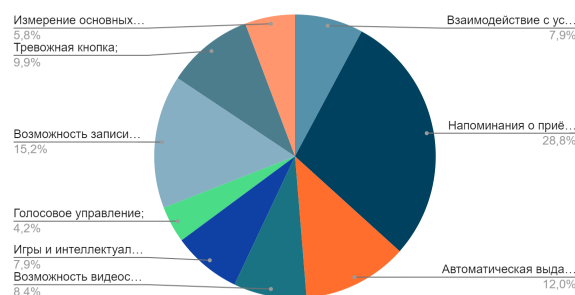




Рисунок 3 - Соотношение необходимых функций по мнению респондентов 50+ лет

## 1.2 Анализ аналогов


На рынке отсутствуют устройства, совмещающие предполагаемый в моём устройстве функционал робота-компаньона и автоматической таблетницы, поэтому я приведу аналоги его составных частей.

### 1.2.1 Автоматические таблетницы

Таблица 1 - Сравнение автоматических таблетниц

Название	Описание	Преимущества	Недостатки
BRADEX KZ 	Самая простая автоматическая таблетница, по сути представляет собой контейнер для хранения препаратов с звуковым напоминанием о приёме по таймеру	Невысокая цена.	Узкий функционал; Возможность заполнения таблетками лишь на неделю; Необходимость самостоятельно раскладывать таблетки по ячейкам; Отсутствие разделения ячеек на утро/день/вечер; Наличие только звуковых напоминаний.
GMS Automatic Pill Dispenser 	Ячейки таблетницы GMS Automatic Pill Dispenser сдвигаются в зависимости от времени прёма к открытой ячейке. Данная таблетница соединяется с	Возможность настройки с помощью приложения; Наличие блокировки; Разделение ячеек на утро/день/вечер.	Необходимость самостоятельно раскладывать таблетки по ячейкам; Наличие только звуковых напоминаний.

### Окончание таблицы 1

	мобильным телефоном с помощью Bluetooth и может настраиваться с помощью мобильного приложения.		
<p>Hero</p> 	В устройстве Hero каждый вид таблеток засыпается в отдельный контейнер. С помощью мобильного приложения необходимо выбрать состав набора для приема и время их выдачи. Система сама соберёт комплект препаратов и высыпет их в стаканчик. Приложение также отображает статистику приема лекарств.	Отсутствие необходимости самостоятельно раскладывать таблетки по ячейкам; Возможность настройки с помощью приложения; Наличие звуковых напоминаний, а также напоминаний с помощью приложения; Наличие блокировки.	Высокая цена; Отсутствие возможности доставки в Россию.


### 1.2.2 Роботы-компаньоны

Роботы-компаньоны [1] являются аналогом развлекательной и социальной функции моего устройства. Я рассматривала роботов, выполняющих только социальную функцию, т.к. многие роботы-компаньоны имеют манипуляторы для физической помощи пользователям, а данная функция не предусмотрена в моём устройстве. Также я не рассматривала робо-животных, т.к. они выступают как предметы исключительно для




общения, развлечения и иногда реабилитации, но не исполняют других функциональных действий, например не осуществляют напоминания.


Таблица 2 - Сравнение роботов-компаньонов

Название	Описание	Преимущества	Недостатки
<p>Dinsow</p> 	<p>Dinsow умеет распознавать лица и голоса людей, улавливают изменения в звуках, издаваемых пациентами. В частности, автоматика способна распознавать ухудшения в состоянии пациентов по ряду нетипичных звуков. Роботы некоторое время следят за рутинными процессами в жизни пациентов, а затем получают возможность оповещать указанных им лиц обо всех нетипичных случаях - в том числе и об опасных действиях самих больных. Кроме того устройства могут ответить на телефонный звонок или напомнить человеку о том, что ему необходимо принять таблетки или попить. Робот также постоянно пытается “тренировать” владельца, предлагая сыграть с ним в различные игры или помогая вспоминать те или иные моменты жизни.</p>	<p>Наличие системы напоминаний; Возможность контроля состояния пользователя; Наличие игр и функции поддержания умственной активности; Робот может поддержать разговор; Видеосвязь с родственникам и врачами.</p>	<p>Отсутствие систем контроля жизненных показателей и выдачи медикаментов</p>

## Продолжение таблицы 2

<p>Mabu</p> 	<p>Домашний робот Mabu помогает врачам следить за состоянием здоровья пациентов, отслеживать, принимают ли те прописанные лекарства, и какой образ жизни ведут. Mabu ежедневно спрашивает у владельца, как его настроение и самочувствие, принял ли он таблетки, если да, то все ли, и не нужно ли ему в следующий раз об этом напомнить. Общаться с роботом можно либо отвечая на его вопросы «голосом», либо выбирая нужный вариант ответа на встроенном экране.</p>	<p>Наличие системы напоминаний; Возможность контроля состояния пользователя;</p>	<p>Робот не может поддерживать разговор; Отсутствие систем контроля жизненных показателей и выдачи медикаментов; Наличие игр и функции поддержания умственной активности; Отсутствие видеосвязи с родственникам и врачами.</p>
<p>Jimbo</p>	<p>С ним можно поговорить на любые темы, посоветоваться, узнать погоду на сегодня или послушать любимые треки. И это далеко не все, что умеет роботизированный сосед. Робот готов ответить на различные вопросы, черпая ответы из сети, пошутить или сделать фото. Особенно хорошо у Jimbo</p>	<p>Робот может поддерживать разговор; Наличие системы напоминаний; Наличие игр и функции поддержания умственной активности;</p>	<p>Отсутствие систем контроля жизненных показателей и выдачи медикаментов; Отсутствие видеосвязи с родственникам и врачами.</p>

## Окончание таблицы 2

	<p>проработана социальная сторона, он может даже передавать эмоции и интонацию в разговоре. Робот оснащен технологией распознавания лиц и голоса, умеет адаптироваться к привычкам человека и строит с ним реальные отношения.</p>		
---	--	--	--

После анализа аналогов были сформулированы выводы, которые помогли определить функционал моего устройства.

– Основной недостаток автоматических таблетниц заключается в том, что пользователю самому необходимо раскладывать таблетки по ячейкам, в соответствии времени приёма, что в случае с частыми приёмами препаратов, например, при сахарном диабете лекарства зачастую принимаются с регулярностью 15-30 минут, может быть крайне неудобно. Также таблетницы имеют ограниченный спектр методов напоминания о приёме, чаще всего это либо звуковой сигнал, либо пуш-уведомление на телефон.

– Роботы-компаньоны напоминают о приёме медикаментов, но не выдают их и не контролируют их приём. Также такие роботы не осуществляют контроль жизненных показателей.

### 1.3 Выбор оптимальных решений

В прошлом олимпиадном сезоне был разработан первый прототип устройства (см. рисунок 4, Приложение А), служивший для отработки механизма выдачи и базового функционала. В таблице 3 представлены недостатки прототипа.

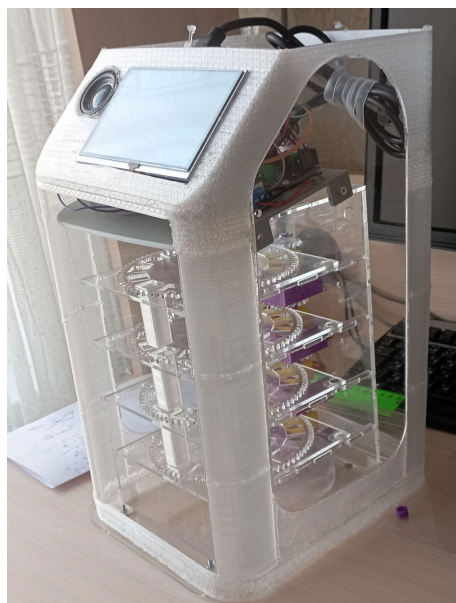


Рисунок 4 - Первый прототип устройства в полной сборке.

Таблица 3 - Анализ недостатков первого прототипа

Недостаток	Вариант решения	Результат
Большие габариты механизма хранения-выдачи	Замена передачи крутящего момента на каждом ярусе с прямозубой на червячную.	Освобождается место для внедрения в устройство новых функциональных элементов без увеличения габаритов внешнего корпуса
Затрудненное взаимодействие с устройством за счёт малых размеров сенсорного экрана (4 дюйма)	Установка экрана с большим разрешением	Удобное взаимодействие с устройством; возможность внедрения игр, интеллектуальных упражнений и видеосвязи
Отсутствие механизмов поддержания условий хранения медикаментов	Замена прозрачного корпуса на светонепроницаемый. Внедрение систем поддержания условий хранения	Обеспечение оптимальных условий хранения медикаментов

1) **Механизм хранения-выдачи препаратов.** Конструкция будет масштабируемой. Каждый ярус содержит шестерню с ячейками, в каждой ячейке хранится один вид таблеток, всего на ярусе может храниться до 2-ух видов лекарств. Для передачи крутящего момента с мотора используется червячная передача.

2) **Контроль выдачи медикаментов** осуществляется с помощью датчика веса, закреплённого в зоне выдачи.

3) Измерение пульса будет осуществляться с помощью **датчика пульсометра**. Датчик будет закреплён во внешнем корпусе в удобном для взаимодействия с пользователем месте.

4) Взаимодействие с пользователем будет осуществляться за счёт встроенного **сенсорного экрана**.

5) Для поддержания температуры, соответствующей нормам хранения медикаментов в устройство будет внедрена **активная система охлаждения**.

6) Для поддержания температуры, соответствующей нормам хранения медикаментов в устройство будет внедрен **осушитель**.

7) Настройка и мониторинг состояния устройства будет осуществляться с помощью разработанного мной мобильного приложения.

#### **1.4 Обоснование соответствия термину “робот”**

В соответствии с ГОСТ Р 60.0.0.4-2023 “Роботы и робототехнические устройства” [2]:

Робот - программируемый исполнительный механизм, обладающий определенным уровнем автономности и предназначенный для выполнения перемещения, манипулирования или позиционирования.

Робот-компаньон “МІК” – программируемый на языке Python исполнительный механизм, обладающий определенным уровнем автономности (осуществление выдачи препаратов механизмом выдачи в соответствие состоянию системы, определенного программой) и предназначенный для выполнения манипулирования с медикаментами.

#### **1.5 Формулировка технического задания**

1) Функционал устройства должен включать:

- Автоматизированную сборку и выдачу наборов необходимых препаратов;
- Напоминания о приёме и иных режимных моментах;

- Игры и интеллектуальные упражнения;
  - Поддержание условий хранения медикаментов в соответствии с ГОСТ 17768-90 “Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение лекарственных средств” [3]: температура от +12°C до +25°C, низкая влажность, защита от прямых солнечных лучей;
  - Измерение основных жизненных показателей.
- 2) Должно быть разработано мобильное приложение, функционал которого должен включать:
- Мониторинг приёма медикаментов и наполненности таблетницы;
  - Настройку методов и времени напоминаний о приёме;
  - Возможность видеосвязи с врачами и родственниками;
- 3) Геометрические размеры устройства должны составлять не более 500 мм в высоту и 350 мм по длине и ширине, т. к. оно должно помещаться на столе или столешнице.
- 4) Устройство должно содержать не менее 4 функциональных ярусов механизма хранения выдачи для полноценной демонстрации алгоритма работы и масштабируемости. Для приведения в движение шестерни с ячейками на каждом ярусе должен служить мотор, крутящий момент с которого будет передаваться с помощью червячной передачи
- 5) Устройство должно иметь:
- Контроллер, с характеристиками, достаточными для обработки видеопотока и реализации графического интерфейса взаимодействия с пользователем;
  - Энкодер на каждом ярусе механизма хранения-выдачи;
  - Сенсорный дисплей. Размер - не менее 10 дюймов, разрешение – не менее 1024\*600;
  - Систему охлаждения. Габариты – не более 150\*150\*50 мм;
  - Систему поддержания влажности. Габариты – не более 140\*70\*30 мм;

– Датчик пульсометр. Пульс является важным физиологическим показателем при назначении приёма медикаментов, в особенности для людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями;

– Камеру. Интерфейс - CSI, разрешение - от 4 Мп;

– Датчик веса. Ввиду малого веса таблеток (до 1 г), датчик должен обладать высокой чувствительностью (погрешность до 0,1 г), диапазон измерения от 0,1 г до 100 г;

– Подсветку с помощью светодиодной ленты;

– Механизм затвора - соленоид.

6) Для надёжности и удобства крепления электронных компонентов должна быть создана печатная плата. На плате должны быть разъёмы для крепления моторов, датчиков, составляющих системы охлаждения и питания. На плате разведены драйверы моторов и модули АЦП.

7) Материалы, из которых изготовлено устройство должны быть безопасны для контакта с человеком, обладать гипоаллергенностью.

8) Корпус должен обладать эргономичной формой и минималистичным дизайном, благодаря которому устройство сможет вписаться в любой интерьер.

На основе ТЗ была составлена структурная схема устройства (см. рисунок 5).

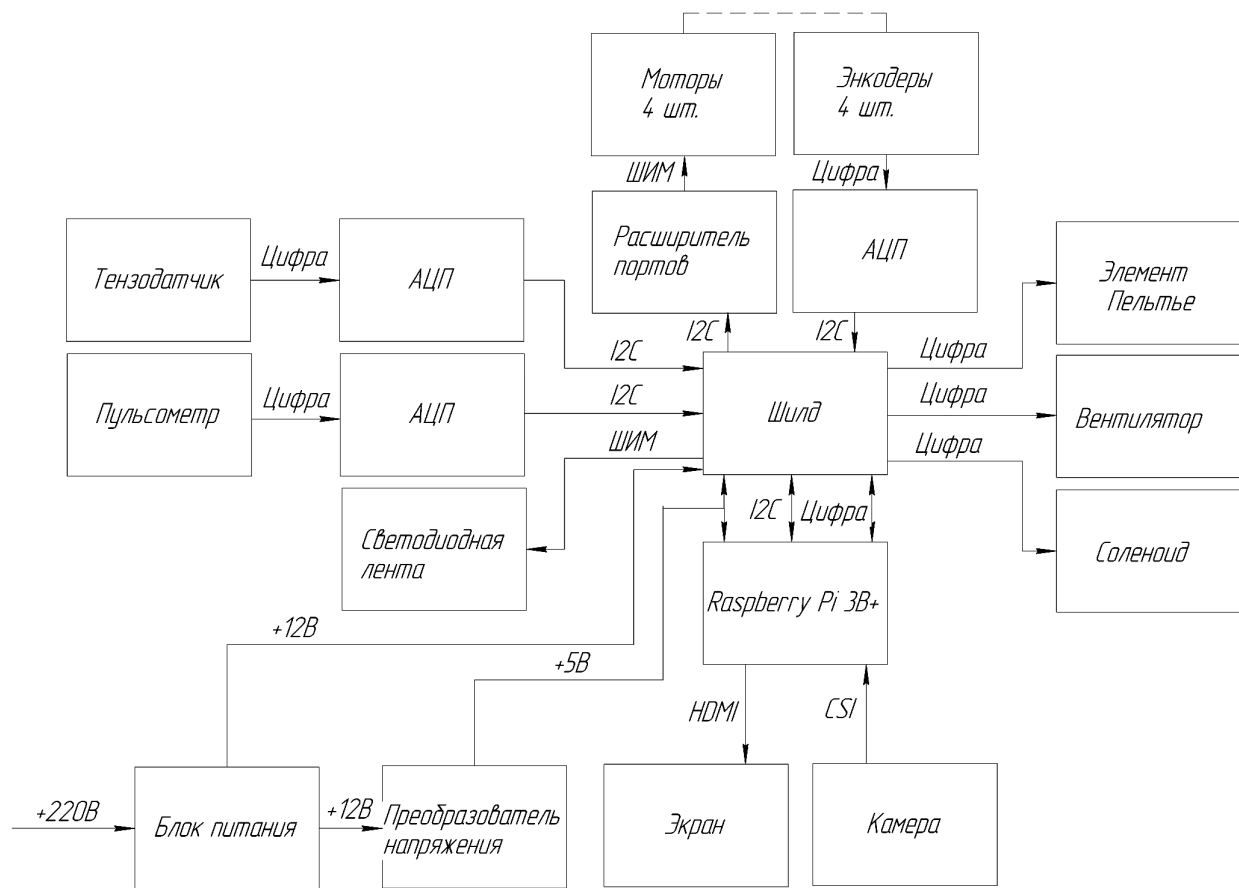


Рисунок 5 - Структурная схема устройства



## 2 КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЭТАП

### 2.1 Проектирование прототипа

В ходе разработки концепции прототипа (см. рисунок 6) на основе ТЗ, было решено, что моё устройство будет состоять из основных частей:

- Механизм хранения-выдачи (см. рисунок 7, рисунок 8);
- Сенсорный экран;
- Система охлаждения (см. рисунок 9);
- Осушитель (см. рисунок 10);

Во внешнем корпусе будет закреплён экран для взаимодействия с пользователем, а также светодиодная лента, динамик для оповещения пользователя о приеме таблеток, пульсометр для измерения жизненных показателей, датчик веса будет размещён в зоне выдачи. На дверце таблетницы будет стоять блокировка, реализованная с помощью соленоида.

Для отвода тепла от оборотной стороны элемента Пельтье система охлаждения будет включать радиатор и вентилятор.

Для разработки 3D-модели конструкции была выбрана САПР КОМПАС-3D. Для создания рендера использовалась САПР Fusion 360.

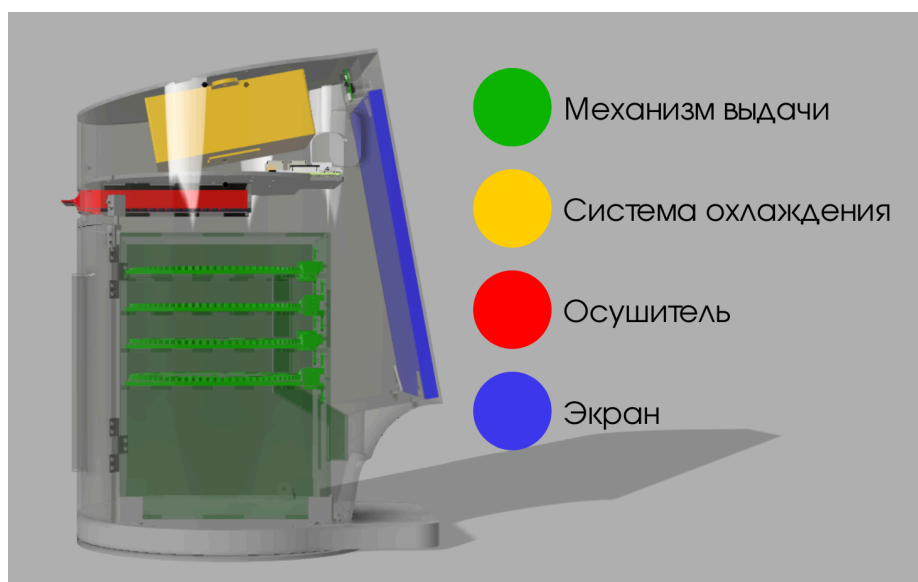


Рисунок 6 - Расположение основных частей устройства

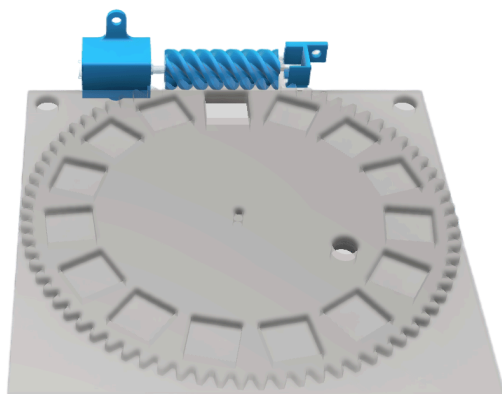


Рисунок 7 - 3D-модель яруса  
механизма хранения-выдачи

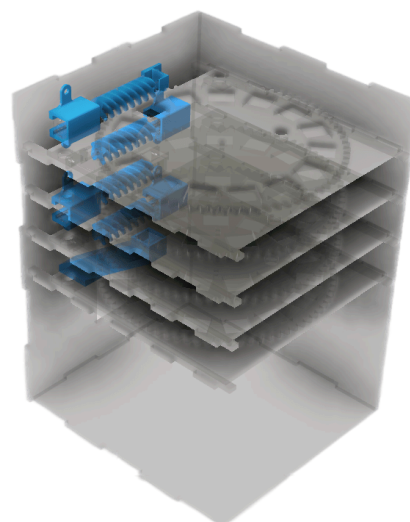


Рисунок 8 - 3D-модель механизма  
хранения-выдачи (без  
верхней и боковой стенки)

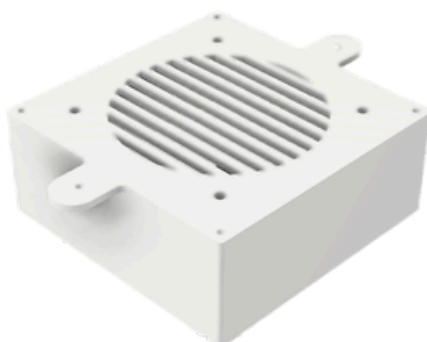


Рисунок 9 - 3D-модель системы  
охлаждения

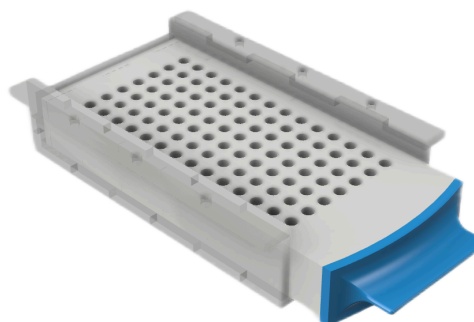


Рисунок 10 - 3D-модель  
осушителя

## 2.2 Подбор материалов

В качестве основного материала деталей механизма хранения-выдачи было выбрано органическое стекло, т.к. оно обладает естественной прозрачностью, за счёт чего можно будет визуально наблюдать наполненность ячеек при открытии корпуса. Материалы, с которыми контактирует пользователь и принимаемые им препараты, должны обладать гипоаллергенностью, органическое стекло соответствует данным требованиям.

Внешний корпус, желоб и некоторые крепежи будут напечатаны на 3D-принтере из пластика PLA. Данный пластик был выбран благодаря своей гипоаллергенности, экологичности и возможности обеспечить необходимые для него условия печати на имеющемся 3D-принтере.

Для калибровки, а также крепления съёмного поддона, на котором находится шестерня с прорезями, были выбраны неодимовые магниты.

Оптимальная влажность будет поддерживаться с помощью осушителя с силикагелем внутри. Пользователю периодически будет необходимо заменять картридж с силикагелем или самостоятельно высушивать силикагель путём нагревания, после чего вещество восстановит свои абсорбирующие свойства.

### 2.3 Подбор компонентов

1) Главным управляющим элементом системы будет микрокомпьютер Raspberry Pi 3B+ [4] (см. рисунок 11), ввиду необходимости управления экраном и высокой производительности данного устройства.

2) Для взаимодействия с пользователем был выбран сенсорный LCD дисплей 10.1 дюймов разрешением 1024\*600 (см. рисунок 12). Рабочее напряжение экрана - 5 В.

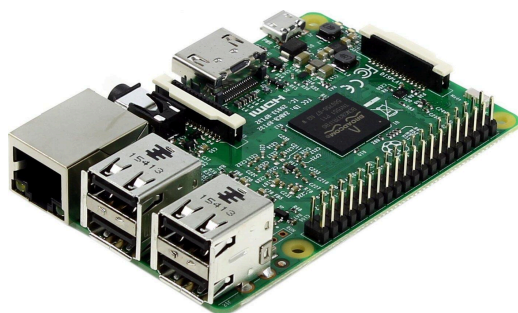


Рисунок 11 - Raspberry Pi 3B+



Рисунок 12 - Сенсорный LCD дисплей

3) Для приведения в движение червячной передачи механизма хранения-выдачи были выбраны моторы-редукторы GA-12 N20, ввиду оптимального соотношения их компактных габаритов и мощности. Рабочее напряжение мотора - 5 В, рабочий ток - 30мА, мотор совершает 100 об/мин. Для управления моторами были выбраны драйверы на базе микросхемы

DRV8870 за счёт наличия в ней интерфейса ШИМ управления, доступности микросхемы, а также наличия в ней защиты от перегрузки тока. Рабочее напряжение микросхемы – 6.5В - 45В, выходной ток – 3.6А.

4) В качестве энкодера был выбран инкрементальный энкодер для компьютерной мыши (см. рисунок 13) за счёт его компактных габаритов. Рабочее напряжение энкодера - 3.3В, рабочий ток – 8мА.

5) В качестве АЦП был выбран чип ADS1115 малого потребления энергии и удобного интерфейса связи. Рабочее напряжение микросхемы – 2В - 5.5 В, разрешение – 16 бит, рабочий ток – 150мкА, интерфейс связи – I2C.

6) В качестве основного элемента системы охлаждения был выбран элемент Пельтье. Преимуществами, обосновывающими выбор данной (см. рисунок 14) в моём устройстве, по сравнению с часто используемыми фреоновыми установками и водяными системами охлаждения являются компактные габариты и простота обслуживания системы на основе элемента Пельтье.

Рабочее напряжение элемента Пельтье – 12В, рабочий ток – 4.3А - 4.6А, мощность – 55 Вт. Для отвода тепла с обратной стороны элемента Пельтье были выбраны алюминиевые радиаторы общей площадью поверхности 665 см<sup>2</sup> и вентилятор с рабочим напряжением 12В, рабочим током 0.1А, и количеством оборотов 2800 об/мин.

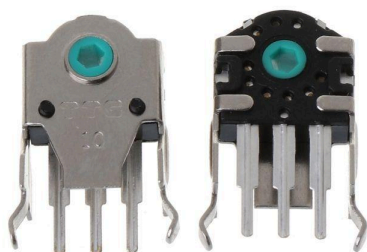


Рисунок 13 - Энкодер



Рисунок 14 - Элемент Пельтье в сборке с радиаторами и вентилятором

7) Для контроля выдачи препаратов будет использоваться тензодатчик с диапазоном измерения 100 г (см. рисунок 15). Обработка показаний датчика будет производиться с помощью АЦП на базе чипа HX711. Рабочее напряжение микросхемы – 2.6В - 5.5В, рабочий ток - 1.4мА.

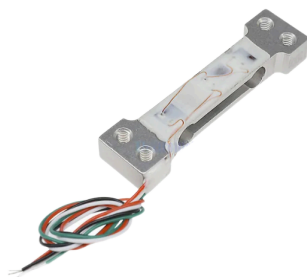


Рисунок 15 - Датчик веса      Рисунок 16 - Датчик пульса

8) Для измерения пульса был выбран датчик выбран простоты сбора с него показателей (см. рисунок 16).

9) Для осуществления звуковых напоминаний о приёме и озвучивания инструкций в моём устройстве будут использоваться динамики 2535. Рабочее напряжение – 5В.

10) Для осуществления блокировки дверцы tabletницы был выбран электромагнитный соленоидный болтовой замок (см. рисунок 17). Рабочее напряжение микросхемы – 5В, рабочий ток - 1А.



Рисунок 17 - Электромагнитный соленоидный болтовой замок      Рисунок 18 -Камера для Raspberry Pi (Asia Version) V1.3

11) Расширитель портов SX1509 будет использоваться в устройстве ввиду нехватки портов на плате Raspberry Pi 3 для необходимого количества подключенных устройств. Рабочее напряжение – 1.2В - 3.6В, рабочий ток - 1мкА, количество каналов - 16, интерфейс подключения - I2C.

12) Камера для Raspberry Pi (Asia Version) V1.3 (см. рисунок 18) будет использоваться для отслеживания приближения пользователя и идентификации его личности. Разрешение – 5 Мп, интерфейс связи – CSI разъем MIPI, тип матрицы – OmniVision OV5647.

13) В электрическую схему был включен DC–DC понижающий преобразователь T34 75W с 12В до 6.5В.

14) Электропитание системы осуществляется с помощью импульсного блока питания 12В 10А.

Для удобства и надёжности креплений, подключение всех вышеперечисленных устройств будет выведено на разработанную мной печатную плату, представляющую собой шилд для Raspberry Pi 3.

## **2.4 Разработка дизайна корпуса**

Корпус стационарного устройства ежедневного пользования должен обладать эргономичной формой и быть функциональным, также данное устройство должно обладать высокими эстетическими свойствами и удачно вписываться в любой интерьер.

В ходе работы мною были разработаны различные варианты внешнего корпуса устройства.



Рисунок 19 - Первый вариант  
внешнего корпуса



Рисунок 20 - Второй вариант  
внешнего корпуса

Первый вариант внешнего корпуса устройства обладал простой формой и выглядел массивно (см. рисунок 19). Предполагалось, что каждая из стенок корпуса должна быть вырезана из листового пластика и прикреплена к общему основанию, благодаря этому достигаются такие преимущества данной конструкции, как скорость и простота изготовления, а также высокая ремонтпригодность.

Второй вариант корпуса (см. рисунок 20) приобрёл более сложные закруглённые формы, также его конструкция не предусматривала возможность отделения стенок от основного каркаса, за счёт чего уменьшилась ремонтпригодность устройства.

После консультации с промышленным дизайнером был второй вариант корпуса был доработан. Финальный вариант корпуса (см. рисунок 21, 22) устройства обладал нестандартной эргономичной формой без потери функциональности.



Рисунок 21 - Финальный вариант  
внешнего корпуса



Рисунок 22 - Финальный вариант  
внешнего корпуса (вид сбоку)



## 2.5 Изготовление и сборка корпуса

Детали механизма хранения-выдачи и часть внешнего корпуса были вырезаны на лазерном станке с ЧПУ из органического стекла (см. Приложение Б). Крепления для моторов и датчиков, а также основная часть внешнего корпуса были напечатаны на 3D-принтере. Части корпуса соединяются между собой посредством склеивания (см. рисунок 23, рисунок 24, рисунок 25, рисунок 26, Приложение В). Крепление моторов и датчиков осуществляется с помощью винтового соединения.



Рисунок 23 - Процесс  
склеивания



Рисунок 24 - Сборка системы  
корпуса охлаждения



Рисунок 25 - Внешний корпус  
в процессе сборки

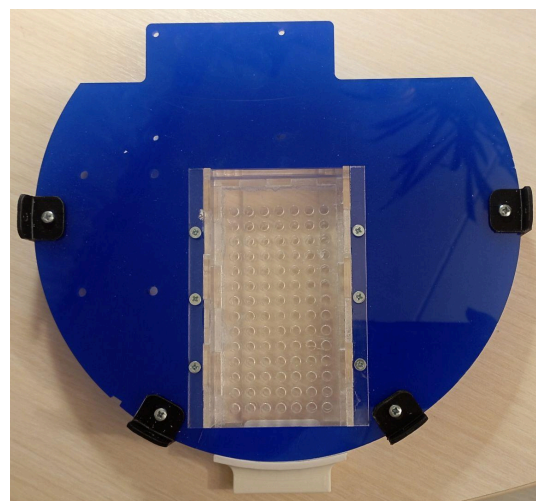


Рисунок 26 - Сборка осушителя  
в зоне крепления



## 2.6 Создание печатной платы

Для удобства и надёжности креплений мною была разработана собственная печатная плата, представляющая собой шилд для Raspberry Pi 3B+. К нему идёт питание 5 В от преобразователя и 12 В от блока питания. На плате располагаются разъёмы для коммутации функциональных элементов. На плате разведены драйверы моторов, модули АЦП и расширитель портов. Плата имеет 2 слоя. После создания схемы и трассировки платы в среде KiCad [5] я направила плату в промышленное изготовление в ООО «Резонит» [6] (см. Приложение Г). После изготовления была произведена пайка электрических компонентов платы (см. рисунок 27).

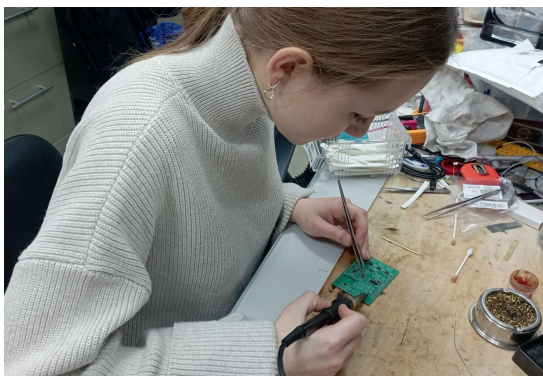


Рисунок 27 - Процесс распаивания платы

## 2.7 Разработка алгоритма работы робота

На языке программирования Python был написан ряд подпрограмм:

- 1) Сервер и клиент для связи устройства с мобильным приложением.
- 2) Алгоритм распознавания лиц на основе каскадов Хаара. На основе изображений лица каждого из пользователей обучается модель. При написании программы использовались были использованы библиотека OpenCV и Face Recognition [7].

- 3) Выдача медикаментов.
- 4) Контроль выдачи медикаментов с помощью датчика веса.
- 5) Сбор показаний датчика пульса.

Полный алгоритм работы системы представлен в приложении Д.

## **2.8 Разработка мобильного приложения**

Мобильное приложение выполняет ряд функций:

- 1) Мониторинг наполненности устройства.
- 2) Данные о выдаче препаратов и пропусках.
- 3) Регистрация новых препаратов в системе.
- 4) Настройка методов оповещений.

5) Режим загрузки. При выборе данного режима с устройства снимается блокировка и выключается система охлаждения. Пользователь должен выбрать определённый ярус, и указать препарат и количество загруженных на ярус таблеток.

6) Видеосвязь. С помощью приложения пользователь сможет осуществлять видеозвонки напрямую на устройство. Данная функция будет особенно полезна для пожилых пользователей, взаимодействие с крупным экраном с понятным интерфейсом для них будет легче, чем взаимодействие со смартфоном. Важной функцией будет отслеживание непосредственно приёма препаратов, ведь пользователь, особенно пожилой или с нарушениями памяти может взять лекарства из зоны выдачи таблетницы, что можно отследить с помощью датчика веса, но отложить их и не осуществить приём назначенных медикаментов, это можно отследить лишь с помощью камеры.

Приложение разрабатывается в программе Android Studio на языке программирования Java (см. Приложение Е).

## **2.9 Разработка интерфейса встроенного дисплея**

Интерфейс сенсорного экрана был написан на языке Python с использованием библиотеки Kivy. На экране отображается обратный отсчёт до следующего приёма лекарств, во время приёма на экране отображается список препаратов к выдаче, рекомендации по к их приёму (запивать водой, разжёвывать, принимать до или после еды и т.п.). Также были разработаны

интеллектуальные упражнения на основе теста Струпа [8] и таблиц Шульте [9] (см. Приложение Ж).

## 2.10 Сценарии использования устройства

– Родственники раз в пару недель навещают пожилого человека, загружают новую партию медикаментов в таблетницу. С помощью приложения и камеры они могут отслеживать приём. Зачастую людям пожилого возраста не хватает общения, также они нуждаются в постоянных напоминаниях как о приёме лекарств, так и о режиме дня. Моё устройство сможет выполнять ряд функций социального робота, с помощью него можно пожилой пользователь сможет позвонить родственникам, врачу или поиграть в развивающие игры.

– Человек, работающий на дому (т.к. моё устройство предполагает домашнее использование), например, фрилансер забывает о приёме лекарств, или же о иных режимных моментах и планах на день. Моё устройство напомнит о планах и выдаст необходимые лекарства.

## 2.11 Стоимость компонентов

Таблица 4 - Экономическая оценка проекта.

Наименование	Кол-во, шт.	Цена за шт., руб.	Общая стоимость, руб.
Сенсорный LCD дисплей 10'1 дюймов	1	7000	7000
Мини-компьютер Raspberry Pi 3 Model B	1	9656	9656
Мотор-редуктор GA-12 N20 3V	4	280	1120
Энкодер 11 мм от компьютерной мыши	4	125	500

Окончание таблицы 4

Камера для Raspberry Pi 5MPX (Asia Version) V1.3	1	360	360
Неодимовый магнит Проф-Магнит диск 8x1.5 мм NdFeB, 50 шт. N35	1	285	285
DC–DC понижающий преобразователь T34 75W	1	460	460
Блок питания сетевой 12V 10A	1	900	900
Адресная светодиодная лента 5м	1	1086	1086
Элемент Пельтье 12V	1	156	156
Вентилятор 12V	1	324	324
Радиатор	2	200	400
Датчик пульсометр	1	242	242
Тензодатчик с диапазоном взвешивания 100 г	1	364	364
Соленоид	1	267	267
Динамики	2	55	110
Компоненты платы	-	3500	3500
Катушка пластика PLA	1	3200	3200
Лист органического стекла	1	1800	1800
Грунт-эмаль для пластика	2	324	648
Акриловая краска	1	352	352
Итого:	32700 руб.		

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

### **Результат**

В ходе работы над проектом был разработан прототип медицинского-робота компаньона, осуществляющего автоматизированную сборку и выдачу таблеток, способный уведомлять пользователя и осуществлять контроль приёма лекарств, также присутствует возможность выполнять с его помощью интеллектуальные упражнения и осуществлять видеосвязь с родственниками и врачами.

Было разработано мобильное приложение, с помощью которого производится настройка времени и методов напоминания, регистрация новых препаратов в системе, ведётся статистика приёма, осуществляется мониторинг наполненности механизма выдачи и осуществляется видеоконтроль приёма.

По результатам проведённой работы были получены рецензии от компаний, специализирующихся на медицинской робототехнике и от МГТУ им. Н.Э. Баумана (см. Приложение И).

Благодаря этому проекту как пожилые, так и люди более младшего возраста смогут повысить качество жизни и лучше заботиться о своём здоровье.

### **Перспективы развития**

К перспективам развития относится внедрение таких функций как:

- Регистрация препаратов внутри таблетницы с помощью системы “Честный знак”;
- Голосовое управление;
- Возможность записи к врачу напрямую через робота;
- Тревожная кнопка;

Также в моём проекте могут найти широкое применение нейронные сети, ведь роботы компаньоны, как правило, могут не только спросить о самочувствии своего хозяина и напомнить принять таблетки, они могут

поддержать разговор, подстраиваться под характер и предпочтения пользователя. Перспективным применением нейронных сетей может стать отслеживание ухудшения состояния пользователя с помощью записи голоса или изображения с камеры.

Для проведения апробации устройства мне предстоит:

- 1) Получить заключение от санитарно-эпидемиологической станции о соответствии условий внутри таблетницы нормам хранения препаратов;
- 2) Получить заключение психолога о пользе игровой и социальной составляющей моего устройства.

Моё устройство может быть внедрено в домах престарелых как индивидуальный гаджет. Также оно может применяться и в домашних условиях и, благодаря своей масштабируемости, служить для всех членов семьи.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Социальные роботы: функции, виды, статистика//Интернет-портал URL: <https://mentamore.com/robototexnika/socialnye-roboty.html> (дата обращения 15.09.2023).
- 2 ГОСТ Р 60.0.0.4-2023 “Роботы и робототехнические устройства” - с. 1-2.
- 3 ГОСТ 17768-90 “Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение лекарственных средств” - с. 9-10.
- 4 Официальный сайт Raspberry Pi URL:<https://www.raspberrypi.com/> (дата обращения 24.09.2023).
- 5 Официальный сайт KiCad URL:<https://www.kicad.org/> (дата обращения 03.10.2023)
- 6 Официальный сайт ООО «Резонит» URL: <https://www.rezonit.ru/> (дата обращения 27.11.2023)
- 7 Face recognition with OpenCV, Python, and deep learning URL: <https://pyimagesearch.com/2018/06/18/face-recognition-with-opencv-python-and-deep-learning/> (дата обращения 19.12.2023)
- 8 Тест Струпа //Интернет-портал URL: <https://bigenc.ru/c/test-strupa-8ff3b6> (дата обращения 13.10.2023).
- 9 Как пользоваться таблицами Шульте? // Интернет-портал URL: [https://www.defectologiya.pro/zhurnal/kak\\_polzovatsya\\_tabliczami\\_shulte/](https://www.defectologiya.pro/zhurnal/kak_polzovatsya_tabliczami_shulte/) (дата обращения 13.10.2023).

## ПРИЛОЖЕНИЕ А Эскизы

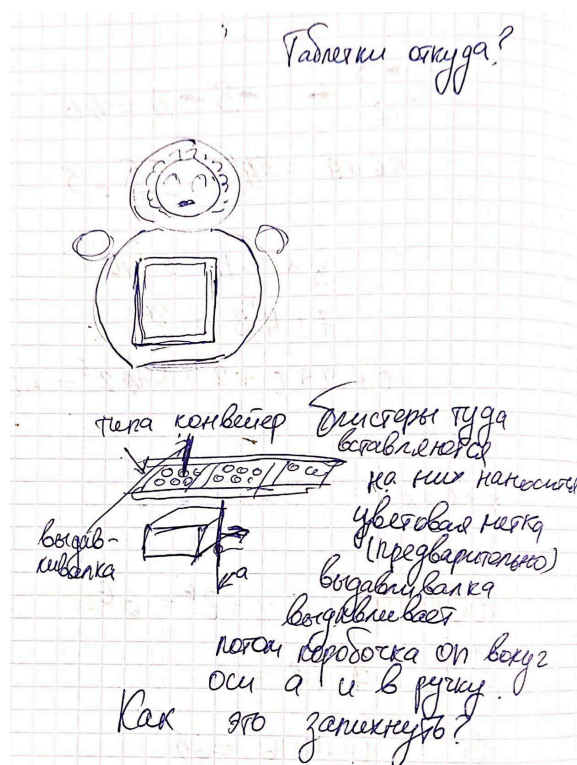


Рисунок А.1 - Первые эскизы  
механизма хранения-выдачи  
и внешнего вида устройства

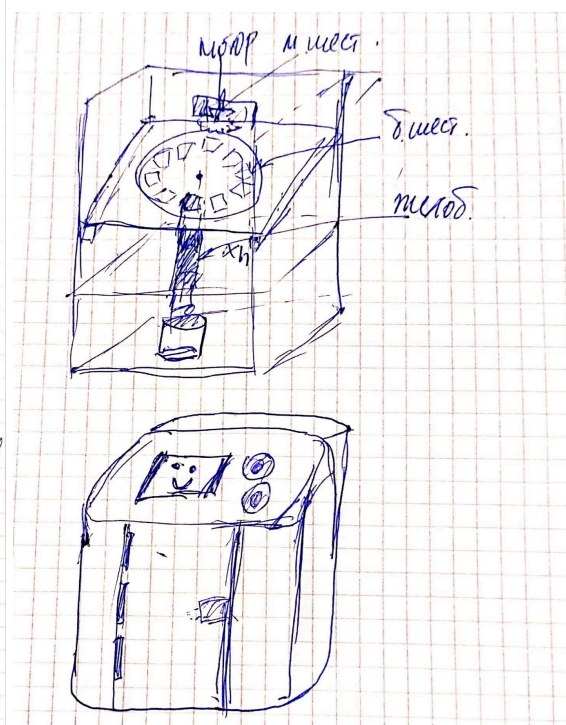
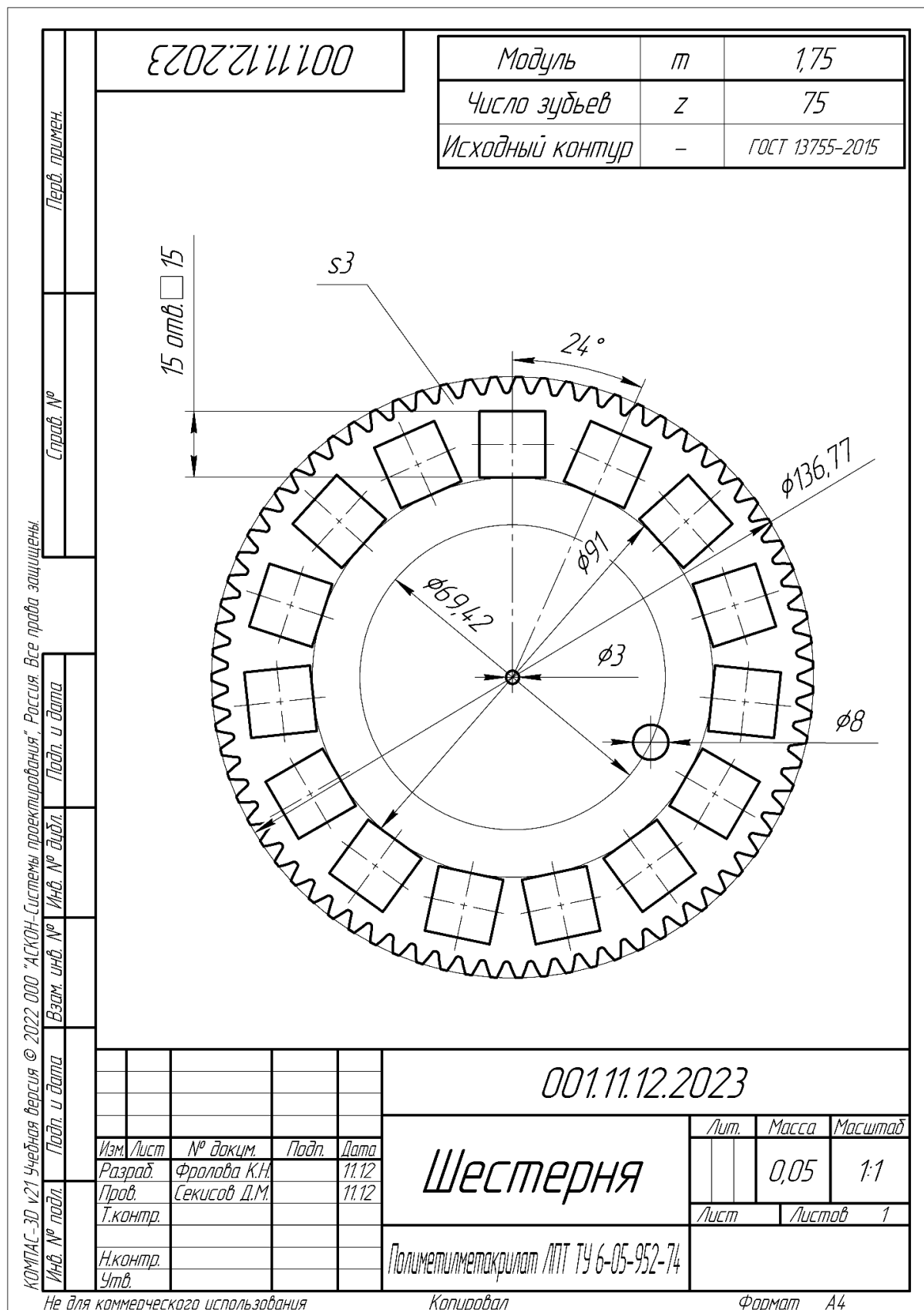


Рисунок А.2 - Эскизы  
механизма хранения-выдачи  
и внешнего вида устройства

Изначально планировалось сделать корпус в форме детской игрушки “Неваляшка”, а таблетки выдавливать из блистеров прямо внутри устройства.



# ПРИЛОЖЕНИЕ Б Чертёж шестерни механизма выдачи



## ПРИЛОЖЕНИЕ В Технологические карты

Таблица В.1 - Технологическая карта изготовления элементов внутреннего корпуса и деталей механизма хранения-выдачи

Операция	Инструмент
Создание цифровой 3D модели	Программа КОМПАС-3D
Экспорт модели в DXF-формат	Программа КОМПАС-3D
Генерирование G-кода	Программа Corel
Резка детали	Лазерный станок с ЧПУ
Финишная обработка	Наждачная бумага

Таблица В.2 - Технологическая карта изготовления внешнего корпуса и креплений

Операция	Инструмент
Создание цифровой 3D модели	Программа КОМПАС-3D
Экспорт модели в STL-формат	Программа КОМПАС-3D
Генерирование G-кода	Программа Ultimaker Cura
Подготовка 3D-принтера к работе	Клей Picaso 3D
Печать 3D-объектов	3D-принтер Ender-3
Финишная обработка	Наждачная бумага
Грунтовка модели	Грунт-эмаль для пластика
Покраска модели	Аэрозольная акриловая краска, универсальный акриловый лак

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г Печатная плата

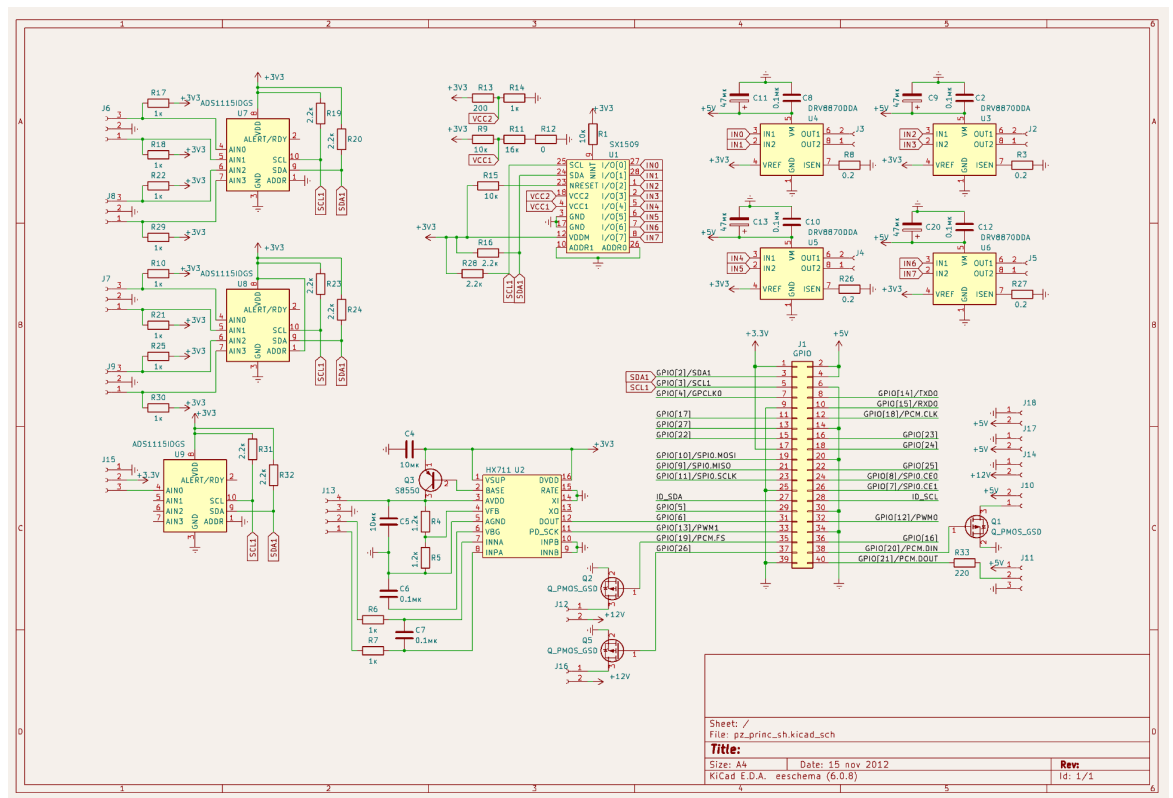


Рисунок Г.1 - Принципиальная схема платы-шилда для Raspberry Pi 3B.

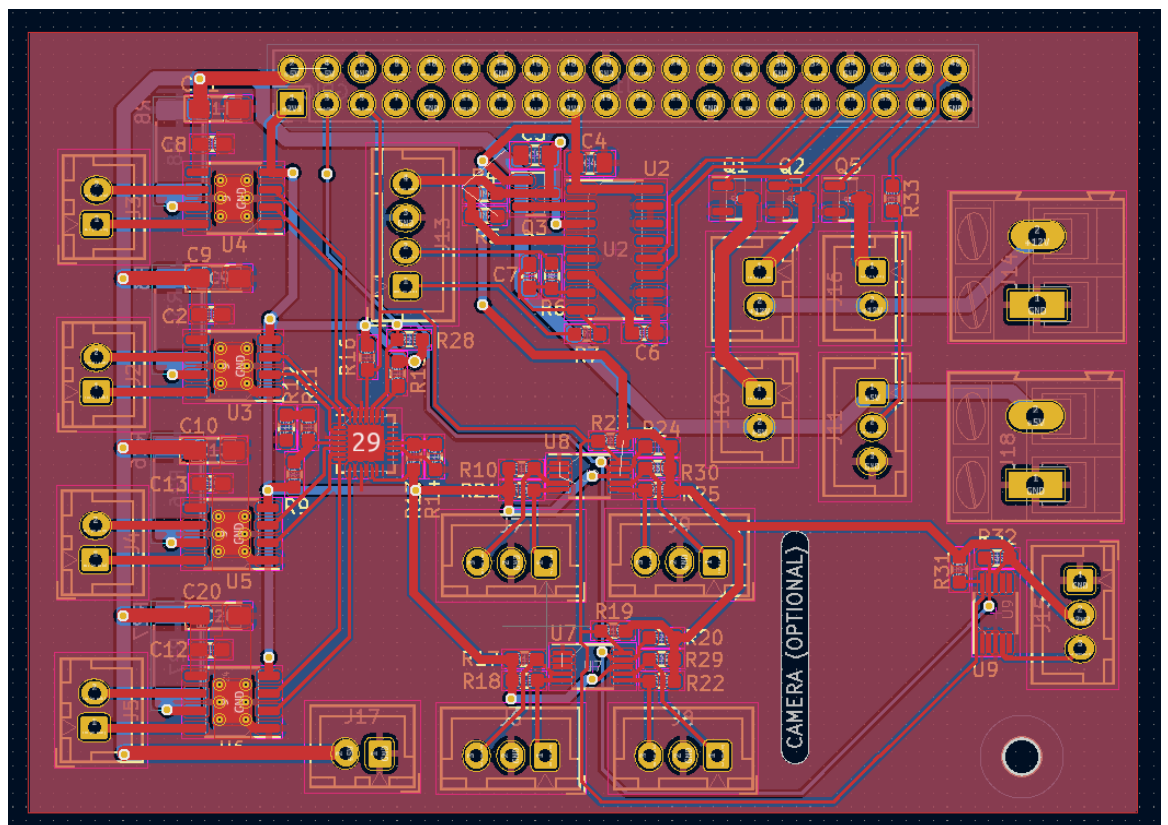
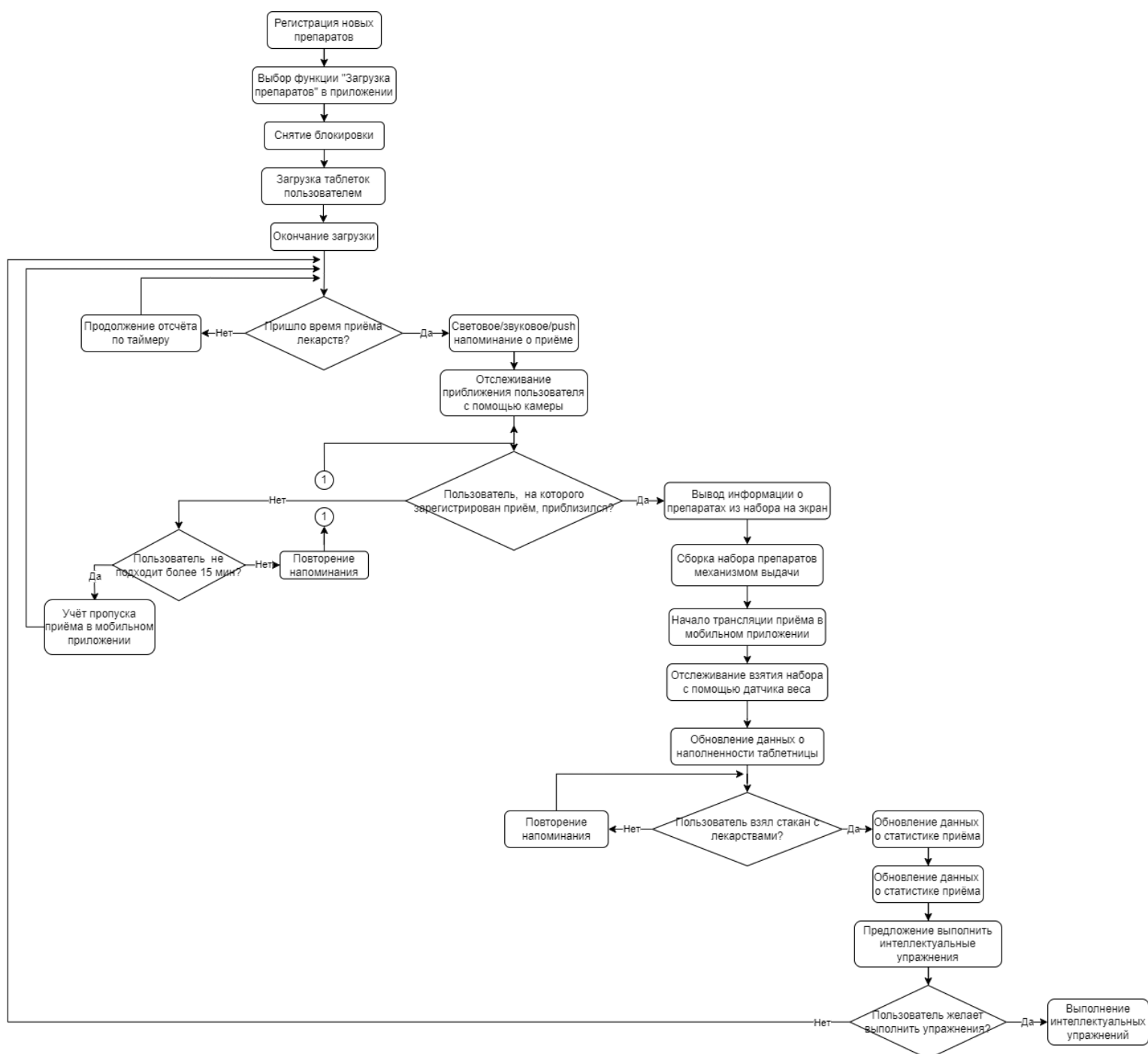


Рисунок Г.2 - Трассировка платы в программе KiCad

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д Блок-схема алгоритма работы устройства



## ПРИЛОЖЕНИЕ Е Интерфейс мобильного приложения

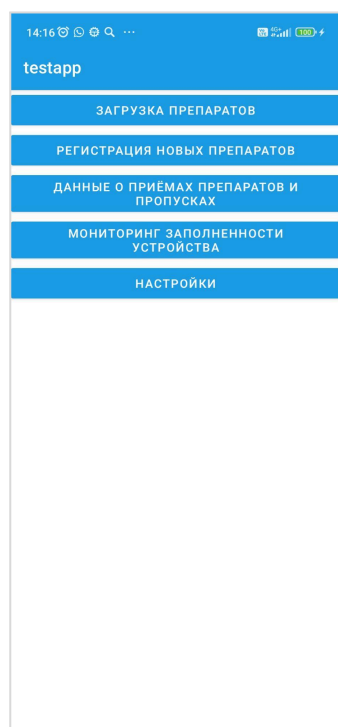


Рисунок Е.1 - Главный экран

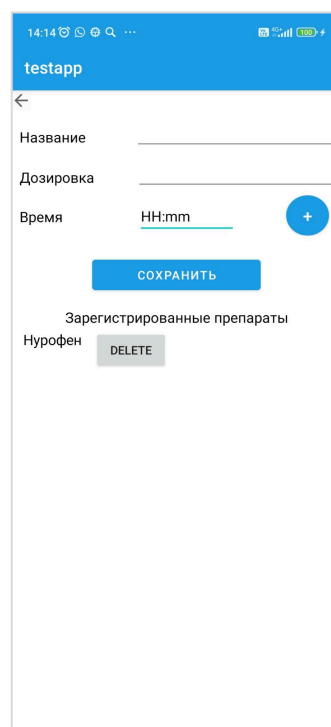


Рисунок Е.2 - Регистрация препаратов

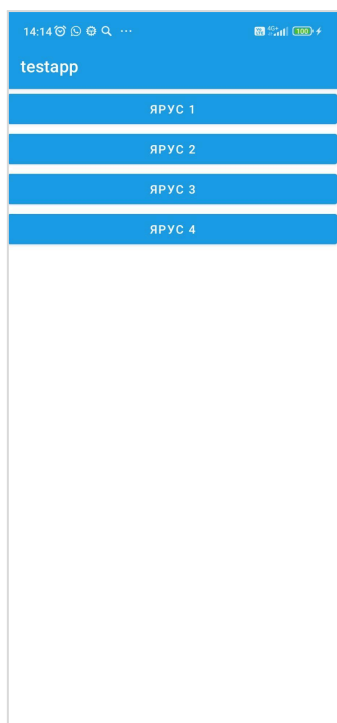


Рисунок Е.3 - Выбор яруса загрузки

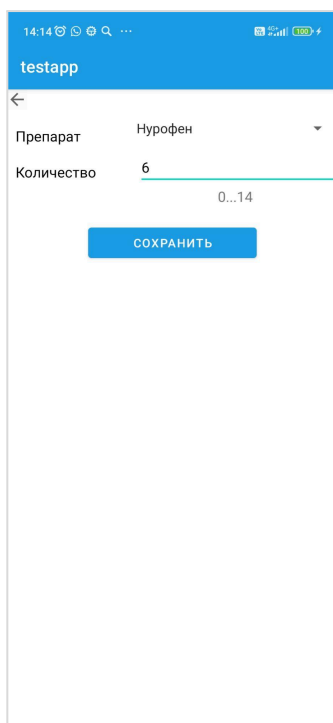


Рисунок Е.4 - Загрузка препарата на ярус

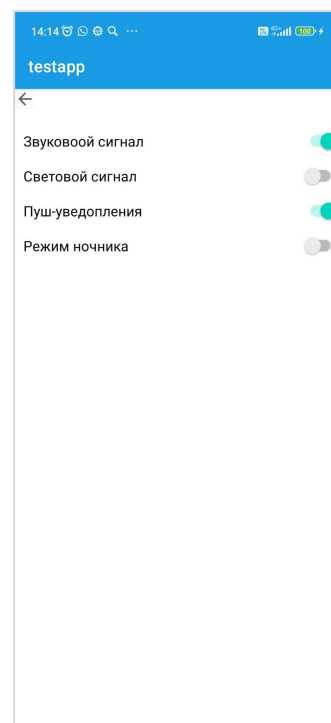


Рисунок Е.5 - Настройки уведомлений

## ПРИЛОЖЕНИЕ Ж Интеллектуальные упражнения

С помощью консультации психолога были выделены два вида упражнений для поддержания умственной активности, которые можно интегрировать в проект.

1) Тест Струпа, основанный на известном в среде психологов эффекте Струпа, по которому испытывает затруднения в определении цвета надписи, если надпись противоречит цвету (см. рисунок 3.1).

2) Таблицы Шульте — таблицы со случайно расположенными обычно числами или буквами (см. рисунок 3.2), служащие для проверки и развития быстроты нахождения этих объектов в определённом порядке.



Рисунок Ж.1 - Пример теста  
Струпа

3	17	21	8	4
10	6	15	25	13
24	20	1	9	22
19	12	7	14	16
2	18	23	11	5

Рисунок Ж.2 - Пример таблицы  
Шульте

## ПРИЛОЖЕНИЕ И Рецензии и рекомендации

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ  
**АНДРОИДНАЯ ТЕХНИКА**

Исх. № 381 от «10» апреля 2023 г.

Ученице 9 класса  
ГБОУ г. Москвы «Бауманская  
инженерная школа № 1580» АНО ДО  
«Научно-образовательный центр  
МГТУ им. Н. Э. Баумана»  
Фроловой К. Н.

### ОТЗЫВ на технологический проект «Медицинский робот-компаньон «МК»»

Область исследования, к которой относится основной материал – социально направленная сервисная робототехника, является актуальным направлением научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выбранное направление обладает перспективой развития до коммерческого серийного продукта.

В работе приведен перечень известных подходов, показаны прототипы аналогов разрабатываемого изделия, концептуально обоснована концепция применения разрабатываемого изделия. Проведены работы по разработке и изготовлению функционального прототипа, выполнена конструкторская и технологическая документация, разработаны сценарии использования разрабатываемого устройства, приведен перечень литературных источников. Работа выполнена на хорошем техническом уровне, стиль изложения последовательный, работа структурирована.

В части развития проекта рекомендуем обратить внимание на:

- проработку эргономики корпуса изделия, исходя из возможных мест его размещения;
- рассмотреть возможность исполнения мобильного устройства, позволяющего использовать изделие в медицинских учреждениях;
- проработать варианты интеграции устройства с сервисами «умного дома», подключение устройства к ИТ (промышленный интернет вещей);
- рассмотреть вопрос пресечения несанкционированного доступа к лекарствам, вопрос внедрения и технического обслуживания устройства термостатирования таблетки, механизм вызова экстренной помощи пользователю в случае нажатия им на кнопку экстренного реагирования либо иные способы оценки состояния пользователя.

Работа рекомендована к продолжению, представляет интерес для участия в научно-технических выставках и конкурсах.

Исполнительный директор

Исп. Жиденко И.Г.  
+7 (3519) 58-01-86  
ivan.zhidenko@npo-at.com



Е.А. Дудоров

АО «НПО «Андроидная техника»  
109518, г. Москва, ул. Грайвороновская, д. 23  
ОГРН 1097746741894, ИНН/КПП 7723738378/772201001  
тел.: +7 (495) 226 02 99, +7 (495) 226 12 99, +7 (495) 226 14 99  
e-mail: info@npo-at.com, www.npo-at.com

Рисунок И.1 - Рецензия и рекомендации от АО «НПО «Андроидная техника»



**Рецензия**  
**на технологический проект Фроловой Ксении Николаевны**  
**Тема: «Медицинский робот-компаньон MIK»**

Представленная пояснительная записка содержит все ключевые этапы полноценной научно-исследовательской работы (актуальность, конкурентный анализ, теоретический этап разработки, практический этап реализации).

В описании актуальности заявленной темы проведена работа по изучению возможных потребностей пользователей с точки зрения дополнительных функций. В части конкурентного анализа проведён сравнительный анализ аналогичных решений, описаны их достоинства и недостатки.

На этапе разработки предложена и описана концепция устройства, его конструктивные и аппаратные особенности. Следует отметить проработку и описание сценария применения устройства как одну из важных составляющих проделанной автором работы. Такой подход позволяет лучше понять, как именно пользователи будут взаимодействовать с устройством.

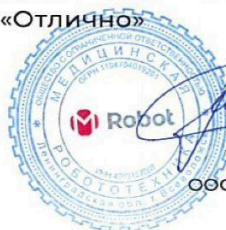
На этапе практической реализации были выбраны компоненты устройства, разработано схмотехническое решение, программное обеспечение, проведена сборка устройства.

Технологический проект Фроловой К.Н. выполнен на высоком научно-техническом уровне. Автором проработаны все аспекты разработки устройства, изучен необходимый массив практической, теоретической и нормативной информации. Освоены навыки разработки конструктивно-компоновочных решений, схмотехнических решений и программного обеспечения.

В вопросах перспективы развития данного проекта в будущем следует больше внимания уделить возможным рискам предлагаемого технического решения, чтобы исключить ошибочную выдачу лекарственных препаратов. Целесообразно провести ряд тестов устройства для установления соответствия заявляемым характеристикам.

Технологический проект Фроловой Н.К. «Медицинский робот-компаньон MIK» заслуживает оценки «Отлично»

Генеральный директор



С.А. Никитин

г. Санкт-Петербург  
ООО «Медицинская робототехника»

Рисунок И.2 - Рецензия и рекомендации от ООО «Медицинская  
робототехника»



Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации



Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный  
технический университет имени Н. Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н. Э. Баумана)

105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1  
Тел. (499) 263-63-91 Факс (499) 267-48-44  
E-mail: [bauman@bmstu.ru](mailto:bauman@bmstu.ru)  
ОГРН 1027739051779  
ИНН 7701002520 КПП 770101001

№ \_\_\_\_\_  
на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

### РЕЦЕНЗИЯ

на работу «Медицинский робот-компаньон «МИК»  
обучающегося города Москвы ГБОУ «Бауманская инженерная школа № 1580»  
Фроловой Ксении Николаевны

Работа выполнена на актуальную тему, связанную с разработкой робота-компаньона, помогающего пользователям в заботе о здоровье.

В работе представлен подробный анализ существующих решений по теме автоматизации выдачи препаратов и роботов-компаньонов различных назначений. Рассмотрены основные конструктивно-технологические решения, выделены преимущества и недостатки каждого из них.

В ходе проекта был создан прототип, отличающийся высокой технологичностью и базовым функционалом. Конкурсантом была создана 3D модель корпусных деталей, которые впоследствии были распечатаны на 3D-принтере из PLA-пластика и вырезаны из акрила на станке с ЧПУ.

Таким образом, автор продемонстрировал навыки работы в программном обеспечении для 3D-моделирования, печати на FDM-принтере, работы в программном обеспечении для создания печатных плат и работе с электроникой.

Работа выполнена на соответствующем техническом уровне, имеет практическое применение и высокий потенциал коммерциализации.

к.т.н. доцент кафедры СМ-13  
Заместитель декана факультета СМ  
МГТУ им. Н. Э. Баумана

А. Д. Новиков

Рисунок И.3 - Рецензия от МГТУ им. Н. Э. Баумана