

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.06 Мехатроника и робототехника
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Вилочный робот-погрузчик

УДК 007.52:621.869.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е61	Шаманин Олег Максимович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Тырышкин Александр Васильевич	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Матвиенко Владимир Владиславович			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна	к.т.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять глубокие естественно-научные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления
P2	Воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и систем
P3	Применять полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных мехатронных и робототехнических устройств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий мирового уровня, современных инструментальных и программных средств
P4	Определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации мехатронных и робототехнических модулей, устройств и систем
P5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических средств и систем с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы
<i>Универсальные компетенции</i>	
P6	Интегрировать знания в области анализа, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем со знаниями из смежных областей
P7	Понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в мехатронике и робототехнике и знать области их применения, в том числе в автоматизированных производствах.
P8	Эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды
P9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий
P10	Проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности
P12	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.06 Мехатроника и робототехника
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники
 Уровень образования – бакалавриат
 Период выполнения – осенний/весенний семестр 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.05.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.04.2020	Основная часть	60
04.05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
13.05.2020	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Тырышкин Александр Васильевич	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.06 Мехатроника и робототехника
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Мамонова Т.Е.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8Е61	Шаманин Олег Максимович

Тема работы:

Вилочный робот-погрузчик	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	02.03.2020, 62-14/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.05.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом проектирования является программно-аппаратное обеспечение, применяемое для управления вилочным роботом-погрузчиком.</p> <p>Разработка программно-аппаратного обеспечения для управления для управления вилочным роботом-погрузчиком должна производиться с учётом имеющейся лабораторной базы, а именно:</p> <ul style="list-style-type: none"> • мобильная робототехническая платформа; • микроконтроллер stm32f407vg. <p>Программно-аппаратное обеспечение должно отвечать следующим требованиям:</p> <ul style="list-style-type: none"> • обеспечивать движение мобильной платформы с ускорением 5 м/с²; • минимизировать аппаратные модули для управления.
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Обзор и анализ существующих решений. 2) Создание опытного образца вилочного погрузчика. 3) Визуализация вилочного робота погрузчика. 4) Система управления движением робота. 5) Моделирование в виртуальной среде. 6) Навигационная система. 7) Позиционирование с помощью визуальной информации. 8) Система состояний
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Структурная схема.</p>

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Конотопский Владимир Юрьевич, доцент ОСГН ШБИП, к.э.н.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Матвиенко Владимир Владиславович, ассистент ООД ШБИП</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p> </p>	
<p> </p>	
<p> </p>	

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Ассистент ОАР ИШИТР</p>	<p>Тырышкин Александр Васильевич</p>	<p> </p>	<p> </p>	<p> </p>

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>8Е61</p>	<p>Шаманин Олег Максимович</p>	<p> </p>	<p> </p>

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Е61	Шаманину Олегу Максимовичу

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.06Мехатроника и робототехника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. энергию
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	—
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Действующие ставки единого социального налога и НДС (см. МУ, ставка дисконтирования $i=0.1$)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка готовности полученного результата к выводу на целевые рынки, краткая характеристика этих рынков
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Построение плана-графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет величины НДС и цены результата ВКР
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Качественная и количественная характеристика экономического и др. видов эффекта от внедрения результата, определение эффективности внедрения

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Трудозатраты на выполнение проекта
2. Линейный график работ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский Владимир Юрьевич	К. Э. Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е61	Шаманин Олег Максимович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8Е61	Шаманину Олегу Максимовичу

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.06 Мехатроника и робототехника

Тема ВКР:

Вилочный робот-погрузчик	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является программно-аппаратный комплекс для управления вилочным роботом-погрузчиком. Рабочей зоной является рабочее место оператора мобильной платформы.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Требования к организации оборудования рабочих мест с ПК регулируется СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.;</p> <p>Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования ГОСТ 12.2.032-78.;</p> <p>Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности НПБ 105-03.</p>
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<p>Опасные и вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> Отклонение показателей микроклимата Превышение уровня шума Отсутствие или недостаток естественного света Недостаточная освещенность рабочей зоны Поражение электрическим током Повышенная напряженность электрического поля
3. Экологическая безопасность:	Влияние вредных выбросов на атмосферу при производстве

	<p>составных элементов системы.</p> <p>Негативное влияние на литосферу при утилизации составных элементов персонального компьютера.</p> <p>Воздействие на гидросферу и селитебную зону пренебрежимо мало.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	ЧС техногенного характера – пожар (возгорание).

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Матвиенко Владимир Владиславович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е61	Шаманин Олег Максимович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 74 страницы, 21 рисунок, 12 таблиц, список используемых источников содержит 37 наименования.

Ключевые слова: погрузчик, система управления, опытный образец, операционная система для роботов, программное обеспечение.

Цель работы – разработка программно-аппаратного обеспечения для управления вилочным роботом-погрузчиком.

В процессе выполнения работы был создан опытный образец вилочного робота-погрузчика для апробирования алгоритмов и последующей демонстрации возможностей разработки, разработана система управления периферией, создана модель робота для симуляции и визуализации показаний с датчиков, реализована и опробована в симуляции навигационная система, реализован метод ориентации относительно маркеров, разработан алгоритм поведения при погрузочно-разгрузочных работах в виде конечного автомата и начата его программная реализация.

Содержание

Введение	12
1 Обзор аналогов.....	14
2 Разработка опытного образца и программно-аппаратного обеспечения для управления вилочным роботом-погрузчиком.....	16
2.1 Цель и задачи.....	16
2.2 Создание опытного образца вилочного погрузчика	16
2.3 Визуализация вилочного робота погрузчика.....	19
2.4 Система управления движением робота	21
2.5 Моделирование в виртуальной среде	23
2.6 Навигационная система.....	26
2.7 Позиционирование с помощью визуальной информации.....	31
2.9 Вывод по основной част.....	39
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	40
3.1 Организация и планирование работ.....	40
3.1.1 Продолжительность этапов работы	41
3.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта.....	47
3.2.1 Расчет затрат на материалы	47
3.2.2 Расчет заработной платы.....	48
3.2.3 Расчет затрат на социальный налог	49
3.2.4 Расчет затрат на электроэнергию	49
3.2.5 Расчет амортизационных расходов.....	51
3.2.6 Расчет прочих расходов	52
3.2.7 Расчет общей себестоимости разработки.....	52
3.2.9 Расчет НДС	53
3.2.9 Цена разработки НИР	53
3.3 Расчет экономической эффективности проекта	53
3.4 Вывод по финансовому менеджменту, ресурсоэффективности и ресурсосбережению	54
4 Социальная ответственность	55
4.1 Введение в раздел социальная ответственность.....	55
4.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ...	55

4.3 Профессиональная социальная безопасность.....	56
4.3.3 Отсутствие или недостаток естественного света	59
4.3.5 Повышенная напряженность электрического поля	62
4.4 Экологическая безопасность	63
4.4.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	63
4.4.2 Анализ «жизненного цикла» объекта исследования.....	65
4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	65
4.5.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	65
4.5.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при производстве объекта на предприятии	66
4.6 Вывод по социальной ответственности.....	67
Заключение	69
Conclusion	70
Список использованной литературы	71

Введение

В современном мире происходит стремительный рост темпа внедрения роботов в промышленности и быту. За последний год в мире было продано более 484 тысяч промышленных роботов, а по оценкам специалистов в 2021 году это число достигнет 630 тысяч. Большая часть внедренных роботов – это роботы, применяемые в помещении, то есть Indoor типа. Объемы мирового рынка Indoor роботов также стремительно растут и к 2026 году достигнут 50 миллиардов долларов. В существующую статистику включены все промышленные роботы indoor типа, однако большая часть из них – это мобильные робототехнические платформы, которые внедряются в складские помещения и туда, где особенно важна скорость и точность перевозки грузов.

Повсеместно происходит замещение человека роботами и привлечение мобильных роботов для решения задач, которые ранее решались без их использования. Процесс внедрения мобильных роботов на производство очень трудоемкий. Необходимо разработать систему управления данным роботом, а также подготовить инфраструктуру помещения, в котором будет эксплуатироваться мобильный робот. Все эти задачи входят в понятие построения программно-аппаратного обеспечения управления мобильным роботом. В современном мире все более актуальными становятся идеи об автоматизации и роботизации. Каждый день мы видим сообщения о разработке новых технологий и решений, которые предлагается внедрять в различные сферы для увеличения производительности и эффективности труда.

Одним из актуальных направлений является автоматизация складских помещений. Такой тенденции служат следующие факторы:

- Каждый год, только в России, строится порядка 600 тыс. м² складских площадей, а доля свободных площадей с каждым годом снижается и на второй квартал 2019 года составила 4,5%;

- Для нормального функционирования склада нужен большой спектр сотрудников, это приводит к повышению стоимости обслуживания и уменьшению выгоды владельца;
- Складское помещение представляет собой потенциально опасное место. По нему постоянно перевозят тяжелые грузы. На многих складах повышенная запыленность воздуха;
- На некоторых складах требуется круглосуточный режим работы, что увеличивает затраты на персонал.

1 Обзор аналогов

Для осуществления погрузочно-разгрузочных работ самым распространенным решением является наёмный труд. Самая распространённая вакансия — это водитель вилочного погрузчика.

Достоинства:

- поиск кандидатов на должность не составляет труда;
- быстрая интеграция в рабочий процесс.

Недостатки:

- ежемесячные траты на заработную плату, которая составляет в среднем 45 т. рублей. С учетом налогов, затраты на одного сотрудника в год составляют 702 904 руб.;
- травмоопасность, болезни, отпуск;
- не может работать круглосуточно.

Ronavi H1500- Представляет собой компактную подвижную платформу для перемещения грузов весом до 1500 кг, сложенных на паллеты или стеллажи[1].

Достоинства:

- заменяет человека, что позволяет снизить риски, затраты на заработную плату и ускорить работу склада;
- может двигаться в любом направлении, не изменяя положения корпуса;
- робот заблаговременно обнаруживает препятствия даже в темных помещениях.

Недостатки:

- для работоспособности нуждается в переоборудовании склада;
- нет возможности самостоятельного многоярусного складирования;

- использование лидаров, что ведет к удорожанию робота и увеличения потребности в вычислительных мощностях.

RoboCV X-MOTION NG[2] – многофункциональная система, предназначенная для автоматизации всех типовых напольных перемещений грузов на паллетах а распределительных центрах и складах товаров повседневного спроса.

Достоинства:

- заменяет человека, что позволяет снизить риски, затраты на заработную плату и ускорить работу склада;
- легкое внедрение, без создания обширной инфраструктуры. Для работы необходимо установка QR-кодов на путях движения и пилотируемый проезд по складу;
- робот заблаговременно обнаруживает препятствия даже в темных помещениях.

Недостатки:

- отсутствует возможности погрузки\разгрузки в фуры. Робот доставляет груз до разгрузочного буфера, около фуры;
- использование лидаров, что ведет к удорожанию робота и увеличения потребности в вычислительных мощностях.

2 Разработка опытного образца и программно-аппаратного обеспечения для управления вилочным роботом-погрузчиком

2.1 Цель и задачи

Исходя из выявленного в обзоре аналогов недостатка, в рамках выпускной квалификационной работы бакалавра ставится цель разработать опытный образец и программно-аппаратный комплекс для управления вилочным роботом-погрузчиком. Для этого цель была разбита на следующие задачи:

- создание опытного образца вилочного погрузчика;
- визуализация вилочного робота погрузчика;
- система управления движением робота;
- моделирование в виртуальной среде;
- навигационная система;
- позиционирование с помощью визуальной информации.

2.2 Создание опытного образца вилочного погрузчика

Опытный образец будет, представляет собой тележку, состоящую из двух ведущих колес. Каждое колесо приводится в движение отдельным двигателем. Для устойчивости тележка оснащена одним опорным колесом. На данном этапе разработки грузозахватное приспособление отсутствует и будет добавлено позднее.

Так как одним из условий создание опытного образца была низкая цена, было принято решение выбрать элементы из тех, которые уже были куплены кафедрой и при отсутствии нужных элементов, покупать самостоятельно.

Было разделено выполнение функций робота на:

Персональный компьютер, где просчитывается маршрут, выбор цели и локализация на основе показаний сенсоров.

Микроконтроллер, где будут вырабатываться управляющие сигналы на двигатели, и считываться показания с датчиков.

Для связи используется универсальный асинхронный приемопередатчик (UART) представленный в виде коннектора USB to TTL.

В качестве микроконтроллера выбрана отладочная плата stm32f4discovery [3], для программирования которой воспользовались библиотекой HAL [4], что вкуче позволило ускорить разработку программного обеспечения, и позволит использовать написанный код на других микроконтроллерах stm32. Благодаря этому можно без особых временных затрат заменить микроконтроллер на менее производительный для удешевления стоимости производства полномасштабного робота.

В качестве драйвера двигателя используется Motor driver VNH2SP30 [5]. Благодаря ему можно управлять направлением и скоростью двигателей постоянного тока. Направление вращения выбирается подачей управляющих сигналов на порты входов драйвера, скорость вращения изменяется подачей ШИМ сигнала.

Для ориентирования в пространстве будем использовать метод одновременной локализации и построение карты SLAM[6] с помощью kinect[7]. Для локализации нам требуется одометрия, для этого установлены энкодеры на ведущие колеса.

Схема подключения представлена на рисунке 1.

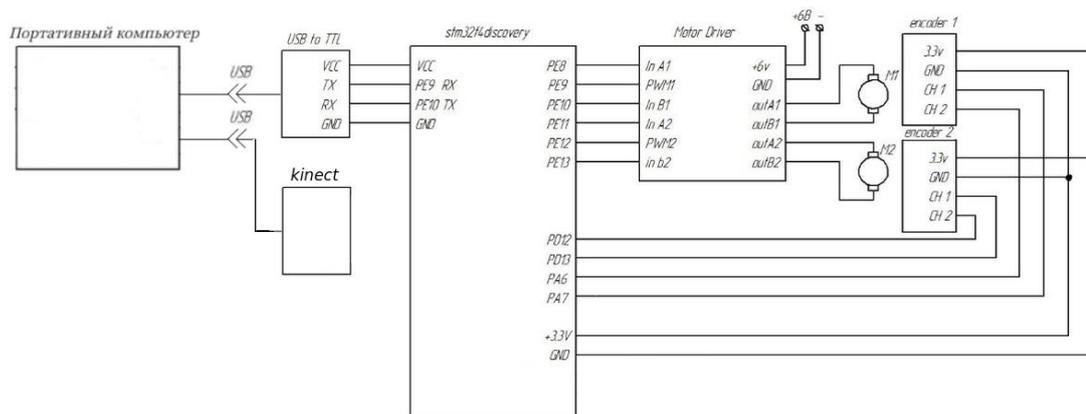


Рисунок 1 - Схема подключения

Так как в процессе разработки системы управления роботом будут использоваться методы, которые были уже реализованы другими разработчиками, было принято решения для взаимодействия с методами использовать операционную систему для роботов ROS, что позволит сконцентрироваться непосредственно на создание робота вилочного погрузчика.

ROS основан на архитектуре графов, где обработка данных происходит в узлах, которые могут получать и передавать сообщения между собой. Операционная система оперирует такими понятиями как:

- узел[8], наименьшая рабочая единица. Каждый узел представляет собой отдельную задачу, например постройка траектории движения, ПИД регулирование, постройка карты местности и т.д. Для корректной работы узлов взятых из пакета ROS нужно задать параметры;
- сообщение[9], для связи между узлами информацией заданного формата. Сообщение в ROS представлена в виде объекта, в поля объекта записываются переменные, нужные для отправки. Для получения данных из сообщения, необходимо обратиться к нужному полю;

- тема[10], это один из способов обмена сообщениями. Каждый узел получает с помощью подписки или передаёт с помощью публикации сообщения в выбранную тему.

С помощью всего этого реализована модульность системы. Каждому узлу не важно, как именно работает другой узел, он работает только с получаемым сообщением. Запустив узел на микроконтроллере, можно управлять двигателем с персонального компьютера.

2.3 Визуализация вилочного робота погрузчика

Для работы с датчиками необходимо чётко понимать, где находится каждая часть робота относительно другой его части, чтобы правильно интерпретировать данные. Для этого в операционной системе ROS предусмотрен пакет TF[11]. Это пакет, позволяет создавать структуру с помощью которой отслеживаются множество координат с течением времени.

Пакет основан на древообразной структуре, где положение каждого элемента наследуется от положения родителя.

Для создание такой структуры была реализована URDF модель[12] робота, которая также может использоваться для визуализации действий робота и модуляции поведения в симуляции .

URDF модель представляет собой набор элементов робота и их связей между каждым элементом и его родителем. Элемент состоит из:

- инерционной части, где указывается центр массы элемента и его вес;
- части про столкновение, где описываются размеры границ, которые при симуляции не дадут объекту пройти сквозь другой объект;
- визуальной части, где задаются правила отрисовки объекта.

Связь между элементами состоит из:

- типа соединения между элементами;
- название родительского элемента;

- название наследующего элемент;
- координату относительно родительского элемента.

При создании модели были учтены только основные элементы робота для уменьшения нагрузки на персональный компьютер при симуляции. После создания данного файла мы можем визуализировать нашего робота, рисунок 2.

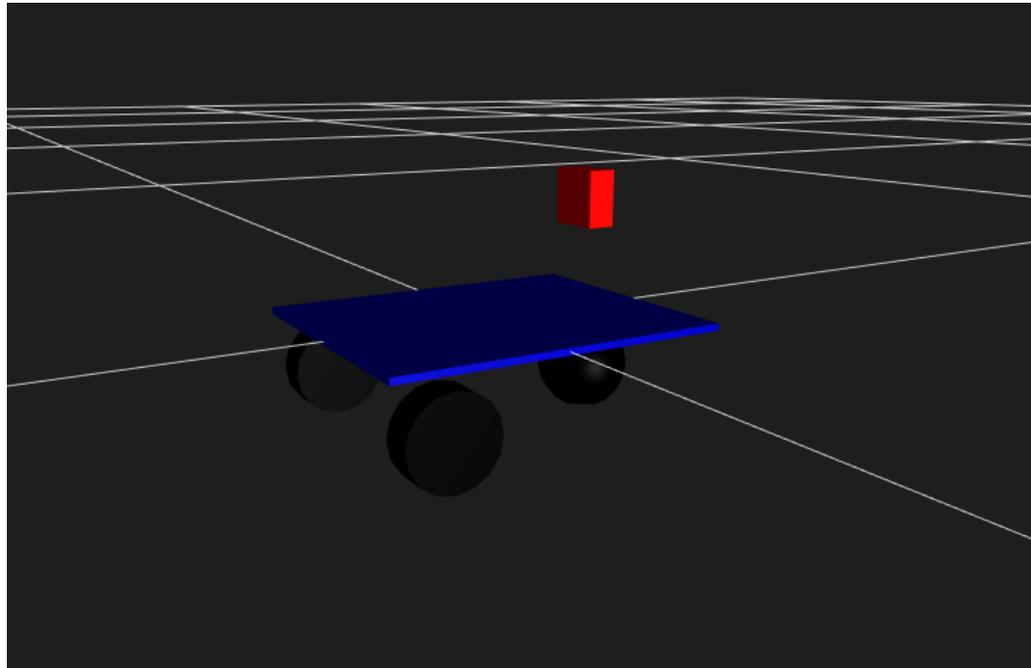


Рисунок 2 - визуализация URDF модели робота.

Используя данную модель, реализовали TF структуру, которая представлена на рисунке 3.

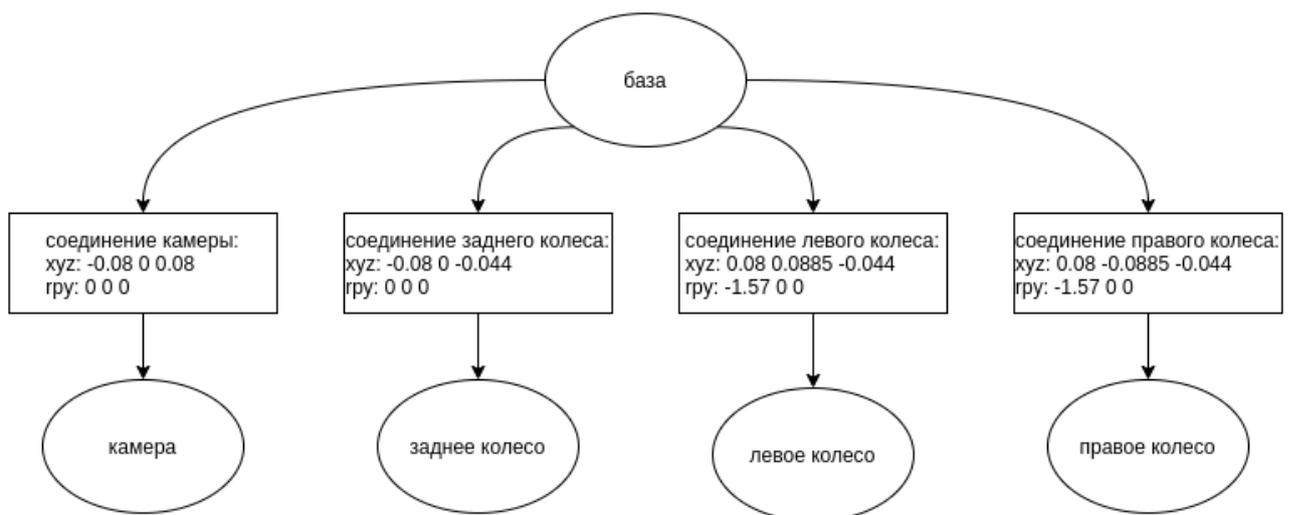


Рисунок 3- TF структура робота

На рисунке элементы работа обозначены овалом, а соединения прямоугольником, в которых также указаны координаты расположения от центра родителя и поворот в радианах.

2.4 Система управления движением робота

Для взаимодействия с периферией была написана программа для микроконтроллера на языке программирования C++ с использованием библиотеки HAL. Блок схема представлена на рисунке 4.

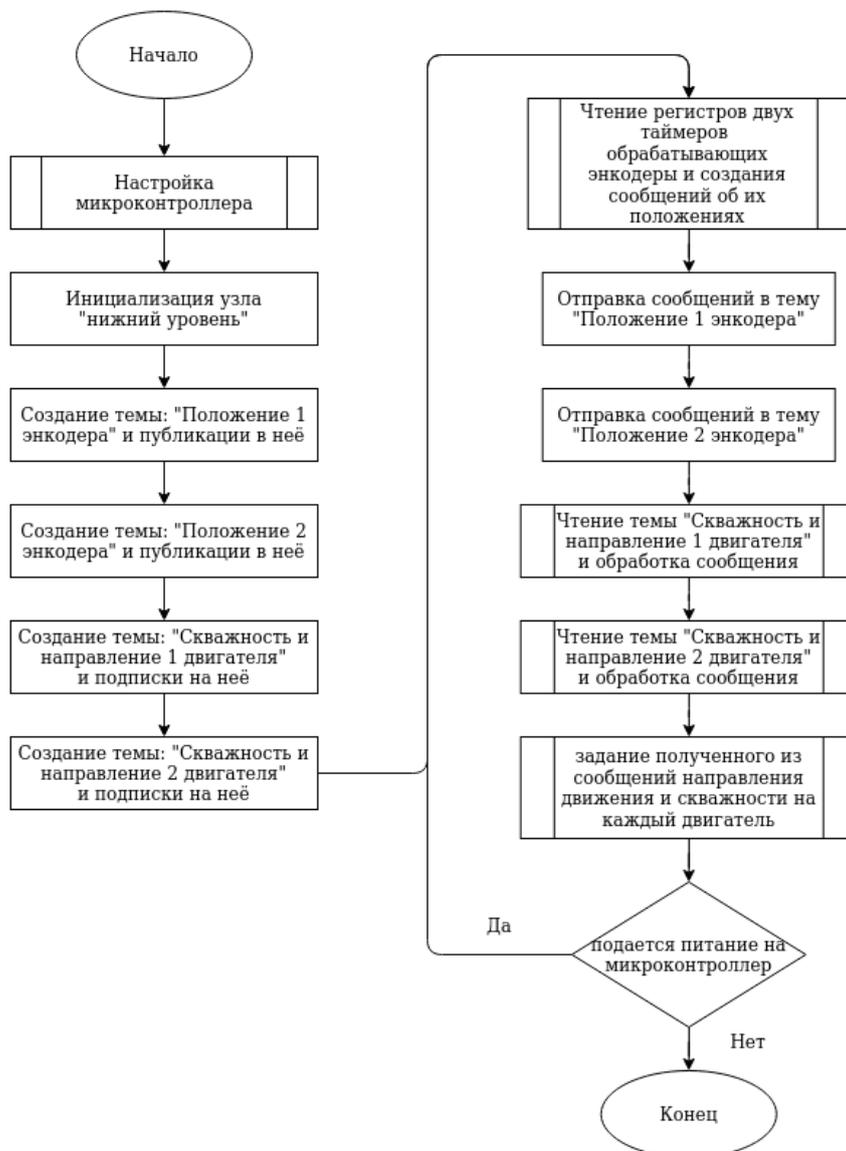


Рисунок 4 - Блок схема программы микроконтроллера

Система управления движением роботом, запущенная на портативном компьютере, получает информацию о реальной скорости вращения каждого двигателя, читая темы публикуемые узлом «Нижний уровень» запущенного на микроконтроллере.

С помощью ПИД регулятора контролирует напряжение, подаваемое на двигателя, путём отправки сообщения о скважности ШИМ сигнала и направления вращения в соответствующие темы,

Для работы системы была использована реализация с помощью ROS, принцип работы которой представлен на рисунке 5.

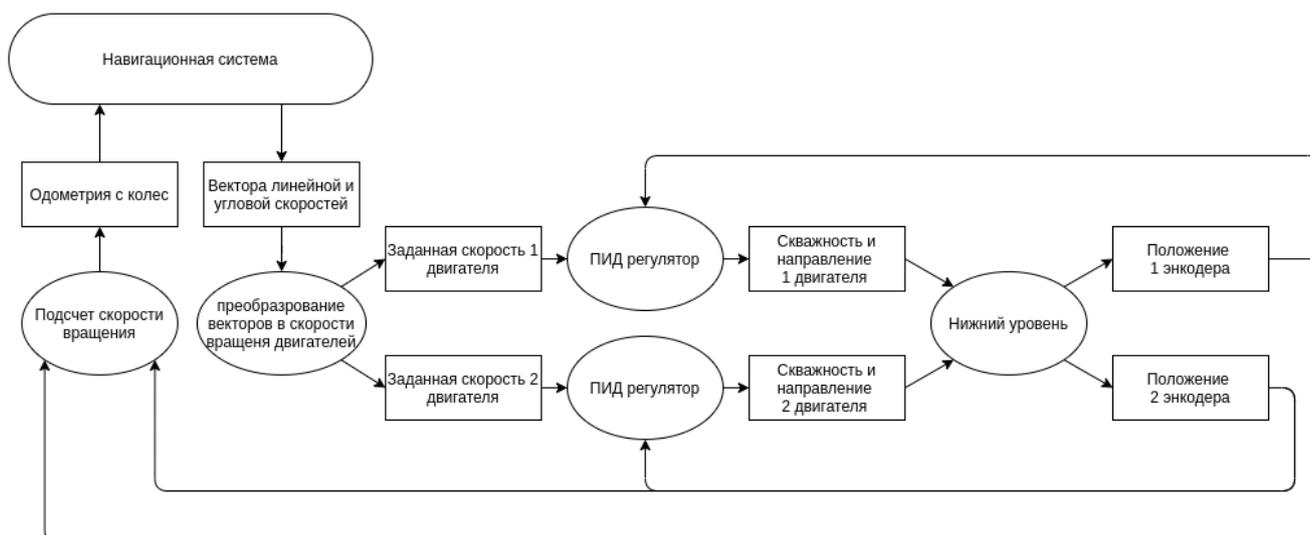


Рисунок 5 - Принципиальная схема работы

Для реализации ПИД регуляторов в нашей системе был использован узел из пакета ROS `pid_velocity`[14] с установленными параметрами регулятора и количество импульсов энкодера на метр. На вход регулятор принимает положение энкодера, преобразуя это значение в скорость основываясь на моментальном положении энкодера, предыдущем положении энкодера и время между подсчётами. Также на вход подаётся заданная скорость. На выходе получаем скважность ШИМ сигнала и направление вращения.

Заданная скорость для каждого двигателя приходит с узла «Преобразование векторов в скорости вращения двигатель», реализованного с помощью узла ROS `twist to motors`[15] с установленным параметром дистанции между парой колес. Данный узел переводит линейную и угловую скорости в скорость вращения каждого двигателя.

Для получения одометрии с колес, был использован узел «Подсчёт скорости вращения» реализованный с помощью узла ROS `diff tf`[16]. Данный узел переводит скорость вращения каждого двигателя в линейную и угловую скорости.

2.5 Моделирование в виртуальной среде

Для создания системы управления необходимо апробировать сценарии работы и методы. Поэтому на первом этапе было решено пробовать все в виртуальной среде, а после уже переносить всю систему управления на опытный.

Для моделирования был выбрана среда `gazebo`, так как имеет хорошую совместимость с операционной системой ROS.

Для использования URDF-модели, созданной ранее, необходимо добавить компоненты `gazebo`, которые будут взаимодействовать с виртуальной средой.

Для управления роботом в среде воспользовались плагином контроллера дифференциального привода из пакета `libgazebo ros diff drive`[17] с установленными параметрами:

- Ссылка на элемент «правое колесо».
- Ссылка на элемент «левое колесо».
- Колёсная база равная 0.18м.
- Диаметр колес равный 0.065.
- Ссылка на тему «Вектор линейной и угловой скорости», откуда берётся скорость движения.

- Ссылка на тему «одометрия с колес», куда будет публиковаться передвижение робота.

Для реализации камеры глубины воспользовались плагином «контроллер камеры Kinect» из пакета `libgazebo ros openni kinect`[18] с установленными параметрами:

- Название камеры.
- Ссылку на тему куда публиковать цветное изображение.
- Ссылку на тему куда публиковать изображение с глубиной.
- Ссылку на тему куда публиковать облако точек.
- Ссылку на тему куда публиковать информацию о цветной камере.
- Ссылку на тему куда публиковать информацию о камере глубины.
- Ссылку на элемент камера .
- Количество кадров в секунду равное 20.
- Разрешение камеры равное 1240 на 480 пикселей.
- Минимальное значение дальности точек на глубоком изображении.
- Максимальное значение дальности точек на глубоком изображении.

Для запуска всех файлов одновременно был написан загрузочный файл который состоит из:

- Узел ROS вызывающий модель в симуляцию.
- Путь к файлу с моделью.
- Координаты появления модели.

Для работы со средой была создана рабочая область. Для запуска был написан загрузочный файл состоящий из вызовов URDF модели и самого

мира. После запуска загрузочного файла робот появляется на этой сцене, рисунок 6.

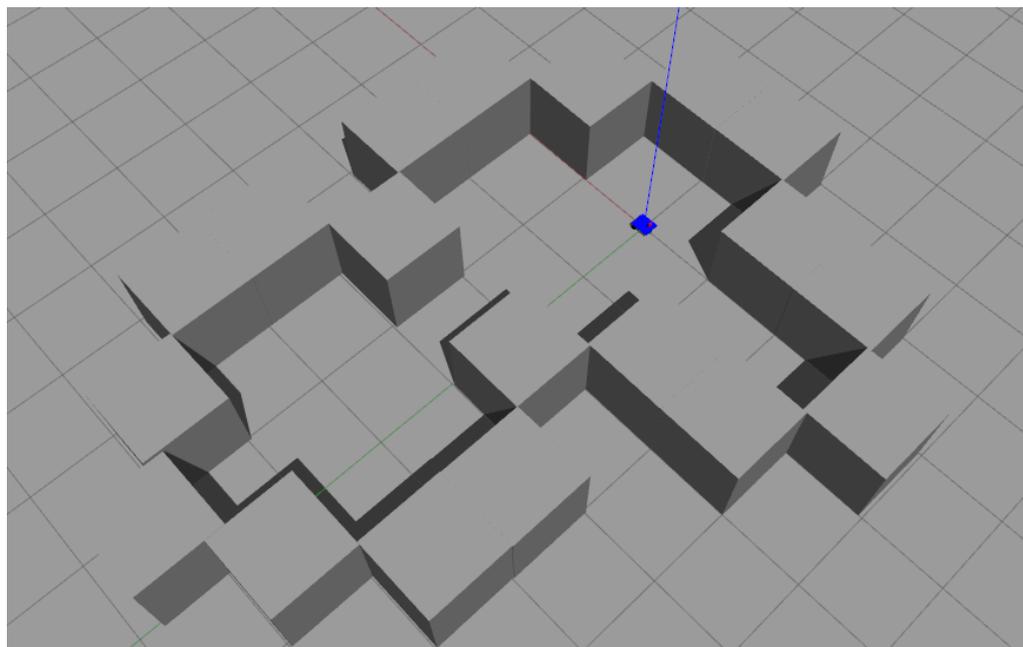


Рисунок 6 - Сцена с роботом

Для визуализации показаний с камеры глубины, воспользовались инструментом для анализа и контроля ROS-систем rviz[19]. Для отображения информации необходимо выбрать инструмент, отображающий нужный нам тип данных, и указать ссылку на тему, откуда брать информацию. Визуализация с камеры глубины представлена на рисунке 4.

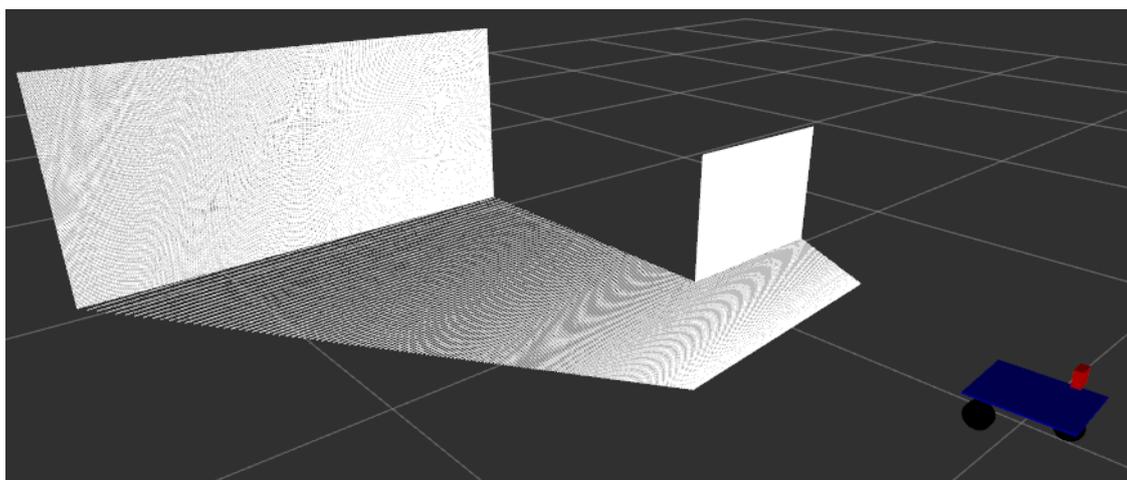


Рисунок 7 - Визуализация модели робота с облаком точек полученных с камеры глубины

Также с помощью публикации в тему «Вектор линейной и угловой скорости» робот начинает двигаться по сцене. Для отслеживания перемещения в rviz необходимо задать роботу TF преобразование от начала координат карты через одометрию к базе робота, преобразования представлены на рисунке 8.



Рисунок 8 - TF преобразования от карты к базе

Таким образом, при движении, показания с датчиков синхронизируются с реальным положением робота.

2.6 Навигационная система

Для передвижения роботу нужно ориентироваться в пространстве. Для работы была использована реализация навигационной системы с помощью ROS, которая на вход получает координату с местом назначения а на выходе, ориентируясь на датчики робота, выдаёт линейную и угловую скорости для каждого момента движения робота. Структурная схема представлена на рисунке 9.

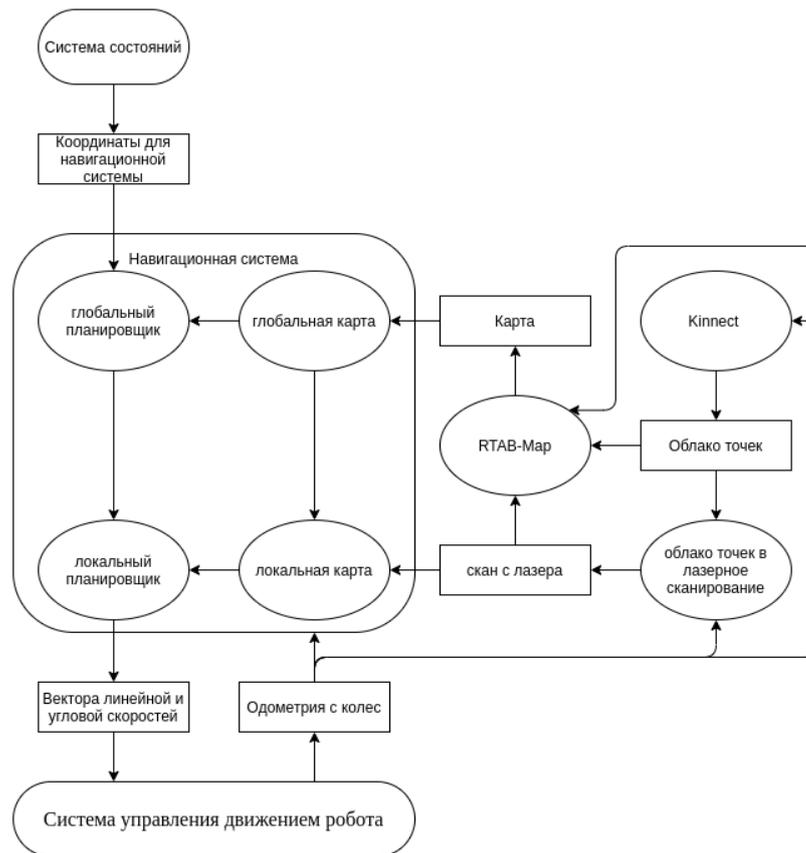


Рисунок 9 - Структурная схема навигационной системы

Для решения задачи постройки карты было решено использовать метод одновременной локализации и построения карты RTAB-map[20] из ROS. Для реализации данного метода нужна информация об одометрии с колес робота, камера глубины и информация с лидара.

Для замены лидара был использован узел ROS depthimage to laserscan[21]

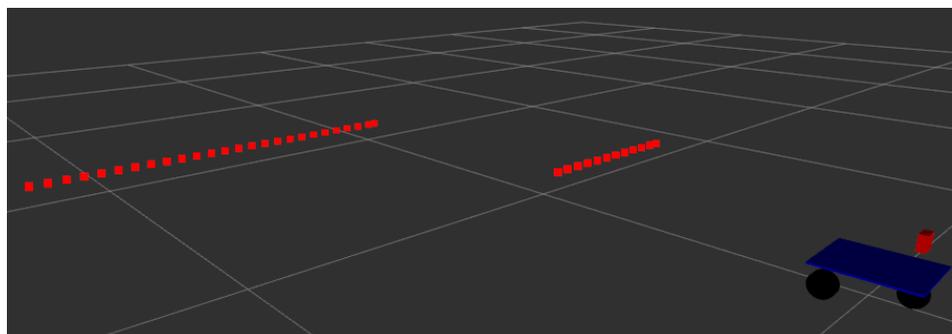


Рисунок 10 - Визуализация метода облако точек в лазерное сканирование

Данный узел выбирает из облака точек, построенных камерой глубины, линию с заданным уровнем и публикует его, как информацию с лидара. Визуализация метода представлена на рисунке 10.

Для непосредственно постройки карты необходимо проехать по все площади, где будет ориентироваться робот. Как итог, будет построена двумерная карта, где каждый пиксель будет представлять собой участок местности с вероятностью нахождения препятствия, чем темнее пиксель, тем больше вероятность нахождения препятствия, карта представлена на рисунке 11.

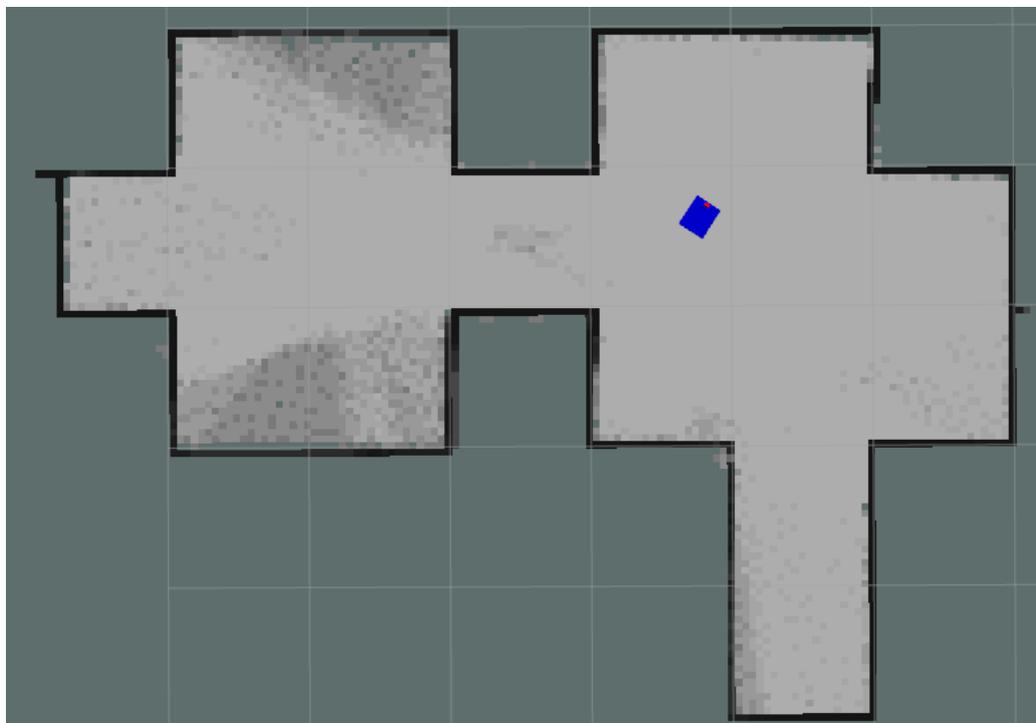


Рисунок 11 - Карта построенная методом RTAB-map.

Построенная карта преобразуется в глобальную карту. Обработкой занимается пакет ROS `global map`[22], визуализация представлена на рисунке 12.

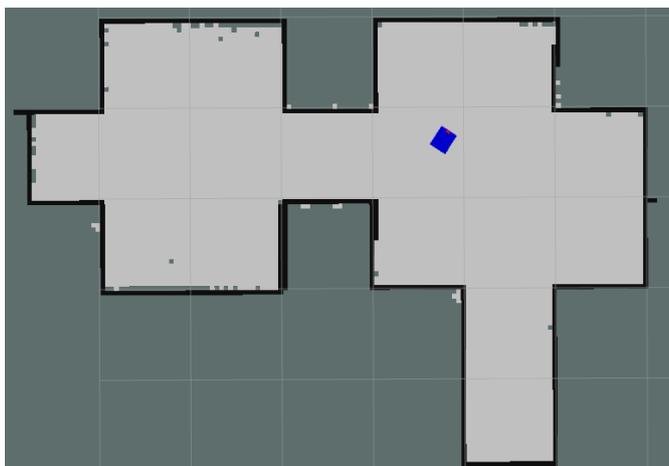


Рисунок 12 - Глобальная карта.

При преобразовании все пиксели разделяются на 3 цвета в зависимости от уровня вероятности нахождения препятствия, чёрный цвет пикселя обозначает препятствие, белый цвет обозначает свободную зону, прозрачный обозначает неизведанную зону. Данная карта не должна содержать объекты, которые могут изменять своё местоположение.

Локальная карта, реализована с помощью ROS local map, использует часть глобальной карты и принимая скан с лазера отрисовывает все препятствия, и добавляет цену каждому пикселю, в зависимости от близости пикселя к препятствию. Чем темнее пиксель, тем ближе препятствие и тем ниже вероятность использования этого места в прокладке пути локальному планировщику. Визуализация локальной карты представлена на рисунке 14.

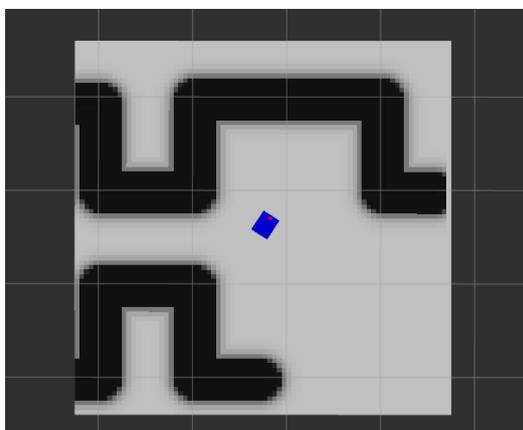


Рисунок 14 - Локальная карта

Для реализации узла «навигационная система» воспользовались узлом ROS move base[23], используя только нужные нам части: локальный планировщик, глобальный планировщик, локальная карта и глобальная карта.

Координаты цели с системы состояний приходят на глобальный планировщик, реализованный с помощью пакета ROS global planner[24]. Решая задачу коммивояжёра[25], где в качестве узлов графов - пиксель карты, планировщик строит глобальный путь, который передаётся на локальный планировщик. Глобальный путь представляет собой соединённый набор точек, визуализация глобального пути представлена на рисунке 15 зелёной линией.

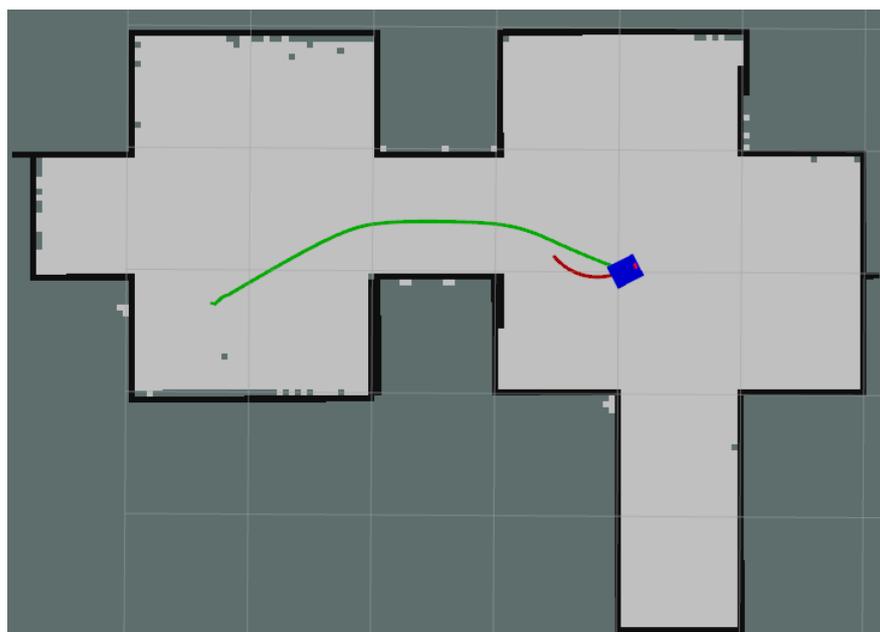


Рисунок 15 - Визуализация глобального пути(зелёная линия) и локального пути(красная линия)

Локальный планировщик, реализованный с помощью пакета ROS local planner[26], ориентируясь на глобальный путь и информацию о препятствиях, приходящую с локальной карты, решает прямую задачу кинематики для двухколёсного робота для нескольких линейных и угловых скоростей и формирует траектории движения. Для каждой траектории оценивает

параметры близость модели к препятствию, близость к цели, близость к глобальной траектории и близость к удовлетворительной скорости. На основе приоритета, например точности следования глобальному пути, выбирает наилучшую траекторию, визуализация представлена на рисунке 15 красной линией, и на её основе выдаёт мгновенную линейную и угловую скорости, которые идут на систему управления движением робота. При симуляции эти скорости идут на контроллер дифференциального привода из пакета libgazebo.

2.7 Позиционирование с помощью визуальной информации

При погрузочно-разгрузочных работах необходимо точное позиционирование относительно подвижных объектов, таких как грузы на паллетах, фуры и так далее. Решено было воспользоваться ARUCO[27] маркерами, которые будут располагаться на грузах, на пути движения робота, на въездах в полуприцеп.

Маркеры состоят из внешней чёрной границы (рисунок 16), которая может быть легко обнаружена в окружающей среде, и из двоичного шаблона, который помогает однозначно идентифицировать их.

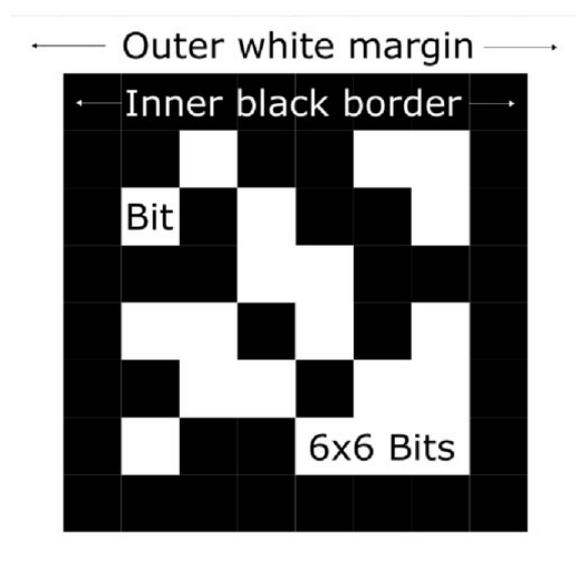


Рисунок 16 - ARUCO маркер.

Достоинства маркеров:

- можно получить позицию камеры относительно маркера;
- их обнаружение устойчиво к свету и перспективным преобразованиям;
- детектирование происходит очень быстро с использованием низкой загрузки процессора.



Анализируя содержимое каждого маркера, выявляется принадлежность и положение в пространстве (рисунок 17).

Рисунок 17 - Идентификация маркеров и положения на изображении с камеры робота.

При обнаружении маркеров, его расположение отображается в TF структуре относительно координат камеры, что позволяет запоминать их расположение и ориентироваться относительно появившихся координат, как показано на рисунке 17, где fid44 и fid33 соответственно левый и правый маркер с рисунка 16 .

При пропадании маркера из зоны видимости камеры, его положение останется в TF структуре.

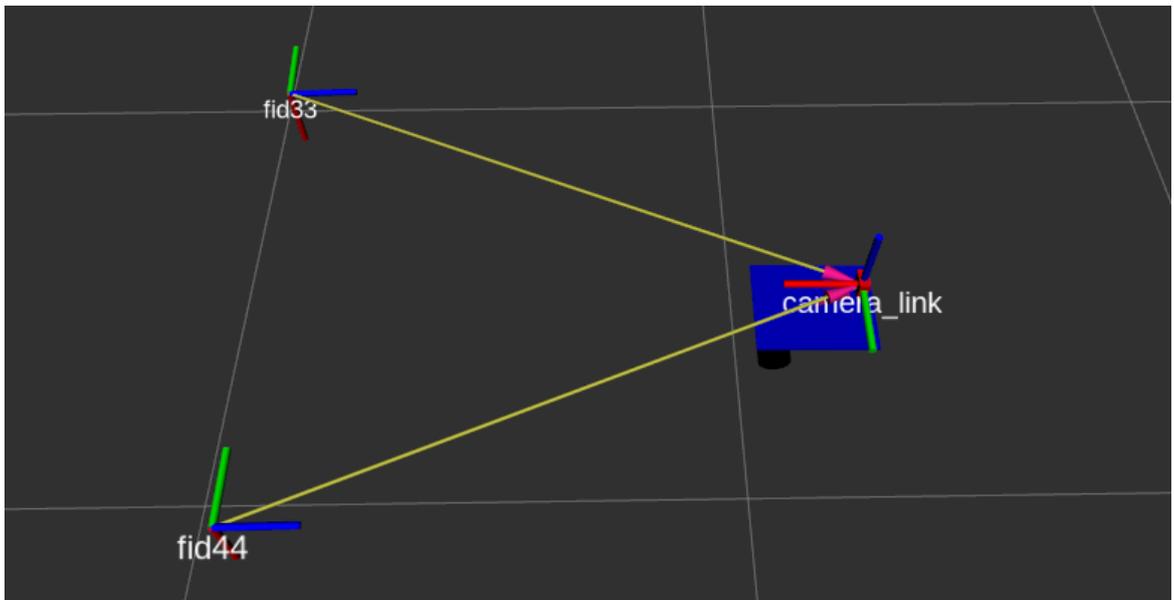


Рисунок 18 - Визуализация ориентирования относительно маркеров.

Маркеры в нашей системе используются для локализации на складе и ориентации относительно груза или места погрузки/разгрузки

Так как для позиционирования относительно груза с помощью маркера, необходимо располагать одну из граней параллельно и на определённой высоте относительно паллета, то было принято решение начать разработку системы с использованием сверточных нейронных сетей, чтобы получать информацию о положении груза ориентируясь только на детекцию груза без дополнительных меток.

Для реализации воспользовались `tensorflowobjectdetectionapi`[28]. Данный интерфейс прикладного программирования предоставляет нам ряд переобученных моделей, это позволяет нам не сокращать время обучения и быть уверенным в качестве признаков полученных в процессе переобучения. Для работы модели с достаточной точностью достаточно 100 фотографий.

Для разметки изображения воспользовались программой `labelImg` рисунок 19. На каждой фотографии мы выделили область, где находится груз на паллете.

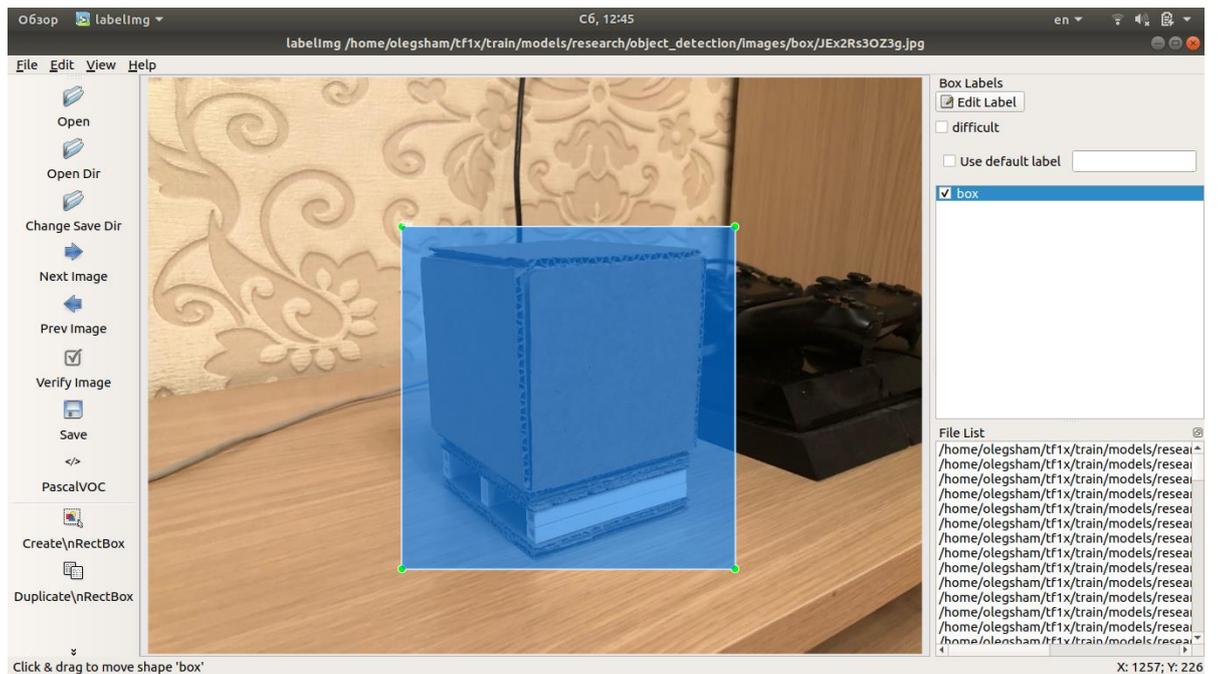


Рисунок 19 - Разметка изображений

Из представленных нейронных сетей в данном интерфейсе, выбрал сеть faster rcnn inception v2 из показателей скорости к качеству. Для захвата изображения с камеры написали программу на языке программирования Python3.6 и воспользовались OpenCV. Вывод программы представлен на рисунке 20.



Рисунок 20 - Детекция коробки на паллете

Вырезаем выделенное изображение и находим с помощью метода cv2.Canny грани коробки. Выход метода представлен на рисунке 21.

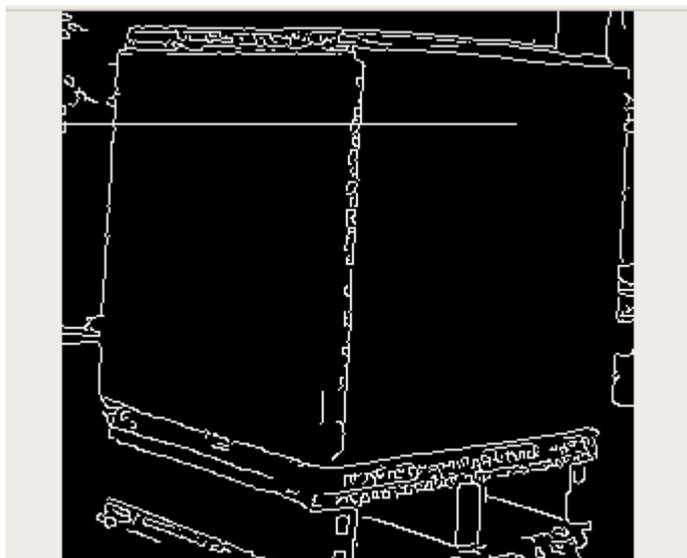


Рисунок 21-выделение граней коробки

Исходя из проекции трех граней на перпендикулярную плоскость находим угол поворота коробки относительно камеры и добавляем в TFструктуру относительно камеры.

2.8 Система состояний

Для постановки задач роботу используется конечный автомат, реализованный с помощью гибкого механизма поведения FlexBE. Преимущества данного выбора заключаются в интеграции с операционной системой ROS, а также возможностью отслеживать и изменять поведение робота в реальном времени.

Состояния будут соединены с помощью графического интерфейса FlexBE, согласно разработанной схеме конечного автомата с рисунка 22.

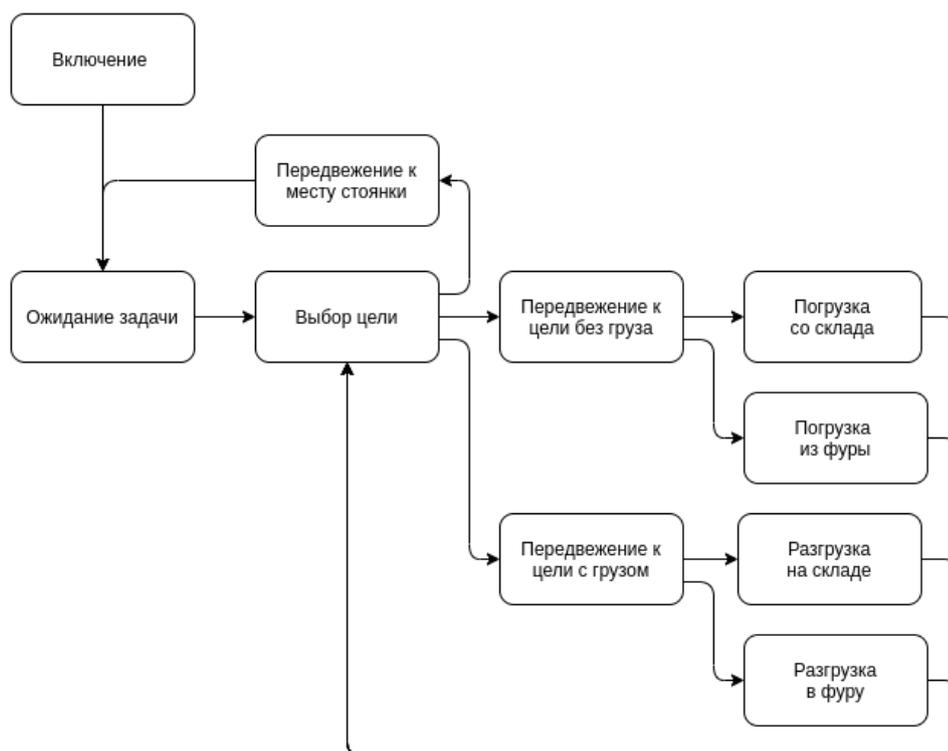


Рисунок 22-Система состояний.

Каждое состояние представляет собой набор методов в которых прописывается вся логика поведения. В данной схеме представлены только погрузочно-разгрузочные работы, при увеличении функционала, в система состояний будут добавляться новые элементы.

Основные методы присутствующие в каждом состоянии:

- Инициализация, метод где происходит объявление названия состояния, переменных и перечисление возможных переходов в другие состояния.
- Выполнение, метод который постоянно вызывается во время выполнения. Основная цель - это проверка состояние выполняемого процесса и запуск перехода в другие состояния в зависимости от результата.
- Методы обратного вызова, не обязательные для создания состояния:
- Запуск, выполняется свою логику при старте всей системы состояний.

- Выключение, запускается при остановки всей системы состояний.
- Вход в состояние, этот метод запускается, когда состояние становится активным, то есть происходит переход из другого состояния в это. Он в основном используется для запуска действий, связанных с этим состоянием, или инициализации переменных, которые могли измениться во время предыдущего выполнения.
- Выход из состояния, этот метод инициируется, при переходе в другое состояние. Используется для остановки запущенных процессов.

Последовательность переход между методами представлена на рисунке 23.

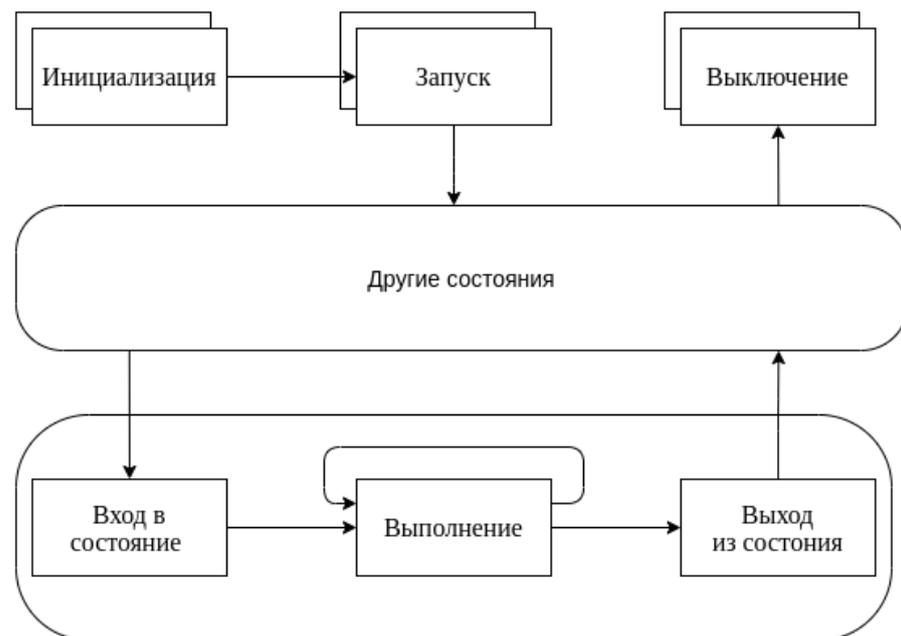


Рисунок 23-Переход между методами.

Из рисунка видно, что методы: инициализация, запуск, выключение, выполняются одновременно для всех состояний.

Состояния и что они выполняют:

Включение, начальная точка автомата.

Ожидание задачи, в этом состоянии робот ожидает массива данных с координатами грузов, точками разгрузки, уникальный идентификатор грузов и полуприцепа. Массив формируется оператором.

Выбор цели, здесь происходит отслеживание выполнения погрузочно-разгрузочных работ и переход на нужную модель поведения при передвижении.

Передвижение, каждая из трёх состояний принимает на вход точку на карте и в зависимости от выбранного типа перемещения передаёт на навигационную систему приоритеты перемещения. Перемещение к цели без груза и к месту стоянки, приоритет скорость. Перемещение с грузом приоритет точного следования глобального пути, отсутствие резких разворотов, низкой скорости.

После передвижения в район погрузки, робот начинает ориентироваться по ARUCO маркерам, для точного позиционирования относительно цели. Если цель - это погрузка груза со склада, ориентирование относительно маркера на лицевой части объекта перемещения. Если цель - погрузка груза из фуры, то к ориентация относительно объекта перемещения добавляются маркеры расположенные на въезде в полуприцеп, для получения точной информации о местоположения стенок, для формирования траектории движения с избеганием столкновения. На данном этапе, не реализован сам процесс взаимодействия с грузом, он будет добавлен позднее, сейчас же робот вместо этого бездействует несколько секунд. Реализация состояния с помощью языка программирования Python представлена на рисунке

При разгрузке в полуприцеп робот, также как и при погрузке, ориентируется на маркеры расположенные на въезде в полуприцеп. При разгрузке на склад, на маркеры места для груза.

В данный момент начата реализация состояний на языке Python.

2.9 Вывод по основной част

В результате проделанной работы было создан прототип вилочного погрузчика для апробирования алгоритмов и последующей демонстрации возможностей разработки, разработана система управления периферией, создана модель робота для симуляции и визуализации показаний с датчиков, реализована и опробована в симуляции навигационная система, реализован метод ориентации относительно маркеров, разработан алгоритм поведения при погрузочно-разгрузочных работах в виде конечного автомата и начата его программная реализация.

В последующем планируется добавление к модели каретки для подъёма грузов, доработка системы состояний и перенос системы на прототип вилочного погрузчика.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель раздела – комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы. Необходимо оценить полные денежные затраты на проект, а также дать хотя бы приближенную экономическую оценку результатов ее внедрения. Это в свою очередь позволит с помощью традиционных показателей эффективности инвестиций оценить экономическую целесообразность осуществления работы. Раздел должен быть завершён комплексной оценкой научно-технического уровня ВКР на основе экспертных данных.

3.1 Организация и планирование работ

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ.

В данном пункте составляется полный перечень проводимых работ, определяются их исполнители и рациональная продолжительность. Наглядным результатом планирования работ является сетевой, либо линейный график реализации проекта. Так как число исполнителей редко превышает двух (степень распараллеливания всего комплекса работ незначительна) в большинстве случаев предпочтительным является линейный график. Для его построения хронологически упорядоченные вышеуказанные данные должны быть сведены в таблицу типа приведенной ниже

Таблица 1– Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100% И – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100% И – 100%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 20% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 50% И – 100%
Обсуждение литературы	НР, И	НР – 30% И – 100%
Создание прототипа вилочного погрузчика	И	И – 100%
Визуализация робота	И	И – 100%
Создание система управления движением робота	И	И – 100%
Создание модуляции в виртуальной среде	И	И – 100%
Создание навигационной системы	И	И – 100%
Создание позиционирования с помощью маркеров	И	И – 100%
Оформление расчётно-пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

3.1.1 Продолжительность этапов работы

Расчет продолжительности этапов работ осуществляется двумя методами:

- технико-экономический;
- опытно-статистический.

Первый применяется в случаях наличия достаточно развитой нормативной базы трудоемкости планируемых процессов. Так как

соответствующими нормативами не обладаем, будет использоваться второй метод, который в свою очередь реализуется двумя способами:

- аналоговый;
- экспертный.

В данной работе будет использоваться экспертный метод, так как отсутствует какой-либо аналог.

Определение вероятных значений продолжительности работ $t_{ож}$ определяется по формуле (26).

$$t_{ож} = \frac{3 * t_{min} + 2 * t_{max}}{5} \quad (26)$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{рд}$) ведется по формуле (27).

$$T_{рд} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} \cdot K_{д} \quad (27)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, примем $K_{вн} = 1$;

$K_{д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ, примем $K_{д} = 1,2$.

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле (28).

$$T_{кд} = T_{рд} \cdot T_{к} \quad (28)$$

где $T_{кд}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

T_K – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле (29).

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 108$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 10$).

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе необходимо округлить до целого числа. Результаты расчетов сведем в таблицу 14.

Таблица 2–Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР, И	1,00	2,00	1,40	1,68	1,68	2,48	2,48
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	2,00	3,00	2,40	2,88	2,88	4,25	4,25
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	8,00	10,00	8,80	2,11	10,56	3,12	15,58
Разработка календарного плана	НР, И	2,00	5,00	3,20	1,92	3,84	2,83	5,67
Обсуждение литературы	И	3,00	5,00	3,80	1,37	4,56	2,02	6,73
Создание прототипа вилочного погрузчика	И	5,00	10,00	7,00	0,00	8,40	0,00	12,40
Визуализация робота	И	3,00	6,00	4,20	0,00	5,04	0,00	7,44
Создание система управления движением робота	И	5,00	9,00	6,60	0,00	7,92	0,00	11,69

Продолжение таблицы 2–Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Создание модуляции в виртуальной среде	И	4,00	7,00	5,20	0,00	6,24	0,00	9,21
Создание навигационной системы	И	4,00	7,00	5,20	0,00	6,24	0,00	9,21
Создание позиционирования с помощью маркеров	И	5,00	9,00	6,60	0,00	7,92	0,00	11,69
Оформление расчётно-пояснительной записки	И	4,00	6,00	4,80	0,00	5,76	0,00	8,50
Оформление графического материала	И	4,00	6,00	4,80	0,00	5,76	0,00	8,50
Подведение итогов	НР, И	3,00	5,00	3,80	2,74	4,56	4,04	6,73
Итого:				67,80	12,70	81,36	18,74	120,0

Таблица 3–Линейный график работ

Этап	НР	И	февраль			март			апрель			май		
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
1	2,48	2,48	■											
2	4,25	4,25	■											
3	3,12	15,58	■	■										
4	2,83	5,67		■										
5	2,02	6,73			■									
6	0,00	12,40			■	■								
7	0,00	7,44				■								
8	0,00	11,69					■	■						
9	0,00	9,21						■						
10	0,00	9,21							■					
11	0,00	11,69								■	■			
12	0,00	8,50										■		
13	0,00	8,50											■	■
14	4,04	6,73												■

НР – ■ ; И – ■

3.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- прочие (накладные расходы) расходы.

3.2.1 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования.. Сюда же относятся специально приобретенное оборудование, инструменты и прочие объекты, относимые к основным средствам, стоимостью до 40 000 руб. включительно. Кроме того статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами.

Таблица 4– Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Бумага для принтера формата А4	190	1 уп.	150
Картридж для принтера	1550	1 шт.	1550
Оргстекло прозрачное 3 мм, 210x150 мм	150	1 экз.	150
Мотор постоянного тока 6 В	1200	2 шт.	240
Колесо	200	2 шт.	400
Камера kinect	1200	1 шт.	1200
Микроконтроллер Stm32f407vg	2200	1 шт.	2200

Таблица 4– Расчет затрат на материалы

raspberry pi 4 4gb	5600	1 шт.	5600
Драйвер monster motor shield	1200	1 шт.	1200
Монтажные провода	150	1 уп.	150
Итого:			1284

Допустим, что ТЗР составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны $C_{\text{мат}} = 12840 * 1,05 = 13482$ руб.

3.2.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера, а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Оклад инженера принимается равным окладу соответствующего специалиста низшей квалификации в организации, где исполнитель проходил преддипломную практику. При отсутствии такового берется оклад инженера собственной кафедры (лаборатории).

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле (30).

$$ЗП_{\text{дн-т}} = MO/25 \quad (30)$$

Учитывая, что в году 300 рабочий день и, следовательно, в месяце в среднем 25 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Расчета затрат на полную заработную плату приведены в таблице 5. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 3. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{ПР}} = 1,1$; $K_{\text{допЗП}} = 1,188$; $K_{\text{р}} = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в

проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{И} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$. Вышеуказанное значение $K_{допЗП}$ применяется при шестидневной рабочей неделе.

Таблица 5– Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	33664	1342,09	18,73	1,699	42723,94
И	8780	350,03	120,07	1,699	71408,31
Итого:					114132,25

3.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{соц.} = C_{зп} * 0,3$. Итак, в нашем случае $C_{соц.} = 110811,91 * 0,3 = 34239,68$ руб.

3.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле (31).

$$C_{эл.об} = P_{об} * t_{об} * Ц_{э} \quad (31)$$

где $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Ц_{э}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{об}$ – время работы оборудования, час.

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 3 для инженера ($T_{РД}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов по формуле (32).

$$t_{об} = T_{РД} * K_t \quad (32)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{РД}$. В ряде случаев возможно определение $t_{об}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле (33).

$$P_{об} = P_{ном} * K_C \quad (33)$$

где $P_{ном}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Для ТПУ ЦЭ = 6,59 руб./кВт·час (с НДС). В таблице 6 представлены затраты на электроэнергию.

Таблица 6– Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты $C_{эл.об}$, руб.
Персональный компьютер	651	0,4	2503,56
Струйный принтер	3	0,1	1,72
Итого:			2505,28

3.2.5 Расчет амортизационных расходов

Амортизационные отчисления рассчитываются по формуле (34).

$$C_{AM} = \frac{N_A * C_{OB} * t_{pф} * n}{F_D} \quad (34)$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

C_{OB} – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования;

$t_{pф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Следовательно, рассчитаем амортизационный расход персонального компьютера, мобильной робототехнической платформы и принтера струйного:

$$C_{AM.ПК} = \frac{N_A * C_{OB} * t_{pф} * n}{F_D} = \frac{0,4 * 45000 * 651 * 1}{2408} = 4865,38 \text{ руб.}$$

$$C_{AM.ПР} = \frac{N_A * C_{OB} * t_{pф} * n}{F_D} = \frac{0,5 * 12000 * 3 * 1}{500} = 36 \text{ руб.}$$

$$C_{AM} = C_{AM.ПК} + C_{AM.ПР} = 4865,38 + 36 = 4901,38 \text{ руб.}$$

3.2.6 Расчет прочих расходов

Прочие расходы следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов.

$$C_{\text{проч}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{ЗП}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{ЭЛ.ОБ}} + C_{\text{АМ}}) * 0,1 = (13\,482 + 110\,811,91 + 33\,243,57 + 2\,505,28 + 7\,212,07) * 0,1 = 16\,725,48 \text{ руб.}$$

3.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, определяем общую себестоимость проекта. Результаты приведены в таблице 7.

Таблица 7 –Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	13482
Основная заработная плата	$C_{\text{ЗП}}$	114132,26
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	34239,68
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{ЭЛ.ОБ}}$	1717,44
Амортизационные отчисления	$C_{\text{АМ}}$	4901,38
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	16847,28
Итого:		185320,03

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 185320,03$ руб.

3.2.8 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его

определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Так как мы не располагаем данными для применения «сложных» методов, то прибыль следует принять в размере 20 % от полной себестоимости проекта. В нашем примере она составляет 37064,01 руб. (20 %) от расходов на разработку проекта.

3.2.9 Расчет НДС

Налог на добавленную стоимость составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. Следовательно, НДС составляет:

$$\text{НДС} = C \cdot 0,2 = (114132,26 + 37064,01) \cdot 0,2 = 44155,27 \text{ руб.}$$

3.2.9 Цена разработки НИР

Полная цена разработки равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, поэтому суммируем данные сметы.

$$C_{\text{НИР(КР)}} = 114132,26 + 37064,01 + 44476,81 = 266\ 860,84 \text{ руб.}$$

3.3 Расчет экономической эффективности проекта

Наш проект ориентирован на замену водителя вилочного погрузчика, поэтому рассчитаем выгоду от замены человека разработанной системой управления.

Для этого посчитаем затраты на одного работника склада и вычислим время окупаемости.

Ежемесячные траты на заработную плату, которая составляет в среднем 45 т. рублей.

С учетом налогов, затраты на одного сотрудника в год составляют: 702 904,48 тыс.руб.

Эту сумму будем рассматривать как снижение текущих затрат от внедрения системы управления.

За сумму инвестиций возьмём цену разработки НИР , а так же учтём затраты на эксплуатацию созданной системы автоматического управления.

Так как при создании системы автоматического управления одной из целей было минимизировать изменения интерьера и экстерьера склада для создания инфраструктуры, то для работы системы необходимо только поменять маркирование грузов, что не влечёт к удорожанию эксплуатации.

Ресурс, который необходим для работы системы АУ, это электроэнергия для производства вычислений. Для расчёта затрат воспользовались формулами 6,7,8 из раздела «Расчет затрат на электроэнергию».

Тогда срок окупаемости инвестиций:

$PP = 266\ 860,84 / (702904,48 - 2777,6) = 0,381$ год, что говорит об очень высокой эффективности внедрения данной разработки.

3.4 Вывод по финансовому менеджменту, ресурсоэффективности и ресурсосбережению

В ходе оценки финансовой эффективности разрабатываемого проекта был разработан календарный план проведения основных работ. Согласно ему количество дней, необходимых на разработку программно-аппаратного обеспечения для управления вилочным роботом-погрузчиком, составило 120 рабочих дней. Также были рассчитаны сметы затрат на разработку проекта. В результате, себестоимость проекта и его итоговая цена разработки составила 266 860,84рублей.

4 Социальная ответственность

4.1 Введение

Целью данной выпускной квалификационной работы является проектирование системы управления роботом вилочным погрузчиком.

Предполагается, что разрабатываемый система автоматического управления будет применяться в складских помещениях. Обслуживаться данный модуль будет персоналом склада (задание целей погрузки разгрузки грузов), а техническое обслуживание оказываться выпускающей компанией.

Разработка выполнялась в лаборатории, в отделении автоматизации и робототехники, в Томском политехническом университете.

4.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Устройство рабочего стола должна быть использовано для оптимального размещения используемого оборудования. Кроме того, форма рабочего стола должна быть удобна для поддержания рациональной позы пользователя, так что бы он мог менять положения своего тела для предупреждения утомления

На рисунке 24 приведена возможная схема рабочего места сотрудника.

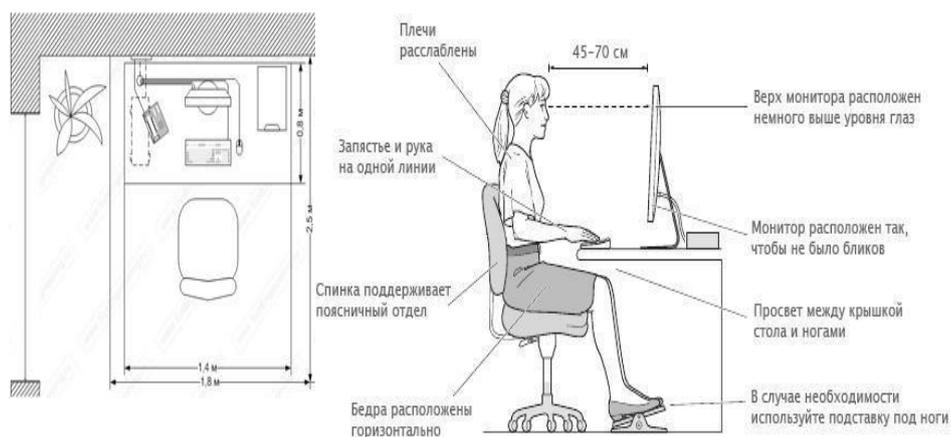


Рисунок 24 - Схема рабочего места (вид сверху и сбоку)

Работодатель имеет ряд обязательств по обеспечению безопасных условий и охраны труда в соответствии с требованиями[30]. В данный ряд входит обеспечение соответствия условий рабочих мест и режима работы требованиям норм охраны труда, проведение медицинских осмотров, организация проведения медицинских осмотров, установление режима труда и отдыха в соответствии с законодательством и т.д.

4.3 Профессиональная социальная безопасность

Вредные и опасные факторы, воздействующие на сотрудника, устанавливаются согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке системы управления вилочным погрузчиком представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Факторы производства

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы	
	Разра ботка	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	ГОСТ 12.1.019-2017 Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
2. Превышение уровня шума		ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
3.Отсутствие или недостаток естественного света	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности

Продолжение таблицы 8– Факторы производства

4.Недостаточная освещённостьрабочейзоны		Требования к организации оборудования рабочих мест с ПК регулируется СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.;
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	

4.3.1Превышение уровня шума

Одним из важных факторов, влияющих на качество выполняемой работы, является шум. Источником шума может служить система охлаждения компьютера, шум от ламп и так далее.

Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное действие на организм человека. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т. д. Такие нарушения в работе ряда органов и систем организма человека могут вызвать негативные изменения в эмоциональном состоянии человека вплоть до стрессовых.

Допустимые уровни шума в рабочей зоне использования ПЭВ в документе СанПиН[29] 2.2.2/2.4.1340-03 таблица9.

Таблица 9- Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ

Уровни звукового давления (дБ), в октавных полосах со среднегеометрическими частотами (Гц)									Уровни звука в дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Распространенные средства индивидуальной защиты от шума – это наушники, вкладыши (беруши) и шлемы.

Меры коллективной защиты могут включать в себя, в частности:

- Оценку риска потери слуха работником.
- Использование малошумных машин.
- Использование материалов и конструкций, препятствующих распространению шума и вибрации.
- Привлечение к работам лиц, не имеющих медицинских противопоказаний по шуму.
- Контроль правильности использования средств индивидуальной защиты.

4.3.2 Отклонение показателей микроклимата

В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПК является основной, требуется соблюдение строгих условий микроклимата для категории работ 1а и 1б. Кроме того, в рабочих помещениях требуется поддерживать допустимые концентрации вредных и отравляющих веществ в строгом соответствии с гигиеническими стандартами. Также в помещениях с ПЭВМ должна ежедневно проводиться влажная уборка.

Исходя из требований СанПиН [30], были приведены, в таблицах 10 соответственно, оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата. По степени физической тяжести, работа инженера-программиста относится к категории 1а, категории лёгких работ.

Таблица 10. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96).

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	1а (до 139)	23-25	21-25	40-60	0,1
Теплый	1а (до 139)	20-22	22-26	40-60	0,1

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

4.3.3 Отсутствие или недостаток естественного света

В условиях работы в лаборатории ТПУ, могут возникать проблемы с поступлением естественного света в связи с расположением в подвальных помещениях.

Недостаточная освещённость 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.

Требования к освещению установлены в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[31] (таблица 11).

Таблица 11 - Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

Освещенность на рабочем столе	300-500 лк
Освещенность на экране ПЭВМ	Не выше 300 лк
Блики на экране	Не выше 40 кд/м ²
Прямая блескость источника света	200 кд/м ²
Показатель ослепленности	Не более 20
Показатель дискомфорта	Не более 15
Отношение яркости между рабочими поверхностями	3:1-5:1 10:1
Коэффициент пульсации	Не более 5%

Для того что бы снизить влияние данного фактора на здоровье, необходимо соблюдать допустимое время нахождения перед монитором компьютера и делать перерывы в работе. Помимо этого, возможно использование дополнительных источников света, таких как настольные лампы.

4.3.4 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

При работе с компьютером, существует опасность поражения электрическим током:

- При прикосновении к не токоведущим частям, оказавшимся под напряжением ;
- При прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- Имеется опасность короткого замыкания высоковольтных блоках: блоке питания и блоке дисплейной развертки.

Поражение электрическим током является наиболее опасным из всех видов вредного воздействия, по причине того, что электрический ток является невидимым для глаз человека. Действие электрического тока на организм человека носит своеобразный и разносторонний характер. Проходя через организм человека, электрический ток производит термическое, электролитическое и биологическое действие.

Для того, чтобы избежать поражение электрическим током, помещение, где размещается рабочее место и разрабатываемое устройство, должно быть оборудовано защитным заземлением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации. Основными техническими средствами защиты, являются защитное заземление, как указывалось ранее, автоматическое отключение питания, устройства защитного отключения, изолирующие электрозащитные средства, знаки и плакаты безопасности. Перед началом работы с разрабатываемым роботом необходимо изучить правила электробезопасности, которые описаны в требованиях к электробезопасности[32].

В СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[33] установлен максимальный Допустимые уровни ЭМП, создаваемые видеотерминалами на рабочих местах таблица 12.

Таблица 12 -Допустимые уровни ЭМП

Нормируемые параметры		ВДУ
Напряженность электрического поля	Диапазон частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	Диапазон частот 2 - 400 кГц	2.5 В/м
Магнитная индукция	Диапазон частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	Диапазон частот 2 - 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрановидеомонитора		500 В

В качестве мер уменьшения влияния вредных факторов на пользователя используются защитные фильтры для мониторов, увлажнители воздуха. Должны использоваться розетки с заземлением. Требуется проводить регулярную влажную уборку.

4.3.5 Повышенная напряженность электрического поля

Повышенная напряженность электрического поля в лаборатории может возникать в результате работы различных электронных устройств, таких как персональные компьютеры, а также сопутствующие им устройства отображения информации.

Негативное воздействие на человека повышенная напряженность электрического поля выражается в виде торможения рефлексов, нарушения памяти, понижения кровяного давления, замедления сокращений сердца, нарушений в печени и селезенке, помутнения хрусталика глаза. Для того чтобы уберечь операторов от получения хронических заболеваний при работе с робототехнической платформой, существуют временные требования к пребыванию в электрическом поле.

Исходя из гигиенических требований к персональным электронно-вычислительным машинам [34], пребывание в электрическом поле напряженностью до 5кВ/м включительно допускается в течение рабочего дня, а нахождение в поле напряженностью от 5 до 20 кВ/м допускается в течение одного часа. Для предотвращения негативного влияния электростатического поля на организм человека, необходимо отслеживать время, проведенное за работой и своевременно осуществлять перерывы и проветривать помещение.

4.4 Экологическая безопасность

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

4.4.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

В процессе эксплуатации системы автоматического управления будет тратиться электроэнергия на производство компьютерных вычислений.

Основные источники энергии, доступные сейчас человеку, можно классифицировать следующим образом:

- ископаемое топливо (уголь и горючие сланцы, нефть, природный газ);
- ядерная и термоядерная энергия;
- возобновляемые энергетические ресурсы (энергия воды, ветра, солнца, термальных вод, древесины, торфа и т.д.).

Производство энергии существенно влияет на состояние окружающей среды. Сжигание ископаемого твердого и жидкого топлива сопровождается выделением сернистого, углекислого и угарного газов, а также оксидов азота, пыли, сажи и других загрязняющих веществ.

Добыча угля открытым способом и торфоразработки ведут к изменению природных ландшафтов, а иногда – и к их разрушению. Разливы нефти и нефтепродуктов при добыче и транспортировке способны уничтожить все живое на огромных территориях (акваториях).

Строительство и эксплуатация крупных гидроэлектростанций приводит к: отселению людей из зоны затопления, уничтожению ценных видов рыб, для которых плотины становятся непреодолимыми препятствиями на пути к нерестилищу, потере лесов и высокоплодородных земель, увеличению риска возникновения разрушительных землетрясений в предгорных и горных районах, повышению риска катастрофических наводнений в местностях, находящихся ниже по течению, изменению ландшафтов и их разрушению.

Атомная энергетика является потенциально опасной из-за возможных аварии на энергоустановках, сопровождающиеся выбросом в окружающую среду радиоактивных материалов. Кроме того, возникают проблемы переработки ядерных отходов и их захоронения, что обходится очень дорого и не имеет надежного инженерного решения. Ядерные отходы остаются опасными в течение сотен и тысяч лет. Особенно актуальна эта тема для Украины, которая пострадала от последствий взрыва на Чернобыльской АЭС.

4.4.2 Анализ «жизненного цикла» объекта исследования

Для разработки системы управления вилочным погрузчиком необходим компьютер, следовательно, в нашем случае воздействие на литосферу происходит при утилизации персонального компьютера.

Все компьютеры, в том числе и портативные, содержат в себе соединения различных металлов (свинец, ртуть, кадмий и др.). Канцерогенные вещества опасны, они не должны просто лежать на свалках в окружающей среде. Большая часть материалов, которые используются в ноутбуках, еще не исследованы на то, как они будут влиять на экологическую безопасность. Неизвестно как эти металлы проявят себя через столетия на мусорных свалках и полигонах.

Наиболее опасными элементами являются: дисплей (так как в нем есть ртуть) и аккумулятор (так как он содержит литий, свинец и кадмий).

По Федеральным законам "Об отходах производства и потребления"[35] вся техника подлежит специальной утилизации с соблюдением определенных правил.

4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.5.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Система автоматического управления, при манипулировании грузом, может вызвать ЧС локального характера:

При нарушении целостности упаковки груза и последующей разлива химикатов или распылении газов.

При обрушении многоярусных систем складирования.

При коротких замыканиях возможно поражение током или возникновение пожара.

4.5.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при производстве объекта на предприятии

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией при проектировании системы управления за ПК является пожар на рабочем месте. Меры безопасности обеспечиваются системами предотвращения пожара и противопожарной защиты исходя из требований пожарной безопасности [36].

Средствами обеспечения пожаробезопасности 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.

Исходя из установленной номенклатуры обозначений зданий по степени пожарной опасности, анализируемое в данной работе помещение относится к категории в [37]. основные источники возникновения пожара:

- неработоспособное электрооборудование, неисправности в проводке, розетках и выключателях;
- электрические приборы с дефектами;
- перегрузка в электроэнергетической системе и короткое замыкание в электроустановке.

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

- немедленно сообщить об этом по телефону «01» в пожарную часть (при этом необходимо четко назвать адрес учреждения, место возникновения пожара, а также сообщить свою должность и фамилию);
- задействовать систему оповещения людей о пожаре, приступить самому и привлечь других лиц к эвакуации людей из здания в безопасное место согласно плану эвакуации;
- принять по возможности меры по тушению пожара имеющимися в учреждении средствами пожаротушения и сохранности материальных ценностей;
- известить о пожаре руководителя или другого работника.

4.6 Вывод по социальной ответственности

В ходе выполнения работы над разделом «Социальная ответственность» были выявлены опасные и вредные факторы, воздействию которых может подвергнуться человек при проектировании системы управления. Был проведен анализ нормативной документации.

Рабочее место удовлетворяет требованиям безопасности.

Выполняемая работа не сопряжена с высоким риском травматизма.

Освещение на рабочем месте соответствует нормам – используется несколько энергосберегающих ламп.

Уровни шума находятся в допустимых пределах – источником шума при эксплуатации ПК могут являться кулер системы охлаждения.

Микроклиматические условия соблюдаются за счет использования систем отопления и кондиционирования.

Защита от повреждений электроники статическим электричеством обеспечивается наличием заземления. Помещение оборудовано согласно требованиям электробезопасности.

Заключение

В результате проделанной работы было создан опытный образец вилочного робота-погрузчика для апробирования алгоритмов и последующей демонстрации возможностей разработки, разработана система управления периферией, создана модель робота для симуляции и визуализации показаний с датчиков, реализована и опробована в симуляции навигационная система, реализован метод ориентации относительно маркеров, разработан алгоритм поведения при погрузочно-разгрузочных работах в виде конечного автомата и начата его программная реализация.

А также проведен анализ финансовой эффективности и социальной значимости проекта.

Conclusion

The result of this work was created a prototype of a forklift robot loader for testing algorithms and the subsequent demonstration of the development management system developed by the periphery of the created model of the robot for simulation and visualization of readings from sensors, is implemented and tested in simulation, navigation system, implements the method of orientation relative to markers, the algorithm behavior during loading and unloading in the form of a finite state machine and developed its software implementation. The analysis of financial efficiency and social significance of the project was also carried out.

Список использованной литературы

1. Складской робот Ronavi H1500: сайт – URL: <http://robotrends.ru/robopedia/ronavi-h1500> (дата обращения: 20.03.2020). – Текст: Электронный.
2. Робот RoboCVX-MOTIONNG : сайт – URL: <http://robocv.ru/> (дата обращения: 20.03.2020). – Текст: Электронный.
3. stm32f4discovery: сайт – URL: <https://www.st.com/en/evaluation-tools/stm32f4discovery.html> (дата обращения: 11.04.2020). – Текст: Электронный.
4. Библиотека HAL: сайт – URL: <http://mypractic.ru/biblioteka-hal> (дата обращения: 21.05.2020). – Текст: Электронный.
5. Драйвер коллекторного двигателя VNH2SP30: сайт – URL: <http://arduinolab.pw/index.php/2017/06/20/drajver-kollektornogo-dvigatelya-vnh2sp30/> (дата обращения: 20.03.2020). – Текст: Электронный.
6. SLAM: сайт – URL: <http://wiki.ros.org/gmapping> (дата обращения: 20.03.2020). – Текст: Электронный.
7. Kinect: сайт – URL: <http://robocraft.ru/blog/robosoft/757.html> (дата обращения: 20.03.2020). – Текст: Электронный. (дата обращения: 20.03.2020). – Текст: Электронный.
8. Узел: сайт – URL: <http://wiki.ros.org/Nodes> (дата обращения: 20.03.2020). – Текст: Электронный. (дата обращения: 20.03.2020). – Текст: Электронный.
9. Сообщение: сайт – URL: <http://wiki.ros.org/msg> (дата обращения: 20.03.2020). – Текст: Электронный.
10. Тема: сайт – URL: <http://wiki.ros.org/Topics> (дата обращения: 20.03.2020). – Текст: Электронный.

11. TF: сайт – URL:<http://wiki.ros.org/tf>(дата обращения: 20.03.2020). – Текст: Электронный.
12. URDF модель: сайт – URL:<http://wiki.ros.org/urdf>(дата обращения: 20.03.2020). – Текст: Электронный.
13. ШИМ: сайт – URL:<http://it-uroki.ru/zdorove-i-kompyuter/chto-takoe-shim-v-monitorax-i-kak-uberech-glaza.html>(дата обращения: 20.03.2020). – Текст: Электронный.
14. ROSpidvelocity: сайт – URL:<http://wiki.ros.org/pid>(дата обращения: 20.03.2020). – Текст: Электронный.
15. ROStwisttomotors: сайт – URL:https://answers.ros.org/question/209963/cmd_veltwist-transform-twist-message-into-left-and-right-motor-commands/(дата обращения: 20.03.2020). – Текст: Электронный.
16. ROSdifftf: сайт – URL:http://wiki.ros.org/diff_drive_controller(дата обращения: 20.03.2020). – Текст: Электронный.
17. libgazeborosdiffdrive: сайт – URL:http://docs.ros.org/jade/api/gazebo_plugins/html/gazebo__ros__diff__drive_8cpp_source.html(дата обращения: 20.03.2020). – Текст: Электронный.
18. libgazeborosopenkinect: сайт – URL:http://wiki.ros.org/openni_kinect(дата обращения: 23.03.2020). – Текст: Электронный.
19. rviz: сайт – URL:<http://wiki.ros.org/rviz>(дата обращения: 10.03.2020). – Текст: Электронный.
20. RTAB-map: сайт – URL:http://wiki.ros.org/rtabmap_ros(дата обращения: 20.03.2020). – Текст: Электронный.

21. ROSdepthimagetolaserscan: сайт –
URL:http://wiki.ros.org/depthimage_to_laserscan(дата обращения: 23.05.2020). – Текст: Электронный.
22. ROSglobalmap: сайт –
URL:<https://answers.ros.org/question/309137/global-and-local-costmap/>(дата обращения: 10.02.2020). – Текст: Электронный.
23. ROSmovebase: сайт – URL:http://wiki.ros.org/move_base(дата обращения: 20.05.2020). – Текст: Электронный.
24. ROSglobalplanner: сайт – URL:http://wiki.ros.org/global_planner(дата обращения: 22.05.2020). – Текст: Электронный.
25. Задача коммивояжёра: сайт –
URL:<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5//lec8.pdf>(дата обращения: 20.05.2020). – Текст: Электронный.
26. ROSlocalplanner: сайт – URL:http://wiki.ros.org/base_local_planner(дата обращения: 20.05.2020). – Текст: Электронный.
27. ARUCO маркеры: сайт – URL: <https://habr.com/ru/post/482220/>(дата обращения: 20.05.2020). – Текст: Электронный.
28. tensorflowobjectdetectionapi: сайт –
URL:<https://github.com/tensorflow/models/issues/7920>(дата обращения: 20.05.2020). – Текст: Электронный.
29. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования ГОСТ 12.2.032-78.
30. Требования к организации оборудования рабочих мест с ПК регулируется СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.
31. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений СанПиН 2.2.4.548-96.
32. Шум. Общие требования безопасности ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ.

33. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.
34. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты ГОСТ 12.1.019-2017.
35. Допустимые уровни ЭМП, создаваемые видеотерминалами на рабочих местах. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
36. Пожарная безопасность. Общие требования ГОСТ 12.1.004-91.
37. Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности НПБ 105-03.