

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 алгоритма навигации для робота indoor-типа

УДК 007.52:629.072.1

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е92	Игнатъева Анастасия Валерьевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Беляев Александр Сергеевич			

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Шаманин Олег Максимович			

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Татьяна Васильевна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

Нормоконтроль

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

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Киселев Александр Викторович	К.Т.Н.		

## 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



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  
\_\_\_\_\_ Киселев А.В.  
(Подпись) (Дата) (ФИО)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

Обучающийся:

Группа	ФИО
8E92	Игнатьева Анастасия Валерьевна

Тема работы:

Разработка алгоритма навигации для робота indoor-типа	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	03.02.2023, №34-87/с

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

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b> (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 функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</p>	<p>Алгоритм навигации, с целью обеспечения возможности проведения экспериментальных исследований, должен разрабатываться с учетом имеющейся лабораторной базы, а именно:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– всенаправленная мобильная робототехническая платформа KUKA youBot;</li> <li>– лазерный дальномер HOKUYO URG-04LX-UG01.</li> </ul>
<p><b>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке</b> (аналитический обзор литературных источников 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)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Аналитический обзор литературных источников в области навигации роботов indoor-типа.</li> <li>2. Разработка структурной схемы системы навигации с учетом указанных исходных данных к работе.</li> <li>3. Разработка программной части системы с реализацией всех блоков структурной схемы.</li> <li>4. Проведение экспериментальных исследований на предмет работоспособности разработанного алгоритма в симуляторе</li> </ol>

	Gazebo. 5. Проведение экспериментальных исследований на предмет работоспособности разработанного алгоритма на реальном оборудовании, указанном в исходных данных к работе.
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Структурная схема, чертеж разработанной подставки для лидача
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент	Былкова Татьяна Васильевна, доцент ОСГН ШБИП, к. э. н.
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна, старший преподаватель ООД ШБИП

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

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Беляев Александр Сергеевич			03.02.2023
Ассистент ОАР ИШИТР	Шаманин Олег Максимович			03.02.2023

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е92	Игнатьева Анастасия Валерьевна		03.02.2023

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
8Е92	Игнатъева Анастасия Валерьевна

Тема работы:

Разработка алгоритма навигации для робота indoor-типа
---

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.05.2023 г.	<i>Основная часть ВКР</i>	60
30.05.2023 г.	<i>Раздел «Социальная ответственность»</i>	20
30.05.2023 г.	<i>Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</i>	20

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Беляев Александр Сергеевич			03.02.2023

**Консультант**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Шаманин Олег Максимович			03.02.2023

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Киселев Александр Викторович	к. т. н.		03.02.2023

**Обучающийся**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е92	Игнатъева Анастасия Валерьевна		03.02.2023

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 100 страниц, 39 рисунков, 24 таблицы, список используемых источников из 42 наименований и приложение на 10 листах.

Ключевые слова: мобильный робот, навигация, indoor-условия, прокладывание курса, robot operating system.

Объектом исследования является имеющейся в Отделении автоматизации и робототехники Томского политехнического университета лабораторной базы, а именно: всенаправленная мобильная робототехническая платформа KUKA youBot, лидар HOKUYO URG-04LX-UG01.

Цель работы – разработка алгоритма навигации для мобильного робота indoor-типа.

В процессе разработки был произведен аналитический обзор источников в области навигации роботов indoor-типа, разработка структурной схемы системы навигации, разработка программной части системы с реализацией всех блоков структурной схемы, проведение экспериментальных исследований на предмет работоспособности разработанного алгоритма в симуляторе Gazebo и на реальном оборудовании, указанном в исходных данных к работе.

В результате исследования был получен работоспособный алгоритм навигации мобильного робота. В будущем планируется продолжение работы по данной тематике.



## Содержание

Введение.....	12
Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки .....	13
1 Аналитический обзор литературных источников.....	15
1.1 Обзор используемых датчиков .....	15
1.2 Обзор используемых методов для построения карты.....	19
1.3 Обзор методов для локализации робота.....	20
1.4 Обзор алгоритмов навигации робота.....	20
2 Создание структурной схемы системы навигации .....	22
3 Настройка программной среды и оборудования.....	25
3.1 Настройка программного обеспечения.....	25
3.2 Настройка среды моделирования и симуляции .....	27
3.3 Проводное подключение к роботу и лидару .....	28
3.4 Изготовление подставки для лидара .....	30
3.5 Обеспечение беспроводного подключения к роботу .....	32
4 Реализация построения карты .....	37
5 Реализация локализации робота на построенной карте.....	41
6 Реализация алгоритма навигации мобильного робота.....	46
7 Тестирование разработанного алгоритма в реальных условиях .....	52
7.1 Создание карты помещения .....	52
7.2 Локализация робота по карте коридора .....	54
7.3 Навигации мобильного робота по коридору .....	56
7.4 Создание программы для задания номера аудитории в качестве целевой точки.....	58
8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 64	

8.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	64
8.1.1 Потенциальные потребители ресурсов исследования .....	64
8.1.2 Анализ конкурентных технических решений .....	65
8.1.3 SWOT-анализ .....	66
8.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований .....	68
8.3 Планирование научно-исследовательских работ .....	69
8.3.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	69
8.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	70
8.3.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	73
8.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	75
8.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой эффективности исследования .....	79
9 Социальная ответственность .....	84
9.1 Введение.....	84
9.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	85
9.3 Производственная безопасность .....	86
9.4 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	87
9.4.1 Неподвижные части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним .....	87
9.4.2 Движущиеся твердые объекты, наносящие удар по телу работающего .....	87

9.4.3 Электрический ток, вызываемый разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий .....	88
9.4.4 Отсутствие или недостаток необходимого естественного и искусственного освещения.....	89
9.4.5 Показатели микроклимата воздушной среды: температура и относительная влажность воздуха.....	90
9.4.6 Монотонность труда, вызывающая монотонию .....	91
9.5 Экологическая безопасность.....	92
9.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	93
9.7 Вывод по главе .....	94
Заключение .....	95
Список использованных источников.....	96
Приложение А (обязательное) Графические материалы.....	101
Приложение Б (обязательное) Листинг рабочих файлов .....	105

## Введение

В настоящее время объем мирового рынка робототехники стремительно увеличивается, и рынок мобильной робототехники не стал исключением. Мобильность роботов переживает бум во всем мире: объем продаж автономных мобильных роботов, например, в секторе логистики, будет ежегодно увеличиваться на 31 % в период с 2020 по 2023 год. В то же время использование автономных мобильных роботов в общественных местах также будет быстро расти – IFR (англ. International Federation of Robotics – Международная Федерация Робототехники) прогнозирует, что продажи в единицах продукции будут расти на 40% в год во всем мире [1].

На сегодняшний день одна из актуальных проблем использования роботов – это автономный, принятый без участия человека, выбор маршрута роботом. Основанием для выбора служит самостоятельный анализ ситуации [2].

Для автономности робота необходимо обеспечить не только независимость от провода питания, но и оснастить его необходимыми датчиками и алгоритмами, способными сформировать комплексное представление о текущей ситуации. Такая сформированная и обновляющаяся информация позволит роботу самостоятельно ориентироваться в помещении и принимать решения о действиях, необходимых для достижения поставленной задачи.

В данной работе представлена разработка алгоритма автономной навигации для мобильного робота indoor-типа, который включает в себя построение карты помещения, в котором будет производиться навигация, автономное определение местоположения робота на построенной карте и навигация робота от начальной до целевой точки с учетом препятствий.

Алгоритм навигации, с целью обеспечения возможности проведения экспериментальных исследований, разрабатывался с учетом имеющейся лабораторной базы, а именно: всенаправленная мобильная робототехническая платформа KUKA youBot, лидар HOKUYO URG-04LX-UG01.

## Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

**лидар** (англ. LiDAR, Light Detection and Ranging «обнаружение и определение дальности с помощью света»).

**SLAM** (англ. Simultaneous Localization and Mapping – одновременная локализация и построение карты): Метод, используемый в мобильных автономных средствах для построения карты в неизвестном пространстве с одновременным контролем текущего местоположения и пройденного пути.

**AMCL** (англ. Adaptive Monte Carlo Localization – адаптивная локализация Монте Карло): Система вероятностной локализации робота, движущегося в 2D.

**DWA** (англ. Dynamic Window Approach – Динамический Оконный Подход): Алгоритм выбора скоростей робота для достижения заранее спланированной траектории движения.

**ROS** (англ. Robot Operating System – Операционная система для роботов).

**узлы** (англ. ROS Nodes): Исполняемые файлы в ROS; с помощью библиотек узлы могут связываться друг с другом; они могут публиковать темы (ROS Topics) и подписываться на них, предоставлять и использовать сервисы (ROS Services).

**темы** (англ. ROS Topics): Специальные именованные каналы, с помощью которых узлы могут передавать друг другу сообщения.

**сервисы** (англ. ROS Services): Способ связи между узлами, при котором сообщение отправляется не в тему, а непосредственно конкретному узлу-подписчику, в то время как узел, публикующий сообщение, ждет отклика; таким образом, узлы связываются между собой один к одному.

**пакет** (англ. package): Сущность в ROS, представляющая собой директорию, содержащую в себе какие-либо данные, библиотеки, исполняемые и конфигурационные файлы и т.д., логически объединенные в один модуль; такое

структурирование делается с целью повышения удобства использования и возможности использовать данную структуру повторно.

**SSH** (англ. Secure Shell – безопасная оболочка): Сетевой протокол удаленного доступа.

## **1 Аналитический обзор литературных источников**

Для решения такой комплексной задачи, как автономная навигация робота indoor-типа, необходимо, как минимум, решить три подзадачи:

- 1) картографирование – построение карты помещения, в котором будет производиться навигация;
- 2) локализация – автономное определение местоположения робота на построенной карте;
- 3) навигация – планирование пути и автономное передвижение робота по нему от начальной до целевой точки с учетом препятствий.

В поисках решения данных подзадач обратимся к российским и зарубежным литературным источникам по навигации роботов indoor-типа. Проведем аналитический обзор и отметим, главным образом, какие датчики, методы и алгоритмы используются для картографирования, локализации и навигации.

### **1.1 Обзор используемых датчиков**

**Лидар** – один из самых популярных и удобных в использовании датчиков. Принцип работы заключается в определении дальности путем наведения лазера на объект или поверхность и измерения времени, за которое отраженный свет возвращается к приемнику. Существуют 2D- и 3D-лидары, способные сканировать только в одной плоскости пространства и во всем пространстве соответственно.

В работе [3] лидар используется не только для построения карты помещения, но и для локализации робота путем отслеживания смещения вершин (наиболее выступающих частей) карты. Также лидар применяется в работе [4], а в [5] он используется совместно с микрофоном для принятия голосовых команд о месте назначения.

Кроме того, во всех упомянутых выше работах лидар используется совместно с **одометром** – прибором, используемым для оценки изменения

положения с течением времени, так как навигация только на основе одометра ненадежна из-за механических проблем, таких как проскальзывание колес, неточности работы двигателей и калибровки датчиков поворота колес.[3]

**RGB-камера** – оптическое устройство, предназначенное для записи и передачи изображения окружающего пространства.

В работах [6] и [7] камера используется для навигации в процессе поиска объекта в неизвестной среде по существующей семантической карте, составленной также с помощью камеры.

Авторы работы [8] предлагают способ навигации в помещении с помощью изображений потолка, полученных с помощью RGB-камеры.

В работе [9] RGB-камера используется для локализации робота через распознавание ArUco маркеров и вычисление расстояния до них по размерам сторон маркеров.

Кроме того, часто встречается совместное использование данной камеры с лидаром, что позволит строить карту с помощью расстояний до окружающих объектов, а навигацию осуществлять посредством сегментации изображения с камеры [10] или определять местоположение и передвигаться с помощью топологической карты [11], а также использовать камеру для следования за динамической целью, какой может оказаться человек или какой-либо другой движущийся объект [12].

**RGB-D камера** (камера глубины) – оптическое устройство, записывающее и передающее не только цвет изображения, но и глубину (расстояние до каждого пикселя изображения). Рассматриваемые камеры используются для построения карты, локализации и навигации с помощью сравнения кадров, следующих друг за другом. Например, в работе [13] рассматривается распознавание движущихся объектов для повышения точности работы системы в высокодинамических средах.

RGB-D камера также может использоваться совместно с 2D лидаром для расширения зоны видимости. Алгоритм, предложенный в работе [14]



накладывает облако точек с камеры на облако точек лидара, что позволяет получить более полную картину окружающего пространства.

**Приемопередатчик** (транспондер, англ. transponder от transmitter-responder «передатчик-ответчик») – устройство, которое при получении определенного сигнала излучает собственный радиосигнал в ответ. Используется для определения местоположения робота с помощью показателя уровня принимаемого сигнала (англ. RSSI – received signal strength indicator). В работе [15] авторы определяют положение робота относительно беспроводного излучателя, а также используют фильтр Калмана для повышения точности.

В работе [16] проводится сравнение работы системы навигации без использования точек доступа Wi-Fi, с помощью трех точек доступа и с помощью одной с облачной сетью. Кроме того, в данной работе используется **инерциальный измерительный блок** (англ. IMU – Inertial measurement unit), представляющий собой электронный компонент семейства датчиков: акселерометров, гироскопов и магнитометров, для измерения ускорения датчика, угловой скорости и ориентации.

**Ультразвуковой датчик** (сонар) – устройство, принцип действия которого основан на определении дальности путем распространения звуковой волны до объекта и обратно. Как правило, в системах навигации его не используют в одиночку, а сочетают с другими датчиками.

Например, в работе [17] RGB-камера используется для обнаружения ориентиров, а ультразвуковой датчик – для локализации по методу Монте Карло.

В таблице 1 представлено сравнение датчиков по имеющимся преимуществам и недостаткам, а также отображено их совместное использование.

Таблица 1 – Сравнение датчиков, используемых для построения карты, локализации и навигации

№	Датчик / устройство / прибор	Преимущества	Недостатки	Совместное использование							
				1	2	3	4	5	6	7	
1	Одометр	Простой в использовании и обработке данных	Проскальзывание колес, неточности работы двигателей и калибровки датчиков поворота колес		X	X	X	X	X	X	X
2	Инерциальный измерительный блок	Большие возможности для измерения ускорения датчика, угловой скорости и ориентации	Сложности калибровки	X		X					X
3	Лидар	Простота технологии и удобство в использовании	2D-лидар сканирует только в одной плоскости, высокая стоимость	X	X		X	X			
4	RGB-камера	Устройство, доступное каждому	Неточности системы навигации при использовании в одиночку	X		X					X
5	RGB-D камера	Сочетание цветного изображения и датчика глубины	Малая зона видимости при использовании в одиночку	X		X					
6	Приемо-передатчик	Простота навигации по показателю уровня принимаемого сигнала	Неточности системы навигации, возможность столкновения с динамическими препятствиями	X	X						
7	Ультразвуковой датчик	Простота технологии	Малая зона видимости, невозможность использования в одиночку	X	X		X				

где X – совместное использование пересекающихся в клетке датчиков.

На основе проведенного обзора было выяснено, что лидар является наиболее популярным датчиком, простым и удобным в использовании [14]. Его основным недостатком является высокая стоимость, однако она не имела значения, поскольку лидар был предоставлен в качестве имеющейся лабораторной базы.

Мобильный робот KUKA youBot, также включенный в имеющуюся лабораторную базу, предоставляет данные одометрии, что будет использоваться для оценки пройденного пути.

## **1.2 Обзор используемых методов для построения карты**

После выбора датчиков необходимо определить, каким образом с его помощью можно осуществить построение карты помещения.

Согласно [18] основные типы представления карты:

- «представление метрик» – построение карты с точными данными метрик;
- «метрическое и топологическое представление» – как для генерации опорных точек в качестве узлов, так и для последующего построения карты с метрическими данными для наблюдения;
- «метрическое, топологическое и семантическое представление», добавляющее семантическую информацию к предыдущим двум типам данных для отслеживания таких объектов, как двери;
- «топологическое и семантико-метрическое представление», использующее пространственные отношения между объектами, включая робота.

Для представления метрик используется SLAM, применяемый в мобильных автономных средствах для построения карты в неизвестном пространстве с одновременным контролем текущего местоположения и пройденного пути. Данный метод является довольно популярным и используется в работах [3 – 5], [10], [11], [13], [14], [19]. Создание семантической карты, представляющей собой совокупность опорных точек, описывается в работах [6],

[7]. Метрическое, топологическое и семантическое представление карты явно прослеживается в работе [10].

Таким образом, для построения карты с помощью лидара было решено использовать метод SLAM ввиду популярности метода, высокой точности карты, получаемой в результате [3].

### **1.3 Обзор методов для локализации робота**

После выбора метода построения карты помещения настало время выбрать, каким образом будет осуществляться определение местоположения робота. Ниже представлены методы, используемые в обозреваемых работах.

Метод **AMCL** – система вероятностной локализации робота, движущегося в 2D. Он реализует адаптивный подход к локализации Монте-Карло, который использует фильтр частиц для отслеживания положения робота на известной карте. Данный метод используется в работах [4], [5], [17], [23].

**Нейронная сеть** в работе [11] используются для сравнения текущего изображения с камеры с имеющейся семантической картой для определения положения и принятия решения о движении. Обучение нейронной сети с подкреплением используется в работе [20] для обхода препятствий и достижения целевой точки роботом.

С использованием **опорных меток**, таких как ArUco-маркеры [9], точки доступа Wi-Fi [15 – 16], RFID-метки [21] и даже изображения потолка [8] и вершины (наиболее выступающие части) карты [3].

В результате был выбран метод AMCL в качестве наиболее подходящего для выбранных датчиков и построенной карты [23].

### **1.4 Обзор алгоритмов навигации робота**

Далее предстояло выбрать алгоритмы, которые будут использоваться для автономной навигации робота.

Как правило, навигация состоит из двух частей: «познания» – того, как робот должен достичь цели, проще говоря, планирование пути, и «управления

движением» – выбора скоростей и ускорений робота для достижения желаемой траектории.[18]

Наиболее популярные алгоритмы для «познания»:

– **алгоритм Дейкстры** применяется для определения наименьшего пути между каждой точкой на графе, работает как в статической среде, так и в глобальном планировании пути, используется в работе [12];

– **алгоритм A\*** определяет все связанные пути к месту назначения с учетом наименьшего времени прохождения наименьшего расстояния, работает аналогично "алгоритму Дейкстры", значительно экономит вычислительное время, используется в работах [13], [17], [23], а авторы [19] улучшают работу данного алгоритма, используя RRT (англ. Rapidly exploring Random Tree – Быстро исследующееся Случайное Дерево) и JPS (англ. Jump Point Search – Поиск Точки Перехода).

В результате для планирования пути был выбран алгоритм Дейкстры, а не A\*. Это объясняется тем, что первый алгоритм обеспечивает плавный и оптимальный путь, тогда как второй алгоритм не всегда способен это сделать из-за использования эвристической функции [24].

Наиболее популярные алгоритмы для «управления движением»:

– **Trajectory Rollout** (англ. Развертывание Траектории) – алгоритм, основная идея которого состоит в выборке скоростей и ускорений робота для последующего моделирования и оценки перемещения, применяется в работе [4];

– **DWA** – алгоритм, который работает аналогично Trajectory Rollout, однако имеет преимущество по эффективности, так как выборка скоростей происходит для одного шага моделирования с учетом пределов ускорения робота, а также способен избегать динамических препятствий; нашел применение в работах [5] и [12], а также улучшается с помощью алгоритма A\* в работе [22].

Таким образом, для автономного передвижения робота по спланированному пути был выбран алгоритм DWA, является наиболее популярным и эффективным на сегодняшний день [22].

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Обучающемуся:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8E92	Игнатъева Анастасия Валерьевна

<b>Школа</b>	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	Отделение автоматизации и робототехники
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.06 Мехатроника и робототехника

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Среднерыночные цены РФ для определения стоимости ресурсов
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Тариф на электроэнергию: 3,16 руб. за 1 кВт/ч, районный коэффициент 30 %.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления в социальные внебюджетные фонды: 30%

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценить потенциальных потребителей исследования, проанализировать конкурентных решений, представить SWOT – анализ. Предложить возможные альтернативы проведения НИ.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Представить план этапов работ, определить трудоёмкость и построить календарный график, сформировать бюджет НИ.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Определить интегральные показатели финансовой эффективности, ресурсоэффективности разработки. Рассчитать сравнительную эффективность проекта.

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений. 2. Матрица SWOT-анализа 3. Морфологическая матрица 4. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей 5. Временные показатели проведения НИ 6. Бюджет НИ 7. Оценка характеристик вариантов исполнения 8. Сравнительная эффективность разработки.
---

<b>Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком</b>	10.02.2023
--	------------

**Задание выдал консультант по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Татьяна Васильевна	канд. экон. наук		10.02.2023

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8E92	Игнатъева Анастасия Валерьевна		10.02.2023

## 8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

**Цель раздела:** комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы. Необходимо оценить полные денежные затраты на исследование (проект), а также дать хотя бы приближенную экономическую оценку результатов ее внедрения. Это в свою очередь позволит с помощью интегральных показателей эффективности оценить экономическую целесообразность осуществления работы.

### 8.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

#### 8.1.1 Потенциальные потребители ресурсов исследования

Таблица 2 – Карта сегментирования рынка продаж систем навигации мобильных роботов indoor-типа

	Продукт				
	Система построения карты	Система локализации	Система локальной навигации	Система глобальной навигации	
Вид потребителя	Производители автономной техники для внутрипроизводственной и складской логистики				
	Производители офисной и бытовой «умной» роботизированной техники				
	Производители автономных сервисных роботов				
	Производители образовательных роботизированных платформ				

	RoboCV (РобоСиВи)
	Promobot (Промобот)
	RMS (Роботикс Менеджмент Системс)
	Sybo Tech (Сибо Тек)

Согласно карте сегментирования рынка, можно сделать вывод об относительной свободе сегмента продаж систем навигации мобильных роботов indoor-типа, особенно в сфере офисной и бытовой роботизированной техники.

### 8.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Для оценки сравнительной эффективности научной разработки и определения направления ее будущего развития, выберем конкурентные решения:

- 1) система навигации робота Promobot V.4;
- 2) программное обеспечение для управления логистическими роботами компании RMS;
- 3) алгоритмы автономной навигации компании Sybo Tech.

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		Б <sub>р</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	Б <sub>к3</sub>	К <sub>р</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>	К <sub>к3</sub>
1. Повышение производительности труда пользователя	0,15	0,7	0,4	0,8	0,8	0,105	0,06	0,12	0,12
2. Качество интеллектуального интерфейса	0,1	0,9	0,9	0,4	0,6	0,09	0,09	0,04	0,06
3. Помехоустойчивость	0,1	0,8	0,9	0,7	0,7	0,08	0,09	0,07	0,07
4. Энергоэффективность	0,03	0,8	0,5	0,7	0,7	0,024	0,015	0,021	0,021
5. Надежность	0,15	0,7	0,8	0,7	0,8	0,105	0,12	0,105	0,12
6. Безопасность	0,2	0,9	0,7	0,65	0,9	0,18	0,14	0,13	0,18
7. Низкие требования к ресурсам памяти	0,1	1	0,7	0,6	1	0,1	0,07	0,06	0,1
8. Гибкость автономной навигации	0,1	1	1	0,3	1	0,1	0,1	0,03	0,1
9. Возможность установки на персональный компьютер	0,07	1	0	1	1	0,07	0	0,07	0,07
<b>Итого</b>	<b>1</b>					<b>0,854</b>	<b>0,685</b>	<b>0,646</b>	<b>0,841</b>



Таким образом, из оценочной карты получаем, что относительно других разработок наша наиболее выгодная.

### 8.1.3 SWOT-анализ

Для исследования внутренних и внешних среды проекта воспользуемся методикой SWOT-анализа. Составим матрицу SWOT-анализа (таблица 8) с описанием сильных и слабых сторон проекта, а также возможностей и угроз для реализации проекта.

Выявим соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Эти соответствия или несоответствия должны помочь определить степень необходимости проведения стратегических изменений. Для этого построим интерактивные матрицы проекта (таблицы 4-7).

Таблица 4 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
Возможности проекта	B1	+	+	+	-	-	-
	B2	-	+	-	-	+	-
	B3	-	+	-	+	-	-
	B4	-	-	-	-	+	+
	B5	+	-	-	+	-	+

Направления реализации проекта: B1C1C2C3, B2C2C5, B3C2C4, B4C5C6, B5C1C4C6.

Таблица 5 – Интерактивная матрица проекта

		Слабые стороны проекта					
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5	Сл6
Возможности проекта	B1	-	-	+	+	+	-
	B2	+	+	+	-	-	-
	B3	-	-	-	+	-	-
	B4	+	+	-	-	+	+
	B5	-	-	+	+	+	-

Направления реализации проекта: B1B5Сл3Сл4Сл5, B2Сл1Сл2Сл3, B3Сл4, B4Сл1Сл2Сл5Сл6

Таблица 6 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта							
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	У1	+	+	+	-	-	-
	У2	-	+	-	+	-	-
	У3	-	+	-	+	+	-
	У4	-	-	+	-	+	-
	У5	-	-	-	-	-	+
	У6	-	-	-	-	-	+

Направления реализации проекта: У1С1С2С3, У2С2С4, У3С2С4С5, У4С3С6, У5У6С6

Таблица 7 – Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта							
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5	Сл6
	У1	-	-	-	+	-	+
	У2	+	+	+	+	+	+
	У3	-	-	-	+	+	-
	У4	+	-	-	-	+	-
	У5	-	-	+	-	+	+
	У6	-	-	-	-	-	+

Направления реализации проекта: У1Сл4Сл6, У2Сл1Сл2Сл3Сл4Сл5Сл6, У3Сл4Сл5, У4Сл1Сл5, У5Сл3Сл5Сл6, У6Сл6

Таблица 8 – Матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Интуитивно понятный интерфейс управления.</p> <p>С2. Низкая стоимость производства.</p> <p>С3. Обеспечение безопасности управления.</p> <p>С4. Отсутствие как таковых конкурентов на рынке.</p> <p>С5. Наличие бюджетного финансирования.</p> <p>С6. Квалифицированный персонал.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки</p> <p>Сл2. Отсутствие инжиниринговой компании, способной построить производство «под ключ»</p> <p>Сл3. Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования</p> <p>Сл4. Не востребованность на российском рынке</p> <p>Сл5. Наличие только лишь бюджетного финансирования</p> <p>Сл6. «Работа за идею»</p>
--	--	--

## Продолжение таблицы 8 – Матрица SWOT

<p><b>Возможности:</b>          В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт          В2. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях          В3. Повышение стоимости конкурентных разработок          В4. Получение дополнительных грантов и финансирование из внебюджетных средств          В5. Выход на международный рынок робототехники</p>	<p>В1С1С2С3 – Уделение особого внимания ключевым особенностям продукта          В2С2С5 – Увеличение доходов предприятия, дальнейшие разработки          В3С2С4 – Уменьшение стоимости производства          В4С5С6 – Активное участие в конкурсах на гранты          В5С1С4С6 – Расширение на иностранные рынки</p>	<p>В1В5Сл3Сл4Сл5 – Расширение на иностранные рынки внутри страны          В2Сл1Сл2Сл3 – Организация малого инновационного предприятия в рамках вуза          В3Сл4 – Уменьшение стоимости производства, демпинг цен          В4Сл1Сл2Сл5Сл6 – Активное участие в конкурсах на гранты</p>
<p><b>Угрозы:</b>          У1. Отсутствие спроса на новую разработку          У2. Появление на рынке новых конкурентов          У3. Ограничения на экспорт разработки          У4. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции          У5. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства          У6. Текучка кадров и потеря важных сотрудников</p>	<p>У1С1С2С3 – Проведение демонстраций работы системы в реальных условиях          У2С2С4 – Демпинг цен          У3С2С4С5 – Участие в гос. контрактах, ориентация на внутренний рынок          У4С3С6 – Сертификация продукции и введение системы контроля качества          У5У6С6 – Подготовка специалистов, активная работа по привлечению студентов</p>	<p>У1Сл4Сл6 – Проведение демонстраций работы системы          У2Сл1Сл2Сл3Сл4Сл5Сл6 – Продажа интеллектуальной собственности          У3Сл4Сл5 – Участие в гос. контрактах          У4Сл1Сл5 – Ускорение темпов разработки          У5Сл3Сл5Сл6 – Введение предоплаты заказа, участие в конкурсах грантовой поддержки          У6Сл6 – Привлечение студентов</p>

## 8.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Для определения возможных альтернатив проведения научных исследований воспользуемся морфологическим методом и составим морфологическую матрицу (таблица 9).

Таблица 9 – Морфологическая матрица для систем навигации мобильных роботов indoor-типа

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
А. Робот	FESTO Robotino	Wild Thumper	KUKA youBot
Б. Средство для навигации	Web-камера	Wi-Fi	Лидар
В. Дополнительный датчик для навигации	Акселерометр + Гироскоп	Одометр	Ультразвуковой датчик
Г. Вычислительное устройство	Компьютер	Jetson TK1	Raspberry Pi

Составив морфологическую матрицу, предложим три варианта решения поставленной технической задачи навигации в помещении.

Вариант 1 – А3Б1В1Г2 – Робот KUKA youBot с лидаром, одометром, компьютером в качестве вычислительного устройства.

Вариант 2 – А2Б2В3Г1 – Робот Wild Thumper с Wi-Fi навигацией, акселерометром и гироскопом, Raspberry Pi в качестве вычислительного устройства.

Вариант 3 – А1Б3В2Г3 – Робот FESTO Robotino с web-камерой, одометром, Jetson TK1 в качестве вычислительного устройства.

### **8.3 Планирование научно-исследовательских работ**

#### **8.3.1 Структура работ в рамках научного исследования**

Порядок этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка задания на выпускную квалификационную работу	1	Составление и утверждение задания	Руководитель, студент
Аналитический обзор литературных источников в области навигации роботов indoor-типа	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Выбор методов и алгоритмов для системы навигации	Студент
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, консультант
Теоретические исследования	5	Проведение теоретических исследований методов и алгоритмов работы будущей системы	Студент
Обобщение и оценка результатов	6	Оценка эффективности полученных результатов и определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, консультант, студент
<i>Проведение ОКР</i>			
Разработка технической документации и проектирование	7	Разработка структурной схемы, блок-схемы системы	Студент
	8	Настройка программного обеспечения и оборудования	Студент
	9	Проверка правильности оформления технической документации	Руководитель, консультант
Разработка и испытание системы навигации	10	Разработка программной части системы навигации	Студент
	11	Проведение экспериментальных исследований на предмет работоспособности разработанного алгоритма	Студент, консультант
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	12	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Студент
	13	Проверка работы	Руководитель

### 8.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для расчета ожидаемого значения продолжительности работ  $t_{ож}$  применяется две оценки:  $t_{min}$  и  $t_{max}$  (метод двух оценок).

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (4)$$

где  $t_{min}$  – минимальная трудоемкость работ, чел/дн.;

$t_{max}$  – максимальная трудоемкость работ, чел/дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{p_i} = \frac{t_{ож_i}}{Ч_i}, \quad (5)$$

где  $T_{p_i}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ож_i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для выполнения перечисленных в таблице 10 работ требуются специалисты: студент, научный руководитель. Результаты расчетов представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Временные показатели проведения научного исследования

№ Работы	Трудоёмкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$			Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$				
	$t_{min}$ , чел-дни			$t_{max}$ , чел-дни			$t_{ож}$ , чел-дни				Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.1	Вар.2	Вар.3		
	Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.1	Вар.2	Вар.3									
1	3	3	3	5	5	5	3,8	3,8	3,8	Р, С	Р, С	Р, С	1,9	1,9	1,9	3	3	3
2	7	3	8	9	5	11	7,8	3,8	9,2	С	С	С	7,8	3,8	9,2	12	6	14
3	2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	С	С	С	2,4	2,4	2,4	4	4	4
4	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Р, К	Р, К	Р, К	0,7	0,7	0,7	1	1	1
5	4	2	3	8	4	6	5,6	2,8	4,2	С	С	С	5,6	2,8	4,2	8	4	6
6	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Р, К, С	Р, К, С	Р, К, С	0,5	0,5	0,5	1	1	1
7	5	3	5	10	6	8	7	4,2	6,2	С	С	С	7,0	4,2	6,2	10	6	9
8	9	7	10	14	12	15	11	9	12	С	С	С	11,0	9,0	12,0	16	13	18
9	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Р, К	Р, К	Р, К	0,7	0,7	0,7	1	1	1
10	15	14	16	23	21	24	18,2	16,8	19,2	С	С	С	18,2	16,8	19,2	27	25	28
11	10	9	10	17	17	17	12,8	12,2	12,8	С, К	С, К	С, К	6,4	6,1	6,4	9	9	9
12	5	5	5	8	8	8	6,2	6,2	6,2	С	С	С	6,2	6,2	6,2	9	9	9
13	4	4	4	6	6	6	4,8	4,8	4,8	Р	Р	Р	4,8	4,8	4,8	7	7	7
Итого																108	88	110

### 8.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни.

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (9)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{364 - 104 - 14} \approx 1,4778, \quad (10)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Для построения ленточного графика работ определим максимальное по длительности исполнение. Это исполнение номер 3, время его исполнения составит 110 дней. Календарный план-график представлен в таблице 12, где




 – руководитель,  – консультант,  – студент



Таблица 12 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работы	Вид работы	T <sub>кi</sub>	Исполнители	Февраль			Март			Апрель			Май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение задания	3	Р, С	■											
2	Подбор и изучение материалов по теме	14	С	■	■	■									
3	Выбор датчиков, методов и алгоритмов для системы навигации	4	С			■									
4	Календарное планирование работ по теме	1	Р, К			▨									
5	Проведение теоретических исследований методов и алгоритмов работы будущей системы	6	С				■								
6	Оценка эффективности полученных результатов и определение целесообразности проведения ОКР	1	Р, К, С				▨								
7	Разработка структурной схемы, блок-схемы системы	9	С				■	■							
8	Настройка программного обеспечения и оборудования	18	С					■	■	■					
9	Проверка правильности оформления технической документации	1	Р, К							▨					
10	Разработка программной части системы навигации	28	С							■	■	■			
11	Проведение экспериментальных исследований на предмет работоспособности разработанного алгоритма	9	С, К									■	■		
12	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	9	С										■	■	■
13	Проверка работы	7	Р												■

### 8.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Расчеты представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.		
		Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.1	Вар.2	Вар.3
Электроэнергия	кВтч.	1	1	1	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16
Интернет	подписка на месяц	4	4	4	500	500	500	2000	2000	2000
Пластик PETG	кг.	0,1	0	0,1	850	0	850	85	0	85
Итого								<b>2088,16</b>	<b>2003,16</b>	<b>2088,16</b>

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблице 14.

Здесь также учитываем затраты по доставке и монтажу оборудования при его приобретении в размере 15% от его цены.

Таблица 14 – Расчет бюджета затрат на приобретение оборудования для научных работ

Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования			Цена единицы оборудования, руб.			Общая стоимость оборудования, руб.		
	Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.1	Вар.2	Вар.3
Ноутбук	1	1	1	40000	40000	40000	40000	40000	40000
Робот KUKA youBot	1	0	0	1000000	0	0	1000000	0	0
Лидар	1	0	0	131000	0	0	131000	0	0
Робот Wild Thumper	0	1	0	0	33000	0	0	33000	0

Продолжение таблицы 14 – Расчет бюджета затрат на приобретение оборудования для научных работ

Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования			Цена единицы оборудования, руб.			Общая стоимость оборудования, руб.		
	Var.1	Var.2	Var.3	Var.1	Var.2	Var.3	Var.1	Var.2	Var.3
Инерционный измерительный блок (акселерометр + гироскоп)	0	1	0	0	3300	0	0	3300	0
Wi-Fi роутер	1	3	0	2000	2000	0	2000	6000	0
Wi-Fi адаптер	1	1	0	600	600	0	600	600	0
Raspberry Pi	0	1	0	0	30000	0	0	30000	0
Web-камера	0	0	1	0	0	3000	0	0	3000
Робот FESTO Robotino	0	0	1	0	0	600000	0	0	600000
Jetson TK1	0	0	1	0	0	39000	0	0	39000
3D-принтер	1	0	1	37900	0	37900	37900	0	37900
Итого:							1393225	129835	827885

Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (11)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника, руб.;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. Дн. (таблица 10);

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (12)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 15).

Таблица 15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Консультант	Студент
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	118	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	24	24	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	223	223	223

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (13)$$

где  $Z_{tc}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30 % от  $Z_{tc}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от  $Z_{tc}$ );

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии. Таким образом, расчёт основной заработной платы приведён в таблице 16.

Таблица 16 – Расчёт основной заработной платы

Вар.	Исполнители	$Z_{tc}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , Руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. Дн.	$Z_{осп}$ , Руб.
1	Руководитель	28000	0,3	0,2	1,3	54600	2742,24	13	35649,15
	Консультант	24400	0,3	0,2	1,3	47580	2389,67	12	28676,02
	Студент	4500	0,3	0,2	1,3	8775	440,72	99	43631,03
	Итого								107956,20

Продолжение таблицы 16 – Расчёт основной заработной платы

Вар.	Исполнители	З <sub>ос</sub> , руб.	k <sub>пр</sub>	k <sub>д</sub>	k <sub>р</sub>	З <sub>м</sub> , Руб	З <sub>дн</sub> , руб.	Т <sub>р</sub> , раб. Дн.	З <sub>осн</sub> , Руб.
2	Руководитель	28000	0,3	0,2	1,3	54600	2742,24	13	35649,15
	Консультант	24400	0,3	0,2	1,3	47580	2389,67	12	28676,02
	Студент	4500	0,3	0,2	1,3	8775	440,72	80	35257,40
	Итого								99582,57
3	Руководитель	28000	0,3	0,2	1,3	54600	2742,24	13	35649,15
	Консультант	24400	0,3	0,2	1,3	47580	2389,67	12	28676,02
	Студент	4500	0,3	0,2	1,3	8775	440,72	101	44512,47
	Итого								108837,63

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (14)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Результаты расчета приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.		
	Вар.1	Вар.2	Вар.3
Руководитель проекта	35649,15	35649,15	35649,15
Консультант	28676,02	28676,02	28676,02
Студент	43631,03	35257,40	44512,47
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3		
	<b>Итого</b>		
<b>Вариант 1</b>	<b>32386,86</b>		
<b>Вариант 2</b>	<b>29874,77</b>		
<b>Вариант 3</b>	<b>32651,29</b>		

Подводя итоги по расчету бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения, приведем их в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет бюджета затрат научно-технического исследования

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Вар.1	Вар.2	Вар.3
1. Материальные затраты НТИ	2088,16	2003,16	2088,16
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	1393225	129835	827885
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	107956,20	99582,57	108837,63
4. Отчисления во внебюджетные фонды	32386,86	29874,77	32651,29
<b>Бюджет затрат НТИ</b>	<b>1535656,22</b>	<b>261295,49</b>	<b>971462,08</b>

#### 8.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой эффективности исследования

Представим расчет интегральных показателей эффективности исследования.

*Интегральный финансовый показатель* разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (15)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Максимальная стоимость составляет 1535656,22 руб., следовательно:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{\text{max}}} = 1, \quad I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{\text{max}}} = 0,17, \quad I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{\Phi_{p3}}{\Phi_{\text{max}}} = 0,63.$$

*Интегральный показатель ресурсоэффективности* вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (16)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Таблица 19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Вар.1	Вар.2	Вар.3
1. Повышение производительности труда пользователя	0,4	10	0,1	5
2. Точность	0,05	9	0,5	6
3. Помехоустойчивость	0,15	10	1	8
4. Энергоэффективность	0,05	10	2	6
5. Надежность	0,1	8	2	5
6. Безопасность	0,1	7	5	6
7. Низкие требования к ресурсам памяти	0,05	8	7	8
8. Гибкость автономной навигации	0,1	9	1	5
ИТОГО	1			

$$I_{p-вар1} = 10 \cdot 0,4 + 9 \cdot 0,05 + 10 \cdot 0,15 + 10 \cdot 0,05 + 8 \cdot 0,1 + 7 \cdot 0,1 + 8 \cdot 0,05 + 9 \cdot 0,1 = 9,25;$$

$$I_{p-вар2} = 0,1 \cdot 0,4 + 0,5 \cdot 0,05 + 1 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,05 + 2 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1 + 7 \cdot 0,05 + 1 \cdot 0,1 = 1,465;$$

$$I_{p-вар3} = 5 \cdot 0,4 + 6 \cdot 0,05 + 8 \cdot 0,15 + 6 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,1 + 6 \cdot 0,1 + 8 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,1 = 5,8.$$

*Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{исп.i}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:*

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} \text{ и т.д.} \quad (17)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблица 20) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Таблица 20 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Вар.1	Вар.2	Вар.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,17	0,63
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	9,25	1,465	5,8
3	Интегральный показатель эффективности	9,25	8,61	9,17
4	Сравнительная эффективность 1 варианта исполнения		1,07	1,01

Как видно из сравнения интегральных показателей, наиболее эффективным с позиции финансовой и ресурсной эффективности является первый вариант системы навигации мобильного робота indoor-типа. Оценка сравнительной эффективности показала, что разработка в первом варианте исполнения эффективнее второго варианта исполнения на 7%, а третьего – на 1%.



## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Обучающемуся:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8E92	Игнатъева Анастасия Валерьевна

<b>Школа</b>	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Отделение автоматизации и робототехники
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.06 Мехатроника и робототехника

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

<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения</li> </ul>	<p><i>Объект исследования:</i> мобильная платформа робота KUKA YouBot  <i>Область применения:</i> внутрипроизводственная и складская логистика, сервисная робототехника  <i>Рабочая зона:</i> лаборатория отделения ОАР, ИШИТР  <i>Размеры помещения:</i> 25 м<sup>2</sup>  <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> мобильная платформа робота KUKA YouBot, лазерный дальномер Hokuuo, персональный компьютер  <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> автономная навигация робота, ручное управление роботом в случае необходимости (при построении карты помещения, при внештатных ситуациях)</p>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>«Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022, с изм. от 11.04.2023)          ГОСТ 12.2.032-78 «Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя»          ГОСТ 22269-76 «Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования»          ГОСТ Р 60.0.2.1-2016. Роботы и робототехнические устройства. Общие требования по безопасности;</p>
<p><b>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</li> </ul>	<p><b>Опасные факторы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним;</li> <li>2. Движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего (в том числе движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки, материалы);</li> <li>3. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей</li> </ol>

	<p>электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий;</p> <p><b>Вредные факторы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;</li> <li>2. Показатели микроклимата воздушной среды на местонахождении работающего: температура и относительная влажность воздуха;</li> <li>3. Монотонность труда, вызывающая монотонию;</li> </ol> <p><b>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</b> использование защитных ограждений, электроизоляции, средства отопления и кондиционирования, устройства для вентиляции и очистки воздуха.</p>
<b>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения</b>	<p><b>Воздействие на селитебную зону:</b> негативное воздействие на зону при неправильной утилизации компонентов робота</p> <p><b>Воздействие на литосферу:</b> твердые отходы при изготовлении или утилизации составных элементов робота</p> <p><b>Воздействие на гидросферу:</b> отходы, попавшие в сточные воды при изготовлении или утилизации составных частей робота</p> <p><b>Воздействие на атмосферу:</b> выбросы при изготовлении или утилизации составных элементов робота</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения</b>	<p><b>Возможные ЧС:</b></p> <p>Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.);</p> <p>Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.);</p> <p>Техногенные аварии (внезапное обрушение зданий; пожар; взрыв; аварии на электроэнергетических системах; аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения).</p> <p><b>Наиболее типичная ЧС:</b> Пожар</p>

<b>Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком</b>	<b>17.02.2023</b>
--	-------------------

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

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

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8E92	Игнатъева Анастасия Валерьевна		

## 9 Социальная ответственность

### 9.1 Введение

В данной работе представлена разработка алгоритма автономной навигации для мобильного робота indoor-типа, который включает в себя построение карты помещения, в котором будет производиться навигация, автономное определение местоположения робота на построенной карте и навигация робота от начальной до целевой точки с учетом препятствий.

На сегодняшний день рынок мобильной робототехники стремительно растет, следовательно, увеличивается потребность в системах и алгоритмах, способных обеспечить автономное функционирование мобильных роботов.

Область применения предлагаемого решения довольно широка и охватывает мобильных роботов внутрипроизводственной и складской логистики, офисную и бытовую роботизированную технику, автономных сервисных роботов.

Обслуживаться система автономной навигации будет оператором с помощью персонального компьютера, а техническое обслуживание оказываться выпускающей компанией.

Разработка выполнялась в лаборатории, в отделении автоматизации и робототехники Томского политехнического университета. Размеры помещения лаборатории составляют 25 м<sup>2</sup>. Количество и наименование оборудования рабочей зоны: мобильная платформа робота KUKA youBot, лазерный дальномер Нокиа, персональный компьютер. Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне, включают автономную навигацию робота, ручное управление роботом в случае необходимости (при построении карты помещения, при внештатных ситуациях).

## 9.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Основные положения и нормы применительно к определенным условиям труда, а также отношения между работником и работодателем регламентируются в трудовом кодексе [27], в том числе: оплата труда, нормирование рабочего времени, виды компенсаций и страхования и так далее.

Нормальная продолжительность рабочего времени – это 40 часов в неделю. В то же время продолжительность рабочего времени по трудовому кодексу сокращается для отдельных категорий работников (например, для инвалидов I или II группы, для работников, условия труда которых были отнесены к вредным или опасным).

В соответствии с [28] рабочий стол может быть любой конструкции, отвечающей современным требованиям эргономики и позволяющей удобно разместить на рабочей поверхности оборудование с учетом его количества, размеров и характера выполняемой работы. Согласно [29] взаимное расположение элементов рабочего места должно обеспечивать необходимые зрительные и звуковые связи между оператором и оборудованием, а также возможность ведения записей, размещения документации и материалов, используемых человеком-оператором.

Выполнение требований на рабочем месте в процессе разработки отражено в таблице 21.

Таблица 21 – Требования к рабочему месту

Требование	Требуемое значение	Значение параметров в помещении
Высота рабочей поверхности стола	655 мм (630 мм – для женщин, 680 мм – для мужчин)	700 мм
Высота рабочего сиденья	420 мм (400 мм – для женщин, 430 мм – для мужчин)	420 мм
Размещение средств отображения информации, требующей точного и быстрого считывания	В вертикальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от нормальной линии взгляда и в горизонтальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от сагиттальной плоскости	Не соответствует

В [30] указаны требования по безопасности к конструкции робота, находящегося в рабочей зоне, требования по обеспечению безопасности персонала, а также регламент проверки характеристик робота, влияющих на безопасность.

### 9.3 Производственная безопасность

Условия труда, в которых проводятся исследования, могут спровоцировать появление вредных и опасных факторов производства, указанных в таблице 22.

Таблица 22 – Возможные опасные и вредные факторы на рабочем месте разработчика

Факторы	Нормативные документы
Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. [31]
Движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые объекты, наносящие удар по телу работающего (в том числе движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки, материалы)	ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. [31] ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. [32]
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. [33]
Отсутствие или недостаток необходимого естественного и искусственного освещения	СП 52.13330.2016. «Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* [34]
Показатели микроклимата воздушной среды: температура и относительная влажность воздуха	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. [35]
Монотонность труда, вызывающая монотонию	Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. [36]

## **9.4 Анализ опасных и вредных производственных факторов**

### **9.4.1 Неподвижные части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним**

Воздействие данного фактора может привести к возникновению поверхностных травм, к которым относятся ссадины, раны кожного покрова.

Согласно [31] элементы конструкции робота и лидара (корпус, каркас, ограждение и другие части) не должны иметь острых углов, кромок, заусенцев и поверхностей с неровностями, представляющих опасность травмирования работающих, если их наличие не определяется функциональным назначением этих элементов. В последнем случае должны быть предусмотрены меры защиты работающих.

Роторы электродвигателей, зубчатые передачи, цепи, вентиляторы и другие подвижные части робота должны быть закрыты или огорожены для того, чтобы снизить риск непреднамеренного контакта с ними и травмирования персонала.

### **9.4.2 Движущиеся твердые объекты, наносящие удар по телу работающего**

В результате воздействия данного фактора возникают механические травмы человека, к которым относятся ушибы, подкожные гематомы, ссадины и раны, разрывы сухожилий и связок, вывихи и переломы.

Согласно [31] движущиеся производственное оборудование, которым является мобильный робот, являющееся возможным источником травмоопасности, должно быть ограждено или расположено так, чтобы исключалась возможность прикосания к ним работающего или использованы другие средства (например, двуручное управление), предотвращающие травмирование.

К средствам, предотвращающим воздействие данного механического фактора, относятся следующие средства коллективной защиты [32]:

оградительные, предохранительные, тормозные, автоматического контроля и сигнализации, дистанционного управления.

### **9.4.3 Электрический ток, вызываемый разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий**

Травма, которую человек может получить в результате воздействия фактора на него имеет название поражение электрическим током.

При работе с компьютером и мобильным роботом существует опасность поражения электрическим током:

- имеется опасность короткого замыкания в высоковольтных блоках (блоке питания);
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей);
- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением.

Действие электрического тока на организм человека носит своеобразный и разносторонний характер. Проходя через организм человека, электрический ток производит термическое, электролитическое и биологическое действие.

Мерами защиты от воздействия электрического тока согласно [33] являются основная изоляция, защитные оболочки, ограждения (временные или стационарные), барьеры, безопасное расположение токоведущих частей, размещение их вне зоны досягаемости частями тела, конечностями, ограничение напряжения, применение сверхнизкого (малого) напряжения, выравнивание потенциалов, предупредительная световая, звуковая сигнализации, блокировки безопасности, знаки безопасности, электрозащитные средства и другие средства индивидуальной защиты.

#### 9.4.4 Отсутствие или недостаток необходимого естественного и искусственного освещения

Правильное освещение помещений и рабочих зон одно из главных условий создания безопасных и благоприятных условий труда. В условиях работы в лаборатории ТПУ, могут возникать проблемы с поступлением естественного света. В таблице 23 представлены регламентированные допустимые характеристики освещенности рабочих мест в учебных аудиториях университета.

Таблица 23 – Допустимые характеристики освещенности

Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение				
КЕО, %				Освещенность, лк			Показатель дискомфорта, М, не более	Коэффициент пульсации освещенности, Кп, %, не более
				При комбинированном освещении		При общем освещении		
При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении					
3,2	1,2	2,1	0,7	–	–	400	40	10

Согласно нормам освещенности [34] недостаточная освещенность рабочей зоны является вредным фактором, который приводит к развитию утомления зрения, понижается общая работоспособность и производительность труда, возрастает количество брака, повышается опасность производственного травматизма, низкая освещенность способствует развитию близорукости.

Средствами нормализации освещенности производственных помещений рабочих мест являются: источники света, осветительные приборы, световые проемы, светозащитные устройства, светофильтры, защитные очки.



#### **9.4.5 Показатели микроклимата воздушной среды: температура и относительная влажность воздуха**

Низкая температура воздуха на рабочем месте приводит к интенсивной потере тепла организмом, вызывает ослабление тактильной и болевой чувствительности, снижает мышечную силу и скорость реакции, вызывает неприятные ощущения.

При высокой температуре изменяется функционирование всех систем органов. Частота сердечных сокращений увеличивается на 8-10 ударов в минуту на каждый градус повышения температуры. Нередко возникают аритмия, чаще экстрасистолия (внеочередные сокращения), спазм кровеносных сосудов и повышение кровяного давления.

Низкая влажность воздуха сушит кожу, слизистые оболочки. В горле, носу, глазах может появляться сухость и неприятные ощущения. Человек становится уязвимым для вирусов и бактерий.

Высокая влажность увеличивает отдачу тепла от тела человека. Самочувствие ухудшается, появляется слабость. Избыток влаги может вызвать обострение сердечно-сосудистых заболеваний.

Таким образом, необходимо поддерживать оптимальные и допустимые показатели температуры и влажности в помещении, представленные в таблице 24 [35].

Таблица 24 – Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности движения воздуха в рабочей зоне разработчика

Пе-риод года	Катего-рия работ	Температура, °С					Относительная влаж-ность, %	
		опти-мальная	допустимая				опти-мальная	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных, не более
			верхняя гра-ница		нижняя граница			
			на рабочих местах					
пост-оян-ных	непо-стоян-ных	посто-янных	непо-стоян-ных					
Холод-ный	Легкая - Ib	21-23	24	25	20	17	40-60	75
Теп-лый	Легкая - Ib	22-24	28	30	21	19	40-60	60 (при 27°С)

К средствам нормализации показателей микроклимата воздушной среды относятся устройства для вентиляции, очистки и кондиционирования воздуха, локализации вредных факторов, устройства отопления, автоматического контроля и сигнализации.

#### 9.4.6 Монотонность труда, вызывающая монотонию

Работа за ПК является монотонной, она требует высокой концентрации и вызывает напряжение. Основными показателями монотонного труда являются: структурное однообразие, простота рабочих приемов (операций), непродолжительный временной цикл, высокая степень повторяемости, отсутствие творческих элементов, строго определенный регламент действий, принудительный ритм и темп, дефицит информации о ходе выполнения работы.

Часть этих показателей характерна для работы за ПК.

Монотонность труда сопровождается у многих людей рядом неприятных субъективных ощущений.

Психофизиологические проявления состояния монотонии свидетельствуют о пониженной психофизиологической активности человека и заключаются в следующем:

- снижении уровня бодрствования;
- снижении тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы (урежение частоты пульса, снижение артериального давления, увеличение аритмии пульса и др.);
- снижении тонуса скелетной мускулатуры.

Для снижения психофизиологических факторов можно назначать короткие дополнительные перерывы для отдыха работника. Также можно ввести перерыв на спортивную гимнастику.

### **9.5 Экологическая безопасность**

Проектируемое решение разрабатывалось для применения на мобильном роботе с помощью персонального компьютера. Таким образом, предполагаемые источники загрязнения окружающей среды возникают в процессе изготовления и утилизации компонентов робота и компьютера.

Составные элементы робота и компьютера при утилизации относятся к разным классам опасности отходов:

- ртутные лампы, используемые в ПК, ноутбуках, мониторах, являются чрезвычайно опасными, поэтому отнесены к I классу;
- платы и аккумуляторы, которые содержат свинец, кадмий или олово, относятся ко II классу опасности;
- трансформаторы и провода – к III классу;
- металлические и неметаллические детали практически безопасны, и им присвоена V степень опасности.

Процедура утилизации данных отходов должна быть проведена в соответствии с [37]. При этом одним из этапов является безопасное размещение отходов I-IV классов опасности на соответствующих полигонах или

уничтожение, если захоронение отходов I-IV классов опасности угрожает здоровью и жизни людей, может нанести непоправимый вред окружающей среде.

При этом происходит негативное воздействие как на селитебную зону при неправильной утилизации компонентов робота и компьютера, так и на литосферу при изготовлении и утилизации составных элементов, а также на гидросферу в случае попадания отходов в сточные воды и атмосферу посредством выбросов при изготовлении и утилизации составных элементов робота и компьютера.

## **9.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которая может повлечь за собой человеческие жертвы, а также ущерб здоровью человека или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности.

К наиболее вероятной ЧС при выполнении работ по разработке относится возникновение пожара.

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.

Таким образом, в соответствии с [38] возможный пожар по виду горючего материала имеет класс Е в связи с наличием электроустановок, находящихся под напряжением.

Средствами обеспечения пожаробезопасности из требований пожарной безопасности [39] являются:

- огнетушитель, которым обеспечена аудитория, а также пожарный кран, находящийся в здании;

- системы автоматической пожарной сигнализации;
- средства организации эвакуации, в том числе технические.

Мероприятиями, обеспечивающими пожаробезопасность, являются:

- обучение, в т.ч. распространение знаний о пожаробезопасном поведении;
- 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).

### **9.7 Вывод по главе**

В данном разделе были проанализированы опасные и вредные факторы, которые могут возникнуть при разработке проектируемого решения. Также были изучены государственные стандарты и нормы.

Согласно пункту 1.1.13 [40] рабочая зона является помещением без повышенной опасности. Согласно «Правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок» [41] персонал должен иметь первую группу по электробезопасности.

В связи с тем, что большая часть времени работы проводится сидя за компьютером, а также взаимодействуя с мобильным роботом, можно присвоить категорию тяжести труда Ib, подразумевающую работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся физическим напряжением.

В связи с наличием горючих материалов и веществ в рабочем помещении, ему можно присвоить категорию В по взрывопожарной и пожарной безопасности согласно [42].

Объекту можно присвоить 4 категорию в плане оказывающего негативное воздействие на окружающую среду по той причине, что на объекте планируется использование только оборудования для исследований.

## Заключение

В ходе разработки был произведен аналитический обзор источников в области навигации роботов indoor-типа, разработана структурная схема системы навигации и программная часть системы с реализацией всех блоков структурной схемы, проведены экспериментальные исследования на предмет работоспособности разработанного алгоритма в симуляторе Gazebo и на реальном оборудовании, указанном в исходных данных к работе.

В результате исследования была достигнута цель работы: разработан работоспособный алгоритм навигации мобильного робота.

Данный алгоритм может быть использован для управления роботами в области внутрипроизводственной и складской логистики, офисной и бытовой, а также сервисной мобильной робототехники.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. International Federation of Robotics Releases Paper 'A Mobile Revolution' // Automation.com: сайт. – URL: <https://www.automation.com/en-us/articles/august-2021/ifr-releases-paper-mobile-revolution> (дата обращения: 07.05.2023).
2. Гуцал В.А., Шидловский С.В. ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ АВТОНОМНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ // СБОРНИК ТЕЗИСОВ II Международной конференции «Когнитивная Робототехника» в рамках Международного форума «Интеллектуальные системы 4-й промышленной революции». Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2018.
3. S. H. Cho, S. Hong. Map based indoor robot navigation and localization using laser range finder // 2010 11th International Conference on Control Automation Robotics & Vision. – Singapore, 2010. – С. 1559-1564.
4. B. Udugama. Mini bot 3D: A ROS based Gazebo Simulation // arXiv: электронный журнал. – URL: <https://arxiv.org/abs/2302.06368>. – Дата публикации: 13.02.2023.
5. S. Liu, A. Hasan, K. Hong, C. Yao, J. Lin, W. Liang, M. A. Bayles, W. A. Rogers, K. Driggs-Campbell. Designing a Wayfinding Robot for People with Visual Impairments // arXiv: электронный журнал. – URL: <https://arxiv.org/abs/2302.09144>. – Дата публикации: 17.02.2023.
6. S. Banerjee, B. Bhowmick, R. D. Roychoudhury. Object Goal Navigation Based on Semantics and RGB Ego View // arXiv: электронный журнал. – URL: <https://arxiv.org/abs/2210.11543>. – Дата публикации: 20.10.2022.
7. Dong Wook Ko, C. Yi, I. H. Suh. Semantic mapping and navigation with visual planar landmarks // 2012 9th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI). – Daejeon, Korea (South), 2012. – С. 255-258.
8. Kim N. V., Zhidkov V. N., Udalova N. V. Robot visual navigation using ceiling images // 2020 13th International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE). – 2020. – № 1. – С. 140-145.

9. A. Sampathkrishna. ArUco Maker based localization and Node graph approach to mapping // arXiv: электронный журнал. – URL: <https://arxiv.org/abs/2208.09355>. – Дата публикации: 19.08.2022.
10. M. Adachi, S. Shatari, R. Miyamoto. Visual Navigation Using a Webcam Based on Semantic Segmentation for Indoor Robots // 2019 15th International Conference on Signal-Image Technology & Internet-Based Systems (SITIS). – Sorrento, Italy, 2019. – С. 15-21.
11. R. C. Luo, W. Shih. Topological Map Generation for Intrinsic Visual Navigation of an Intelligent Service Robot // 2019 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE). – Las Vegas, NV, USA, 2019. – С. 1-6.
12. R. Bettencourt, P. U. Lima. Multimodal Navigation for Autonomous Service Robots // 2021 IEEE International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions (ICARSC). – Santa Maria da Feira, Portugal, 2021. – С. 25-30.
13. Y. Liu. Localization and Navigation System for Indoor Mobile Robot // 2023 5th International Conference on Materials Science, Machine and Energy Engineering. – Rio, Brazil, 2023. – С. 198-206.
14. M. Zhang, D. Tang, C. Liu, X. Xu, Z. Tan. A LiDAR and camera fusion-based approach to mapping and navigation // 2021 40th Chinese Control Conference (CCC). – Shanghai, China, 2021. – С. 4163-4168.
15. K. Pfeiffer, Y. Jia, M. Yin, A. K. Veldanda, Y. Hu, A. Trivedi, J. Zhang, S. Garg, E. Erkip, S. Rangan, L. Righetti. Path Planning Under Uncertainty to Localize mmWave Sources // arXiv: электронный журнал. – URL: <https://arxiv.org/abs/2303.03739>. – Дата публикации: 08.03.2023.
16. T. T. Khanh, T. Hoang Hai, V. Nguyen, T. D. T. Nguyen, N. Thien Thu, E. - N. Huh. The Practice of Cloud-based Navigation System for Indoor Robot // 2020 14th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (IMCOM). – Taichung, Taiwan, 2020 – С. 1-4.
17. L. Zhenjun, H. Nisar, A. S. Malik. A framework for real time indoor robot navigation using Monte Carlo Localization and ORB feature detection // The 18th



IEEE International Symposium on Consumer Electronics (ISCE 2014). – Jeju, Korea (South), 2014. – С. 1-2.

18. Dhanya R. Poduval, P. Rajalakshmy. A review paper on autonomous mobile robots // AIP Conference Proceedings: электронный журнал. – URL: <https://doi.org/10.1063/5.0116722>. – Дата публикации: 05.12.2022.

19. Z. Mi, H. Xiao, C. Huang. Path planning of indoor mobile robot based on improved A\* algorithm incorporating RRT and JPS // AIP Advances: электронный журнал. – URL: <https://doi.org/10.1063/5.0144960>. – Дата публикации: 24.03.2023.

20. M. J. M, R. Mathew, S. S. Hiremath. Reinforcement Learning Based Approach For Mobile Robot Navigation // 2019 International Conference on Computational Intelligence and Knowledge Economy (ICCIKE). – Dubai, United Arab Emirates, 2019. – С. 523-526.

21. O. Nakamatsu, T. Wada. A Study on RFID-based Arbitrary Point-to-Point Navigation and Path Recovery System for Mobile Robots // 2021 31st International Telecommunication Networks and Applications Conference (ITNAC). – Sydney, Australia, 2021. – С. 151-157.

22. Yi-Chun Lin, Chih-Chung Chou, Feng-Li Lian. Indoor robot navigation based on DWA\*: Velocity space approach with region analysis // 2009 ICCAS-SICE. – Fukuoka, Japan, 2009. – С. 700-705.

23. L. P. N. Matias, T. C. Santos, D. F. Wolf, J. R. Souza. Path Planning and Autonomous Navigation using AMCL and AD // 2015 12th Latin American Robotics Symposium and 2015 3rd Brazilian Symposium on Robotics (LARS-SBR). – Uberlandia, Brazil, 2015. – С. 320-324.

24. M. Pittner, M. Hiller, F. Particke, L. Patino-Studencki, J. Thielecke. Systematic analysis of global and local planners for optimal trajectory planning // 50th International Symposium on Robotics. – VDE, 2018. – С. 1–4.

25. GitHub: сайт. – URL: [https://github.com/mas-group/youbot\\_simulation](https://github.com/mas-group/youbot_simulation) (дата обращения: 10.05.2023).

26. GitHub: сайт. – URL: <https://github.com/Mange/rtl8192eu-linux-driver/tree/master> (дата обращения: 18.03.2023).

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

28. ГОСТ 12.2.032-78 «Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя»

29. ГОСТ 22269-76 «Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования»

30. ГОСТ Р 60.0.2.1-2016 «Роботы и робототехнические устройства. Общие требования по безопасности»

31. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

32. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

33. ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

34. СП 52.13330.2016. «Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*

35. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

36. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

37. ГОСТ Р 53692-2009 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов.

38. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

39. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

40. ПУЭ. Правила устройства электроустановок. Издание 7.

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

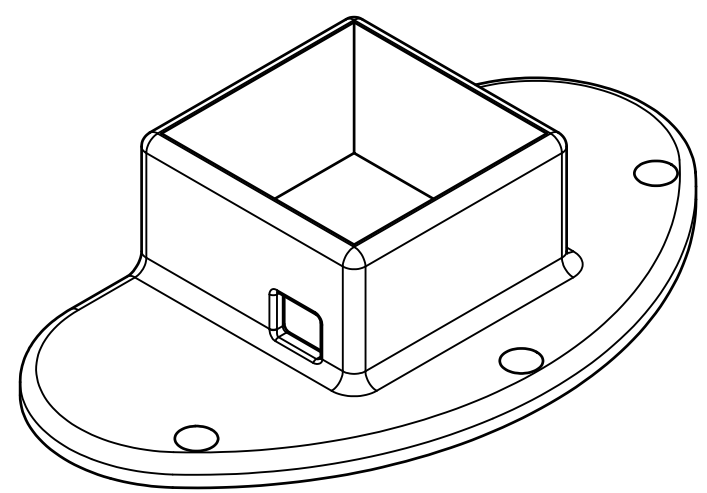
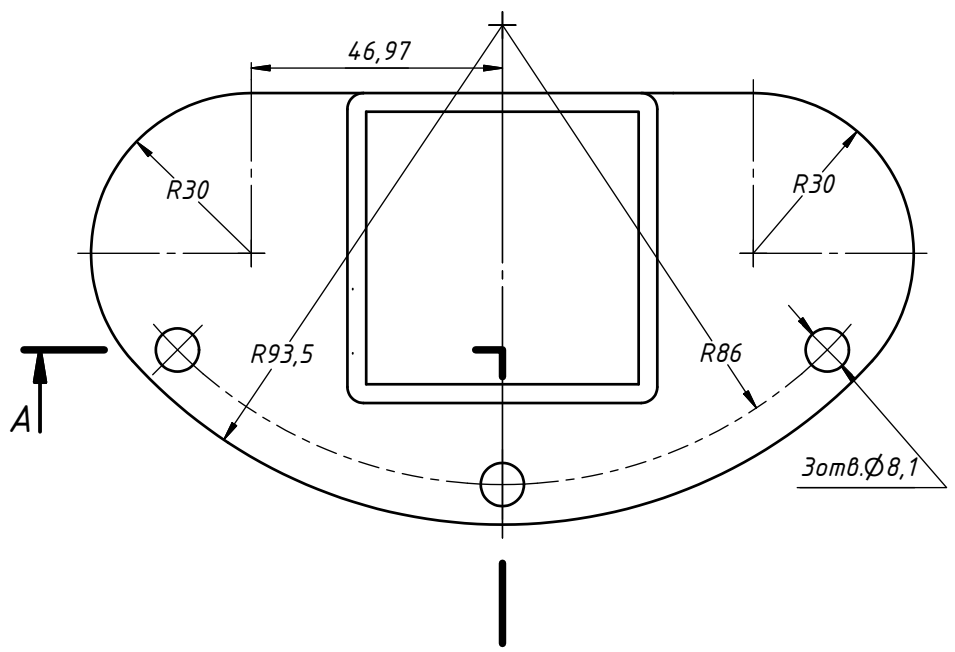
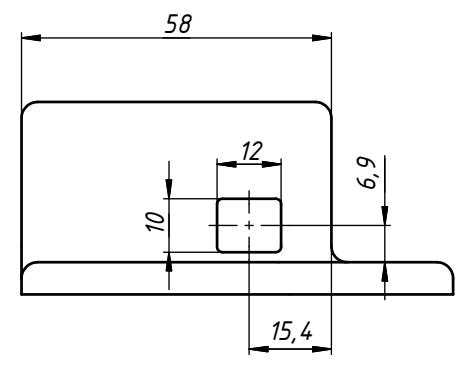
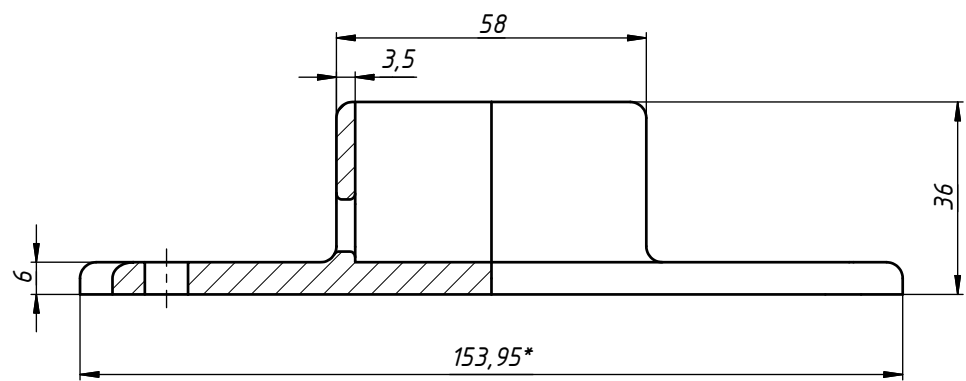
42. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

**Приложение А**  
**(обязательное)**  
**Графические материалы**

Перв. примен.  
Справ. №  
Подп. и дата  
Инв. № дубл.  
Взам. инв. №  
Подп. и дата  
Инв. № подл.

КГГ1.301318.001

A-A (1:1)



\* Размеры для справок  
Неуказанные радиусы скруглений 1-3мм

					КГГ1.301318.001			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Подставка для лидара	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Игнатъева А.					И	0,1	1:1
Пров.	Беляев А. С.							
Т. контр.						Лист	Листов	1
Нач. отд.								
Н. контр.					Пластик PETG		ТПУ ИШИТР Группа 8E92	
Утв.								

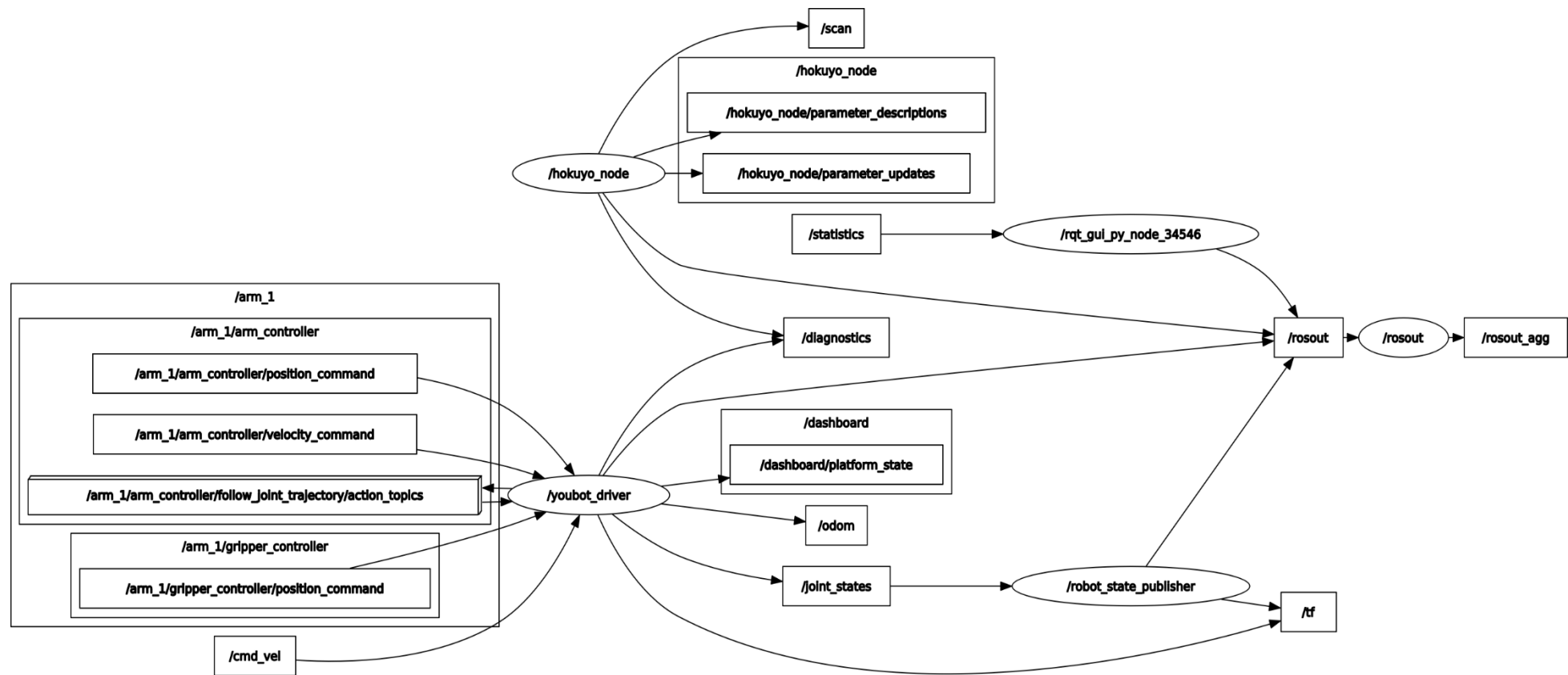


Рисунок А.1 – Граф связей узлов и тем

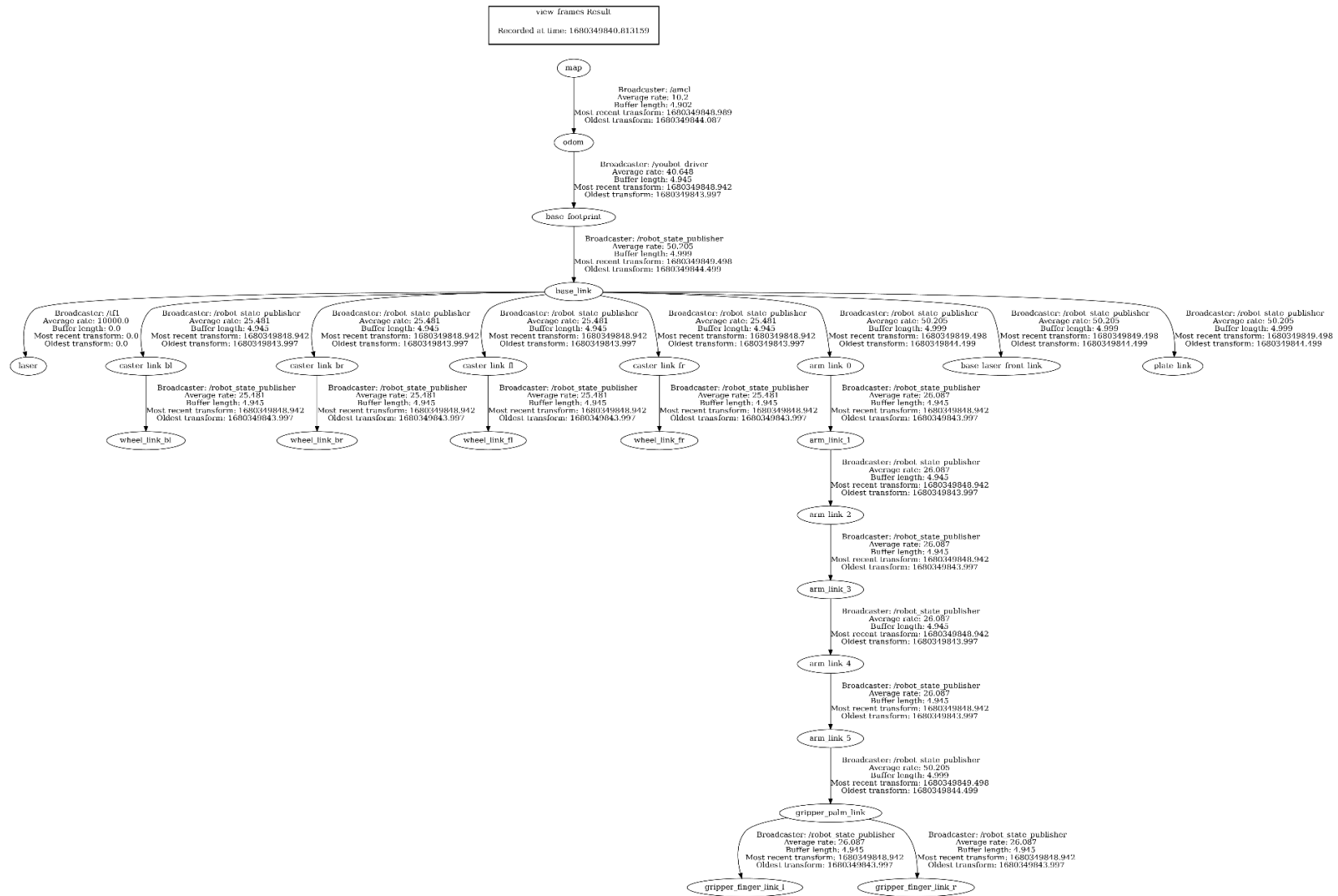


Рисунок А.2 – Последовательность преобразований систем координат системы

**Приложение Б**  
**(обязательное)**  
**Листинг рабочих файлов**



## Листинг Б.1 – Код файла gmapping\_params.yaml для работы в симуляции

```
1. base_frame: base_footprint
2. odom_frame: odom
3. map_frame: map
4.
5. map_update_interval: 0.5 # Publish new map
6.
7. maxUrange: 5.5
8. maxRange: 6.1
9. particles: 100
10.
11. # Update frequencies
12. linearUpdate: 0.3
13. angularUpdate: 0.5
14. temporalUpdate: 2.0
15. resampleThreshold: 0.5
16.
17. # Initial Map Size
18. xmin: -100.0
19. ymin: -100.0
20. xmax: 100.0
21. ymax: 100.0
22. delta: 0.05
23.
24. # All default
25. sigma: 0.05
26. kernelSize: 1
27. lstep: 0.05
28. astep: 0.05
29. iterations: 5
30. lsigma: 0.075
31. ogain: 3.0
32. lskip: 0
33. llsamplerange: 0.01
34. llsamplestep: 0.01
35. lasamplerange: 0.005
36. lasamplestep: 0.005
```

## Листинг Б.2 – Код файла gmapping.launch для работы с реальным роботом

```
1. <launch>
2.
3.   <arg name="scan_topic" default="/scan" />
4.
5.   <node pkg="gmapping" type="slam_gmapping" name="slam_gmapping">
6.     <remap from="scan" to="$(arg scan_topic)" />
7.   </node>
8.
9.   <node pkg="tf2_ros" type="static_transform_publisher" name="tf4"
10.     args="0.22 0 0 0 0 0 1 base_footprint laser" />
11. </launch>
```

## Листинг Б.3 – Код файла gmapping\_params.yaml для работы с реальным роботом

```
1. odom_frame: odom
2. base_frame: base_footprint
3. map_frame: map
4. use_sim_time: false
5.
6. map_update_interval: 0.5
```

```

7.
8. maxUrange: 4
9. maxRange: 5
10. particles: 100
11.
12. # Update frequencies
13. linearUpdate: 0.01
14. angularUpdate: 0.17
15. temporalUpdate: 2.0
16. resampleThreshold: 0.5
17.
18. # Initial Map Size
19. xmin: -5.0
20. ymin: -5.0
21. xmax: 5.0
22. ymax: 5.0
23. delta: 0.03
24.
25. # All default
26. sigma: 0.05
27. kernelSize: 1
28. lstep: 0.05
29. astep: 0.05
30. iterations: 5
31. lsigma: 0.075
32. ogain: 3.0
33. lskip: 0
34. llsamplerange: 0.01
35. llsamplestep: 0.01
36. lasamplerange: 0.005
37. lasamplestep: 0.005

```

#### Листинг Б.4 – Код файла amcl.launch

```

1. <launch>
2.
3.   <arg name="map_file" default="$(find youbot_nav)/maps/uraa.yaml"/>
4.   <node name="map_server" pkg="map_server" type="map_server" args="$(arg
map_file)"/>
5.     <param name="frame_id" value="map"/>
6.   </node>
7.
8.   <node pkg="amcl" type="amcl" name="amcl">
9.     <remap from="scan" to="/scan"/>
10.    <param name="global_frame_id" value="map"/>
11.    <param name="odom_frame_id" value="odom"/>
12.    <param name="base_frame_id" value="base_footprint"/>
13.    <param name="use_map_topic" value="true"/>
14.    <param name="initial_pose_x" value="0.0"/>
15.    <param name="initial_pose_y" value="0.0"/>
16.    <param name="initial_pose_a" value="0.0"/>
17.    <param name="update_min_d" value="0.001"/>
18.    <param name="update_min_a" value="0.09"/>
19.    <param name="gui_publish_rate" value="50"/>
20.    <param name="recovery_alpha_slow" value="0.001"/>
21.    <param name="recovery_alpha_fast" value="0.1"/>
22.    <param name="odom_model_type" value="omni-corrected"/>
23.    <param name="odom_alpha1" value="0.005"/>
24.    <param name="odom_alpha2" value="0.005"/>
25.    <param name="odom_alpha3" value="0.010"/>
26.    <param name="odom_alpha4" value="0.005"/>

```

```

27.         <param name="odom_alpha5" value="0.003"/>
28.     </node>
29.
30.     <node pkg="tf2_ros" type="static_transform_publisher" name="tf1"
args="0.22 0 0 0 0 0 1 base_footprint laser"/>
31.
32. </launch>

```

## Листинг Б.5 – Код файла base\_local\_planner.yaml для симуляции робота

```

1. DWAPlanerROS:
2.   #Robot Configuration Parameters
3.   max_vel_x: 10.0
4.   min_vel_x: -10.0
5.
6.   max_vel_y: 0.0
7.   min_vel_y: 0.0
8.
9.   # The velocity when robot is moving in a straight line
10.  max_vel_trans: 10.0
11.  min_vel_trans: 5.0
12.
13.  max_vel_theta: 1.5
14.  min_vel_theta: 0.5
15.
16.  acc_lim_x: 7.5
17.  acc_lim_y: 0.0
18.  acc_lim_th: 3.2
19.
20.  # Goal Tolerance Parametes
21.  xy_goal_tolerance: 0.1
22.  yaw_goal_tolerance: 0.3
23.  latch_xy_goal_tolerance: true
24.
25.  # Forward Simulation Parameters
26.  sim_time: 2.0
27.  vx_samples: 20
28.  vy_samples: 0
29.  vth_samples: 40
30.  controller_frequency: 10.0
31.
32.  # Trajectory Scoring Parameters
33.  path_distance_bias: 32.0
34.  goal_distance_bias: 20.0
35.  occdist_scale: 0.02
36.  forward_point_distance: 0.325
37.  stop_time_buffer: 0.2
38.  scaling_speed: 0.25
39.  max_scaling_factor: 0.2
40.
41.  # Oscillation Prevention Parameters
42.  oscillation_reset_dist: 0.05
43.
44.  # Debugging
45.  publish_traj_pc : true
46.  publish_cost_grid_pc: true

```

## Листинг Б.6 – Код файла base\_global\_planner.yaml для реального робота

```
1. GlobalPlanner:
2.   allow_unknown: true
3.   default_tolerance: 0.0
4.   visualize_potential: false
5.   old_navfn_behavior: false
6.
7.   use_grid_path: false
8.   use_quadratic: true
9.   use_dijkstra: true
10.
11.   lethal_cost: 253
12.   neutral_cost: 50
13.   cost_factor: 3
14.   orientation_mode: 0
15.   orientation_window_size: 1
16.
17.   publish_potential: true
18.   outline_map: true
```

## Листинг Б.7 – Код файла base\_local\_planner.yaml для реального робота

```
1. DWAPlanerROS:
2.   #Robot Configuration Parameters
3.   max_vel_x: 0.1
4.   min_vel_x: -0.1
5.
6.   max_vel_y: 0.05
7.   min_vel_y: -0.05
8.
9.   # The velocity when robot is moving in a straight line
10.  max_vel_trans: 0.1
11.  min_vel_trans: 0.05
12.
13.  max_vel_theta: 1.0
14.  min_vel_theta: 0.4
15.
16.  acc_lim_x: 1.5
17.  acc_lim_y: 1.5
18.  acc_lim_th: 3.2
19.
20.  # Goal Tolerance Parametes
21.  xy_goal_tolerance: 0.1
22.  yaw_goal_tolerance: 0.3
23.  latch_xy_goal_tolerance: true
24.
25.  # Forward Simulation Parameters
26.  sim_time: 2.0
27.  vx_samples: 20
28.  vy_samples: 0
29.  vth_samples: 40
30.  controller_frequency: 10.0
31.
32.  # Trajectory Scoring Parameters
33.  path_distance_bias: 32.0
34.  goal_distance_bias: 20.0
35.  occdist_scale: 0.02
36.  forward_point_distance: 0.325
37.  stop_time_buffer: 0.2
38.  scaling_speed: 0.25
```

```

39.     max_scaling_factor: 0.2
40.
41.     # Oscillation Prevention Parameters
42.     oscillation_reset_dist: 0.05
43.
44.     # Debugging
45.     publish_traj_pc : true
46.     publish_cost_grid_pc: true

```

Листинг Б.8 – Код файла gmapping\_params.yaml для работы с реальным роботом в коридоре первого этажа корпуса №10 ТПУ

```

1.     odom_frame: odom
2.     base_frame: base_footprint
3.     map_frame: map
4.     use_sim_time: false
5.
6.     map_update_interval: 0.1 # Publish new map
7.
8.     maxUrange: 4
9.     maxRange: 5
10.    particles: 100
11.
12.    # Update frequencies
13.    linearUpdate: 0.01
14.    angularUpdate: 0.17
15.    temporalUpdate: 2.0
16.    resampleThreshold: 0.5
17.
18.    # Initial Map Size
19.    xmin: -30.0
20.    ymin: -30.0
21.    xmax: 30.0
22.    ymax: 30.0
23.    delta: 0.03
24.
25.    # All default
26.    sigma: 0.05
27.    kernelSize: 1
28.    lstep: 0.05
29.    astep: 0.05
30.    iterations: 5
31.    lsigma: 0.075
32.    ogain: 3.0
33.    lskip: 0
34.    llsamplerange: 0.01
35.    llsamplestep: 0.01
36.    lasamplerange: 0.005
37.    lasamplestep: 0.005

```

Листинг Б.9 – Код программы для задания целевой точки навигации в виде номера аудитории

```

1.     #!/usr/bin/env python3
2.     import rospy
3.     import actionlib

```

```

4.     from move_base_msgs.msg import MoveBaseAction, MoveBaseGoal
5.     from geometry_msgs.msg import Twist
6.     from math import sin, cos
7.
8.     auditorium_base = {
9.         '101': [1.35, -2.47, 1.57],
10.        '102': [1.6, -0.54, 0.027],
11.        '103': [12.302, -2.271, -3.14],
12.        '103a': [16.458, -0.393, 0.041],
13.        '104': [6.16, -0.291, 0.006],
14.        '105': [6.111, -2.391, -3.14],
15.        '106': [11.713, -0.298, -3.14]
16.    }
17.
18.     def movebase_client():
19.         client = actionlib.SimpleActionClient('move_base', MoveBaseAction)
20.         client.wait_for_server()
21.
22.         goal = MoveBaseGoal()
23.         goal.target_pose.header.frame_id = "map"
24.         goal.target_pose.header.stamp = rospy.Time.now()
25.         target_aud = auditorium_base.get(input("Введите номер аудитории (без
пробелов и заглавных букв): "))
26.         goal.target_pose.pose.position.x = target_aud[0]
27.         goal.target_pose.pose.position.y = target_aud[1]
28.         theta = target_aud[2]
29.         goal.target_pose.pose.orientation.z = sin(theta/2)
30.         goal.target_pose.pose.orientation.w = cos(theta/2)
31.
32.         client.send_goal(goal)
33.         wait = client.wait_for_result()
34.         if not wait:
35.             rospy.logerr("Action server not available!")
36.             rospy.signal_shutdown("Action server not available!")
37.         else:
38.             return client.get_result()
39.
40.     if __name__ == '__main__':
41.         try:
42.             rospy.init_node('set_goal_client_py')
43.             result = movebase_client()
44.             if result:
45.                 rospy.loginfo("Goal execution done!")
46.         except rospy.ROSInterruptException:
47.             rospy.loginfo("Navigation test finished.")

```