



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
Направление подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника  
ООП/ОПОП Интеллектуальные робототехнические и мехатронные системы  
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

### ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

| Тема работы                                                                                                |  |  |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|
| Разработка системы навигации сервисного робота для доставки лекарственных средств в медицинском учреждении |  |  |  |  |

УДК 007.52:615.1

Обучающийся

| Группа | ФИО                      | Подпись | Дата |
|--------|--------------------------|---------|------|
| 8Е92   | Сухов Федор Вячеславович |         |      |

Руководитель ВКР

| Должность        | ФИО                         | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|-----------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Ланграф Сергей Владимирович | К.Т.Н.                 |         |      |

Со-руководитель ВКР (по разделу «Концепция стартап-проекта»)

| Должность  | ФИО                             | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------|---------------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ШИП | Силифонова Екатерина Валерьевна | К.Э.Н.                 |         |      |

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность                 | ФИО                        | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------------|----------------------------|------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель ООД | Мезенцева Ирина Леонидовна | -                      |         |      |

Нормоконтроль

| Должность           | ФИО                              | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------|----------------------------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент ОАР ИШИТР | Поберезкина Екатерина Евгеньевна | -                      |         |      |

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП | ФИО                          | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|------------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Киселев Александр Викторович | К.Т.Н.                 |         |      |

Томск – 2023 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

| Код компетенции                         | Наименование компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Универсальные компетенции</b>        |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>УК(У)-1</b>                          | Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач                                                                                                                                                             |
| <b>УК(У)-2</b>                          | Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений                                                                                                                 |
| <b>УК(У)-3</b>                          | Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде                                                                                                                                                                                                        |
| <b>УК(У)-4</b>                          | Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)                                                                                                                                        |
| <b>УК(У)-6</b>                          | Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни                                                                                                                                                |
| <b>УК(У)-7</b>                          | Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности                                                                                                                                                   |
| <b>УК(У)-8</b>                          | Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов |
| <b>УК(У)-9</b>                          | Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи                                                                                                                          |
| <b>УК(У)-10</b>                         | Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности                                                                                                                                                                                               |
| <b>УК(У)-11</b>                         | Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>ОПК(У)-1</b>                         | Способен представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики                                                                                                                     |
| <b>ОПК(У)-2</b>                         | Владеет физико-математическим аппаратом, необходимым для описания мехатронных и робототехнических систем                                                                                                                                                                                   |
| <b>ОПК(У)-3</b>                         | Владеет современными информационными технологиями, готовностью применять современные средства автоматизированного проектирования и машинной графики при проектировании систем и их отдельных модулей,                                                                                      |

|                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                     | а также для подготовки конструкторско-технологической документации, соблюдать основные требования информационной безопасности                                                                                                                                                |
| <b>ОПК(У)-4</b>                     | Готов собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии в своей профессиональной деятельности                                 |
| <b>ОПК(У)-5</b>                     | Способен использовать основы экономических знаний при оценке эффективности результатов своей профессиональной деятельности                                                                                                                                                   |
| <b>ОПК(У)-6</b>                     | Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности                                    |
| <b>Профессиональные компетенции</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>ПК(У)-1</b>                      | Способен составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники |
| <b>ПК(У)-2</b>                      | Способен разрабатывать программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования                                                                                                  |
| <b>ПК(У)-3</b>                      | Способен разрабатывать экспериментальные макеты управляющих, информационных и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем и проводить их экспериментальное исследование с применением современных информационных технологий                                |
| <b>ПК(У)-4</b>                      | Способен осуществлять анализ научно-технической информации, обобщать отечественный и зарубежный опыт в области средств автоматизации и управления, проводить патентный поиск                                                                                                 |
| <b>ПК(У)-5</b>                      | Способен проводить эксперименты на действующих макетах, образцах мехатронных и робототехнических систем по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств                                            |
| <b>ПК(У)-6</b>                      | Способен проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных пакетов с целью исследования математических моделей мехатронных и робототехнических систем                                                                                           |
| <b>ПК(У)-7</b>                      | Готов участвовать в составлении аналитических обзоров и научно-технических отчетов по результатам выполненной работы, в подготовке публикаций по результатам исследований и разработок                                                                                       |
| <b>ПК(У)-8</b>                      | Способен внедрять результаты исследований и разработок и организовывать защиту прав на объекты интеллектуальной собственности                                                                                                                                                |
| <b>ПК(У)-9</b>                      | Способен участвовать в качестве исполнителя в научно-исследовательских разработках новых робототехнических и мехатронных систем                                                                                                                                              |

|                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ПК(У)-10</b>                                  | Готов участвовать в подготовке технико-экономического обоснования проектов создания мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей                                                                                                                                                  |
| <b>ПК(У)-11</b>                                  | Способен производить расчёты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием                    |
| <b>ПК(У)-12</b>                                  | Способен разрабатывать конструкторскую и проектную документацию механических, электрических и электронных узлов мехатронных и робототехнических систем в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями                                                                                       |
| <b>ПК(У)-13</b>                                  | Готов участвовать в проведении предварительных испытаний составных частей опытного образца мехатронной или робототехнической системы по заданным программам и методикам и вести соответствующие журналы испытаний                                                                                             |
| <b>Профессиональные компетенции университета</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>ДПК (У)-1</b>                                 | Способен проводить проверку технического состояния оборудования, обоснование экономической эффективности внедрения проектируемых модулей и подсистем мехатронных и робототехнических устройств, настройку системы управления и обработки информации с использованием соответствующих инструментальных средств |



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      \_\_\_\_\_ (Дата)      Мамонова Т.Е.  
(Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

| Группа | ФИО                      |
|--------|--------------------------|
| 8E92   | Сухов Федор Вячеславович |

Тема работы:

|                                                                                                            |                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Разработка системы навигации сервисного робота для доставки лекарственных средств в медицинском учреждении |                        |
| Утверждена приказом директора (дата, номер)                                                                | №34-87/с от 03.02.2023 |

|                                            |            |
|--------------------------------------------|------------|
| Срок сдачи обучающимся выполненной работы: | 04.06.2023 |
|--------------------------------------------|------------|

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

#### Исходные данные к работе

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

Объектом проектирования является система навигации, применяемая для управления медицинским сервисным роботом.

Разработка системы навигации должна производиться с учетом имеющейся лабораторной базы:

- транспортная робототехническая платформа;
- отладочная плата на базе STM32F303.

Система навигации должна отвечать следующим требованиям:

- определять текущее положение робота в соответствии с картами помещения;
- строить маршруты движения;
- определять и объезжать препятствия;
- обеспечивать непрерывную работу.

Разработка системы навигации должна вестись с учетом особенностей условий медицинского стационара. Питание

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | системы обеспечивается аккумулятором сервисного робота.                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке</b><br><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i> | 1. Описание и аналитический обзор применяемых в сервисной робототехнике систем навигации;<br>2. Выбор основных элементов системы навигации;<br>3. Разработка функциональной схемы;<br>4. Разработка алгоритма работы навигационной системы;<br>5. Разработка макетного образца;<br>6. Проведение экспериментальных исследований на базе макетного образца. |
| <b>Перечень графического материала</b><br><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Функциональная схема, блок-схема алгоритма.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b><br><i>(с указанием разделов)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Раздел</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>Консультант</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Концепция стартап-проекта                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Силифонова Екатерина Валерьевна, доцент ШИП, к.э.н.                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Социальная ответственность                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Старший преподаватель ООД Мезенцева Ирина Леонидовна                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|                                                                                                 |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b> | 03.02.2023 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

**Задание выдал руководитель:**

| Должность        | ФИО                         | Ученая степень, звание | Подпись | Дата       |
|------------------|-----------------------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Ланграф Сергей Владимирович | к.т.н.                 |         | 03.02.2023 |

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

| Группа | ФИО                      | Подпись | Дата       |
|--------|--------------------------|---------|------------|
| 8Е92   | Сухов Федор Вячеславович |         | 03.02.2023 |



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
Направление подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»  
Уровень образования Бакалавриат  
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники  
Период выполнения Весенний семестр 2022 /2023 учебного года

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

| Группа | ФИО                      |
|--------|--------------------------|
| 8E92   | Сухов Федор Вячеславович |

Тема работы:

Разработка системы навигации сервисного робота для доставки лекарственных средств в медицинском учреждении

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:

04.06.2023

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования) | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 27.05.2023 г. | Основная часть ВКР                                    | 60                                 |
| 30.05.2023 г. | Раздел «Социальная ответственность»                   | 20                                 |
| 30.05.2023 г. | Раздел «Концепция стартап-проекта»                    | 20                                 |

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

| Должность        | ФИО                         | Ученая степень, звание | Подпись | Дата       |
|------------------|-----------------------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Ланграф Сергей Владимирович | к.т.н.                 |         | 03.02.2023 |

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

| Должность        | ФИО                       | Ученая степень, звание | Подпись | Дата       |
|------------------|---------------------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Мамонова Татьяна Егоровна | к.т.н.                 |         | 03.02.2023 |

**Обучающийся**

| Группа | ФИО                      | Подпись | Дата       |
|--------|--------------------------|---------|------------|
| 8E92   | Сухов Федор Вячеславович |         | 03.02.2023 |

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 93 страницы, 28 рисунков, 9 таблиц, 45 источников и 2 приложения.

Ключевые слова: сервисная робототехника, система навигации, карта помещения, алгоритм, компьютерное зрение, локализация, доставка, лекарственные средства.

Объектом исследования является разработка системы навигации сервисного робота для доставки лекарственных средств в медицинском учреждении.

Цель работы: разработать систему навигации автономного робота, позволяющую осуществлять доставку лекарственных препаратов в условиях медицинских стационаров.

Работа посвящена разработке системы навигации сервисного робота, предназначенной для доставки лекарственных средств в медицинском учреждении. Результаты, полученные с помощью данной системы, могут быть применены в условиях медицинского стационара, а также могут являться теоретической основой для последующих разработок в данной области.

В процессе исследования проводились работы по проектированию, подбирались необходимое для реализации программно-аппаратного комплекса аппаратное обеспечение, разрабатывалось программное обеспечение, устанавливалась корректная связь аппаратной и программной частей и проводились серии экспериментов в условиях помещений.

В результате исследования система навигации была разработана и успешно апробирована на основе макетного образца.

Степень внедрения: минимально жизнеспособный продукт (MVP), стадия зрелости технологии (согласно оценке TRL): TRL 3.

Область применения: сервисная робототехника, медицинские технологии.

Экономическая эффективность/значимость работы подтверждается



письмами поддержки от медицинских организацией.

В будущем планируется осуществить оснащение системы навигации сервисного робота оставшимися датчиками, реализовать связь с оператором, а также осуществить переход на микрокомпьютер и усовершенствовать макетный образец.

## Содержание

|                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Реферат .....                                                                                                                                            | 8  |
| Введение .....                                                                                                                                           | 12 |
| Определения, обозначения, сокращения .....                                                                                                               | 14 |
| 1 Описание и аналитический обзор применяемых в сервисной робототехнике систем навигации .....                                                            | 15 |
| 2 Проектирование системы навигации .....                                                                                                                 | 21 |
| 2.1 Проектирование структурной схемы .....                                                                                                               | 21 |
| 2.2 Выбор компонентов .....                                                                                                                              | 23 |
| 2.3 Проектирование функциональной схемы .....                                                                                                            | 28 |
| 3 Разработка системы навигации .....                                                                                                                     | 29 |
| 3.1 Разработка нейросетевого определителя дверного проема .....                                                                                          | 29 |
| 3.2 Разработка алгоритма работы навигационной системы.....                                                                                               | 34 |
| 3.3 Разработка макетного образца .....                                                                                                                   | 37 |
| 4 Проведение экспериментальных исследований на базе макетного образца ...                                                                                | 40 |
| 5 Концепция стартап-проекта.....                                                                                                                         | 49 |
| 5.1 Описание продукта.....                                                                                                                               | 49 |
| 5.2 Способы защиты интеллектуальной собственности .....                                                                                                  | 50 |
| 5.3 Объем и емкость рынка.....                                                                                                                           | 51 |
| 5.4 Анализ современного состояния и перспектив развития отрасли.....                                                                                     | 53 |
| 5.5 Себестоимость продукта .....                                                                                                                         | 55 |
| 5.6 Конкурентные преимущества создаваемого продукта и сравнение технико-экономических характеристик продукта с отечественными и мировыми аналогами ..... | 59 |
| 5.7 Целевые сегменты .....                                                                                                                               | 61 |
| 5.8 Бизнес-модель проекта, производственный план и план продаж.....                                                                                      | 62 |
| 5.9 Стратегия продвижения продукта на рынок.....                                                                                                         | 66 |
| 6 Социальная ответственность .....                                                                                                                       | 70 |
| 6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....                                                                                    | 71 |
| 6.2 Производственная безопасность.....                                                                                                                   | 72 |

|                                                                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.2.1 Отклонение показателей микроклимата.....                                                                                                       | 74 |
| 6.2.2 Повышенный уровень шума .....                                                                                                                  | 75 |
| 6.2.3 Отсутствие или недостаток естественного или искусственного<br>освещения .....                                                                  | 76 |
| 6.2.4 Монотонность труда, вызывающая монотонию .....                                                                                                 | 77 |
| 6.2.5 Длительное сосредоточенное наблюдение .....                                                                                                    | 78 |
| 6.2.6 Факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей<br>электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий<br>..... | 79 |
| 6.3 Экологическая безопасность.....                                                                                                                  | 79 |
| 6.3.1 Защита атмосферы.....                                                                                                                          | 79 |
| 6.3.2 Защита литосферы .....                                                                                                                         | 80 |
| 6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....                                                                                                      | 80 |
| 6.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект<br>исследований .....                                                                   | 80 |
| 6.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка<br>порядка действия в случае возникновения ЧС .....                                  | 81 |
| 6.5 Вывод по главе «Социальная ответственность» .....                                                                                                | 83 |
| Заключение.....                                                                                                                                      | 84 |
| Список публикаций обучающегося.....                                                                                                                  | 85 |
| Список используемых источников.....                                                                                                                  | 86 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) Письмо поддержки от клиник СибГМУ .....                                                                                  | 90 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное) Письмо поддержки от ОГАУЗ Поликлиники<br>№8 г.Томска.....                                                                | 92 |

## Введение

Развитие технологий подарило возможность интеллектуальным робототехническим системам ориентироваться в пространстве для решения задач навигации и транспортировки объектов. Для современного робота система технического зрения является ключевым узлом, участвующим в управлении. Сервисные роботы отлично справляются с обнаружением, распознаванием, идентификацией предметов; более того, они способны получать информацию о координатах объектов, а также об их движении.

Томской области не хватает 578 средних медицинских работников – медсестер, фельдшеров, лаборантов, рентгенолаборантов и акушерок [1]. Нехватка младшего медицинского персонала приводит к снижению качества медицинских услуг, что ощущается как в отдаленных районах региона, так и в областном центре - городе Томске. Более того, вследствие нехватки работников, медсёстрам зачастую приходится выполнять двойной объём работы, это приводит к профессиональному выгоранию, что, в свою очередь, влечёт за собой ухудшение отношения к пациентам. Согласно исследованию, в 2017 году более 90 % врачей Томской области сталкивались с профессиональным выгоранием [2].

Более того, в периоды распространения эпидемиологических заболеваний данная разработка поможет медицинским работникам меньше контактировать с больными, благодаря чему удастся снизить темпы распространения заболеваний.

Разработка мобильного робота, осуществляющего доставку лекарственных препаратов до пациентов, поможет освободить средний медицинский персонал, находящийся, в настоящее время, под высокой загруженностью.

Цель работы: Разработать систему навигации автономного робота, позволяющую осуществлять доставку лекарственных препаратов в условиях медицинских стационаров.

Для достижения цели требуется решить следующие задачи:

1. Провести аналитический обзор систем навигации сервисных роботов.
2. Спроектировать структурную схему навигационной системы.
3. Определить основные компоненты системы.
4. Спроектировать функциональную схему.
5. Разработать алгоритм работы системы навигации.
6. Разработать макетный образец сервисного робота с системой навигации.
7. Провести экспериментальные испытания на базе макетного образца.

## Определения, обозначения, сокращения

**LiDAR:** Технология измерения расстояний путем излучения света и замера времени возвращения этого отраженного света на приёмник.

**SLAM:** Метод, используемый в мобильных автономных средствах для построения карты в неизвестном пространстве или для обновления карты в заранее известном пространстве с одновременным контролем текущего местоположения и пройденного пути.

**USB:** Универсальная последовательная шина передачи данных.

**ROS:** Остов для программирования роботов, предоставляющий функциональность для распределенной работы.

**Wi-Fi:** Технология беспроводной локальной сети с устройствами на основе стандартов IEEE 802.11.

**STL:** Формат файла, широко используемый для хранения трехмерных моделей объектов для использования в аддитивных технологиях.

**URDF:** Спецификация XML, используемой в академической среде и промышленности для моделирования робототехнических систем.

Linux – семейство Unix-подобных операционных систем на базе ядра Linux, включающих тот или иной набор утилит и программ проекта GNU.

## **1 Описание и аналитический обзор применяемых в сервисной робототехнике систем навигации**

Рассмотрим наиболее известных сервисных роботов: обратим внимание на используемые технологии машинного зрения, рассмотрим возможности данных решений.

Проект «Яндекс.Ровер» посвящен доставке товаров в уличных условиях. Робот обладает сравнительно небольшими габаритами (высота – 50 см., вес – 50 кг.), на специальном блоке наверху ровера установлен лидар от компании Velodyne - устройство, помогающее роботу ориентироваться в пространстве. На данный момент компания занята разработкой собственного лидара [3]. Также разработка оснащена сенсорами и камерой. Робот успешно доставляет заказы, однако, только в зоне ограниченной доступности. На рисунке 1 представлен внешний вид робота.



Рисунок 1 – Робот-курьер «Яндекс.Ровер»

Российская компания «Promobot» знаменита своим мультисервисным роботом «Promobot V.4», который может быть использован в самых разных сценариях – как администратор, консультант, и даже экскурсовод.

На роботе установлены 16 датчиков и 3D-камера, благодаря которым он безопасно передвигается, избегая препятствия. Датчики разработаны командой Promobot: они ищут препятствия и по свету, и по звуку поэтому они точнее других решений на рынке [4]. На рисунке 2 представлен внешний вид «Промобота». Он сильно отличается от разработки «Яндекса», ведь в случае с ровером самое важное – доставить товар, в то время как «Промобот» предполагает общение с человеком, поэтому разработчики сделали его человекоподобным.



Рисунок 2 – «Promobot V.4»

Зарубежные производители также заинтересованы в производстве сервисных роботов. Так, китайский стартап «Pudu Robotics» может похвастаться внушительной «коллекцией» сервисных роботов как общего, так и специального назначения. Рассмотрим самую популярную модель – робота-доставщика «Pudubot». Робот использует уникальную технологию PUDU SLAM, которая основана на системе машинного зрения, состоящей из лидара, камеры, камеры глубины, гиростабилизатора, множества сенсоров, а также беспроводной технологии связи на малых расстояниях [5]. Такой объем



датчиков позволяет роботу работать с высочайшей точностью. На рисунке 3 представлен «Pudubot» от компании «Pudu Robotics».



Рисунок 3 – Робот-доставщик «Pudubot»

Перейдем к рассмотрению медицинских сервисных роботов. Шведско-швейцарская ABB в 2019 представила концепцию мобильного лабораторного робота на базе коллаборативного робота YuMi, способного работать совместно с персоналом больниц и лабораторий [6]. Ожидается, что робот сможет помогать в работе персоналу больниц и лабораторий. Например, он сможет доставлять лекарства в заданные места, выдавать их, подвозить в палаты постельное белье. Разумеется, робот не будет натykаться на людей и сам сможет строить маршруты, чтобы попасть в заданное место. Для этого робота планируют обеспечить лидаром, камерой глубины, а также системой сенсоров. Внешний вид концепта представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Концепт-робот компании ABB

Существенных результатов во внедрении сервисных роботов в сферу медицины добилась японская компания «Panasonic» со своей системой «Hospi», в которую входят роботы-доставщики и система выдачи медицинских препаратов [7][8].

Роботы готовы к работе 24 часа в сутки, без праздников и выходных. Они могут освободить медицинский персонал от множества рутинных задач, в т.ч., сбора и доставки лекарств, больничных карт, лабораторных проб и прочего. Специальная антивандальная система надежно защищает «внутренности» робота - доступ к содержимому открывается только с помощью авторизованной ID-карты. В память каждой машины можно загрузить поэтажные планы любого лечебного учреждения, с которыми «Hospi» постоянно сверяется, передвигаясь по заранее запланированному маршруту. Система сенсоров помогает роботу «ощупать» окружающее его пространство и избежать столкновений с людьми и предметами, которые могут возникнуть на его пути. «Hospi» не нужны провода или дополнительные метки и электромагнитные ленты, устанавливаемые на

стенах. На рисунке 5 представлен робот-доставщик производства «Panasonic». На рисунке 6 показана система выдачи медицинских препаратов.



Рисунок 5 – Робот-доставщик компании «Panasonic»



Рисунок 6 – Система выдачи медицинских препаратов

Представим обзорные данные в виде сравнительной таблицы:

Таблица 1 – Сравнение сервисных роботов

| Название сервисного робота | Сфера применения                   | Конкурентные преимущества                                                                                                                             | Выявленные недостатки                                                                                              | Технологическое оснащение                                          |
|----------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Яндекс.Ровер               | Курьерские службы                  | Возможность работы в уличных условиях                                                                                                                 | Сложности в ориентировании на неоднородных поверхностях                                                            | Камера глубины, лидар Velodyne, система датчиков                   |
| Promobot V.4               | Служба поддержки, общение с людьми | Мультизадачность, собственная разработка системы машинного зрения                                                                                     | Габариты робота, отсутствие возможности перевоза нескольких объектов одновременно                                  | 16 датчиков и 3D-камера                                            |
| Pudubot                    | Доставка товаров                   | Уникальная технология PUDU SLAM                                                                                                                       | Отсутствие ячеек для хранения и возможности работы на нескольких этажах                                            | Лидар, камера, камера глубины, гиростабилизатор, сенсоры и датчики |
| Концепт от ABB             | Медицина                           | Наличие манипуляторов в составе робота                                                                                                                | Сложность технической реализации                                                                                   | Камера глубины, лидар, сенсоры                                     |
| Hospi                      | Медицина                           | Работа с системой выдачи медицинских препаратов, поддержка нескольких этажей, нескольких роботов внутри системы, сертификация ISO, электронный «ключ» | Сложность развертывания системы в необорудованных учреждениях, невозможность работы нескольких роботов вне системы | Камера глубины, лидар, сенсоры                                     |

Исходя из сравнительного анализа, предложенного в таблице 1, можно сделать вывод, что системы в целом используют схожий набор технологического оснащения. У каждой системы есть свои недостатки, как и преимущества.

## **2 Проектирование системы навигации**

### **2.1 Проектирование структурной схемы**

С учетом проведенного аналитического обзора существующих решений в области навигационных систем сервисных роботов, а также их технического оснащения, спроектируем систему навигации медицинского сервисного робота исходя из необходимых и достаточных требований к работе в условиях медицинского стационара. Отметим уже имеющийся задел по проекту, состоящий в уже разработанной транспортной платформе определенных габаритов и форм.

Сформулируем требования, предъявляемые к системе навигации:

1. Система должна быть способна строить карты помещения стационара и ориентироваться по ним.

2. Система должна уметь определять текущее положение робота в соответствии с картами помещения.

3. Система должна уметь строить маршруты движения.

4. Система должна уметь определять и объезжать препятствия.

Сформулируем требуемые параметры системы.

1. Дальность распознавания препятствий: 2 метра.

2. Отклик системы на изменение окружения: менее 1 секунды.

3. Частота обновления прорисовки помещения: не ниже 5 раз в секунду.

Исходя из требований, предъявляемых к системе навигации и требуемых параметров системы, составим эскизный проект разрабатываемой системы, представим его на рисунке 7.

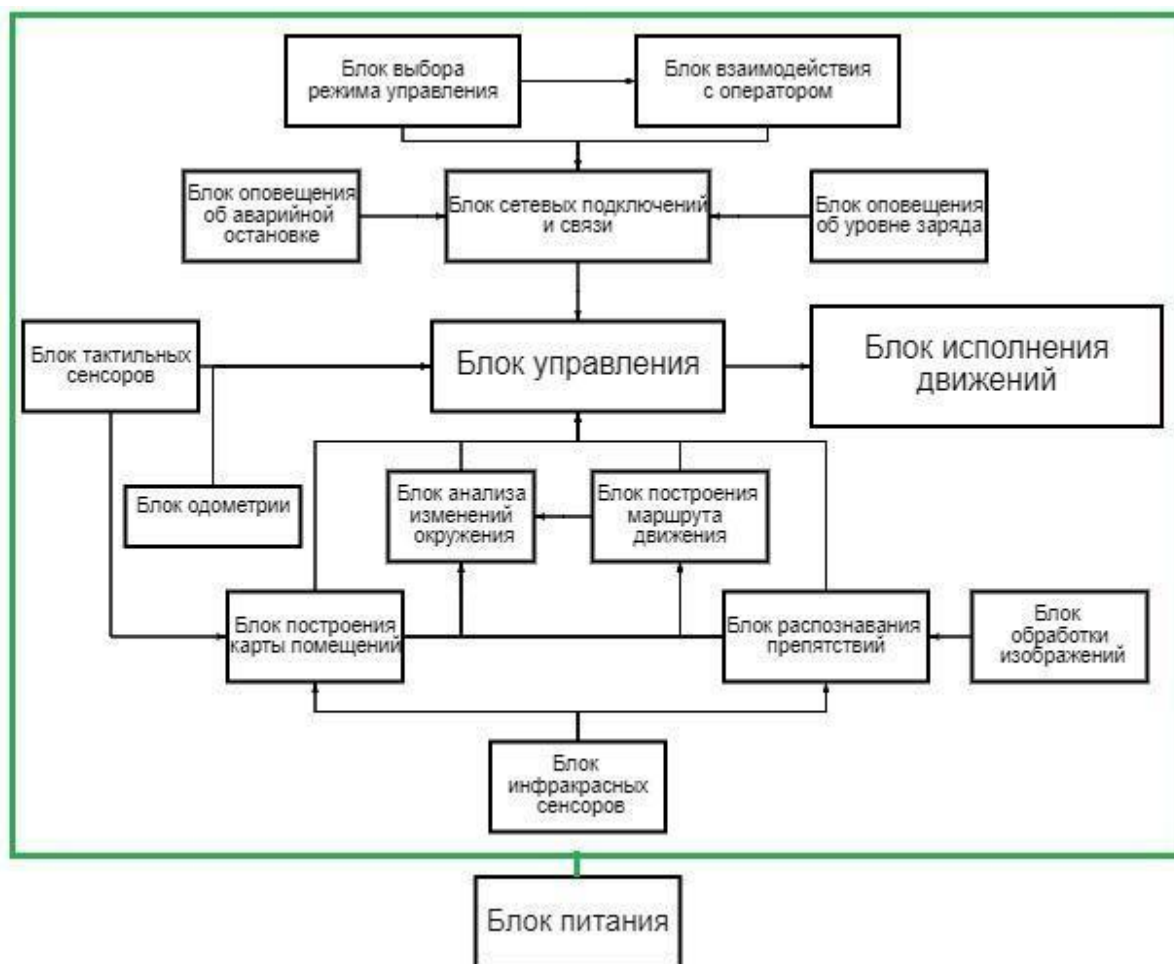


Рисунок 7 – Эскизный проект системы навигации сервисного робота

Исходя из составленного эскизного проекта, спроектируем структурную схему системы навигации. Получившаяся структура системы навигации показана на рисунке 8. На ней представлены следующие обозначения:

- $\{L\}$  – множество сигналов, поступающих с датчиков расстояния;
- $\{I\}$  – множество значений силы тока;
- $\{\omega\}$  – множество задающих значений угловых скоростей;
- $\{N\}$  – множество задающих значений количества оборотов.

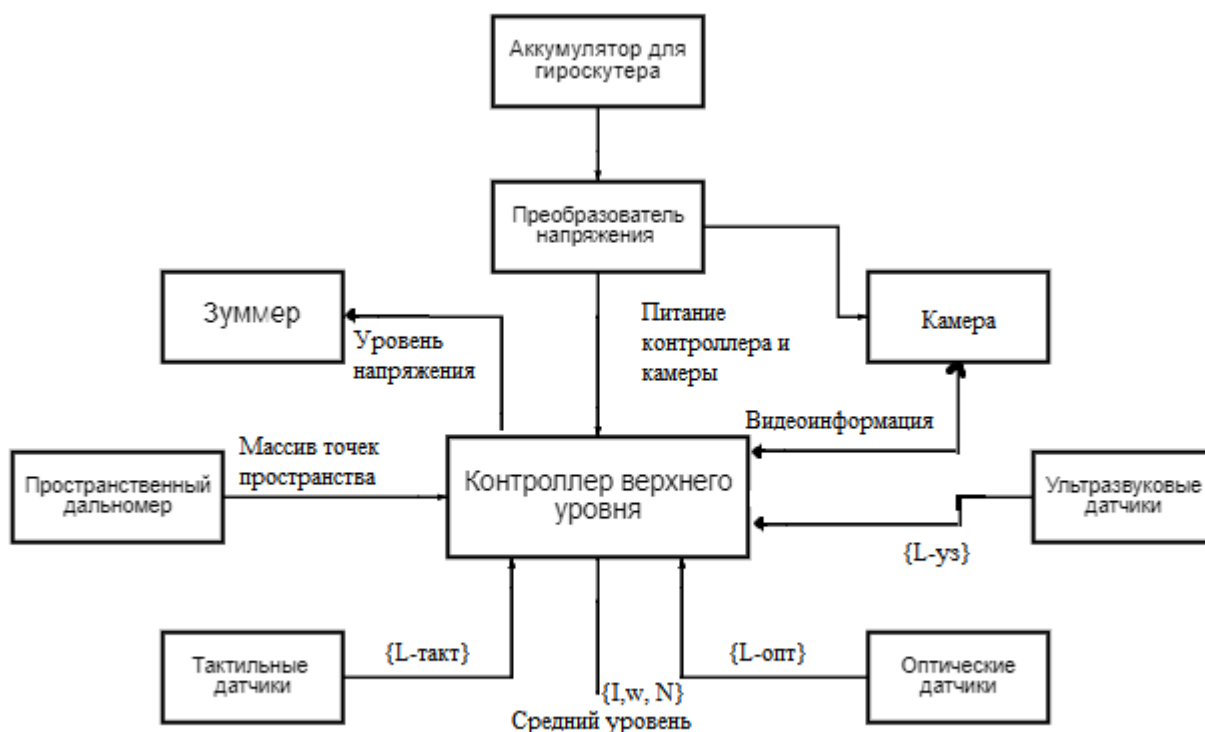


Рисунок 8 – Структурная схема системы навигации

## 2.2 Выбор компонентов

Произведем расчет и выбор компонентов системы навигации во избежание избыточности затрат, формирование точных параметров разрабатываемой системы.

Система навигации будет полностью размещена на сервисном роботе, значит существует ограничение по занимаемому пространству. Максимально возможные габариты робота составляют 0,6 метра в длину и 0,5 метра в ширину.

Решить ограничение можно при помощи расположение компонентов системы на разных уровнях. В самом деле, расположение всех датчиков на одном уровне не имеет за собой смысла: в таком случае мы работает лишь в одной плоскости, параллельной поверхности движения. Высота робота должна обеспечивать возможность пациентов взаимодействия с tabletницами, не мешая при этом работе датчиков. Максимально возможная высота робота



составляет 1.5 метра (при средней длине руки человека в 70 сантиметров). Такая высота способна обеспечить взаимодействие робота и пациента.

На высоте 30 сантиметров от поверхности предполагается по периметру робота разместить ультразвуковые датчики. Датчики, расположенные по периметру сервисного робота, обеспечивают непрерывное получение информации о пространстве, тогда как пространственный дальномер совершает вращения вокруг своей оси и, теоретически, может оставить препятствие незамеченным.

На высоте от 30 до 60 сантиметров от поверхности следует расположить пространственный дальномер для построения карты помещения. Выбор высоты обусловлен необходимостью лидара работать в плоскости, близкой к поверхности, для построения точной карты помещения. Находясь выше, лидар чаще ошибается из-за неоднородности поверхности и, как следствие, возникновения колебаний платформы.

На высоте от 60 до 90 сантиметров от поверхности предполагается размещение оптических датчиков и камеры с высокими разрешением и частотой обновления кадров. Камера позволяет оператору взаимодействовать с роботом в режиме радиоуправления, передавая изображение по беспроводному каналу связи.

Оптические датчики, также как и ультразвуковые, считывают информацию об окружении. Однако, ультразвуковые датчики, в отличие от оптических датчиков, могут работать в условиях запыления, задымления. Несмотря на санитарные условия в стационарах, защита от пыли и дыма для датчиков нижнего уровня может оказаться полезной. Оптические датчики выигрывают у ультразвуковых в скорости работы, с помощью них удобно контролировать углы движения системы. Их выгоднее расположить на верхнем уровне.

Также следует установить тактильные сенсоры в количестве 4 штук для принятия системой информации о столкновении с объектами. Выберем для



нашей системы навигации тактильные сенсоры TTR233V [9]. Из недостатков емкостных сенсоров стоит выделить нечувствительность к элементам, не проводящим электрический ток. Однако, пробуксовки, иные изменения в движении робота также будут свидетельствовать о помехах при движении. С этим справляется одометрия робота.

Оповещение об аварийной ситуации возложено на зуммер PS1240 [10].

С учетом имеющегося блока питания транспортной платформы, требуется понижающий преобразователь напряжения 36-5В.

Рассчитаем требуемые параметры к камере, исходя из минимальных требований к частоте обновления кадров.

Камера должна показывать изображение в высоком качестве, при этом не иметь потери кадров. Разрешение 1920 x 1080 является избыточным для такой задачи и в два раза повышает затрачиваемые вычислительные мощности в сравнении с разрешением 1280 x 720. Рассчитаем объем памяти на хранение RGB-изображения в качестве 720p:

$$Imagesize = pixelsX * pixelsY * bitDepth, \quad (1)$$

где  $Imagesize$  – объем памяти на хранение изображения,  $pixelsX$  – количество пикселей по горизонтали,  $pixelsY$  – количество пикселей по вертикали, а  $bitDepth$  – глубина цвета в битах.

При глубине цвета в 4 бит:

$$Imagesize = 1280 * 720 * 4 = 3\,686\,400 \text{ бит} = 450 \text{ килобайт} \quad (2)$$

При глубине цвета в 8 бит:

$$Imagesize = 1280 * 720 * 8 = 7\,372\,800 \text{ бит} = 900 \text{ килобайт} \quad (3)$$

При глубине цвета в 16 бит:

$$Imagesize = 1280 * 720 * 16 = 14\,745\,600 \text{ бит} = 1.75 \text{ мегабайт} \quad (4)$$

Соответственно, при минимальных 5 кадрах в секунду камера должна быть способна передавать:

$$V = \frac{I}{t}, \quad (5)$$

где  $I$  – объем файла,  $t$  – время передачи одного файла.

При глубине цвета в 4 бит:

$$V = \frac{450 \text{ килобайт}}{0,2} = 2250 \text{ килобайт} = 2,20 \text{ мегабайт/сек} \quad (6)$$

При глубине цвета в 8 бит:

$$V = \frac{900 \text{ килобайт}}{0,2} = 4500 \text{ килобайт} = 4,40 \text{ мегабайт/сек} \quad (7)$$

При глубине цвета в 16 бит:

$$V = \frac{1800 \text{ килобайт}}{0,2} = 9000 \text{ килобайт} = 8,80 \text{ мегабайт/сек} \quad (8)$$

Также для распознавания объектов важна разрешающая способность камеры: замыленности изображения блокируют возможность анализа окружения.

Исходя из представленных требований, нам подходит веб-камера A4Tech PK-910H [11]. Она имеет разрешение 720p, общее количество пикселей в 5 Мпикс, а также USB 2.0 порт. Пропускная способность такого порта на практике составляет порядка 30-35 мегабайт в секунду при заявленных 40-60 мегабайт в секунду.

Таким образом при глубине цвета в 16 бит в разрешении 720p камера может отдавать на микрокомпьютер:

$$T = \frac{V}{I} = \frac{30 \text{ мегабайт}}{1800 \text{ килобайт}} = \frac{30 * 1024}{1800} = 17,06 > 17 \text{ кадров в секунду}, \quad (9)$$

где  $T$  – количество кадров в секунду.

Таким образом, данная камера позволяет работать с 5 кадрами в секунду, и даже с 30 кадрами в секунду при глубине цвета в 8 бит и ниже. Значит, работа камеры, а, следовательно, и отклик системы на изменение окружения в 1 секунду возможен (отсутствуют провисания при обработке изображений).

Основой разработки является микрокомпьютер, через который проходят все операции. Raspberry Pi 4 model B покрывает все потребности в вычислениях с необходимым запасом. 4 ядра на частоте 1.5 ГГц с 8ГБ оперативной памяти смогут строить и хранить несколько карт помещений одновременно,

прокладывая по ним маршруты. Микрокомпьютер оснащен портами USB 2.0, а также модулями беспроводной и радиосвязи [12].

В качестве ультразвуковых датчиков возьмем модель HC-SR04 [13]. Этот дальномер может служить прекрасным датчиком для робота, благодаря которому он сможет определять расстояния до объектов, объезжать препятствия, или строить карту помещения. Его можно также использовать в качестве датчика для сигнализации, срабатывающего при приближении объектов.

Заявленный диапазон распознавания: 2–400 сантиметров, эффективный угол наблюдения: 15 градусов, рабочий угол наблюдения: 30 градусов.

Исходя из рабочего угла наблюдения, необходимое количество ультразвуковых датчиков составляет 6 штук.

В качестве оптических датчиков возьмем модель VL53L0XX [14].

Диапазон расстояний данного датчика равен 20–150 сантиметров. На верхнем уровне расположим 4 таких датчика, расположенные на повороте в 90 градусов друг от друга.

Требуется также обеспечить систему пространственным дальномером с заданной дальностью получения информации в 2 метра. Под наши требования подходит пространственный дальномер M1C1\_mini с поддержкой ROS [15]. Микрокомпьютер также поддерживает ROS. Дальномер обладает заявленной диаграммой сканирования в 12 метров, однако на практике возможно сканирование на дальности в 1.5-2 раза меньше заявленной. Предположим, что диаметр сканирования равен 6 метрам, тогда радиус сканирования равен 3 метрам, что покрывает требуемую дальность распознавания объектов в 2 метра.

## 2.3 Проектирование функциональной схемы

В разделе 2.2 были выбраны все составляющие разрабатываемого робота, пользуясь параметрами выбранных модулей, составим функциональную схему.

Контроллером верхнего уровня служит микрокомпьютер Raspberry pi 4 model B. Камерой выбрана модель от компании A4Tech PK-910H. Питание данных компонентов осуществляется от аккумулятора гироскутера на 36 вольт емкостью 4400 ампер-часов с использованием преобразователя напряжения 36-5В.

В состав функциональной схемы также входят пространственный дальномер M1C1\_mini, 4 оптических датчика VL53L0X, 6 ультразвуковых датчиков HC-SR04, 4 тактильных датчика TRR223V, а также зуммер PS1240.

Исходя из описанного выше была получена функциональная схема, представленная на рисунке 9. На рисунке также представлены шины питания и информационные шины, а также управляющие сигналы, посылаемые на средний уровень.

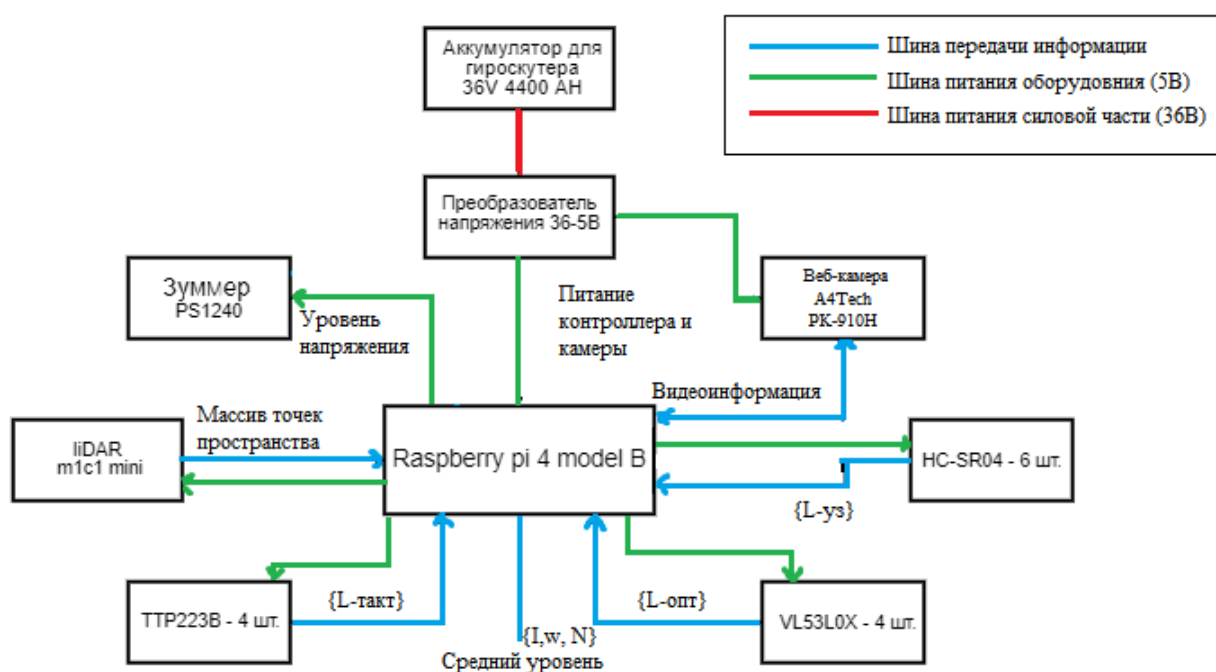


Рисунок 9 – Функциональная схема системы навигации

### **3 Разработка системы навигации**

#### **3.1 Разработка нейросетевого определителя дверного проема**

Чтобы успешно перемещаться в пространстве, сервисному роботу требуется особая логика управления при нахождении препятствий на пути движения, а также классификация окружения для определения дальнейших действий системы.

Было принято рассмотреть один из возможных сценариев взаимодействия робота с окружением: сервисному роботу требуется попасть к пациенту в палату, пройдя при этом через дверной проем и не задев при этом окружения и людей.

Для этого была обучена нейронная сеть, выполняющая нахождение дверного проема на изображении с камеры. В качестве нейронной сети была выбрана сверточная нейронная сеть yolov7. Предварительно была откалибрована используемая камера [16].

На рисунке 10 представлена блок-схема программы для калибровки камеры. На рисунке 11 представлен результат калибровки камеры.

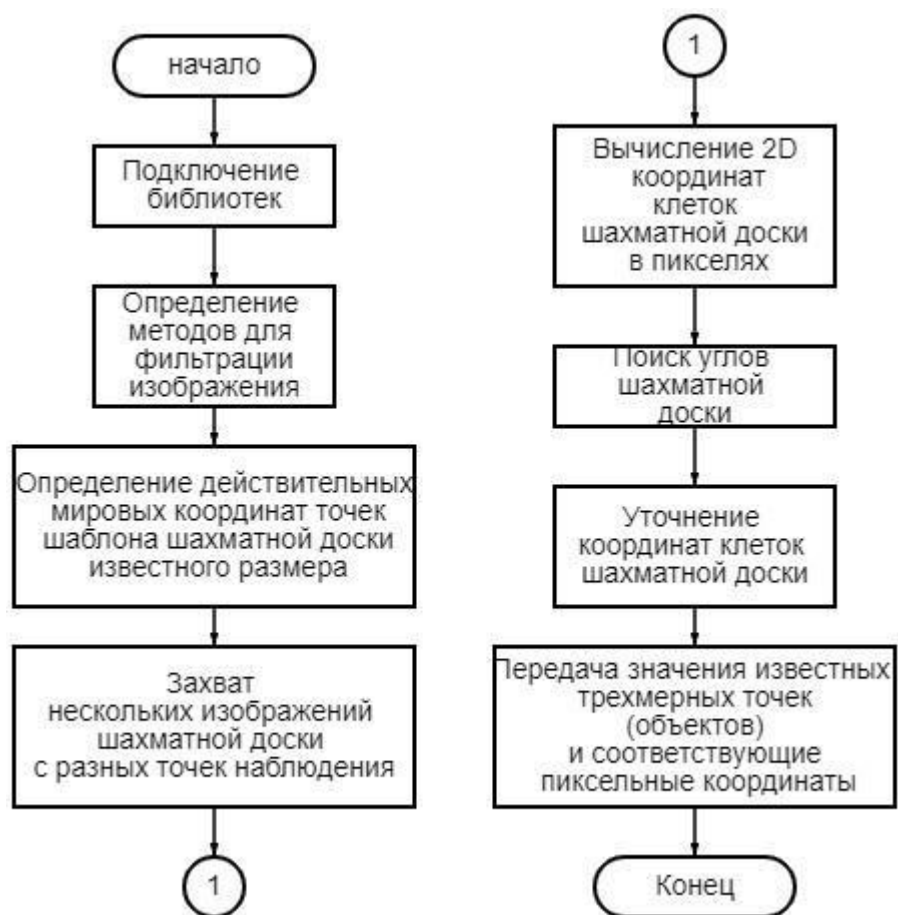


Рисунок 10 - Блок-схема программы для калибровки камеры

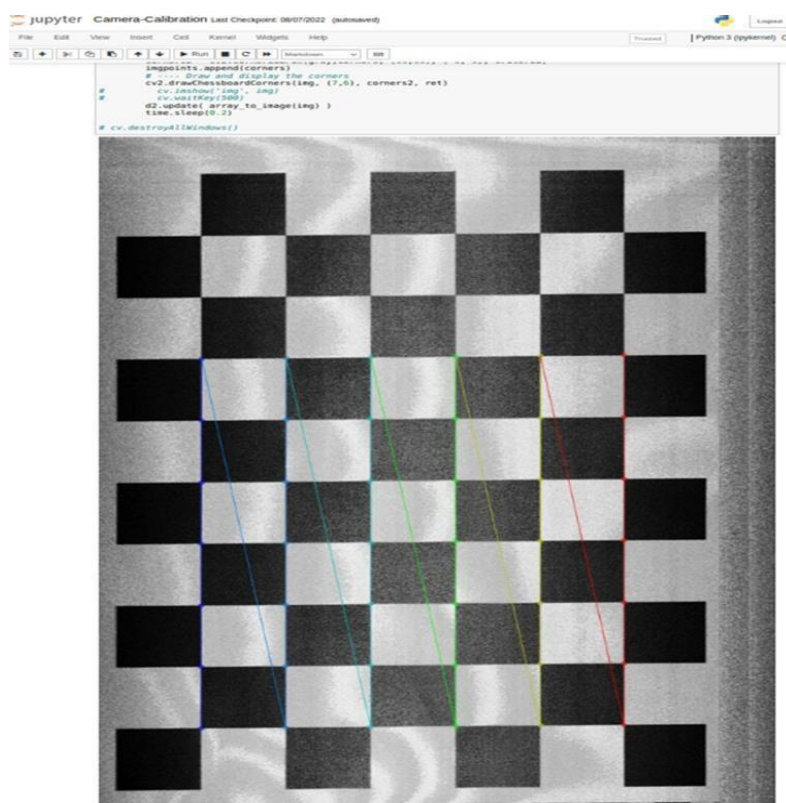


Рисунок 11 – Результат калибровки камеры

Как видно из рисунка 11, были успешно найдены угловые точки шахматной доски. Нахождение таких точек позволяет избавиться от искажений изображения.

После того, как камера была избавлена от искажений, можно приступить к самой обработке изображения. Примером обработки изображения может служить наложение фильтров на изображение, а также нахождение на нем образов и объектов.

Обучение проходило в течение 1000 эпох на датасете, содержащем 63 изображения в тренировочной выборке, 12 в тестовой и 10 в валидационной. Обученная сеть с точностью более 90 % определяет дверной проём на изображении с камеры. На рисунке 12 представлены статистические графики обучения сети – точность определения границ объекта, корректность классификации, на рисунке 13 представлен результат работы сети – определение дверного проёма на изображении с камеры.

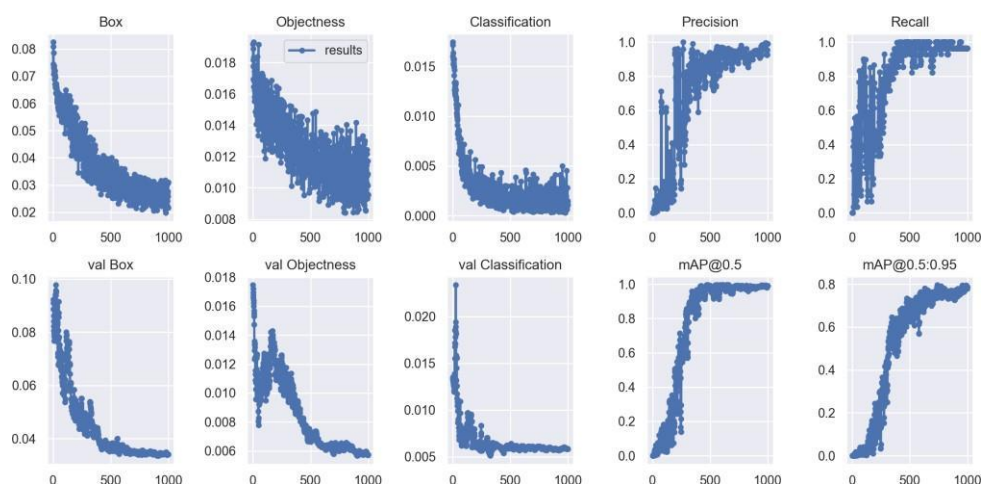


Рисунок 12 – Статистические графики обучения нейронной сети

Как видно из графиков точности классификации, определение объекта (дверного проема) происходит с точностью более 90 %. Определение границ объекта (Box) – с точностью более 80 %.



Рисунок 13 – Результат работы нейронной сети

На рисунке 14 представлена блок-схема работы обработчика изображений.



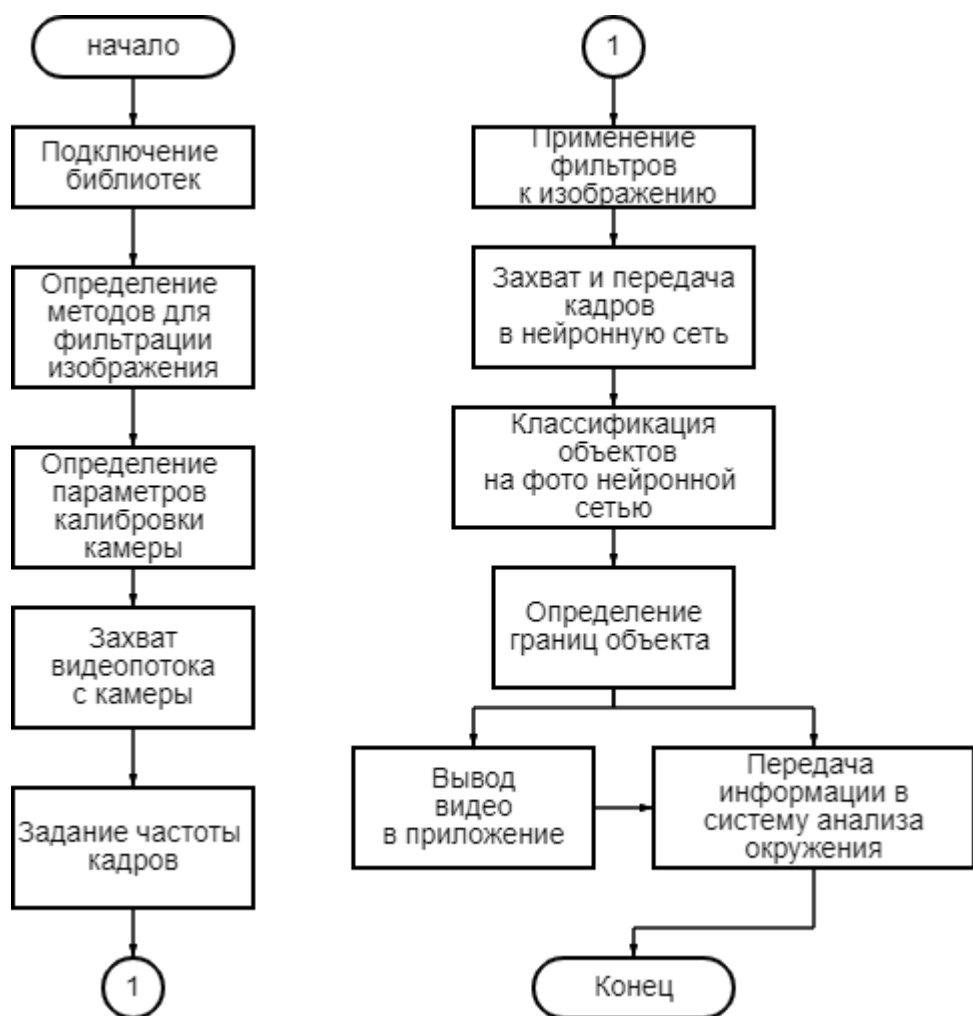


Рисунок 14 – Блок-схема обработки изображения

Данная разработка повысит качество работы системы навигации медицинского сервисного робота за счет успешного прохождения дверного проема с помощью минимизации ошибки определения границ объекта.

### **3.2 Разработка алгоритма работы навигационной системы**

С учетом имеющихся проектировочных данных, а также разработанного на основе нейронных сетей определителя дверного проема, разработаем алгоритм работы навигационной системы.

С учетом имеющегося оборудования (пространственный дальномер и ультразвуковые датчики), хорошим вариантом станет использование технологий SLAM для построения карты в неизвестном пространстве, а также для обновления карты в заранее известном пространстве с одновременным контролем текущего местоположения и пройденного пути [17].

Существует большое количество разновидностей SLAM-алгоритмов, однако лазерный вариант с использованием заранее построенной карты помещения аппаратными средствами пространственного дальномера является наиболее надежным среди возможных, исходя из комплектации системы навигации [18].

Перед тем, как сервисный робот будет осуществлять построение траекторий движения, необходимо составить карту помещения, предварительно проведя робота по всей используемой площади несколько раз. Это позволяет обеспечить точность позиционирования робота при дальнейшем использовании, а также решает проблему возникновения артефактов и слепых зон на карте.

Построение маршрута движения будет происходить после ввода оператором числа точек доставки лекарственных средств, а также указания их месторасположения на карте. Первостепенно, алгоритм построения движения объявляет приоритезацию точек доставки лекарственных средств с учетом срочности принятия медикаментов и общего состояния пациента, после чего рассчитывает требуемое расстояние между местом пребывания и точкой прибытия, исходя из границ карты и габаритных возможностей платформы [19]. Построение маршрута движения выполняется итеративно, после выполнения доставки лекарственных средств на первую точку, прокладывается

маршрут на следующую. Это позволяет оптимизировать использование вычислительных ресурсов.

Сам маршрут будет рассчитываться по алгоритму Дейкстры [20]. Для это построенная карта разбивается на граф с отрезками, представленными коридорами. Он находит самый быстрый вариант проезда на основе длины каждого отрезка графа и скорости перемещения объекта. В случае медицинского сервисного робота, алгоритму будет передаваться средняя скорость движения на участке. Маршрут движения предполагается прокладывать на равном удалении от стен, по центру коридоров.

Перед заездом платформы в палату сервисный робот корректирует свое положение относительно дверного проема при помощи камеры, которая работает с применением нейросетевого определителя.

Также, навигационная система должна быть оснащена возможностью объезжать препятствия. В зависимости от того, движущееся препятствие или статичное, робот должен выбрать вариант его преодоления. В случае, если препятствие неподвижно, сервисный робот должен объехать его на удалении более 20 сантиметров. В случае, если препятствие осуществляет перемещение в пространстве, система навигации должна выполнить необходимые действия, чтобы пропустить препятствия мимо себя (отъехать в сторону или сдать назад) [21]. В определении препятствий участвуют оптические и ультразвуковые датчики, считывающие расстояния до стен и ближайшего окружения.

Стоит отметить, что задача аварийного объезда препятствия с помощью ультразвуковых датчиков успешно решена моим коллегой Шакиным Владиславом на основе среднего уровня управления сервисным роботом (транспортной платформой).

В случае столкновения платформы с объектами окружения на основе информации с колесной одометрии, а также информации с тактильных датчиков, на зуммер передается управляющий сигнал, вызывающий звуковую идентификацию.

С учетом получаемой точности позиционирования, в качестве технологии беспроводной передачи данных для связи с оператором целесообразно использовать технологию Wi-Fi, исходя из доступности связи и ее надежности и устойчивости к взломам.

Отсюда появляется выбор расположения и хранения управляющего узла для робота - на самом роботе или же в облачном хранилище с условием доступа по сети Wi-Fi, ведь скорости передачи информации для такого взаимодействия достаточно. В случае работы системы над несколькими ресурсоемкими задачами одновременно, точности позиционирования робота, построения карт и прокладки маршрутов могут значительно уменьшаться из-за высокой нагрузки на системы.

Однако, в случае использования управляющего узла в облачном хранилище, при наличии неустойчивого соединения робот перестает работать исправно и требует повторного подключения, что недопустимо при доставке медицинской помощи пациенту. Поэтому, следует использовать возможности робота для работы с управляющим узлом [22].

На основе описанных выше решений, составим блок-схему алгоритма навигационной системы. Блок схема представлена на рисунке 15.

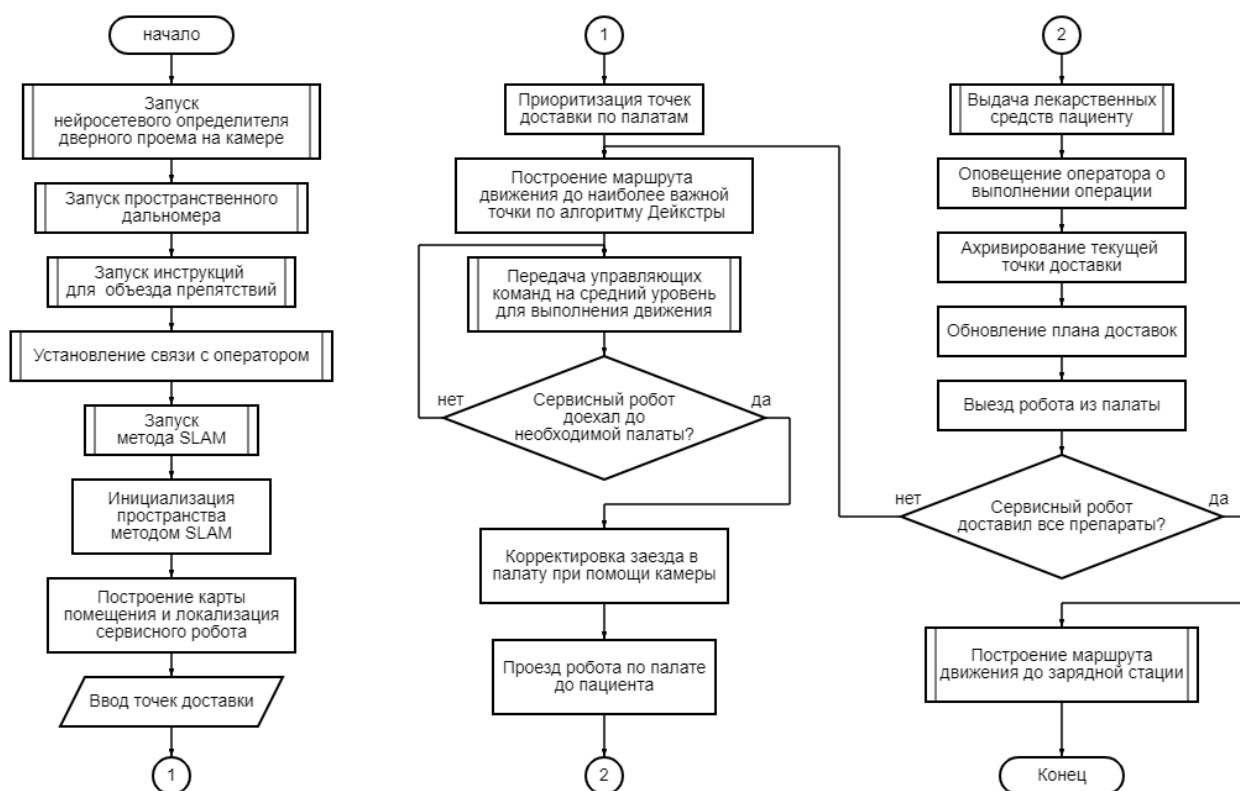


Рисунок 15 – Блок-схема алгоритма навигационной системы

### 3.3 Разработка макетного образца

Поскольку задачи автономного перемещения и объезда препятствий были решены с помощью использования ультразвуковых датчиков моим коллегой по проекту при разработке транспортной платформы, было решено дополнить разработку возможностью строить карты помещения и ориентироваться по ним, а также позволить роботу локализовать себя и свои перемещения в пространстве. Реализовав данные возможности у сервисного робота, мы сможем получить макетный образец разработки с минимальным функционалом для успешной работы.

Для этого потребуется организовать верхний уровень управления транспортной платформой. Учитывая возможности команды в закупке оборудования, было принято решение создать макетный образец на базе ноутбука Asus N53SV [23], который обладает схожими с микрокомпьютером Raspberry pi 4 model B возможностями. Единственным существенным отличием между устройствами являются габариты: ноутбук обладает диагональю дисплея

в 15,6 дюйма и весом в 2,7 килограмма, в то время как микрокомпьютер помещается на ладони среднестатистического человека. Поэтому, при разработке конструкции следует учесть данный фактор и расположить пространственный дальномер выше ноутбука.

Проведем моделирование макетного образца в среде Tinkercad [24] с учетом возможности экспорта модели в формате stl [25], что позволит в дальнейшем переносить образцы в формат urdf [26] для работы с ROS, а также использовать печать деталей на 3D-принтере. Результат работы представлен на рисунке 16.

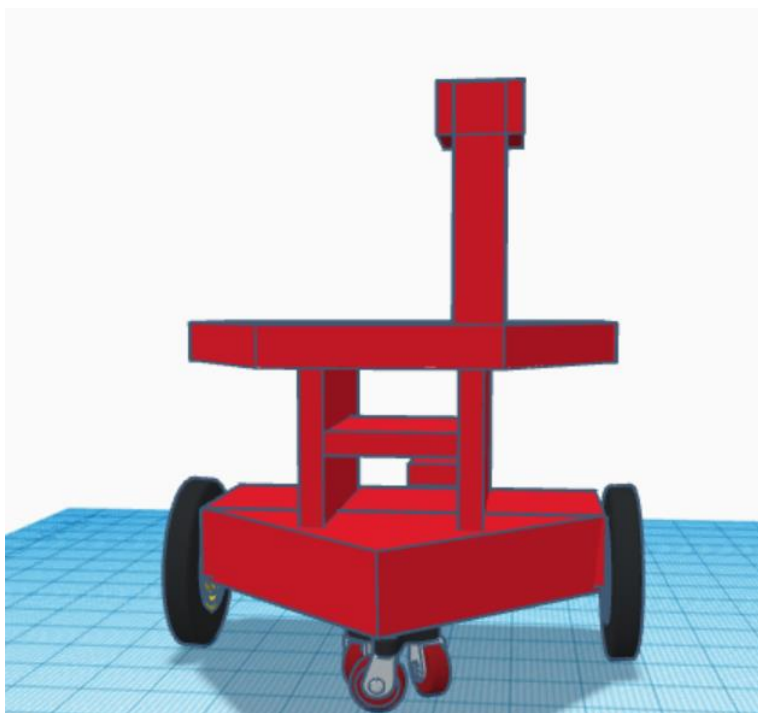


Рисунок 16 – Макетный образец в среде Tinkercad

Как можно видеть из рисунка 16, макетный образец оснащен полкой, на которую вынесен пространственный дальномер. Это позволяет вести беспрепятственное сканирование пространства. На верхней платформе располагается сам ноутбук, а также веб-камера. Кнопка запуска платформы также расположена на верхней платформе для удобства запуска.

На полках уровнем выше (по расчету сверху вниз) расположены плата среднего уровня STM32F303 и преобразователь напряжения с 36 вольт до 5

вольт. На нижней платформе расположены ультразвуковые датчики, а также силовая плата и аккумуляторная батарея.

После утверждения макетного образца команда проекта принялась за сборку робота. Результат работы представлен на рисунке 17.



Рисунок 17 – Макетный образец в сборе

#### **4 Проведение экспериментальных исследований на базе макетного образца**

Снабдим верхний уровень управления необходимым программным обеспечением для проведения экспериментальных исследований. Выберем и установим в качестве операционной системы ноутбука Linux [27] на платформе Ubuntu [28] версии 20.04. Выбор операционной системы обусловлен наличием бесплатной лицензии и возможностью загрузки пользовательских решений на платформу.

В качестве надстройки над операционной системой для верхнего уровня сервисного робота будет целесообразно использовать ROS, специально созданную для работы с роботами [29]. В этом есть очевидные преимущества:

- возможность проводить виртуальные симуляции с роботом, что позволяет делать процесс разработки гораздо дешевле;
- наличие драйверов для огромного количества аппаратного обеспечения;
- клиент-серверная архитектура, предоставляющая возможность построения распределенных систем;
- позволяет связывать исполняемые команды на разных языках программирования воедино.

Более того, существует огромное количество ресурсов, позволяющих получить необходимую информацию по работе с данным программным обеспечением. Благодаря этому ROS становится обязательным условием для построения ресурсоэффективной системы навигации робота.

Для автоматически управляемого транспортного средства (Automated Guided Vehicles – AGV) в ROS предусмотрен специальный пакет для работы – `agvs` [30]. Он покрывает все требования к реализации перемещения сервисного робота. А при помощи инструмента `Rviz` – симулятора работы роботов – можно успешно отлаживать процесс функционирования робота.



Следует также озаботиться вопросом выбора метода SLAM. Зачастую, SLAM методы реализуются с помощью комбинации колесной одометрии, показаний с пространственного дальномера и гироскопического датчика, определяющего крен, рыскание и тангаж. Однако, существуют методы, позволяющие ограничиться лишь показаниями с пространственного дальномера, что заметно упрощает организацию навигации и локализации сервисного робота.

Одним из таких методов является gmapping [31], представленный в виде пакета ROS. В комбинации с другим пакетом, laser-scan-matcher [32], который позволяет совмещать полученные при движении сканы с лазера в общий, уточняющий скан, можно реализовать построение карты и локализовать сервисного робота с учетом перемещений в пространстве.

Для того чтобы реализовать такой метод, необходимо установить вышеуказанные пакеты в рабочем пространстве catkin – в каталоге, в котором можно создавать или изменять существующие пакеты catkin. Структура catkin упрощает процесс сборки и установки ваших пакетов ROS.

При этом, схожие операции необходимо проделать и с программным обеспечением лидара. Пакеты ROS требуют особой структуры создания файлов, поэтому необходимо отредактировать ПО пространственного дальномера под требования ROS.

Для того чтобы убедиться в правильности сборки пакета, создадим простой launch-файл, который будет выводить облако точек в симулятор Rviz. Получившийся результат представлен на рисунке 18.

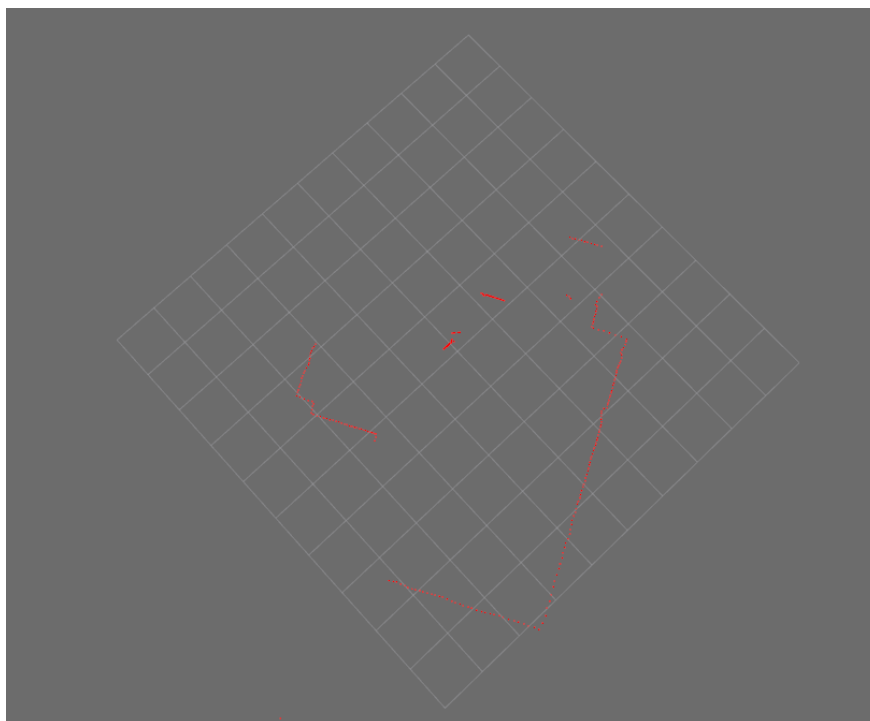


Рисунок 18 – Вывод облака точек с пространственного дальномера в Rviz

Как можно видеть из рисунка 18, симулятор успешно получает информацию об окружении с лидара.

Теперь организуем узлы передачи информацией между разделами. Пропишем все параметры и зависимости в launch-файле. На рисунке 19 представлен граф связи разделов системы навигации. На рисунке 20 представлено дерево трансформации координатной системы при переходе между разделами.

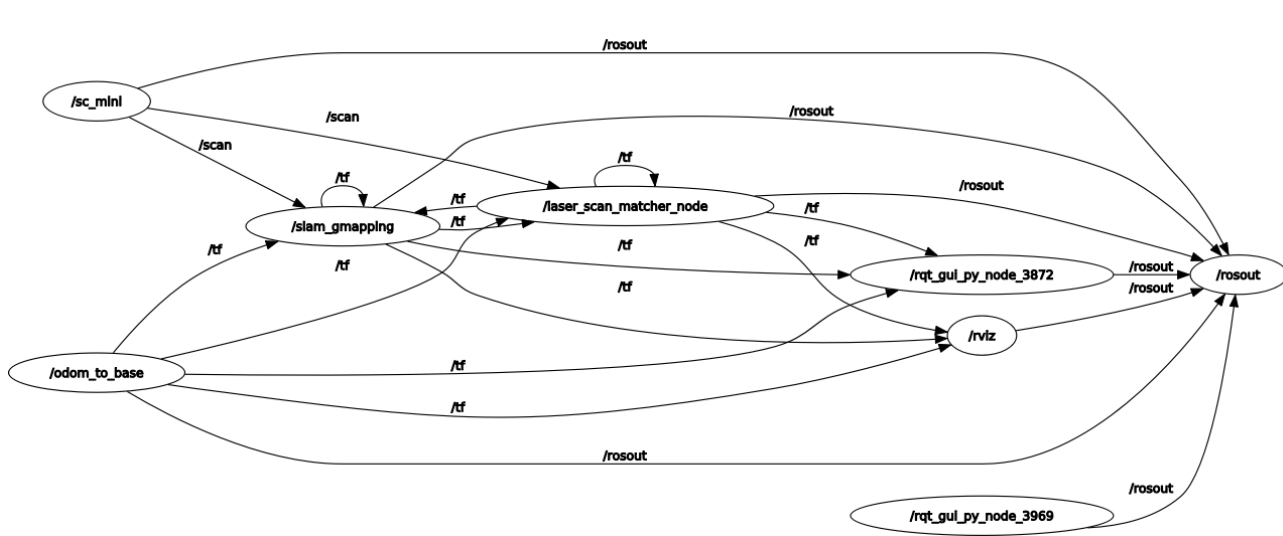


Рисунок 19 – Граф связи разделов системы навигации

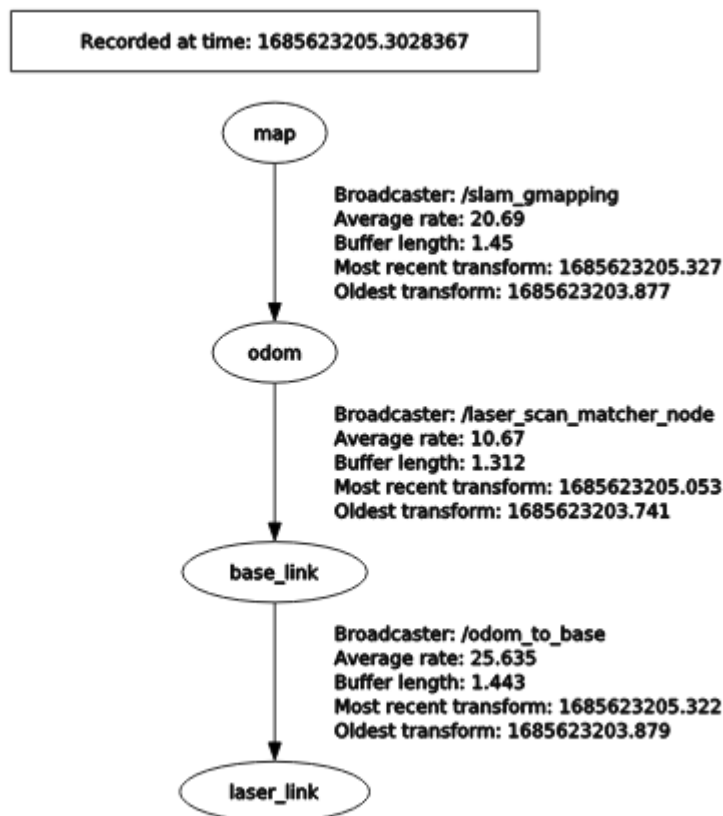


Рисунок 20 – Дерево трансформации координатной системы

Следующим этапом работы является построение карт помещений. В качестве помещений была выбраны аудитории 101в и 101г десятого корпуса ТПУ. Были проведены несколько заездов по испытательному полигону в аудитории 101в. Сначала рассмотрим карту аудитории 101г, построенную макетным образом. Карта была построена единичным проездом по помещению. Карта аудитории 101г отражена на рисунке 21.

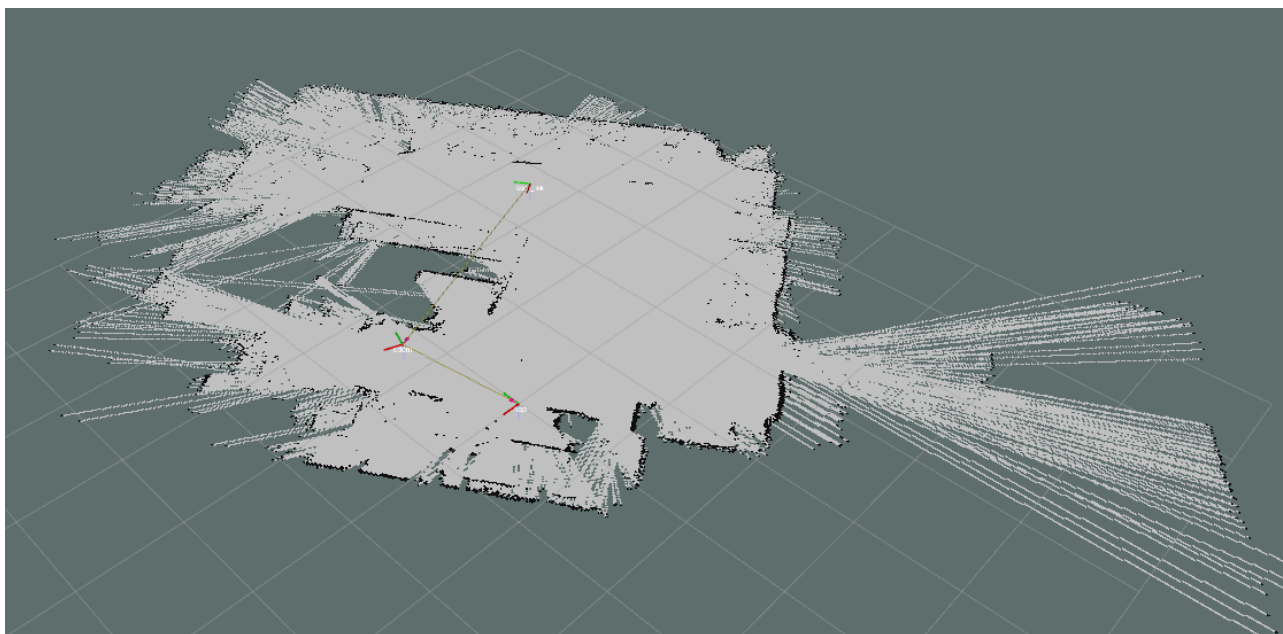


Рисунок 21 – Карта аудитории 101г

Исходя из построенной карты, можно говорить об успешности реализации данного метода. В центре аудитории оборудованы рабочие места, которые были замечены пространственным дальномером и отмечены как границы на карте. Также стоит обратить внимание на выброс лучей, расположенным по правой части рисунка. Выбросом представлен дверной проем аудитории, из которого дальномер смог разглядеть стол для кикера в качестве препятствия. О локализации робота можно судить по перемещению системы координат, связанной с платформой образца.

Рассмотрим примеры построения карты помещения аудитории 101в, которые были осуществлены на испытательном полигоне. На рисунке 22 представлен результат успешного построения карты помещения.

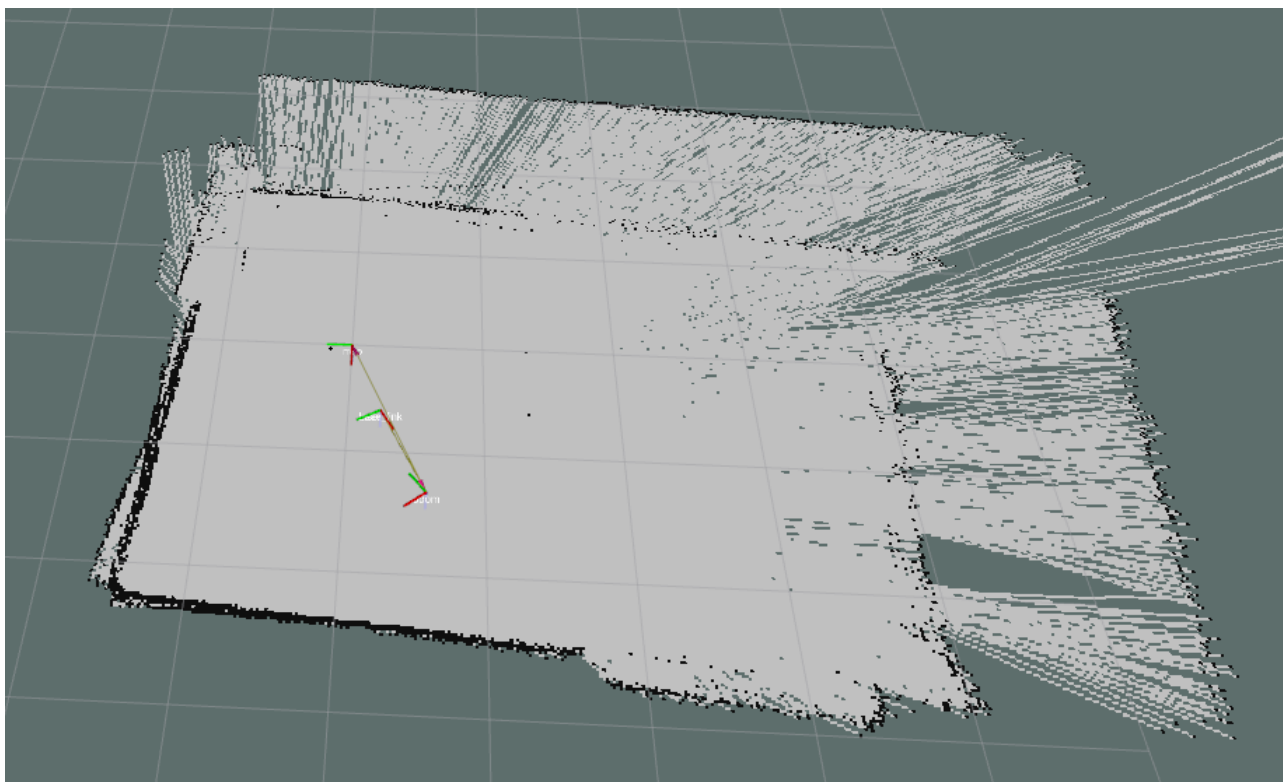


Рисунок 22 – Карта аудитории 101в

На рисунке 22 на левой и нижней границах помещения легко распознать оконные рамы, находящиеся на высоте сканера. Также, можно распознать и рабочие столы, стоящие по периметру комнаты. В правом верхнем углу выброс лучей говорит о выходе из помещения.

При этом, пакет `laser-scan-matcher`, используемый в системе навигации, может оставлять артефакты на карте в ряде случаев (например, при высокой угловой скоростях робота) из-за неправильного наложения скана. Результат построения карты аудитории с артефактами представлен на рисунке 23.

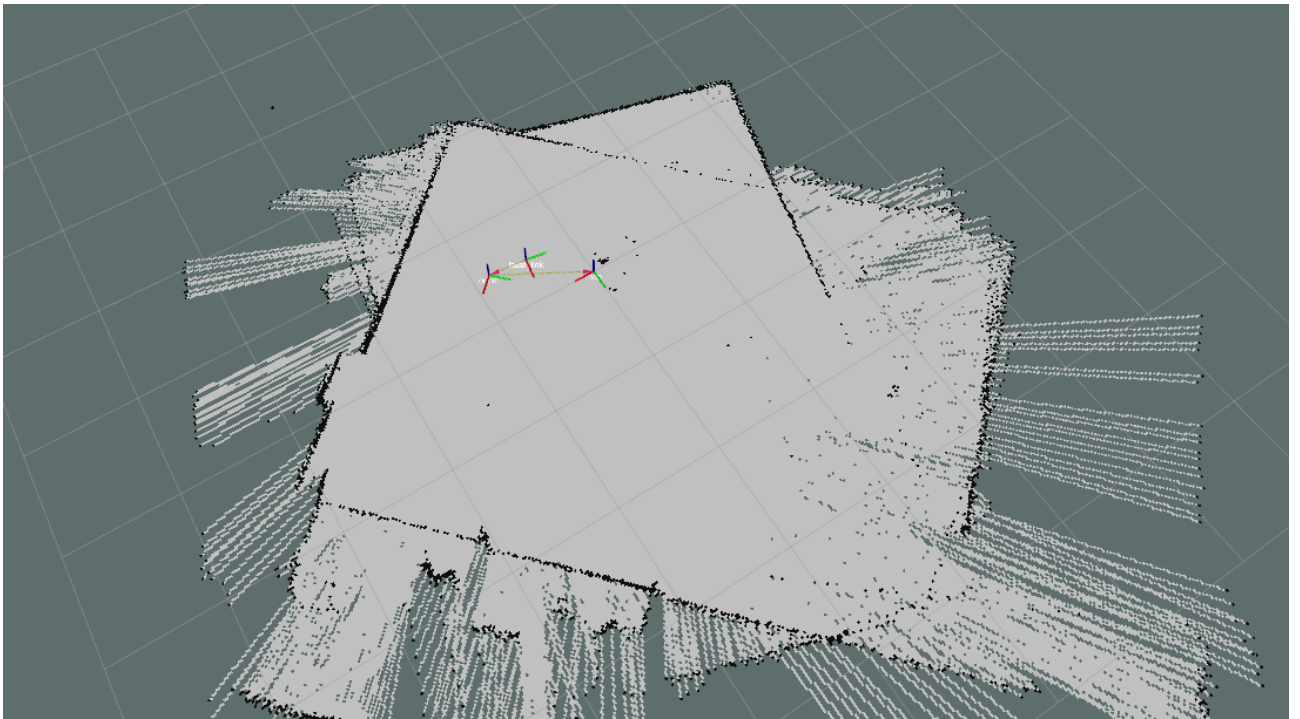


Рисунок 23 – Карта аудитории 101в с артефактами

Как можно видеть из рисунка, друг на друга были наложены две карты одного помещения, о чем свидетельствует наличие двух крупных выбросов на нижней границе. Для того чтобы это исправить, следует использовать колесную одометрию в системе навигации. Реализовать считывание перемещения робота в пространстве можно на основе данных с датчиков Холла.

## ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ «КОНЦЕПЦИЯ СТАРТАП-ПРОЕКТА»

Обучающемуся:

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                  |
| 8E92          | Сухову Федору Вячеславовичу |

|                     |              |                              |                                      |
|---------------------|--------------|------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Школа</b>        | <b>ИШИТР</b> | <b>Отделение школы (НОЦ)</b> | <b>ОАР</b>                           |
| Уровень образования | Бакалавриат  | Направление/ООП/ОПОП         | 15.03.06 Мехатроника и робототехника |

### Перечень вопросов, подлежащих разработке:

|                                                                                                                                                                               |                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Проблема конечного потребителя, которую решает продукт, который создается в результате выполнения НИОКР (функциональное назначение, основные потребительские качества)</i> | Составить описание продукта, выделить его ключевые особенности                                                              |
| <i>Способы защиты интеллектуальной собственности</i>                                                                                                                          | Рассмотреть возможности патентной защиты разрабатываемых технологий                                                         |
| <i>Объем и емкость рынка</i>                                                                                                                                                  | Провести оценку рынка, выделить границы доступного рынка                                                                    |
| <i>Современное состояние и перспективы отрасли, к которой принадлежит представленный в ВКР продукт</i>                                                                        | Рассмотреть развитие медицинских технологий, темпов модернизации больниц и стационаров                                      |
| <i>Себестоимость продукта</i>                                                                                                                                                 | Оценить затраты на разработку продукта                                                                                      |
| <i>Конкурентные преимущества создаваемого продукта и Сравнение технико-экономических характеристик продукта с отечественными и мировыми аналогами</i>                         | Провести сравнение разрабатываемого продукта с имеющимися на рынке решениями, выделить конкурентные преимущества разработки |
| <i>Целевые сегменты потребителей создаваемого продукта</i>                                                                                                                    | Определить конечных потребителей продукта                                                                                   |
| <i>Бизнес-модель проекта, производственный план и план продаж</i>                                                                                                             | Составить модель функционирования и развития бизнеса, описать производственные процессы при разработке продукта             |
| <i>Стратегия продвижения продукта на рынок</i>                                                                                                                                | Описать возможности продукта по расширению на рынке                                                                         |

### Перечень графического материала:

|  |                                              |
|--|----------------------------------------------|
|  | В разделе представлено 3 таблицы и 2 рисунка |
|--|----------------------------------------------|

|                                                                             |            |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------|
| Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком | 04.04.2023 |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------|

**Задание выдал консультант по разделу «Концепция стартап-проекта» (со-руководитель ВКР):**

| Должность  | ФИО                                   | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата       |
|------------|---------------------------------------|---------------------------|---------|------------|
| Доцент ШИП | Силифонова<br>Екатерина<br>Валерьевна | К.Э.Н.                    |         | 04.04.2023 |

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

| Группа | ФИО                      | Подпись | Дата       |
|--------|--------------------------|---------|------------|
| 8E92   | Сухов Федор Вячеславович |         | 04.04.2023 |



## **5 Концепция стартап-проекта**

### **5.1 Описание продукта**

Разрабатываемый медицинский сервисный робот поможет снизить нагрузку на медицинский персонал, повысит качество медицинской помощи в медицинских учреждениях. Кроме того, внедрение сервисного робота в частных клиниках позволит повысить их привлекательность в глазах потенциальных клиентов, ведь зачастую услугами частных медицинских учреждений пользуются именно из-за высокого уровня сервиса, уверенности в квалификации персонала, а применение в стационаре современных технологий робототехники говорит о высочайшем качестве оказываемых услуг.

Разработка сервисного робота ведется на основе существующих технических решений в области сервисной робототехники. Основой разрабатываемого робота является транспортная платформа, оснащенная мотор-колесами, а также двумя управляющими платами – среднего и верхнего уровня. Плата верхнего уровня осуществляет непосредственное управление моторами, плата среднего уровня задаёт направление движения.

Навигация робота в помещении осуществляется при помощи метода SLAM, подразумевающего непрерывное обновление карты помещения в реальном времени и одновременное определение положения робота в пространстве. В систему навигации робота входят пространственный дальномер, камера, ультразвуковые датчики, а также гироскопический сенсор.

Взаимодействие с оператором планируется реализовать при помощи клиент-серверного приложения, позволяющего контролировать получение таблеток пациентами, а также местонахождение робота. Робот будет оснащен сейфом, разделенным на именные ячейки для таблеток. Выдача таблеток происходит при помощи технологии RFID, каждому пациенту выдается ключ-карта, при помощи которой он может открыть только свою ячейку с таблетками.

В рамках реализации стартап-проекта планируется как продолжение сотрудничества с ОГАУЗ Поликлиникой № 8 г. Томска для внесения конструктивных корректировок в разрабатываемый прототип, так и поиск новых потенциальных партнеров. Для этого планируется проведение customer development - серии встреч с владельцами частных клиник, в рамках которых им будут представлены имеющиеся наработки по проекту, будут обсуждаться необходимые конструктивные корректировки, а также перспективы внедрения разрабатываемого продукта в их учреждениях. В течение первого времени функционирования предприятия будут вестись переговоры преимущественно с частными клиниками. После проведения тестов и внедрения разработки внутри коммерческих медицинских организаций планируется взаимодействие с государственными медицинскими учреждениями, в том числе - с муниципалитетами. Разработка продукта ведется при помощи итеративного подхода к управлению проектами и разработке программного обеспечения - методологии agile.

## **5.2 Способы защиты интеллектуальной собственности**

На данный момент разработан алгоритм управления транспортной платформой для движения в заданном направлении при помощи широтно-импульсной модуляции, алгоритм построения карты помещения в реальном времени при помощи лидара. В дальнейшем планируется получение патента на следующие узлы разрабатываемого продукта:

- Патент на полезную модель защитного сейфа-таблетницы, используемого для перевозки лекарственных средств. Отличительными особенностями применяемого нашей командой сейфа будут являться разделение на ячейки с препаратами и возможность идентификации пациента при помощи технологии RFID с применением карт доступа и индивидуальных многоразовых браслетов. По результатам патентного поиска было установлено, что данное решение обладает патентной чистотой и является уникальным в

области хранения и транспортировки медицинских препаратов. Для того чтобы удостовериться в возможности получения патента на полезную модель сейфа-таблетницы, был произведен патентный поиск в базе данных ФИПС [33]. Было установлено, что ближайшим аналогом является электронная таблетница-будильник [34], оснащенная микроконтроллером и открывающаяся в заданное время, предоставляя пациенту доступ к медицинским препаратам. Существенным отличием разрабатываемого сейфа-таблетницы являются его размеры, а также поддержка технологии RFID для организации индивидуального доступа пациентов к лекарственным средствам.

– Патент на программу для ЭВМ, защищающий программное обеспечение разрабатываемого робота. В состав патентуемой разработки входят алгоритмы навигации и локализации сервисного робота, а также реализация работы в автономном и ручном режимах. Поскольку программное обеспечение является многоуровневым, включает в себя авторскую реализацию системы ориентирования в пространстве на основе уже известных методов построения карты и позиционирования, в том числе метода SLAM при помощи лидара, необходимо защитить его при помощи патента.

Поскольку процесс патентования является ресурсозатратным, планируется получение патентов в том числе за счет грантового финансирования.

### **5.3 Объем и емкость рынка**

#### **Потенциальный объем рынка**

Число медицинских учреждений со стационарными условиями в конце 2022 года составляло около 5 тысяч. Доля частных клиник в России не превышает 10–20 % от их общего количества.

В России функционируют 2,8 тыс. государственных домов престарелых, в которых проживают около 300 тыс. россиян. Частных пансионатов по всей России насчитывается 1,4 тыс., при этом 255 из них входят в реестр

поставщиков соцуслуг. При этом, в силу новизны применения роботов в стационарах, в качестве потенциального объема рынка будем рассматривать лишь специализированные медицинские учреждения со стационарными условиями.

Учитывая стоимость сервисного робота в 400 тысяч рублей, получаем:

$$PAM = 5000 * 400000 = 2 \text{ млрд. рублей.} \quad (10)$$

### **Общий объем целевого рынка**

В качестве общего объема целевого рынка рассмотрим специализированные медицинские учреждения со стационарными условиями, расположенные в Сибирском федеральном округе. Общее число заинтересованных стационаров, домов престарелых и пансионатов составляет порядка 1,1 тысяч.

При стоимости сервисного робота, равной 400 тысячам рублей, получаем:

$$TAM = 1100 * 400000 = 440 \text{ млн. рублей.} \quad (11)$$

### **Доступный объем рынка**

Доступным представляется рынок, территориально ограниченный Томской областью, в которой расположено около 90 учреждений, которые заняты стационарным лечением пациентов, уходом за больными.

В таком случае, доступный объем рынка при стоимости робота в 400 тысяч рублей составляет:

$$SAM = 90 * 400000 = 36 \text{ млн. рублей.} \quad (12)$$

### **Реально достижимый объем рынка**

Достижимым рынком с учетом мощностей предприятия в первые годы, являются медицинские заведения-партнеры: Поликлиника №8 г. Томска, а также клиники Сибирского государственного медицинского университета, для которых требуется поставка трех роботов.

Реально достижимый объем рынка составляет:

$$SOM = 3 * 400000 = 1,2 \text{ млн. рублей.} \quad (13)$$

## **5.4 Анализ современного состояния и перспектив развития отрасли**

Робототехника является активно развивающейся областью в медицинской отрасли в России. Сегодня робототехнические технологии используются в нейрохирургии, кардиологии, онкологии, офтальмологии, эндоскопии, реабилитации, а также в других областях медицины.

Одно из самых популярных робототехнических устройств в медицине – это дистанционно управляемые хирургические системы. Такие системы используются для выполнения сложных операций с высокой точностью и меньшим риском осложнений. Кроме того, в России также активно идет работа по созданию роботизированных протезов, которые могут помочь людям с ограниченными возможностями, используются роботы-ассистенты в сфере реабилитации после травм и операций.

Медицинские сервисные роботы – это роботы, которые могут быть использованы в медицинских учреждениях для выполнения различных задач, связанных с уходом за пациентами и обеспечением безопасности в клинической среде. Примеры медицинских сервисных роботов включают в себя роботов-санитаров, которые могут автоматически очищать и дезинфицировать зоны, которые могут быть заражены бактериями или вирусами, и роботов-помощников, которые могут помогать перевозить и поднимать пациентов, а также выполнять другие задачи, связанные с уходом за пациентами. Некоторые роботы могут автоматически проверять клинические испытания на соответствие нормам безопасности, а другие могут использоваться для обнаружения и предотвращения вспышек инфекции в больничных палатах.

Говоря о модернизации больниц, можно выделить слова президента РФ Владимира Владимировича Путина:

«Всего за прошедшие два года этими программами были охвачены более десяти тысяч объектов первичного звена здравоохранения, были отремонтированы здания больниц, поликлиник, возведены новые корпуса, закуплена техника, оборудование и автотранспорт. В текущем году работа по

программам модернизации будет, безусловно, продолжена, и здесь хочу напомнить про возможность их опережающего финансирования в рамках бюджетных лимитов на 2024 год», – сказал президент [35].

В обновленных медучреждениях следует сделать ставку на широкое использование передовых информационных технологий, отметил Владимир Владимирович Путин. «Нам еще многое предстоит сделать для того, чтобы граждане вне зависимости от места проживания получали качественную, современную медицинскую помощь. Речь не только о развитии материально-технической базы медицинских учреждений. В числе других ключевых приоритетов – наращивание возможностей для оказания специализированной и высокотехнологичной помощи, повышение уровня подготовки медицинских специалистов, а также более широкое использование передовых информационных технологий», – перечислил президент.

Всего в рамках нацпроекта «Здравоохранение» в России с 2019 года построили и реконструировали свыше 360 больниц и поликлиник, а капитально отремонтировали – более 1800 таких объектов. Для них закупили свыше 55 тысяч единиц медицинского оборудования и более 11,1 тысяч автомобилей. В рамках федерального проекта «Модернизация первичного звена здравоохранения Российской Федерации» было создано свыше 3 тысяч фельдшерско-акушерских пунктов (ФАП) и врачебных амбулаторий, что позволило сделать медицинскую помощь доступнее и ближе для более чем 3 миллионов граждан. До конца 2025 года будет дополнительно введено в эксплуатацию более 3,8 тысяч ФАПов и амбулаторий, а отремонтировано – еще 2,8 тысяч таких объектов.

Согласно данным Международной федерации робототехники (IFR), в 2019 году Россия заняла второе место по производству сервисных роботов, опередив Японию и Китай. В РФ насчитывается 73 компании, занимающиеся выпуском такой продукции. Международная федерация робототехники дает

прогноз только до 2024 года, предполагая, что ближайшие три года рынок будет расти по 6 % в год в единицах, и не дает прогноз в денежном выражении.

Согласно прогнозу BSG, общий объем мирового рынка робототехники достигнет от 160 до 260 миллиардов долларов. Рост до 2030 года в денежном выражении может составить от 5,4 до 9,4 раза, или от 48 до 93 % ежегодно, что говорит о перспективности реализации данного стартапа.

### 5.5 Себестоимость продукта

Рассчитаем расходы на разработку и проектирование сервисного робота. Отразим расходы на разработку и проектирование в таблице 2.

Рассчитаем себестоимость единицы продукта, отразив расходы на производство и реализацию в таблице 2.

Таблица 2 – Расходы на производство и реализацию продукта

| Статья расходов                  | Перечень работ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Сумма расходов, тыс. Руб |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Доработка транспортной платформы | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Доработка рамы сервисного робота: избавление от углов и заострений, покраска</li> <li>2. Закупка дополнительных ультразвуковых датчиков</li> <li>3. Реализация алгоритма определения дистанции по датчикам внутри одного таймера, при помощи механизма Capture</li> <li>4. Разработка алгоритма объезда препятствий с применением нечеткой логики.</li> <li>5. Проведение работ по доработке транспортной платформы для повышения помехозащищенности. Возможно – переработка функциональной и принципиальной схемы.</li> </ol> | 155                      |
| Доработка системы навигации      | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разработка алгоритма построения траектории с учетом оптимизации пути движения</li> <li>2. Реализация алгоритмов локализации и построения карты при помощи RGBD-камеры</li> <li>3. Реализация технологии «двойного SLAM», включающего в себя в том числе объединение данных навигации с камеры глубины и лидара</li> <li>4. Разработка алгоритма передачи данных с верхнего уровня на средний при помощи виртуального COM-порта.</li> <li>5. Перенос разработанных алгоритмов на микрокомпьютер</li> </ol>                      | 200                      |

Продолжение таблицы 2

|                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Разработка прототипа системы защиты лекарственных средств – сейфа с возможностью доступа при помощи карточки (технология RFID) | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разработка алгоритма считывания данных с карты доступа</li> <li>2. Разработка управления электромагнитным замком</li> <li>3. Разработка структурной и функциональной схемы системы. Подбор компонентов</li> <li>4. Разработка принципиальной схемы, изготовление печатной платы</li> <li>5. Сборка электронной схемы на печатной плате</li> <li>6. Изготовление каркаса сейфа</li> <li>7. Проведение тестирования прототипа системы</li> </ol>                               | 150 |
| Разработка автомата Мура для выдачи лекарственных средств пациентам                                                            | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разработка алгоритма выдачи лекарственных препаратов по ячейкам в виде блок-схемы</li> <li>2. Разработка логических переходов. Построение таблицы переходов и её реализация на логических элементах, в том числе RS-триггерах.</li> <li>3. Разработка печатной платы</li> <li>4. Реализация схемы на печатной плате. Сбор прототипа автомата</li> </ol>                                                                                                                      | 120 |
| Проведение рекламной кампании продукции                                                                                        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Участие в выставках и конференциях. Выступление на форумах, посвященных медицинской технике.</li> <li>2. Написание статей в медицинских журналах</li> <li>3. Участие в теле- и радиопередачах, посвященным робототехнике, цифровым технологиям, а также актуальным проблемам медицины, медицинской техники</li> </ol>                                                                                                                                                        | 170 |
| Проведение маркетинговых исследований                                                                                          | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проведение Customer development с тремя категориями граждан: медсестрами, клиентами частных клиник, руководителями частных и государственных медицинских учреждений</li> <li>2. Проведение опросов в социальных сетях и на информационных порталах с целью идентификации отношения населения к медицинской робототехнике и сервисной робототехнике в медицине.</li> </ol>                                                                                                    | 60  |
| Сборка сервисного робота и подготовка к эксплуатации                                                                           | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Реализация полноценного пользовательского интерфейса на основе программного обеспечения для системы защиты лекарственных средств, а также системы навигации</li> <li>2. Проектирование дизайна корпуса в программе Autodesk Inventor</li> <li>3. Печать спроектированного корпуса робота на 3D-принтере.</li> <li>4. Сбор прототипа робота: распайка печатной платы и проведение коммутации, сбор рамы, корпуса и периферии для системы навигации в единое целое.</li> </ol> | 200 |



Продолжение таблицы 2

|                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <p>Проведение тестирования образца в условиях медицинского учреждения</p>                                                   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Подготовка к проведению тестирования: предварительное построение карты этажа в медицинском учреждении, организация рабочей зоны. Нанесение разметки.</li> <li>2. Проведение тестового запуска: организация доставки воды, продуктов питания и лекарств в условиях одного отделения в течение 4-8 часов.</li> <li>3. Получение обратной связи от медицинского персонала, а также пациентов больницы</li> </ol> | <p>20</p>  |
| <p>Доработка сервисного робота с учетом обратной связи, полученной по результатам тестирования в медицинском учреждении</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обработка полученной информации: выделение проблемных зон, поиск возможных вариантов решения</li> <li>2. Внесение конструктивных корректировок, доработка программного обеспечения, реализация дополнительных функций с учетом опыта эксплуатации.</li> </ol>                                                                                                                                                 | <p>200</p> |

Как видно из таблицы 2, суммарная стоимость разработки медицинского сервисного робота составляет 1 255 000 рублей, без учета расходов на лицензирование продукции. С учетом необходимости получения медицинской лицензии, стоимость разработки может возрасти до 4-5 миллионов рублей.

Получение денег на разработку и лицензирование планируется участие в грантовых программах от фонда Содействия Инновациям, в том числе программах «Студенческий стартап», «Умник» и «Старт». После проведения испытаний, себестоимость робота существенно сократится, поскольку будет отлажен стек технологий для его производства. Расходы на производство и реализацию продукции отражены в таблицу 3.

Таблица 3 – Расходы на производство и реализацию продукта

| Статья расходов                 | Количество единиц товара | Цена товара, тыс. руб | Сумма расходов, тыс. руб (на год) |
|---------------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| Заработная плата сборщиков      | 2                        | 20 тыс. руб/месяц     | 240                               |
| Покупка микрокомпьютера         | 1                        | 25                    | 25                                |
| Покупка промышленного лидара    | 1                        | 65                    | 65                                |
| Закупка ультразвуковых датчиков | 6                        | 1                     | 6                                 |
| Закупка оптических датчиков     | 6                        | 1                     | 6                                 |
| Корпус робота                   | 1                        | 25                    | 25                                |
| RGBD-камера                     | 1                        | 30                    | 30                                |

Сборку сервисных роботов планируется осуществлять в мастерской, помещении площадью не менее 60 квадратных метров, оснащенном паяльными станциями (не менее двух штук), сборочными инструментами, фрезеровочным станком, а также 3D-принтером. Разработка программного обеспечения будет производиться в офисе, оборудованном компьютерами с высокопроизводительными видеокартами (не менее двух штук), двумя мониторами на каждое рабочее место, а также периферией для компьютера. Себестоимость робота складывается из затрат на основные компоненты (лидар, микрокомпьютер, система защиты и выдачи лекарственных средств, датчики) и затрат на маркетинг. Микрокомпьютер необходим для сбора верхнего уровня

управления для прототипа сервисного робота. Промышленный лидар позволит сервисному роботу ориентироваться внутри помещения, получать карту помещения и обновлять ее в режиме реального времени с высокой частотой (до нескольких десятков раз в секунду), что позволит избежать аварии. Дополнять лидар будет камера глубины (RGBD-камера), решающая схожие задачи – построение и обновление карты помещения. Реализация навигации по камере глубины и лидару одновременно позволит реализовать подход «двойного SLAM», являющийся одним из передовых решений в области навигации в помещении.

Еще одним компонентом, дополняющим основную систему навигации, являются датчики, в частности, ультразвуковые и инфракрасные, которые необходимы для аварийной остановки в случае перебоев в работе верхнего уровня, а также для обеспечения дополнительной безопасности при работе в штатном режиме.

В течение первых пяти лет процесс производства планируется организовывать с привлечением сторонних компаний для решения задач, связанных с разработкой дизайна корпуса, эргономики робота. Кроме того, рассматривается возможность изготовления печатных плат на заказ в случае возникновения трудностей с решением данной задачи самостоятельно. С учетом затрат на маркетинг, компоненты, а также заработной платы для сотрудников, себестоимость одного робота составляет примерно 317 тыс. руб.

## **5.6 Конкурентные преимущества создаваемого продукта и сравнение технико-экономических характеристик продукта с отечественными и мировыми аналогами**

Прямых отечественных аналогов данной разработки не существует. Ближайшим отечественным аналогом является медицинская версия сервисного робота от компании Promobot, однако она не обладает даже ящиком хранения

для перевозки грузов и решает лишь задачу обслуживания пациентов (измерения давления, температуры) в поликлиниках.

Существующие зарубежные аналоги тоже имеют ряд недостатков:

1. Отсутствует система защиты от употребления пациентом чужих таблеток, робот предоставляет доступ ко всем лекарствам, находящимся в корпусе, что не позволяет реализовывать полностью автоматизированную доставку.

2. Из-за малого диаметра колес (6-10 сантиметров) роботы не способны преодолевать пороги, которые присутствуют, например, в российских стационарах, расположенных в сельской местности.

3. Закупка зарубежных моделей в государственные медицинские учреждения невозможна в силу трудностей с техническим обслуживанием на территории Российской Федерации.

4. Программное обеспечение иностранных роботов не является надежным, поскольку в условиях санкций зарубежные компании могут вводить ограничение на его использование, что может привести к снижению функционала модели, вплоть до полной непригодности.

5. Средняя цена зарубежных роботов-аналогов – Moxi, TUG, Pudu, составляет более 100 0000 рублей, что обосновано высокими затратами на перевозку из-за рубежа.

Отразим в таблице 4 наиболее известных сервисных роботов и сравним их с нашим продуктом.

Таблица 4 – Сравнение сервисных роботов

| Название сервисного робота               | Наш продукт | Hospi | Promobot V.4 | Pudubot | Концепт от ABB | Яндекс.Ровер |
|------------------------------------------|-------------|-------|--------------|---------|----------------|--------------|
| Возможность работы в условиях стационара | +           | +     | +            | +       | +              | -            |

#### Продолжение таблицы 4

|                                                       |   |   |   |   |   |   |
|-------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| Наличие ячеек для хранения медицинских препаратов     | + | + | - | - | - | - |
| Наличие системы защиты препаратов                     | + | + | - | - | - | - |
| Возможность интеграции робота в медицинский стационар | + | - | + | + | - | - |

Обобщая вышесказанное, разработка российского сервисного робота с собственным ПО является актуальной. Разрабатываемая модель будет оснащена ходовой системой, позволяющей эффективно перемещаться даже в условиях плохо оборудованного стационара (преодолевать пороги высотой до 7,5 сантиметров), системой защиты от употребления пациентом чужих таблеток. Применение такого типа защиты является инновационным, оно позволит существенно снизить вероятность несчастного случая.

#### 5.7 Целевые сегменты

Основным целевым сегментом для нашего проекта являются частные и государственные стационары крупных городов, с возможностью прямых продаж организациям. Однако сервисный медицинский робот предполагает возможность работы и в минимально оборудованных медицинских и оздоровительных учреждениях. Соответственно, больницы и стационары городов с небольшой численностью постоянно проживающих в нем граждан, а также больницы и стационары поселков городского типа в том числе могут быть заинтересованы в разрабатываемом продукте. Стоит учитывать, что медицинский сервисный робот, как и любое другое медицинское оборудование, должен пройти процедуру лицензирования. В связи с этим на первом этапе

функционирования бизнеса планируется сосредоточение на B2B сегменте, с реализацией продукции в частных стационарах и домах престарелых.

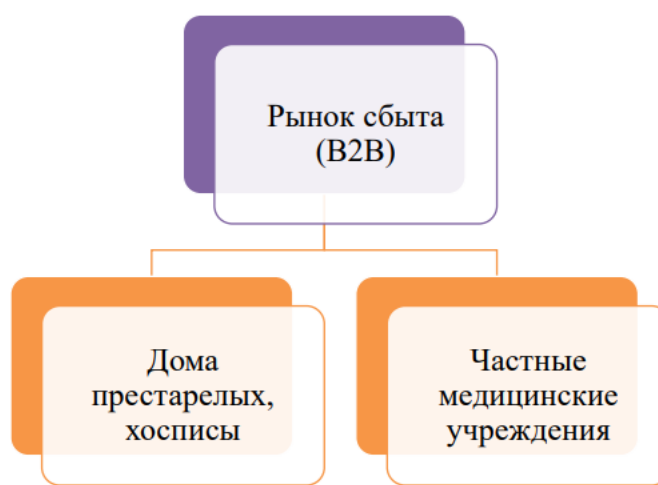


Рисунок 24 – Целевые сегменты в первые годы функционирования бизнеса

Также в покупке медицинского сервисного робота могут быть заинтересованы и компании-дистрибьюторы медицинских технологий, занимающихся продажей товара на государственном или региональном рынке. С учетом политики продаж разрабатываемого продукта, дистрибьюторы должны будут предоставлять техническое обслуживание продукта на протяжении гарантийного срока. Для этого необходимо будет реализовать программу обучения сертификации компаний для поддержания уровня сервиса.

## 5.8 Бизнес-модель проекта, производственный план и план продаж

Составим бизнес-модель проекта по Остервальдеру:

Таблица 5 – Бизнес-модель проекта по Остервальдеру

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ключевые партнеры:</b><br>бизнес-партнеры, поставщики компонентов, партнеры по маркетингу и продажам, партнеры по обслуживанию и техническому обеспечению.                                                                                                                                                            | <b>Ключевые виды деятельности:</b><br>проектирование и разработка медицинских сервисных роботов, производство роботов, их маркетинг, продажа и обслуживание. | <b>Ценностные предложения:</b><br>предоставление высококачественного медицинского обслуживания и мониторинга здоровья с использованием технологий робототехники. | <b>Отношение с клиентами:</b> при покупке продукции – сервисного робота, заказчику будет предоставляться бесплатное техническое обслуживание на протяжении трёх лет – планируемого срока службы робота, а также бесплатная интеграция робота в медицинское учреждение | <b>Потребительские сегменты:</b><br>Частные и государственные стационары крупных городов, больницы и стационары малых городов, компании-дистрибьюторы. |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Ключевые ресурсы:</b><br>опытные инженеры и специалисты в области робототехники, производственные мощности, различные технологии.                         |                                                                                                                                                                  | <b>Каналы продаж:</b><br>прямые продажи через специализированных дистрибьюторов или напрямую медицинским учреждениям.                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                        |
| <b>Структура издержек:</b> затраты на исследования и разработку новых технологий, дизайн робота; затраты на закупку компонентов и сборку робота; затраты на оборудование, запасы, оплату труда работников, аренду помещений, сервисное обслуживание, оплата юридических услуг, налоги и другие административные расходы. |                                                                                                                                                              | <b>Потоки поступления доходов:</b> продажа сервисных роботов, продажа дополнительного программного обеспечения по подписке.                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                        |

Производственный план для сервисного медицинского робота выглядит следующим образом:

1. **Определение требований клиента и дизайна:** этот этап включает определение основных характеристик робота, его функциональных возможностей, дизайна и технического задания.
2. **Исследования и разработка:** этот этап включает исследования и разработку новых технологий, разработку и дизайн сервисного робота, проектирование узлов и механизмов, а также создание 3D-модели робота.
3. **Создание прототипа:** после этапа исследования и разработки следует создание рабочего прототипа, который должен пройти испытания и оценку клиентов.
4. **Производство сервисного робота:** осуществляется сборка и проверка требованиям заказчика.
5. **Установка и настройка:** после этапа производства медицинский сервисный робот должен быть установлен и настроен в учреждении, в том числе требуется сканирование построение карты помещения для успешного ориентирования в пространстве.
6. **Тестирование и приемка:** этот этап включает проверку работоспособности робота, его соответствие техническому заданию и требованиям клиента.
7. **Сервисное обслуживание:** после перехода сервисного робота в эксплуатацию следует его сервисное обслуживание, которое включает обновление и модификацию программного обеспечения, ремонт и замену деталей.

Каждый этап создания сервисного робота осуществляется с помощью метода Agile. В течение первых двух лет планируется разработка робота, проведение тестирования в условиях стационара, а также прохождение процедуры лицензирования. Получение средств, необходимых для разработки, планируется путем участия в грантовых конкурсах. В перспективе сервисный робот может стать частью единой системы интеллектуальной доставки



лекарственных средств, путем интеграции в современные госпитали, применения баз данных для мониторинга состояния пациентов. На рисунке 25 представлена стратегия разработки медицинского сервисного робота.



Рисунок 25 – Стратегия разработки и продвижения

В долгосрочной перспективе производственный план сервисного медицинского робота может подлежать уточнению и корректировкам.

Продавать сервисных роботов с предустановленным программным обеспечением планируется в частные медицинские клиники, а также в государственные медицинские учреждения. На начальном этапе планируется продажа роботов в частные медицинские учреждения, при возможности – в санатории, пансионаты и дома престарелых. В перспективе продажа роботов будет реализована через муниципалитеты в государственные медицинские учреждения.

Продажа продукта организациям будет производиться напрямую, что очень важно при формировании конечной цены продукта и позволяет избавиться от посредников в процессе сделки. Более того, обслуживание медицинского сервисного робота будет осуществляться в максимально короткий срок самим производителем, что, несомненно, является большим плюсом.

При условии обучения персонала сторонних компаний по продаже медицинской техники, мы также сможем реализовывать имеющуюся продукцию при помощи сертифицированных дистрибьюторов, поскольку это сможет решить вопрос с поддержкой и обслуживанием сервисного робота.

### **5.9 Стратегия продвижения продукта на рынок**

Для реализации продукции планируется проведение презентации в рамках таких научно-технических форумов и выставок, как международная выставка «Медицинская техника, изделия медицинского назначения и расходные материалы», выставка роботов и современных технологий (г. Новосибирск), конференция «Робототехника для промышленности. Фокус на отечественные решения». Данный способ продвижения связан со спецификой продукта, его наукоемкостью. Кроме того, одной из задач на будущее является создание сайта компании, сообществ в социальных сетях.

Не стоит также забывать про личные рекомендации продукта как способ обмена информацией между людьми. Это может быть полезно при продаже медицинского сервисного роботов, ведь люди склонны доверять своим друзьям и знакомым.

Планируется разработка узнаваемого бренда и проведение рекламной кампании с использованием различных информационных каналов.

Всё это должно повысить интерес к проекту, помочь найти потенциальных заказчиков. На первом этапе планируется производство не более трёх роботов в год, для медицинских учреждений, являющихся партнерами.

Стоит отметить, что стратегия продвижения продукта на рынке была выбрана не случайно: имея опыт выступления на конференциях различного уровня, команда проекта отметила, что зачастую после презентации проекта на мероприятиях, связанных с медицинской сферой, а также на выставках и конкурсах, где присутствуют медицинские работники, удаётся не только

получить обратную связь относительно выступления со стороны представителей медицины, но и обменяться контактами и даже найти потенциальных заказчиков. Так, после выступления на одном из томских форумов, с нами связались представители одного из двух крупных медицинских учреждений города Томска – клиник Сибирского государственного медицинского университета.

В ходе личной встречи с руководством клиники команда проекта смогла не только вживую ознакомиться со стационарными условиями, в которых разрабатываемый робот должен будет работать, но и получить рекомендации и пожелания от медработников касательно функционала робота. На основе полученных рекомендаций был незначительно скорректирован функционал робота: так, было принято решение добавить возможность голосового взаимодействия с пользователем для вызова пациентов, которые могут передвигаться самостоятельно, на процедуры. Итогом всей встречи стало письмо поддержки, отражающее заинтересованность медицинского учреждения в разработке. Подписанное главным врачом клиник Сибирского государственного медицинского университета письмо представлено в приложении А.

Кроме того, ранее проект уже получал поддержку со стороны медицинских учреждений: в завершении разработки также заинтересованы представители Поликлиники №8 города Томска. Данное медицинское учреждение оказывает медицинские услуги в рамках дневного стационара, поэтому для него актуальна доставка медицинских препаратов при помощи сервисного робота. Письмо поддержки от Поликлиники №8 города Томска представлено в приложении Б.

## ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Обучающемуся:

| Группа | ФИО                         |
|--------|-----------------------------|
| 8E92   | Сухову Федору Вячеславовичу |

| Школа               | ИПИТР       | Отделение (НОЦ)           | Отделение автоматизации и робототехники |
|---------------------|-------------|---------------------------|-----------------------------------------|
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | 15.03.06 Мехатроника и робототехника    |

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Объект исследования: Сервисный робот  
 Область применения: Доставка лекарственных средств пациентам  
 Рабочая зона: Производственное помещение  
 Размеры помещения: 20\*30 м.  
 Количество и наименование оборудования рабочей зоны: персональный компьютер, зарядная станция.  
 Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляемые в рабочей зоне: контроль параметров окружения, перемещение объекта

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

#### 1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:

- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;
- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022, с изм. от 11.04.2023).

Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования ГОСТ 12.2.032-78.

Система «Человек-машина». Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования ГОСТ 21889-76.

#### 2. Производственная безопасность:

- 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов
- 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия

#### Опасные факторы:

1. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий.

#### Вредные факторы:

1. Отклонение показателей микроклимата;
2. Превышение уровня шума;
3. Отсутствие или недостаток естественного или искусственного освещения;
4. Монотонность труда, вызывающая монотонию;
5. Длительное сосредоточенное наблюдение.

Требуемые средства коллективной и индивидуальной

|                                                  |                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                  | защиты от выявленных факторов: Соблюдение техники безопасности и распорядка дня на рабочем месте.                                                                                                                            |
| <b>3. Экологическая безопасность:</b>            | Влияние на атмосферу происходит при производстве робота посредством вредных выбросов.<br>Влияние на литосферу осуществляется при утилизации сервисного робота.<br>Влияния на селитебную зону и гидросферу пренебрежимо малы. |
| <b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b> | Возможные ЧС:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>– коммунально-энергетические аварии;</li> <li>– химические аварии;</li> <li>– взрыв веществ.</li> </ul> Наиболее типичная ЧС - пожар.                                |

|                                                                                    |            |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком</b> | 04.04.2023 |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------|

**Задание выдал консультант по разделу «Социальная ответственность»:**

| Должность                 | ФИО                        | Ученая степень, звание | Подпись | Дата       |
|---------------------------|----------------------------|------------------------|---------|------------|
| Старший преподаватель ООД | Мезенцева Ирина Леонидовна |                        |         | 04.04.2023 |

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

| Группа | ФИО                      | Подпись | Дата       |
|--------|--------------------------|---------|------------|
| 8Е92   | Сухов Федор Вячеславович |         | 04.04.2023 |

## **6 Социальная ответственность**

Областями применения системы навигации сервисного робота для доставки лекарственных средств в медицинском учреждении являются медицина и сервисная робототехника.

Система навигации разрабатывается для медицинского сервисного робота и позволит ему перемещаться автономного в пределах медицинского стационара путем определения окружения и построения карты помещения и траектории движения в условиях динамических препятствий. Разработка позволит роботу доставлять лекарственные препараты без участия человека.

Потенциальными потребителями являются частные и государственные стационары крупных городов, также в покупке медицинского сервисного робота могут быть заинтересованы компании-дистрибьюторы медицинских технологий, занимающихся продажей товара на государственном или региональном рынке.

Разработка сервисного робота осуществлялась в лаборатории Томского политехнического университета, оснащенной персональным компьютером и паяльными станциями. Рабочими процессами являются контроль параметров окружения, а также перемещение сервисного робота.

Пользователями устройства являются специально обученные для этого люди (далее – операторы) из числа сотрудников среднего медицинского персонала. Рабочие места находятся в закрытых помещениях внутри стационара с необходимым оборудованием. Размер помещения, отведенного под работу оператора из числа среднего медицинского персонала, составляет 10-12 квадратных метров из расчета на человека. Оборудование рабочей зоны состоит из персонального компьютера, зарядной станции, набора инструментов.

## **6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Правовое регулирование трудовых отношений в Российской Федерации выполняется согласно Трудовому кодексу Российской Федерации.

Согласно Трудовому кодексу, для проведения работы по научно-исследовательскому проекту установлена шестидневная рабочая неделя с одним выходным днем. Рабочее время с понедельника по субботу с 14:00 по 20:00, обеденный перерыв 16:30-17:30. Рабочее время перенесено в будние дни во вторую половину дня в связи с тем, что исполнители проекта являются студентами и совмещают работу над проектом с учебой в университете. Таким образом, продолжительность рабочего времени равна 36 часам в неделю.

Большая часть работ проводится сидя за персональным компьютером, поэтому рабочее место должно соответствовать ГОСТ 12.2.032-78 [36]. Вид работ, выполняемый на данном рабочем месте, можно отнести к легкой работе (по ГОСТ 12.1.005-88 [37]). Конструкцией рабочего места должно быть обеспечено выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля. При этом выполнение трудовых операций «часто» и «очень часто» должно быть обеспечено в пределах зоны легкой досягаемости и оптимальной зоны моторного поля, приведенных на рисунке 1. Операции с органами управления персональным компьютером – клавиатурой и мышью принимаются очень частыми. На рисунке 1 пространство под первым номером представляет собой зону для размещения наиболее важных и очень часто используемых органов управления, под вторым номером представлена зона для размещения часто используемых органов управления, под третьим номером – зона для размещения редко используемых органов управления.

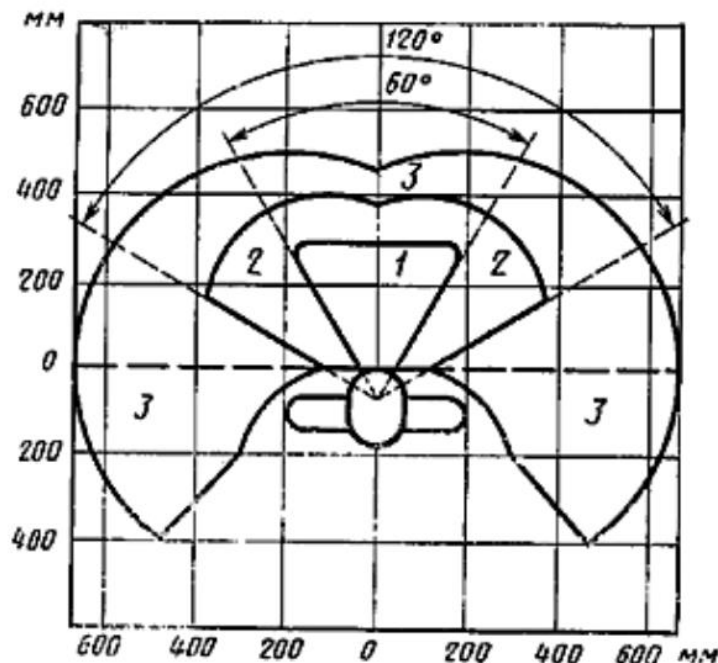


Рисунок 26 – Зона для выполнения ручных операций и размещения органов управления

Так как за персональным компьютером могут работать как мужчины, так и женщины, то

- высота рабочей поверхности должна быть равна 655 мм;
- высота сиденья 420 мм;
- высота пространства для ног не менее 600 мм;
- ширина пространства для ног не менее 500 мм;
- расстояние от сиденья до нижнего края рабочей поверхности не менее 150 мм.

Конструкция кресла оператора должна соответствовать требованиям ГОСТ 21889-76 [38].

## 6.2 Производственная безопасность

Условия труда, в которых производится разработка системы навигации сервисным роботом, в том числе и устройство, на котором производится работа, могут вызывать появление вредных и опасных факторов производства.



В соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [39] при разработке системы навигации могут возникнуть следующие факторы, которые представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Возможные опасные и вредные производственные факторы в комнате оператора

| Факторы                                                              | Нормативные документы                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Вредные факторы                                                      |                                                                                                    |
| Отклонение показателей микроклимата                                  | СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений              |
| Повышенный уровень шума                                              | СП 51.13330.2011. Защита от шума                                                                   |
| Отсутствие или недостаток естественного или искусственного освещения | СП 52. 13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 |
| Монотонность труда, вызывающая монотонию                             |                                                                                                    |
| Длительное сосредоточенное наблюдение                                |                                                                                                    |
| Опасные факторы                                                      |                                                                                                    |
| Факторы, связанные с электрическим током, вызываемым                 | ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно                                              |

|                                                                               |                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий | допустимые уровни напряжений прикосновения и токов |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|

### 6.2.1 Отклонение показателей микроклимата

В рабочем помещении на микроклимат могут влиять разные вещи, вентиляция, нагревательные батареи, температура за окном, а также количество включенной техники в лаборатории.

Микроклимат помещения, в котором человек находится длительное время, играет большую роль в работоспособности, а также возможности комфортно отдохнуть и расслабиться. Состояние внутренней среды здания может как плодотворно влиять на здоровье человека, так и оказывать негативное воздействие. Микроклимат любых помещений характеризуется температурой воздуха, его влажностью и скоростью движения.

К наиболее типичным профессиональным заболеваниям или травмам, которые работник может получить в результате воздействия фактора относятся перегрев и переохлаждение. При перегреве возможна потеря сознания, при переохлаждении – замерзание.

Исходя из гигиенических требований к микроклимату производственных помещений, в таблице 7 приведены допустимые величины показателей микроклимата. По степени физической тяжести, работа оператора относится к категории 1а, категории легких работ [40].

В зимнее время в помещении предусмотрена система отопления. Она обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В целях защиты, работающих от возможного перегревания или охлаждения, при температуре воздуха на рабочих местах выше или ниже допустимых величин, время пребывания на рабочих местах (непрерывно или суммарно за рабочую смену) должно быть ограничено.

Таблица 7 – Допустимые величины показателей микроклимата

| Период года                        |                                                      | Холодный    | Теплый      |
|------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------|-------------|
| Категория работ, Вт                |                                                      | 1а (до 139) | 1а (до 139) |
| Температура воздуха, °С            | Диапазон ниже оптимальных величин                    | 20,0-21,9   | 21,0-22,9   |
|                                    | Диапазон выше оптимальных величин                    | 24,1-25     | 25,1-26     |
| Температура поверхностей, °С       |                                                      | 19-26       | 20-29       |
| Относительная влажность воздуха, % |                                                      | 15-75       | 15-75       |
| Скорость движения воздуха, м/с     | Диапазон температур воздуха ниже оптимальных величин | 0,1         | 0,1         |
|                                    | Диапазон температур воздуха выше оптимальных величин | 0,1         | 0,2         |

### 6.2.2 Повышенный уровень шума

Источниками шума непосредственно в рабочей зоне являются система охлаждения и видеокарта персонального компьютера.

Шум на рабочем месте оказывает раздражающее влияние на работника, повышает его утомляемость, а при выполнении задач, требующих внимания и сосредоточенности, способен привести к росту ошибок и увеличению продолжительности выполнения задания. Длительное воздействие шума влечет тугоухость работника вплоть до его полной глухоты.

В таблице 8 приведены предельно допустимые и допустимые уровни звукового давления, уровни звука, эквивалентные и максимальные уровни звука проникающего шума для помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ согласно СП 51.13330.2011. Защита от шума [41].

В качестве мероприятий по снижению шума можно увеличить поверхностную плотность полотна дверей между лабораторией и мастерской, плотно пригнать полотно к коробке, устранить щели между дверью и полом при помощи порога с уплотняющими прокладками или фартука из прорезиненной ткани или резины, а также применить уплотняющие прокладки в притворах дверей.

Таблица 8 – Предельно допустимые и допустимые уровни звукового давления, уровни звука, эквивалентные и максимальные уровни звука проникающего шума в помещениях лабораторий для проведения экспериментальных работ

| Уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления), дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц |    |     |     |     |      |      |      |      | Уровень звука $L_A$ (эквивалентный уровень звука $L_A$ экв), дБА | Максимальный уровень звука $L_A$ макс, дБА |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 31,5                                                                                                                                      | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |                                                                  |                                            |
| 103                                                                                                                                       | 91 | 83  | 77  | 73  | 70   | 68   | 66   | 64   | 75                                                               | 90                                         |

### 6.2.3 Отсутствие или недостаток естественного или искусственного освещения

Основной причиной возникновения данного вредного фактора является недостаточное освещение рабочей зоны.

Освещение рабочего места, которое не удовлетворяет нормам может затруднять длительную работу так, как вызывает высокое утомление работников и способствует развитию нарушений зрения.

К наиболее типичным профессиональным заболеваниям или травмам, которые работник может получить в результате воздействия фактора относятся ухудшение зрения и развитие заболеваний, связанных со зрительной системой.

Нормы освещенности кабинетов, рабочих комнат, офисов и представительств указаны в СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*» [42].

Работа за персональным компьютером является работой очень высокой точности так, как наименьший размер объекта различения — это размер одного пикселя монитора, который равен 0,297 мм. Ниже приведены требования к освещению для данного типа работы.

Таблица 9 – Требования к освещению в комнате оператора

| Характеристика зрительной работы                                                      | Очень высокой точности |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм                            | От 0,15 до 0,30        |
| Средняя освещенность на рабочей поверхности от системы общего освещения, лк, не менее | 750                    |
| Цилиндрическая освещенность, лк                                                       | 150                    |
| Объединенный показатель UGR, не более                                                 | 16                     |
| Коэффициент пульсации и освещенности $K_n$ %, не более                                | 10                     |

В офисах, где используются персональные компьютеры, освещение должно осуществляться системой общего равномерного освещения. Вдобавок, окна в офисе должны располагаться на севере или северо-востоке.

#### **6.2.4 Монотонность труда, вызывающая монотонию**

Источником фактора служит малоподвижный характер работы, связанный с длительным пребыванием на рабочем месте, высокой повторяемостью выполняемых операций.

Данный вредный фактор отражает такое состояние организма человека, при котором происходит снижение эффективности труда на неопределённый промежуток времени, зачастую он проявляется неожиданно после совершения какой-либо работы.

К наиболее типичным профессиональным заболеваниям или травмам, которые работник может получить в результате воздействия фактора относятся заболевания нервной и сердечно-сосудистой систем.

Чтобы снизить влияние этого фактора на работников, работодателю следует предусмотреть перерывы во время рабочего дня для своих подчиненных. А работнику, в свою очередь, нужно правильно использовать время отдыха и работы, стараться ложиться спать в одно и то же время и заниматься спортом.

#### **6.2.5 Длительное сосредоточенное наблюдение**

В связи с тем, что основной вид работ связан с взаимодействием с персональным компьютером и анализом информации, повышается нагрузка на зрительные анализаторы.

Для предупреждения развития переутомления обязательными мероприятиями являются:

- проведение упражнений для глаз через каждые 20-25 мин работы за ПЭВМ;
- проведение во время перерывов сквозного проветривания помещений с ПЭВМ с обязательным выходом из него людей;
- осуществление во время перерывов упражнений физкультурной паузы в течении 3 – 4 мин.

### **6.2.6 Факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий**

В процессе разработки системы навигации у работников могут появиться травмы от воздействия электрическим током. Поражение током может произойти в результате прикосновения к частям техники, на которых появилось напряжение или остался заряд тока. Это может привести к серьезным ожогам частей тела. Для переменного тока частотой 50 Гц допустимое значение напряжения прикосновения составляет 2 В, а силы тока – 0,3 мА, для тока частотой 400 Гц, соответственно – 2 В и 0,4 мА, для постоянного тока – 8 В и 1 мА.

Для того чтобы гарантировать защиту своим работникам, работодателю нужно использовать оградительные устройства, устройства автоматического контроля и сигнализации, изолирующие устройства и покрытия, устройства защитного заземления.

## **6.3 Экологическая безопасность**

В данном подразделе необходимо рассмотреть характер воздействия проектируемого робота на окружающую среду, а также выявить предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате изготовления робота.

### **6.3.1 Защита атмосферы**

Сильнее всего при производстве сервисного робота страдает атмосфера, поскольку часть узлов (например, ходовая часть, подвеска), являющиеся важными компонентами робота, изготавливаются на машиностроительных предприятиях, выбрасывающих в атмосферу множество вредных веществ, таких как диоксид серы и оксид углерода, а также множество других вредных примесей. Кроме того, в процессе сборки транспортной платформы часть деталей была обработана с помощью металлорежущих станков, применение

которых ведет к образованию твердых отходов (стружка), которые частично попадают в атмосферу. При эксплуатации робота существенного вреда атмосфере не причиняется, поскольку его основой является электрический двигатель. Для снижения влияния процесса производства робота на атмосферу, необходимо утилизировать образующиеся в процессе обработки деталей стружку и иные отходы. Кроме того, в перспективе существует возможность отказаться от части металлических деталей, заменив их на детали из перерабатываемого пластика.

### **6.3.2 Защита литосферы**

Утилизация сервисного робота сопряжена с загрязнением литосферы, поскольку робот содержит большое количество пластика в корпусе, а также работает от аккумуляторной батареи, которую необходимо сдавать в специальный пункт приема при утилизации. Для снижения влияния на литосферу необходимо при утилизации разбирать сервисного робота на составные части для утилизации аккумуляторной батареи в специализированном пункте приёма, а также сдачи пластикового корпуса на переработку. Процесс переработки пластика включает в себя сбор, сортировку, очистку и непосредственно переработку. Для переработки пластик измельчается в порошок или в хлопья, которые затем, можно переплавить его и снова вытянуть нить для 3D-принтера. Так же требуется утилизировать электронные компоненты датчиков, исполнительных механизмов и информационных устройств.

## **6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

### **6.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований**

Поскольку применение сервисного робота может осуществляться в различных условиях, для перевозки грузов на территории заводов,



энергетических объектов любого типа, при эксплуатации могут возникнуть следующие аварии: химические аварии (при использовании на производстве, содержащем резервуары с химическими веществами или при перевозке при помощи робота химических веществ), взрыв веществ (при перевозке взрывоопасных грузов на производстве), пожар: при эксплуатации робота может возникнуть возгорание, при коротком замыкании двух полюсов аккумуляторной батареи. Наиболее вероятным ЧС является именно пожар, поскольку данная чрезвычайная ситуация может произойти при эксплуатации сервисного робота в условиях любого помещения, а также на улице.

#### **6.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС**

Для предотвращения ЧС, связанной с возгоранием батареи, применяется аккумуляторная батарея с защитой от короткого замыкания. Поскольку аккумуляторная батарея содержит в себе металлы, существует риск возникновения пожара класса D.

На основании Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) [43] первичным средством тушения такого пожара является специальный порошковый огнетушитель.

Таким образом, на случай возникновения возгорания производственное помещение должно быть оснащено специальным порошковым огнетушителем. Чтобы предотвратить ЧС в помещении при изготовлении робота, пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями. Исходя из установленной номенклатуры обозначений зданий по степени пожарной опасности, анализируемое в данной работе помещение относится к категории В [44]. Основные источники возникновения пожара:

- неработоспособное электрооборудование, неисправности в проводке, розетках и выключателях;
- электрические приборы с дефектами;

- перегрузка в электроэнергетической системе и короткое замыкание в электроустановке;

Человек, выполняющий работы в аудитории, в случае возникновения пожара или его признаков (задымление, запах горения или тления различных материалов, повышение температуры и т.п.) обязан:

- немедленно сообщить об этом по телефону «01» в пожарную часть (при этом необходимо четко назвать адрес учреждения, место возникновения пожара, а также сообщить свою должность и фамилию);

- задействовать систему оповещения людей о пожаре, приступить самому и привлечь других лиц к эвакуации людей из здания в безопасное место согласно плану эвакуации;

- принять по возможности меры по тушению пожара имеющимися в учреждении средствами пожаротушения и сохранности материальных ценностей;

- известить о пожаре руководителя или другого работника. Меры безопасности обеспечиваются системами предотвращения пожара и противопожарной защиты исходя из требований пожарной безопасности.

Средствами обеспечения пожаробезопасности являются:

- огнетушитель, которым должно быть обеспечено производственное помещение, а также пожарный кран, находящийся в здании;

- системы автоматической пожарной сигнализации;

- средства организации эвакуации, в том числе технические;

Мероприятиями, обеспечивающими пожарную безопасность, являются:

- обучение, в т.ч. распространение знаний о пожаробезопасном поведении (о необходимости установки домашних индикаторов задымленности и хранения зажигалок и спичек в местах, недоступных детям);

- пожарный надзор, предусматривающий разработку государственных норм пожарной безопасности и строительных норм, а также проверку их выполнения;

– обеспечение оборудованием и технические разработки (установка переносных огнетушителей и изготовление зажигалок безопасного пользования).

Перед началом работы необходимо пройти инструктаж и оставить свою роспись в журнале о прохождении инструктажа по пожарной безопасности.

### **6.5 Вывод по главе «Социальная ответственность»**

В данной главе были рассмотрены основные источники возникновения опасных факторов при разработке и эксплуатации системы навигации сервисного медицинского робота. Проведен анализ данных факторов на соответствие нормам, устанавливаемым государственными стандартами. По возможности были предложены меры по минимизации влияния данных факторов на производственную безопасность.

Анализу были подвергнуты факторы загрязнения окружающей среды. Даны рекомендации по утилизации отходов, появляющихся в ходе разработки и эксплуатации системы.

Рабочее место соответствует всем необходимым нормам. По электробезопасности помещение относится к категории «без повышенной опасности». Персонал по электробезопасности согласно Правил по охране труда и эксплуатации электроустановок [45] относится к группе I. По тяжести труда в соответствии с СанПин 1.2.3685-21 работа при разработке относится к категории Ia. Рабочее помещение согласно СП 12.13130.2009 относится к категории В – пожароопасность.

Объект разработки и связанные с ним не оказывают значительного негативного влияния на окружающую среду.

## **Заключение**

Согласно приведенным результатам работы, была разработана система навигации медицинского сервисного робота для доставки лекарственных средств в условиях медицинского стационара, что говорит о том, что цель выпускной квалификационной работы была достигнута. Поставленные задачи были реализованы целостно и полно, был проведен аналитический обзор систем навигации сервисных роботов, на основе которого был получен эскизный проект системы навигации медицинского сервисного робота. Были спроектированы структурная и функциональная схемы для системы навигации, выбраны основные компоненты. В рамках разработки системы навигации был реализован нейросетевой определитель дверного проема, составлен алгоритм работы навигационной системы, а также сконструирован макетный образец сервисного робота. На основе макетного образца были проведены экспериментальные исследования. В рамках исследований определены ключевые особенности системы, а также вектор дальнейшего развития проекта.

В рамках работы получены письма поддержки от клиник Сибирского государственного медицинского университета, ОГАУЗ Поликлиники № 8 г. Томска, Томского политехнического университета, что подтверждает целесообразность проекта.

### **Список публикаций обучающегося**

1. Сухов Ф.В. Разработка модуля идентификации для системы роботизированной маркировки образцов керна / Ф.В. Сухов, В.Ю. Шакин // XXIII Всероссийская конференция молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям, 24-28 октября 2022 г. / Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий. – Новосибирск: Изд-во Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий», 2022. – 79 с — [С. 67].

### Список используемых источников

1. В Томской области не хватает почти 600 медсестёр, фельдшеров и акушеров [Электронный ресурс] // URL: [https://tomsk.aif.ru/health/v\\_tomskoy\\_oblasti\\_ne\\_hvataet\\_pochti\\_600\\_medsestyor\\_feldsherov\\_i\\_akusherov](https://tomsk.aif.ru/health/v_tomskoy_oblasti_ne_hvataet_pochti_600_medsestyor_feldsherov_i_akusherov)
2. Профессиональное выгорание врачей на модели Томской области [Электронный ресурс] // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/professionalnoe-vygoranie-u-vrachey-v-rossiyskoy-federatsii-na-modeli-tomskoy-oblasti/viewer>
3. Ровер — робот-курьер [Электронный ресурс] // URL: <https://yandex.ru/blog/company/yandeks-rover-robot-dostavschik>
4. Promobot V.4 [Электронный ресурс] // URL: <https://promo-bot.ru/production/promobot-v4/>
5. Pudubot [Электронный ресурс] // URL: <https://www.pudurobotics.com/product/detail/pudubot>
6. Роботизация: ABB представила концепцию мобильного лабораторного робота [Электронный ресурс]
7. Panasonic Medication Dispensing and Delivery Robot [Электронный ресурс] // URL: [https://panasonic.ru/press\\_center/news/detail/465769](https://panasonic.ru/press_center/news/detail/465769)
8. Panasonic Medication Dispensing and Delivery Robot [Электронный ресурс] // URL: <https://www.youtube.com/watch?v=g63WUCUuCD0>
9. Тактильный сенсор TTR223V [Электронный ресурс] // URL: <https://kulibin.su/catalog/radiodetali/arduino-moduli/klaviaturny-dzhoystiki-knopki/yemkostnyy-sensor-prikasnoveniya-na-ttr223v-touch-knopka-dlya-arduino.html>
10. Зуммер PS1240 [Электронный ресурс] // URL: <https://aliexpress.ru/item/1005002669832272.html>
11. Веб-камера A4Tech PK-910H [Электронный ресурс] // URL: <https://www.dns-shop.ru/product/429bb81ef2448499/veb-kamera-a4tech-pk->

910h/

12. Raspberry Pi 4 model B [Электронный ресурс] // URL: <https://www.dns-shop.ru/product/23464e2d7b0a2eb0/mikrokomputer-raspberry-pi-4-model-b-8gb/>
13. Ультразвуковой датчик HC-SR04 [Электронный ресурс] // URL: <https://amperka.ru/product/hc-sr04-ultrasonic-sensor-distance-module>
14. Оптический датчик VL53L0XX [Электронный ресурс] // URL: <https://shop.robotclass.ru/item/1644>
15. M1c1\_mini LiDAR [Электронный ресурс] // URL: <https://aliexpress.ru/item/4000251359842.html>
16. YOLOv7 [Электронный ресурс] // URL: <https://github.com/WongKinYiu/yolov7>
17. SLAM [Электронный ресурс] // URL: <https://robocraft.ru/technology/724>
18. Visual SLAM: What are the Current Trends and What to Expect? [Электронный ресурс] // URL: <https://arxiv.org/pdf/2210.10491.pdf>
19. Robot Localization in Floor Plans Using a Room Layout Edge Extraction Network [Электронный ресурс] // URL: <https://arxiv.org/pdf/1903.01804.pdf>
20. Алгоритм Дейкстры [Электронный ресурс] // URL: <https://ru.algorithmica.org/cs/shortest-paths/dijkstra/>
21. Cloud-Based Autonomous Indoor Navigation: A Case Study [Электронный ресурс] // URL: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1902/1902.08052.pdf>
22. Robot Localization in Floor Plans Using a Room Layout Edge Extraction Network [Электронный ресурс] // URL: <https://arxiv.org/pdf/1903.01804.pdf>
23. Asus N53SV [Электронный ресурс] // URL: <https://3dnews.ru/616469>
24. Tinkercad [Электронный ресурс] // URL: <https://all3dp.com/2/tinkercad-tutorial-easy-beginners/>

25. STL [Электронный ресурс] // URL: <https://3dprinterspb.ru/76-stl-format-i-pechat-na-3d-printere.html>
26. URDF Model [Электронный ресурс] // URL: <http://wiki.ros.org/urdf>
27. Linux [Электронный ресурс] // URL: <https://www.linux.org/>
28. Ubuntu [Электронный ресурс] // URL: <https://ubuntu.com/>
29. The Robot Operating System (ROS) [Электронный ресурс] // URL: <https://www.ros.org/>
30. ROS avg Package [Электронный ресурс] // URL: <http://wiki.ros.org/avg>
31. Gmapping [Электронный ресурс] // URL: <http://wiki.ros.org/gmapping>
32. Laser-scan-matcher [Электронный ресурс] // URL: [http://wiki.ros.org/laser\\_scan\\_matcher](http://wiki.ros.org/laser_scan_matcher)
33. Патентный поиск ФИПС [Электронный ресурс] // URL: <https://new.fips.ru/about/vptb-otdelenie-vserossiyskaya-patentno-tekhnicheskaya-biblioteka/patentnyy-poisk.php>
34. Gmapping [Электронный ресурс] // URL: <http://wiki.ros.org/gmapping>
35. Путин поручил быстрее проводить модернизацию первичного звена здравоохранения [Электронный ресурс] // URL: <https://tass.ru/obschestvo/17058061>
36. ГОСТ 12.02.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
37. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
38. ГОСТ 21889-76. Система «Человек-машина». Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования.
39. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
40. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений СанПиН 2.2.4.548-96.



41. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.

42. СП 52. 13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*.

43. Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ

44. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности

45. Приказ Минтруда России от 15.12.2020 N 903н (ред. от 29.04.2022) "Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок"

## **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

(обязательное)

**Письмо поддержки от клиник СибГМУ**

Минздрав России  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования  
«Сибирский государственный медицинский  
университет» Министерства здравоохранения  
Российской Федерации  
(ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России)

КЛИНИКИ

Московский тракт, д. 2, г. Томск, 634050  
Телефон (3822) 53 04 23;  
Факс (3822) 53 33 09  
e-mail: office@ssmu.ru  
http://www.ssmu.ru  
ОКПО 01963539 ОГРН 1027000885251  
ИНН 7018013613 КПП 701701001

ФГБУ «Фонд содействия развитию  
малых форм предприятий в научно-  
технической сфере»  
(Фонд содействия инновациям)  
101000, г. Москва,  
Большой Златоустинский  
пер., д. 5, стр. 3  
Генеральному директору  
С.Г. Полякову

11.05.2023 № 2100

*О поддержке проекта*

Уважаемый Сергей Геннадьевич!

Проект студентов федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» Шакина Владислава Юрьевича и Сухова Фёдора Вячеславовича «Разработка сервисного робота для медицинских учреждений», направленный на автоматизацию процессов взаимодействия медицинских работников и пациентов в стационарах государственных и/или частных медицинских учреждений, актуален, поскольку его реализация способна повысить качество обслуживания пациентов.

Кроме того, сервисный робот является коммерчески привлекательной разработкой, поскольку он снижает нагрузку на персонал, а также косвенно свидетельствует о высоком уровне технологического оснащения медицинского учреждения и повышает привлекательность клиники в глазах пациентов.

Клиники СибГМУ готовы поддержать проект, предоставив площадку для тестирования сервисного робота, помогать с освещением проекта в средствах массовой информации, оказывать консультационную поддержку для соответствия сервисного робота техническим требованиям и успешного применения разработки в условиях медицинского стационара.

Главный врач

С.В. Нестерович

Зоркальцев М.А.  
901-101 \* 1505



Рисунок А.1 - Письмо поддержки от клиник СибГМУ

## **ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

**(обязательное)**

**Письмо поддержки от ОГАУЗ Поликлиники №8 г.Томска**



ДЕПАРТАМЕНТ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ  
ОБЛАСТНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ  
«ПОЛИКЛИНИКА № 8»

634050, г. Томск, пр. Комсомольский, 62, стр.3 тел. 78-23-69, факс 78-23-63  
e-mail: [ogaiz-pol8@tomsk.gov70.ru](mailto:ogaiz-pol8@tomsk.gov70.ru) ИНН 7017002023 КПП 701701001

от 10.11.2022 № 602

на № 6/н от

О поддержании инициативы  
студенческого проекта

Уважаемая комиссия!

Проект студентов группы 8Е92 направления основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» Томского политехнического университета (ТПУ) Шакина Владислава Юрьевича и Сухова Фёдора Вячеславовича под названием «Интеллектуальная система ДЛС», направленный на автоматизацию доставки лекарственных средств в стационарах государственных и/или частных медицинских учреждений, действительно актуален, поскольку его реализация способна как повысить качество медицинского обслуживания, так и снизить нагрузку на средний медицинский персонал. Кроме того, в условиях пандемии применение технологий мехатроники и робототехники могло бы снизить риск заражения новой коронавирусной инфекцией при работе с пациентами.

Поскольку разработка интеллектуальной системы доставки лекарственных средств является актуальной и перспективной, ОГАУЗ «Поликлиника № 8» готова поддержать проект, предоставив площадку (дневной стационар) для тестирования сервисного робота, являющегося ключевым элементом разрабатываемой системы.

И.о. главного врача

А.Н.Борисова

Исполнитель: А.Н.Борисова  
Тел. 8 (3822) 782-366

Рисунок Б.1 - Письмо поддержки от ОГАУЗ Поликлиники №8 г.Томска