

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 15.04.06 Мехатроника и робототехника
 Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники _

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Система навигации автономного мобильного робота для работы на Крайнем Севере
УДК 007.52:629.05

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8EM81	Петров Дмитрий Дмитриевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Тырышкин А.В	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский В.Ю.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Горбенко М.В.	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Малышенко А.М.	д.т.н., профессор		

Томск – 2020 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ПРОГРАММЕ

Код рез- та	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные</i>		
Р1	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.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК3, ОПК-1, ОПК-4, ОК-1, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р2	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.	Требования ФГОС (ПК-3, ПК4, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОК-1, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р3	Применять и интегрировать 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	Требования ФГОС (ПК-2, ПК3, ПК-4, ПК-5, ПК-15, ПК-18, ОПК-3, ОПК-6, ОК-1, ОК-5, ОК-6, ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р4	Определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации мехатронных и робототехнических модулей, устройств и систем.	Требования ФГОС (ПК-7, ПК10, ПК-11, ПК-12, ПК-18, ОПК-4, ОПК-6, ОК-1, ОК-4, ОК-6, ОК-8), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный 2 с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

P5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических средств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК13, ПК-17, ПК-18, ОПК-2, ОПК-3, ОК-1, ОК-3, ОК-4, ОК6, ОК-7, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P6	Понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в мехатронике и робототехнике и знать области их применения, в том числе в автоматизированных производствах.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК2 ПК-3, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-9, ОК-10), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
<i>Универсальные</i>		
P7	Эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды	Требования ФГОС (ПК-1, ПК2 ПК-7, ПК-8, ПК-16, ПК-17, ОК-1, ОК-2, ОК-4, ОК-6, ОК9), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий	Требования ФГОС (ПК-4, ПК8, ПК-9, ПК-16, ОПК-4, ОК-5), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P9	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	Требования ФГОС (ПК-5, ПК8, ПК-15, ПК-16, ПК-18, ОПК1, ОПК-4, ОПК-5, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3,), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEAN

	социальный контекст и окружающую среду	
P10	Следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ПК-8, ПК11, ПК-16, ОПК-3, ОПК-6, ОК-4), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ПК-4, ПК8, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-8), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI.

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 (специальность) 15.04.06 Мехатроника и робототехника
 Уровень образования магистратура
 Отделение школы (НОЦ) отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения весенний семестр 2019 /2020 учебного года
 Форма представления работы:

Магистерская диссертация

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
21.03.2020	Литературный обзор	25
05.04.2020	Экспериментальная часть	30
26.04.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
11.05.2020	Социальная ответственность	10
22.05.2020	Приложение на иностранном языке	15

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Тырышкин А.В.	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Малышенко А. М.	д.т.н., профессор		

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ЕМ81	Петрову Дмитрию Дмитриевичу

Тема работы:

Система навигации автономного мобильного робота для работы на Крайнем Севере	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.02.2020, 59-55с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.20
--	----------

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>Система наземной корректировки локализации автономных мобильных роботов в сложных условиях внешней среды на основе технического зрения на базе микрокомпьютера Raspberry Pi 3B+, USB-камеры, а также масштабного прототипа гусеничной платформы с дифференциальным приводом.</p>
<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. Аналитический обзор работ по системам навигации автономных мобильных роботов в сложных условиях внешней среды. 2. Разработка схемы функционирования системы автоматического обслуживания зимников. 3. Подбор и описание функциональных компонентов. 4. Разработка конструкторской документации. 5. Разработка алгоритмов для функционирования системы.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Принципиальная схема гусеничной платформы Алгоритм распознавания метки на вешке</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
Раздел	Консультант

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский Владимир Юрьевич, доцент ОСГН ШБИП, к.э.н.
Социальная ответственность	Горбенко Михаил Владимирович, доцент ООД ШБИП, к.т.н
Раздел, выполненный на английском языке	Горбатова Татьяна Николаевна, старший преподаватель ОИЯ ШБИП
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
<p>Разработка схемы функционирования системы автоматического обслуживания зимников. Development of a scheme for the operation of a system for automatic maintenance of winter roads.</p>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	28.02.2020
---	------------

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ81	Петров Дмитрий Дмитриевич		

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

Студенту:

Группа		ФИО	
8ЕМ81		Петрову Дмитрию Дмитриевичу	
Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.06 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>	Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. энергию
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	—
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Действующие ставки единого социального налога и НДС (см. МУ)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Дать характеристику существующих и потенциальных потребителей (покупателей) результатов ВКР, ожидаемых масштабов их использования
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Разработать проект такого устава в случае, если для реализации результатов ВКР необходимо создание отдельной организации или отдельного структурного подразделения (возможно временного) внутри существующей организации
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Построение плана-графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет цены результата ВКР.
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Оценка экономической эффективности использования результатов ВКР, характеристика других видов эффекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>«Портрет» потребителя результатов НТИ</i>
2. <i>Сегментирование рынка</i>
3. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
4. <i>Диаграмма FAST</i>
5. <i>Матрица SWOT</i>
6. <i>График проведения и бюджет НТИ - <u>выполнить</u></i>
7. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ - <u>выполнить</u></i>
8. <i>Потенциальные риски</i>

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.		26.02.2020 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ81	Петров Дмитрий Дмитриевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ЕМ81	Петров Дмитрий Дмитриевич

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.06 Мехатроника и робототехника

Тема ВКР:

Система навигации автономного мобильного робота для работы на Крайнем Севере	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: разработка прототипа для подтверждения гипотезы о способе навигации мобильного робота для работы на Крайнем Севере
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>Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. Требования к организации оборудования рабочих мест с ПК регулируется в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, Трудовым кодексом Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. N 197-ФЗ (ТК РФ)</p>
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<p>К вредным и опасным факторам, которые могут возникнуть при проведении исследований, относятся следующие:</p> <ul style="list-style-type: none"> -недостаточная освещенность рабочей зоны; -повышенный уровень шума на рабочем месте; - нервно-психические перегрузки; -повышенный уровень электромагнитных излучений; -перенапряжение зрительных анализаторов; - отклонение показателей микроклимата; - электробезопасность.
3. Экологическая безопасность:	<p>Мобильный робот оказывает воздействие на окружающую среду электромагнитным излучением, но наиболее опасны его отходы, особенно элементы питания, поэтому его необходимо утилизировать по</p>

	принципу утилизации компьютерной техники.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	ЧС, связанные с мобильным роботом, можно отнести к техносоциальным, техногенным и социотехногенным. В случае возникновения ЧС необходимо знать меры по их предотвращению и порядок действий при ЧС.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Горбенко Михаил Владимирович	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8EM81	Петров Дмитрий Дмитриевич		

Реферат

Магистерская выпускная квалификационная работа содержит 95 страниц текста, 15 таблиц, 14 рисунков, список использованных источников из 37 наименований, 3 приложения.

Ключевые слова: робототехника, робот, инерциальная навигация, метод одновременной локализации и построения карты (SLAM), ГЛОНАСС/GPS, СНС – спутниковая система навигации, веха (вешка) – сигнальная отметка, устанавливаемая вдоль зимников, метка – специальная контрастная насадка на веху (вешку), зимник – сезонная дорога с проезжей частью, построенной из льда, намораживаемого послойно, или из уплотненного снега и льда, или проложенная по замерзшему льду рек и озер [9].

Объектом исследования является способ корректировки местоположения, при инерциальной навигации мобильного робота на местности в условиях отсутствия/искажения сигнала ГЛОНАСС/GPS, для работы на Крайнем Севере.

Цель работы – разработка способа наземной корректировки навигации мобильного робота в условиях Крайнего Севера. В процессе исследования была изучена литература по тематике навигации мобильных роботов, в частности SLAM, судовой навигации, построения маршрутов, и видам алгоритмов, библиотек компьютерного зрения.

В результате исследования была разработана структурная схема, был сделан подбор устройств в соответствии с необходимым функционалом, был разработан алгоритм работы системы и написаны соответствующие программы.

Область применения: дорожные эксплуатационные предприятия.

В будущем планируется продолжить работы по совершенствованию данной темы и смежным аспектам тематики в рамках инициативной ОКР.

Содержание

Введение.....	14
1 Проблематика эксплуатации транспортной системы на Крайнем Севере	
16	
1.1 Существующие беспилотные решения.....	17
1.2 Предлагаемое решение.....	20
1.3 Обзор литературных источников.....	22
1.4 Наземные метки, анализ существующих решений.....	23
2 Предлагаемая система корректировки местоположения.....	27
2.1 Форм фактор предлагаемой метки.....	27
2.2 Способ корректировки местоположения мобильного робота	
30	
2.3 Распознавание метки и декодирование кода.....	31
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и	
ресурсосбережение.....	34
3.1 Организация и планирование ОКР (НИР) работ.....	34
3.2 Определение продолжительности этапов работ.....	35
3.3 Расчет сметы затрат на выполнение проекта.....	39
3.4 Расчет затрат на материалы.....	39
3.5 Расчет заработной платы.....	40
3.6 Расчет затрат на социальный налог.....	41
3.7 Расчет затрат на электроэнергию.....	41
3.8 Расчет амортизационных расходов.....	43
3.9 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе	
платежных (расчетных) документов (кроме суточных).....	43
3.10 Расчет прочих расходов.....	44
3.11 Расчет общей себестоимости разработки.....	44
3.12 Расчет прибыли.....	45
3.13 Расчет НДС.....	45

3.14	Цена разработки ОКР (НИР)	45
3.15	Оценка экономической эффективности проекта	45
3.16	Заключение по экономической части	46
4	Социальная ответственность	47
4.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	47
4.2	Эргономические требования к рабочему месту исследователя	49
4.3	Производственная безопасность	51
4.4	Анализ опасных и вредных производственных факторов...	52
4.5	Отсутствие или недостаток естественного света.....	53
4.6	Превышение уровня шума	56
4.7	Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электромагнитными полями, неионизирующими ткани тела человека.....	56
4.8	Экологическая безопасность.....	59
4.9	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	60
4.10	Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	60
4.11	Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при исследовании объекта.....	61
4.12	Выводы по разделу «Социальная ответственность».....	65
	Заключение	67
	Список литературы	69
	Приложение А(обязательное) Приложение на английском языке	74
	Приложение Б «Листинг программы распознавания меток»	83
	Приложение В «Разработка мобильного робота на гусеничной платформе»	

Введение

В Республике Саха (Якутия) 13 улусов (районов) находятся в арктической зоне (рисунок 1). 90 % автомобильных дорог общего пользования регионального значения составляют сезонные дороги (автозимники), с низкой пропускной способностью и грузоподъемностью (грунтовые дороги V технической категории). До настоящего времени 248 населенных пунктов республики из 641 не обеспечены круглогодичной связью с дорожной сетью общего пользования по автомобильным дорогам с твердым покрытием [1].

В природно-климатических условиях Республики Саха (Якутия) содержание сезонных автомобильных дорог (автозимников) в связи с высокой затратностью дорожной деятельности требует государственной поддержки организаций, осуществляющих содержание дорог общего пользования республиканского и межмуниципального значения в северных и арктических улусах (районах) Республики Саха (Якутия). От состояния сезонных автомобильных дорог зависит завоз жизнеобеспечивающих грузов в отдаленные и труднодоступные населённые пункты северных и арктических улусов (районов) Республики Саха (Якутия) в зимний период.

В целях обеспечения жизнедеятельности населения арктических районов республики, а также стабильного функционирования дорожной сети в северных и арктических улусах (районах) Республики Саха (Якутия) необходим надлежащий уровень содержания автомобильных дорог общего пользования регионального и межмуниципального значения Республики Саха (Якутия). С учётом высокой затратности дорожной деятельности по обеспечению бесперебойного функционирования сезонных автодорог в северных и арктических улусах (районах) Республики Саха (Якутия) требуется оказание государственной поддержки организациям, обеспечивающим масштабные работы по реализации мероприятий, предусмотренных планом дорожных работ.

В результате более 80 % территории республики имеет сезонную транспортную доступность. Почти 88 % объема производства товаров и услуг находится в районах, обслуживаемых сезонными путями сообщений и видами транспорта. Лишь около 20 % населения проживает в зоне круглогодичного транспортного сообщения.

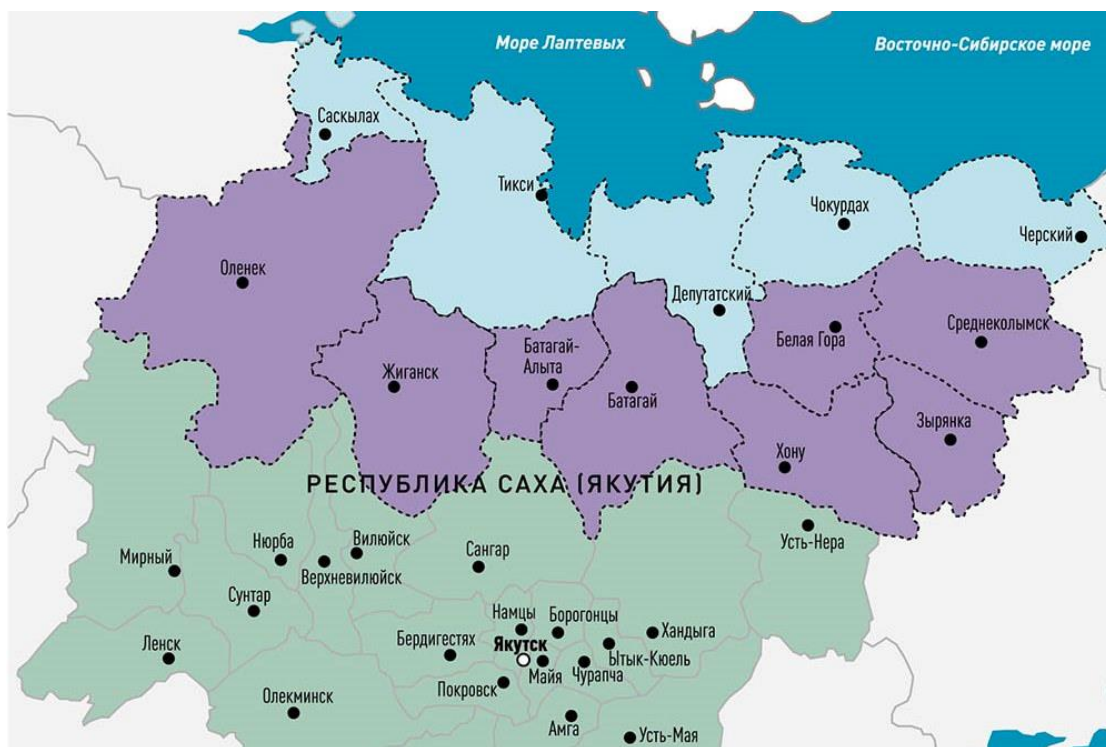


Рисунок 1 - Карта арктических улусов (районов) Республики Саха (Якутия), фиолетовым и голубым цветами обозначены арктические улусы

1 Проблематика эксплуатации транспортной системы на Крайнем Севере

За казенным предприятием Республики Саха (Якутия) «Дороги Арктики» закреплено 3 774,55 километра автомобильных дорог [2]. Но этого недостаточно для охвата всех арктических улусов. Не хватает техники и людей. Например, позднее замерзание ледяного покрова автозимников из-за аномально снежной и теплой зимы 2016-2017 годов дополнительно вскрыло проблемы деятельности сезонных автодорог в арктической зоне республики, для устранения последствий которых были объявлены чрезвычайные ситуации в ряде улусов, предприняты затратные экстренные меры по жизнеобеспечению – доставка топлива, комбикормов, продовольствия, создание условий необходимого передвижения населения. Эти меры потребовали выделения дополнительных финансовых средств, не предусмотренных бюджете региона.

Также 8 ноября 2018 года завершился срок рассмотрения заказчиком КП РС(Я) «Дороги Арктики» конкурсных заявок на содержание автодороги Усть-Куйга – Депутатский, протяженностью 224 километра. «Как ни странно, ни одно дорожное предприятие не заявилось в конкурсном отборе субподрядчика. То есть, в районе некому будет расчищать и содержать главные транспортные артерии, по которым возится топливо, продукты и коими пользуются жители» [3].

Таким образом, можно сделать вывод о наличии перманентной проблемы недофинансирования, нехватки техники, людей. В следствие чего население арктических улусов часто рискуют оказаться на грани замерзания и выживания. Не говоря уже о понижении уровня и качества жизни в указанных районах.

Региональные власти стараются решать данную проблему экстенсивным путем – наращиванием сил и техники, увеличением финансирования. Но, учитывая современное состояние региональных бюджетов, данный пусть становится все более трудным. Наглядный пример

– отсутствие заявок на конкурсном отборе субподрядчиков для обслуживания одной из дорог [3].

Таким образом, можно предположить, что применение беспилотных снегоуборочных машин снимет часть существующих проблем транспортной доступности.

1.1 Существующие беспилотные решения

На данный момент сразу несколько российских компаний разрабатывают системы беспилотного транспорта: «Аврора Роботикс», «Когнитивные технологии», «Яндекс», «StarLine», «Яндекс», «КАМАЗ».

«Аврора Роботикс»: наиболее подходящим проектом из всего ассортимента разработок является проект «АгроБот» – это система автопилотирования сельскохозяйственной техники. Данное решение позволяет автоматизировать значительную часть полевых работ, сделать их быстрее и точнее, исключив человеческий фактор.

- работает в режиме 24/7, что повышает эффективность использования с/х техники;

- позволяет снизить затраты фермеров и агрохолдингов на топливо;

- оптимизирует расходы на содержание техники;

Система управления, лежащая в основе «АгроБота», показан на рисунке 2, является универсальной и может быть установлена на любую спецтехнику или трактор. Электроника, антенны, датчики и вспомогательное оборудование «АгроБота» расположены на специальном корпусе, который устанавливается вместо привычной кабины на новую или уже существующую основу. Компьютер АгроБота передает информацию в диспетчерский центр центральному компьютеру, который может контролировать одновременную работу сразу нескольких десятков единиц техники [4].



Рисунок 2 - Прототип «АгроБот», «Аврора Роботикс»

«Когнитивные технологии» также представляет систему Cognitive Agro Pilot – робот показанный на рисунке 3, который обеспечивает автономное управление сельскохозяйственной техникой со скоростью автомобиля до 15 км / ч (трактор, опрыскиватель, комбайн). Основной технологией системы является анализ изображений, поступающих с бортовых видеокамер с помощью алгоритмов компьютерного зрения. Система способна «понимать» типы и положения объектов на пути, строить траектории и подавать управляющие команды для необходимых маневров.

Основными функциями системы являются:

- контроль движения транспортного средства по краю (наклонная культура, обрабатываемая земля);
- управление движением по ряду (кукуруза, подсолнечник);
- управление движением валками;
- аварийное отключение в случае столкновения с другим оборудованием или людьми.

Важным является тот факт, что автономное параллельное вождение зерноуборочных комбайнов производится без использования дорогостоящего оборудования и платных пакетов сигналов навигации GNSS [5].



Рисунок 3 - Модуль автопилота «Cognitive Pilot»

Беспилотные автомобили «StarLine» [6] и «Яндекс» [7] предназначены исключительно для городской и междугородней среды, с хорошей дорожной инфраструктурой и не подходят для работы в условиях Крайнего Севера.

«КАМАЗ», на рисунке 4, занимается беспилотным транспортом более 10 лет и достиг определенных успехов, в том числе и в испытаниях беспилотных грузовиков для работы на Крайнем Севере: «Камский автозавод провёл успешные испытания беспилотных грузовиков в условиях Крайнего Севера. Всего беспилотники преодолели 2,5 тысячи километров в сложных природно-климатических условиях Заполярья. По результатам тестирования «Газпром нефть» усилит подготовку к внедрению в свои логистические процессы беспилотных автомобилей и продолжит активно участвовать в формировании нормативно-правовой базы, регулирующей применение беспилотных транспортных средств на российских нефтепромыслах». [8].



Рисунок 4 - Беспилотные грузовики «КАМАЗ»

Таким образом, можно говорить о массовой разработке беспилотных транспортных средств в стране, способных эффективно работать в условиях Крайнего Севера и решить проблему «транспортного проклятия Якутии».

1.2 Предлагаемое решение

В данной работе предлагается создать концепцию комплексного решения для обеспечения транспортной доступности населенных пунктов районов Крайнего Севера. Используя беспилотные транспортные средства создать систему автоматизированного обслуживания зимников, по образу и подобию ямских станций существовавших в Российской Империи, где вместо лошадей будут работать мобильные роботы.

Применение автономного комплекса для обслуживания зимников (далее Комплекс) поможет решить проблему проходимости зимников наземным колесным транспортом, при этом обеспечит более высокую частоту обслуживания зимников по сравнению с традиционными способами (сейчас 4 раза в месяц) [9]. Комплекс должен состоять из трех подразделений: стационарные посты, мобильная часть, диспетчерская

служба. Все компоненты Комплекса должны быть оборудованы системами связи. Диспетчерская может находиться в населенном пункте. Мобильная часть должна быть выполнена с возможностью как автономной работы, так и с возможностью дистанционного управления оператором. В соответствии с ГОСТ: «Для обеспечения безопасной эксплуатации зимников каждые 40-50 км организуются линейные дорожные пункты (с помещениями для кратковременного отдыха водителей и пассажиров), каждые 150 км — дорожно-ремонтные участки» [9]. Стационарные посты комплекса необходимо совместить с существующими линейными дорожными пунктами автозимников, немного доработав под применение для мобильной части Комплекса. На каждый отрезок пути (40-50 км) назначается отдельная мобильная часть. В случае выхода из строя одной из мобильных частей ее заменяет соседняя. Таким образом достигается общая надежность Комплекса.

Устройство автозимника происходит следующим образом: «Автозимник устраивается при достижении толщины снега 10 см, тогда он уплотняется волокушами-гладилками. Укатка толстых (25 см и более) слоев снежного покрова только волокушами затруднительна, поэтому снег предварительно рыхлят и перемешивают ребристыми металлическими катками, навешиваемыми на трактор, после чего применяются термовибрационные снегоуплотняющие машины» [9]. Соответственно мобильная часть Комплекса должна иметь и катки и термовибрационное оборудование. В последние годы обычными стали обильные, выше средних показателей, осадки в виде снега, поэтому мобильная часть Комплекса должна иметь навесной шнековый снегоуборщик для удаления лишнего снежного покрова глубиной до 1-го метра с дорожного полотна, также отвал снега. Такие технические решения на данный момент существуют, выпускаются серийно.

Если задача строительства опорных пунктов на зимнике и применяемая снегоуборочная техника являются существующими на данный момент

решениями, а задача переоборудования такой техники до беспилотной решается многими российскими и зарубежными командами разработчиков, то главной задачей при проектировании Комплекса представляется создание системы навигации и точного позиционирования мобильных роботов на автозимнике при движении в автономном режиме. Грубое, с точностью до десятков метров, позиционирование и ориентацию по сторонам света мобильной части способен обеспечивать GPS/ГЛОНАСС модуль. Для более точного позиционирования понадобится дополнительная технология, с использованием технического зрения, радаров, лидаров.

1.3 Обзор литературных источников

В литературных источниках многие авторы констатируют факты больших погрешностей спутниковых систем позиционирования в северных широтах: «в ряде случаев природные катастрофы и вариации космических и атмосферных факторов могут стать причиной проблем приема навигационных сигналов высокоорбитальных спутников. Особенно это касается Арктики, где космическая погода обуславливает влияние полярной ионосферы на трансферное распространение радиосигналов спутниковых систем GPS/ГЛОНАСС» [10], «многие действующие спутниковые системы на наклонных орбитах в пределах $45 - 50^\circ$ не являются глобальными, для этого требуются спутники с большими наклонами орбит. Доказано, что для того, чтобы система связи была глобальной при конечной пропускной способности, необходимо использовать сорок восемь низкоорбитальных спутников в четырех – восьми плоскостях» [11].

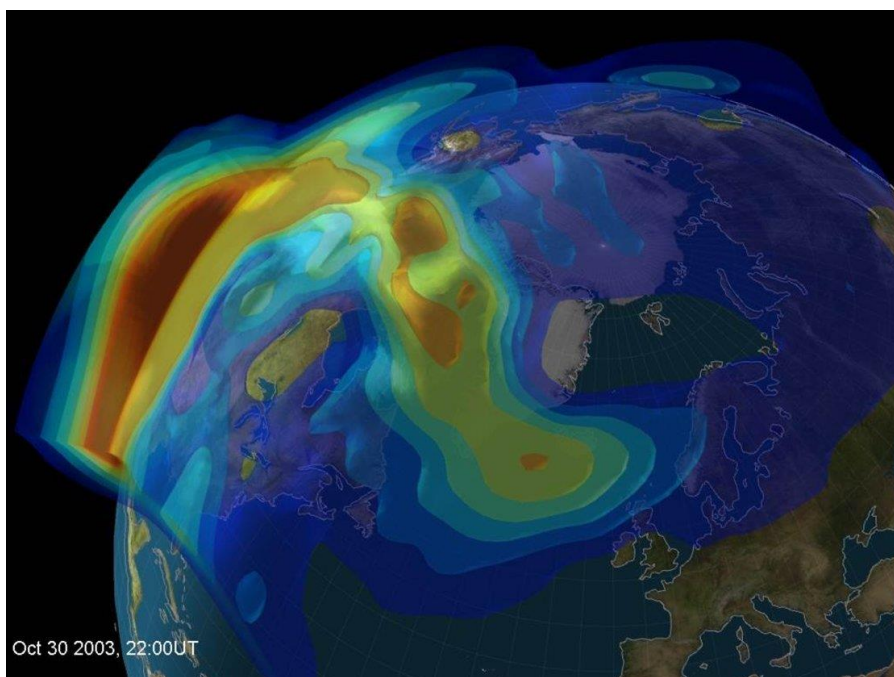


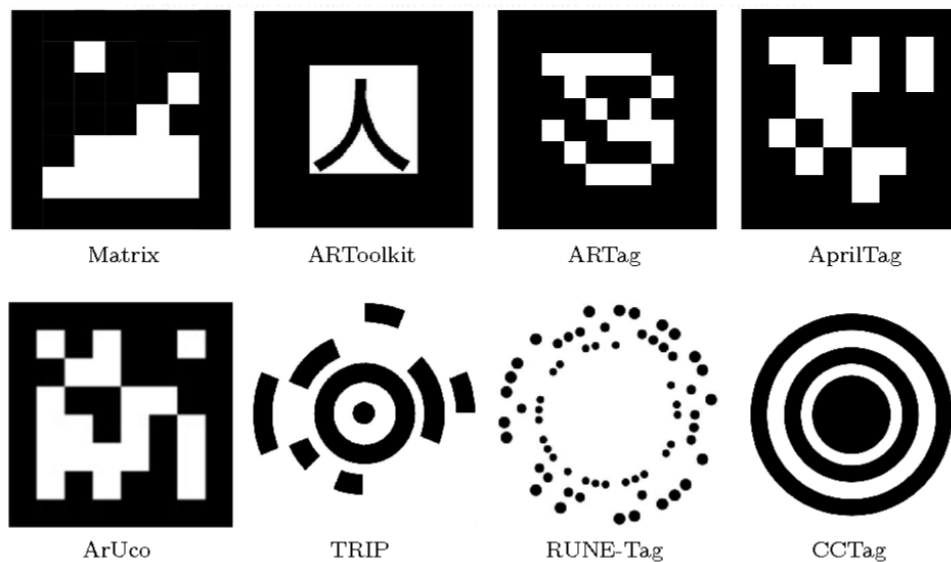
Рисунок 5 - Градиент ионосферной активности

Таким образом для использования в беспилотных машинах для обустройства зимников спутниковая система навигации, из-за особенностей их использования на Крайнем Севере, подходит только в качестве вспомогательной, для грубого позиционирования и ориентации по сторонам света. Более точное позиционирование могло бы дать использование инерциальных навигационных систем, при условии регулярной коррекции по наземным, неподвижным ориентирам. Такими ориентирами могут служить складки местности, рельеф, отдельно стоящие здания, но в тундровых условиях трудно найти ориентиры на местности. Так же на распознавание техническим зрением бровки зимников рассчитывать не стоит, так как в условиях сильных ветров такой ориентир исчезает за один – два часа, необходим дополнительный источник информации о точном положении относительно дорожного полотна. Необходимы специально установленные наземные ориентиры – метки [12].

1.4 Наземные метки, анализ существующих решений

Существует множество видов и форм наземных меток - фидуциальных маркеров. В основном они используются для беспилотных летательных

аппаратов для обозначения мест посадки, либо корректировки курса, но также применяются для обозначения точек захвата для манипуляторов, как сухопутных, так и подводных. Вариации применения достаточно широкие [13], [14].



Риснок 6 - Виды и формы фидуциальных маркеров

Квадратные маркеры имеют черную границу, которая легко идентифицируется на подавляющем большинстве фонов, внутри границ нанесен двоичный код, посредством которого считывается информация с такой метки. Такие метки распознаются с использованием небольших вычислительных мощностей, устойчивы к перспективным преобразованиям. Реализация использования маркеров отработана:

- существуют готовые библиотеки ROS, OpenCV;
- имеют подробную документацию и регулярную поддержку;
- также легко поддаются кастомизации.

Процесс распознавания метки достаточно прост:

1. Обнаружение маркеров-кандидатов;
2. Анализ изображение с целью поиска квадратных фигур, которые являются кандидатами в маркеры;
3. Выделение контуров,
4. Извлечение контуров,
5. Нахождение контуров прямоугольной формы,

6. Удаление слишком маленьких или слишком больших контуров
7. Анализ содержание каждого маркера:
 - 7.1 Выявление бит кодирования;
 - 7.2 Перспективное преобразование;
 - 7.3. Бинаризация;
 - 7.4. Разбиение изображения на биты (сетку);
 - 7.5. Определение ч/б в каждом бите;
8. Определение принадлежности полученной сетки кандидата к существующим паттернам (словарям).

В патентной системе Российской Федерации существует разработка «Система определения местоположения транспортного средства в пути»:

«Изобретение относится к области систем регулирования движения дорожного транспорта и может быть использовано владельцами автомобилей для получения информации о местоположении транспортного средства, а также дополнительной информации, необходимой для управления транспортным средством и безопасности его движения» [14]. Распознавание информации с такой метки происходит с использованием готовых программ для считывания QR кодов. Так же происходит и генерация кода, как показано на рисунке 7.

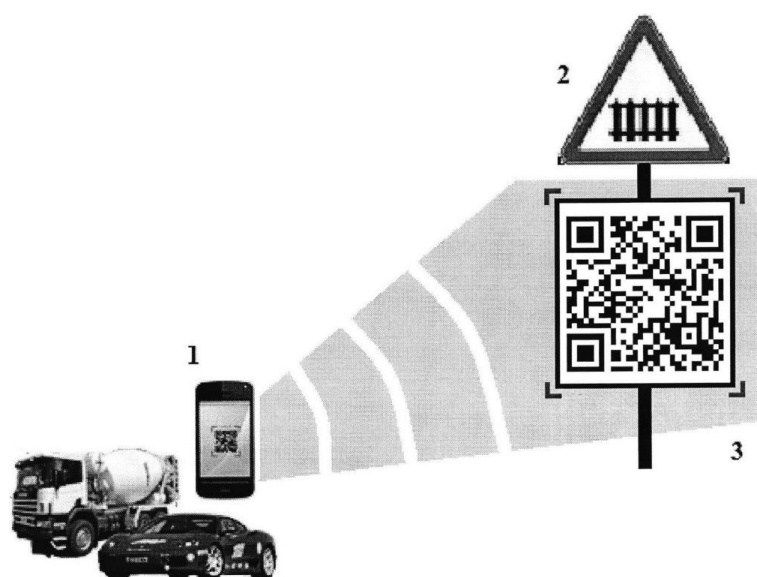


Рисунок 7 - Система определения местоположения транспортного средства в пути

Все рассмотренные варианты наземных меток, как я считаю, не пригодны для использования в условиях Крайнего Севера, по следующим причинам:

- имеют плоскую форму, что повышает парусность метки, при сильных ветрах метка может потерять необходимую ориентацию или не сможет устоять;

- на плоском изображении может налипнуть снег/лед, перекрыв тем самым даже если не всю плоскость, а всего несколько бит информации, что сделает считывание кода невозможным;

- изготовление таких меток потребует применение достаточно сложных широкоформатных устройств печати специальными красками.

2 Предлагаемая система корректировки местоположения

2.1 Форм фактор предлагаемой метки

В соответствии с проектом ГОСТа «автозимник обозначается ориентирующими водителя в условиях пониженной видимости дорожными сигнальными вехами на расстоянии от 50 до 70 см от бровки, обозначающих ширину полотна автозимника через каждые 70–100 м. Расстояние между дорожными вехами может корректироваться по согласованию с заказчиком. В тундровых районах, где часто наблюдаются сильные метели и пурга, предусматривают установку вех через каждые 25–50 м. На ледовых переправах дополнительно устанавливаются дорожные знаки, определяющие грузоподъемность переправы и условия её эксплуатации (часы работы, скорость движения автомобилей и дистанция между ними)» [9].

Системы технического зрения могут распознавать, указанные в проекте ГОСТа вехи и по ним корректировать свое местоположение с достаточной для устройства зимников точностью. Если на указанные вехи добавить цилиндрические маркеры, с нанесенными горизонтальными полосами, то беспилотные транспортные средства смогли бы не только корректировать собственное местоположение, но и построить точный маршрут передвижения.

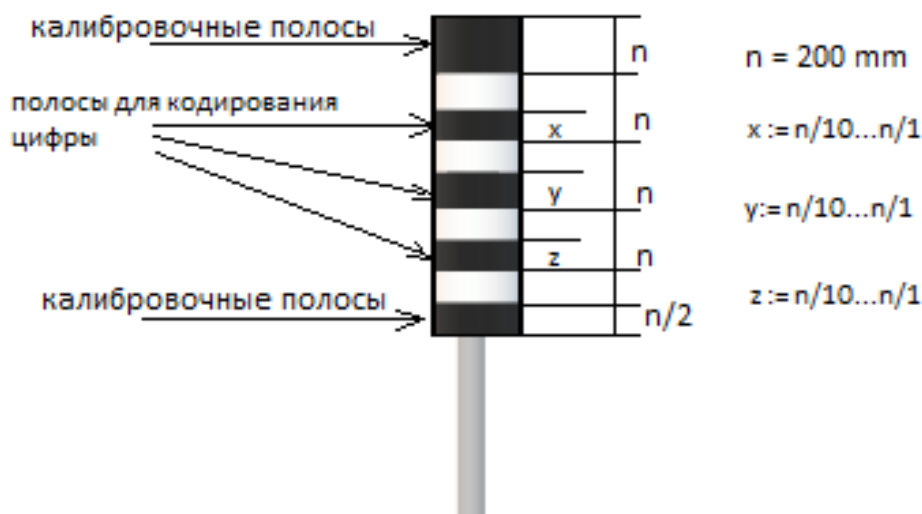


Рисунок 8 - Цилиндрический маркер, надеваемый на веху

Один из вариантов метки показан на рисунке 8. Метка имеет цилиндрическую форму, диаметром 200 мм., и высотой 1000 мм. На метку нанесены горизонтальные полосы по всей окружности цилиндра, таким образом обеспечивается высокая надежность считывания информации с метки. Высокая надежность считывания достигается за счет нивелирования проблемы налипания снега/льда, так как обычно это происходит с какой-либо одной стороны, а информация может быть считана с любой другой стороны. Также у цилиндрической формы низкая парусность, вешка с меткой будет устойчивой.

Размеры полос следующие:

- верхняя полоса высотой $n = 200$ мм.;
- следующие три полосы имеют высоту в соответствии с кодируемой цифрой, высота полосы x вычисляется по формуле $x = n/X$ (1), где X – кодируемое число;
- нижняя полоса равна половине верхней – 100 мм., это сделано для проверки ориентации метки по вертикали, соответственно проверки разрядности кодируемого числа;
- между полосами обязательно существует просвет белого цвета.

А также достаточно просто реализуется измерение расстояния от камеры на борту мобильного робота до вехи, путем использования давно применяемого в артиллерии способа измерения расстояния до объекта по угловому размеру объекта, а данном случае по угловому размеру в пикселях специальной калибровочной полосы программно-определяемой на вешке. Расстояние вычисляется по следующей формуле (2):

$$S = L * K / (W/x - 1 + K), \quad (2)$$

где S – искомое расстояние до объекта, м;

L – высота калибровочной полосы, м;

W – длина калибровочной полосы в пикселях;

x – координата объекта на изображении;

K – коэффициент наклона камеры вычисляется как отношение высоты верхней полосы к высоте нижней полосы, измеренных в пикселах.

На рисунке 9 показан пример установки вешки с меткой на бровке зимника.



Рисунок 9 - Пример установки маркера на вешку

Кроме информации о расстоянии до вехи, с помощью камеры считывается цифровой код конкретной метки, образованные горизонтальными полосами. Коду достаточно иметь три разряда, что наряду с простой цилиндрической формой вехи, сильно облегчает считывание кода камерой и повышает надежность работы всей системы в сложных погодных условиях. При необходимости количество полос, соответственно и разрядов кодируемой цифры, может быть увеличено. Код, в свою очередь, соответствует индексу ячейки в специальной базе данных, собранных для этого отрезка зимника. В ячейке содержатся данные: по угловой и линейной скорости, по широте, долготе, азимуту, продольного и поперечного крена,

также возможно добавлять данные по необходимости, такие как: передача КПП для определенной модели беспилотного транспортного средства, усилия нажатия на тормоз, степени нажатия на дроссель, углов поворота управляемых колес, в случае применения мобильного робота автомобильного типа. Данные в такую базу собираются и заполняются при первоначальном обустройстве зимника. Такая база данных должна быть доступной и бесплатной для каждого заинтересованного лица.

2.2 Способ корректировки местоположения мобильного робота

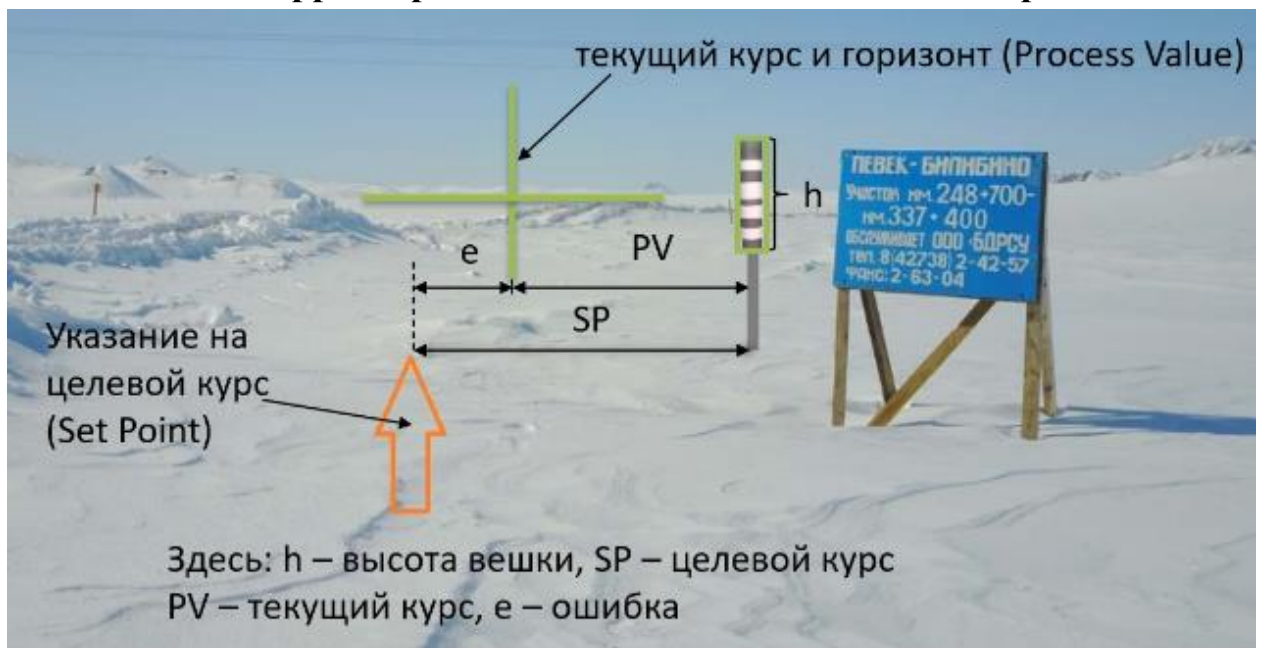


Рисунок 10 - Схема корректировки ошибки местоположения мобильного робота, наложенная на примерный кадр бортовой системы технического зрения

На рисунке 10 показана схема определения ошибки местоположения мобильного робота. Задача бортового контроллера мобильного робота, используя регуляторы (например ПИД-регулятор), удерживать значение ошибки « e » в допустимых пределах. Таким образом будет достигаться корректировка местоположения мобильного робота относительно вешки с меткой. По достижению целевого курса также корректируется азимут,

измеренный азимут сверяется с данными из ячейки, возможная ошибка устраняется вращением мобильного робота вокруг оси.

2.3 Распознавание метки и декодирование кода

Для демонстрации работы системы был изготовлен мобильный робот на гусеничной платформе, показан на рисунке 11, подробнее о нем в Приложении В.

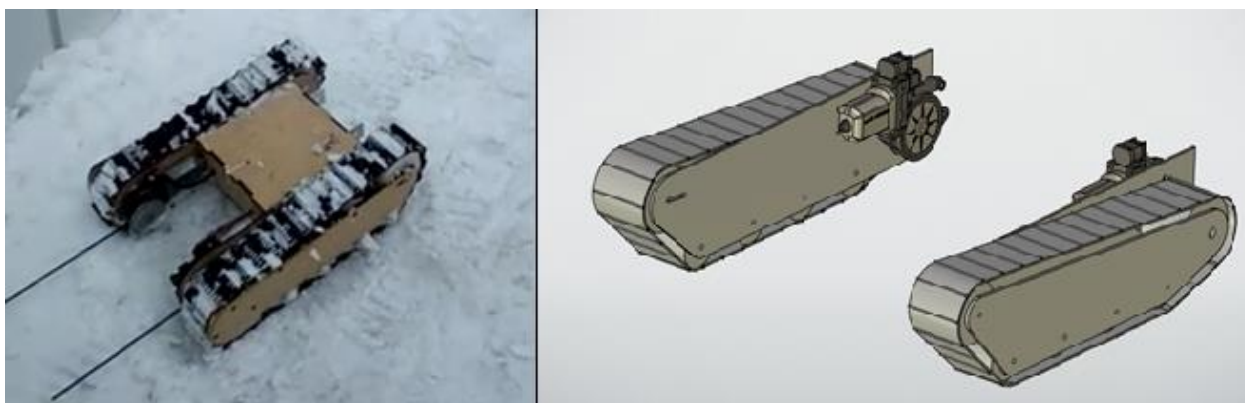


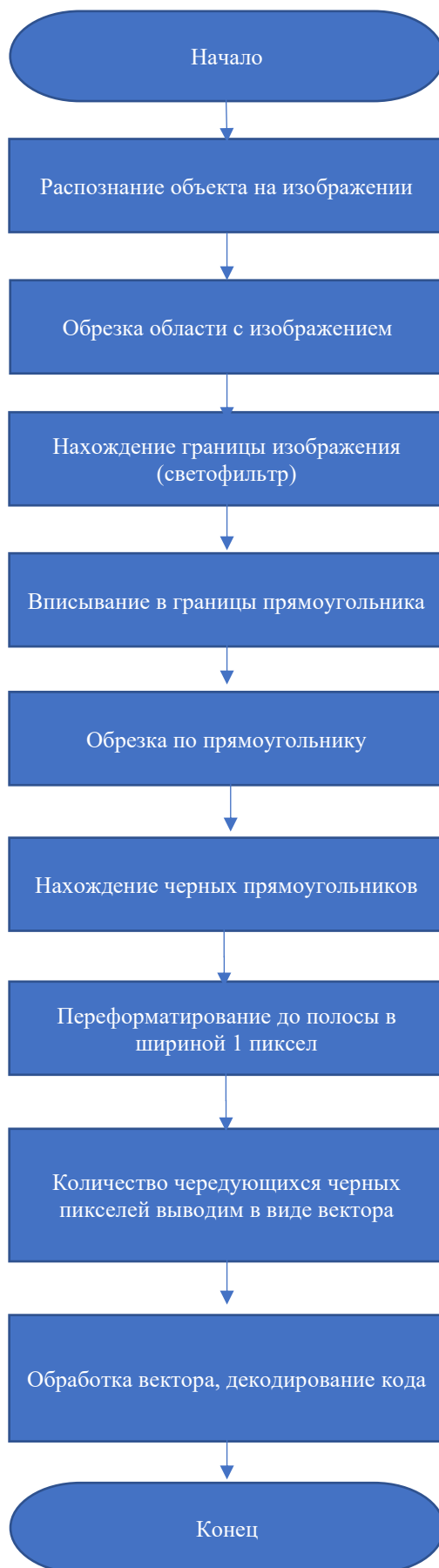
Рисунок 11 - Внешний вид мобильного робота

На роботе, кроме Arduino Uno, установлены микрокомпьютер Raspberry Pi3+ и цифровая веб-камера для распознавания меток. Нейросеть Ssd lite mobilenet, которая способна работать на микрокомпьютере, предобучил в Google Colab. Для этого изготовил макет метки, на рисунке 12, произвел фотографирование для получения данных для обучения. Всего около 90 фото для датасета.



Рисунок 12 - Фото макета метки

Далее действуем по следующему алгоритму [16]:



Программа на основе данного алгоритма в приложении Д. На рисунке 13 показаны этапы работы программы.

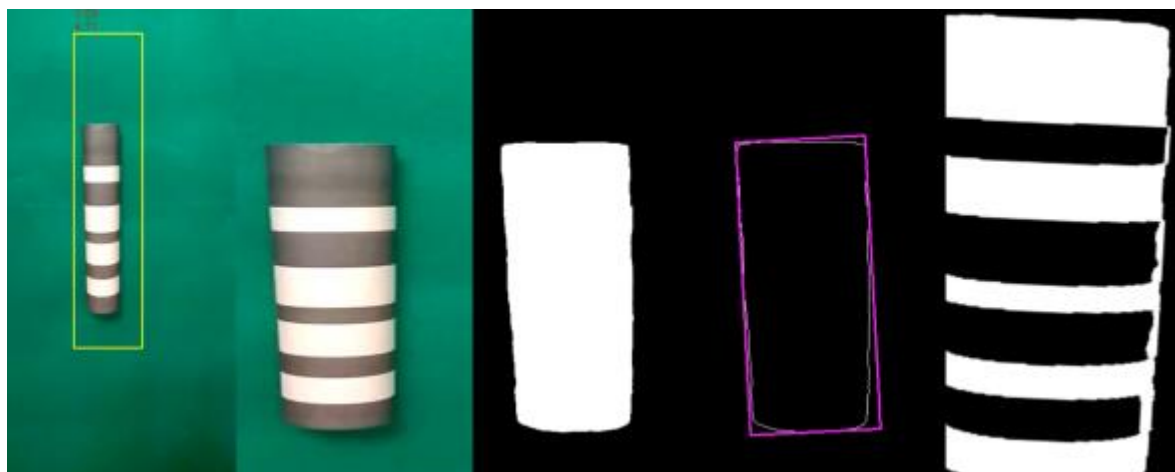


Рисунок 13 - Демонстрация этапов работы программы

В результате работы программы получаем на выходе данные:

Таблица 1 – пример декодирования, полученного вектора

привиденный коэффициент		вектор	точно	округленно	
$e < 2*a$	$e > 2*a$				
		90			раскодированное число
1,353383459	1,089588378	49	5,932203	6	
1,311953353	1,311953353	20	2,915452	3	
1,089588378	1,353383459	26	3,909774	4	
		35			
				436	

В этой таблице вектор {90, 49, 20, 26, 35} соответствует количеству пикселей каждой черной полосы, первое значение соответствует верхней полосе. Применяв формулу (1) находим цифры, при округлении которых получаем код метки, в данном случае 436.

Далее бортовой компьютер обращается к базе данных, получает из ячейки с индексом 436 новую порцию данных для следования к следующей метке.

К сожалению, не удалось перенести нейросеть на микрокомпьютер и проверить работу в «поле», по причине объявления режима самоизоляции.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Выпускная квалификационная работа направлена на решение проблемы обслуживания зимников, которая наиболее остро стоит перед малонаселенными регионами страны, где расстояния между населенными пунктами достаточно большие, а население этих поселков не превышает тысячи человек. В связи с климатическими изменениями последних лет проблема обостряется, требуя увеличения финансирования и привлечения все больших материальных и людских ресурсов. Возможное решение проблемы состоит в применении автоматического комплекса по обслуживанию зимников. Комплекс может быть построен на мобильной робототехнической платформе. Задача исследования состоит в обосновании способа наземной коррекции накопленной ошибки инерциальной системы навигации мобильных роботов в условиях Крайнего Севера.

3.1 Организация и планирование ОКР (НИР) работ

Для выполнения научного исследования сформирована рабочая группа, в состав которой вошли студент-дипломник и один руководитель. Порядок этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 2.

Таблица 2 - Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка (занятость) исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100 %
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100 % И – 10 %
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 30 % И – 100 %

Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100 % И – 10 %
Работа с литературными источниками	НР, И	НР – 30 % И – 100 %
Анализ существующих систем навигации в высоких широтах	НР, И	НР – 100 % ИП – 70 %
Формулировка и обоснование гипотезы	НР, И	НР – 100 % И – 80 %
Выбор принципиальной схемы устройства	И	И – 100 %
Составление алгоритма и разработка ПО	И	И – 100 %
Оценка эффективности полученных результатов	И	И – 100 %
Оформление пояснительной записки	НР, И	НР – 60 % И – 100 %

3.2 Определение продолжительности этапов работ

Для расчета продолжительности этапов работ был выбран экспертный опытно-статистический метод. Определение вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ было выполнено по формуле (3):

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

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 этапа в рабочих днях был рассчитан по формуле (4):

$$T_{РД} = t_{ож}/K_{ВН} \cdot K_{Д}, \quad (4)$$

где $K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных;

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

Формула расчета продолжительности этапа в календарных днях (5):

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (5)$$

где $T_{К}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле (6):

$$T_{К} = T_{КАЛ} / (T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}), \quad (6)$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни, дн.;

$T_{ВД}$ – выходные дни, дн.;

$T_{ПД}$ – праздничные дни, дн.

При шестидневной рабочей неделе в високосном 2020 году коэффициент календарности равен:

$$T_{К} = 366 / (366 - 14 - 42) = 1,22$$

Полученные результаты трудозатрат на выполнение проекта отображены в таблице 3, а линейный график работ – в таблице 4.

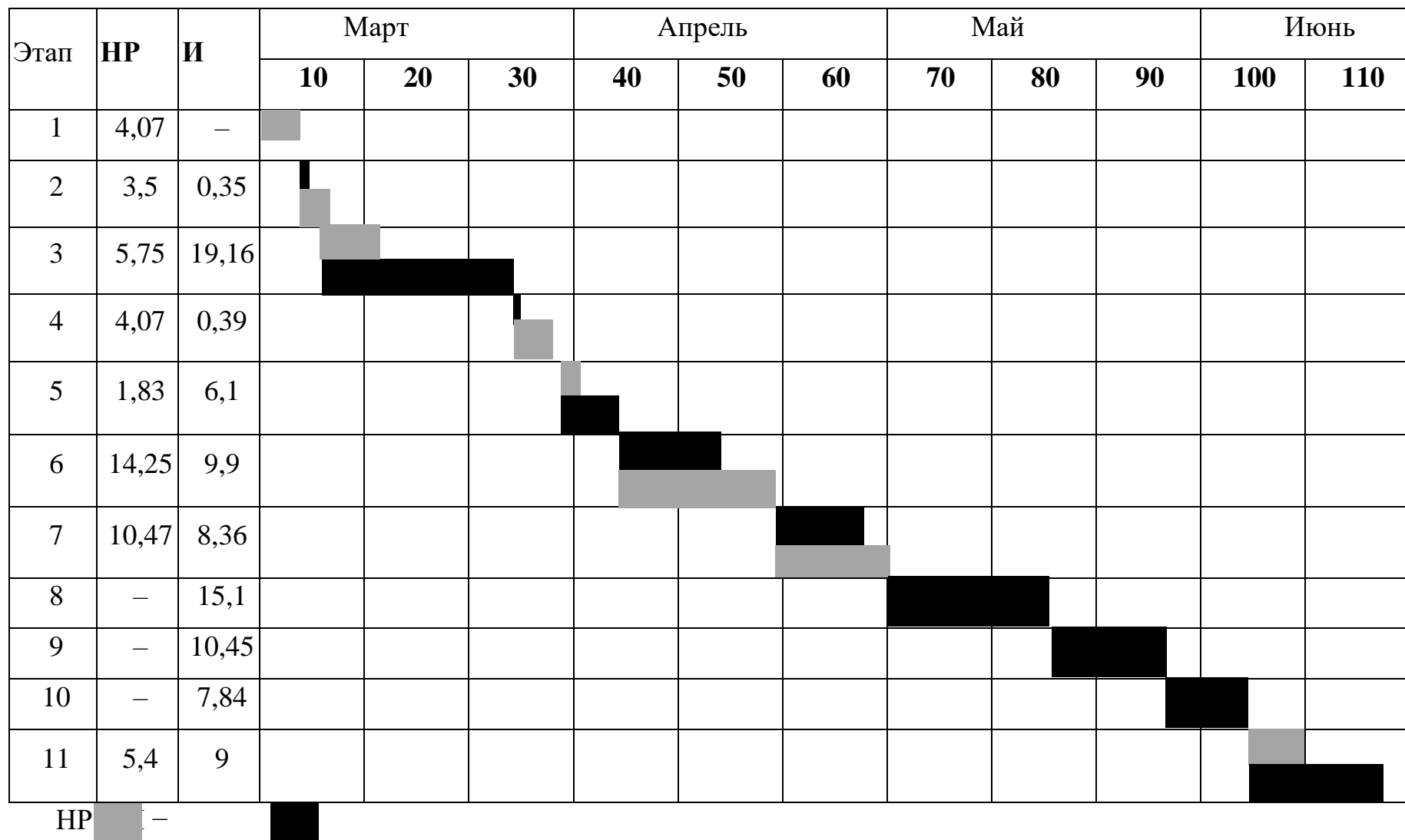
Таблица 3 – Результаты трудозатрат

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
Постановка целей и задач	НР	1	2	1,4	1,54	–	1,88	–
Постановка целей и задач, получение	НР, И	4	6	4,8	5,28	0,53	6,44	0,64

исходных данных								
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	1	2	1,4	1,54	0,15	1,88	0,19
Подбор и изучение материалов по тематике	И	6	8	6,8	–	7,48	–	9,13
Разработка календарного плана	НР, И	12	18	14,4	11,09	15,84	13,53	19,32
Работа с литературными источниками	НР, И	12	18	14,4	11,09	11,09	13,53	13,53
Анализ существующих систем навигации в высоких широтах	И	2	4	2,8	–	3,08	–	3,76
Формулировка и обоснование гипотезы	И	24	30	26,4	–	29,04	–	35,43
Выбор принципиальной схемы устройства	И	4	6	4,8	–	5,28	–	6,44
Составление алгоритма и разработка ПО	НР, И	1	2	1,4	0,77	1,54	0,94	1,88
Оценка эффективности полученных результатов	И	12	18	14,4	–	15,84	–	19,32
Оформление пояснительной записки				93	31,31	89,87	38,2	109,64

Таблица 4 – Линейный график работ

Линейный график работ



3.3 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;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

Если расходы, по каким-либо из перечисленных статей отсутствуют, например арендная плата или командировочные расходы, то соответствующие пункты сметы следует опустить без пояснений.

3.4 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. Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам или договорам поставки. Кроме того, статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов

от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи (т.н. транзакции). Расходы на транзакции принимаются в размере 5 % от суммы. Расчет в таблице 5.

Таблица 5 – Расчет затрат на материалы и покупные изделия

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Ед.изм.	Кол-во.	Сумма, руб.
Веб-камера DEFENDER C-2525HD	2 499,00	шт.	1	2 499,00
Бумага для принтера формата А4	190,00	упаковка	1	190,00
Картридж для принтера	1 550,00	шт.	1	1 550,00
Микрокомпьютер Raspberry Pi 3 Model B+	4 999,00	шт.	1	4 999,00
Итого:				9 238,00

С учетом затрат на транзакции, 5 % расходы на материалы составили 9 699,90 (Девять тысяч шестьсот девяносто девять) рублей 90 копеек

3.5 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и исполнитель проекта, а также премии, входящие в фонд заработной платы.

Среднедневная тарифная заработная плата была рассчитана по формуле (5):

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \frac{МО}{25}, (7)$$

где МО – месячный оклад сотрудника.

Учитывая, что в 2020 году 300 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе, в каждом месяце имеется около 25 рабочих дней.

Для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка сотрудника, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку необходимо умножить на интегральный коэффициент $K_{\text{и}}$, который равен 1,699 при шестидневной рабочей неделе. Расчет затрат на полную заработную плату приведен в таблице 6.

Таблица 6 - Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб. дн.	Затраты времени, раб. дни	Фонд заработной платы, руб.
НР	33 664	1342,1	31	70 687,30
И	15 470	616,75	90	94 307,60
Итого:				164 994,90

Итого: расходы на заработную плату составили 164 994,90 (Сто шестьдесят четыре тысячи девятьсот девяносто четыре) рубля 90 копеек

3.6 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30,2 % от полной заработной платы по проекту:

Таблица 7 – Затраты на социальные выплаты

Вид страхового обеспечения	Показатель в %
Обязательное пенсионное страхование (ОПС)	22
Обязательное медицинское страхование (ОМС)	5,1
Взносы на оплату пособий по временной нетрудоспособности или по материнству (ВНиМ)	2,9
Взносы НС и ПЗ	От 0,2 до 8,5

Примем взносы НС и ПЗ минимальными – 0,2 %, тогда $C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} * 0,302$.

Итак, в нашем случае $C_{\text{соц.}} = 164\,994,90 * 0,302 = 49\,828,46$ руб.

Фонд оплаты труда составит:

$\text{ФОТ} = 164\,994,90 + 49\,828,46 = 214\,823,36$ руб.

Итого затрат на фонд оплаты труда: 214 823,35 (Двести четырнадцать тысяч восемьсот двадцать три) рубля 35 копеек

3.7 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:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{Э}} \quad (9)$$

где $P_{\text{ОБ}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$\text{Ц}_{\text{Э}}$ – тариф на 1 кВт·час;

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

Для ТПУ $\text{Ц}_{\text{Э}} = 6,59$ руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 5.2 для инженера ($T_{\text{РД}}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{РД}} * K_t, (10)$$

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

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{ОБ}} = P_{\text{ном.}} * K_C (11)$$

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

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

Расчет затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{об}}$, час	Потребляемая мощность $P_{\text{ОБ}}$, кВт	Затраты $\text{Э}_{\text{ОБ}}$, руб.
Персональный компьютер - ноутбук	504*0,6	0,3	521,46

Блок питания RaspberryPi3+	45	0,01	2,97
Роутер	504	0,02	66,43
Итого:			590,86

Итого: расходы на электроэнергию составили 590,86 (Пятьсот девяносто) рублей 86 копеек.

3.8 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула

$$C_{AM} = (N_A * C_{OB} * t_{pф} * n) / F_{Д}, \quad (12)$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

C_{OB} – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР;

$F_{Д}$ – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования;

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

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

При реализации проекта был использован ПК, и учитывая, что при шестидневной рабочей неделе в 2020 году имеется 300 рабочих дней, примем $F_{Д} = 300 \cdot 8 = 2400$ часа. Также примем N_A равным 0,4, так как срок амортизации ПК и периферийных устройств составляет порядка 2,5 лет.

Таким образом, при реализации проекта амортизация оборудования (ноутбука, микрокомпьютера Raspberry Pi3+, роутер) составила:

$$C_{AM} = (0,4 \cdot (45000 + 3500 + 2500) \cdot 701 \cdot 1) / 2400 = 5958,50 \text{ руб.}$$

Итого: расходы на амортизацию оборудования составили 5 958,50 (Пять тысяч девятьсот пятьдесят восемь) рублей 50 копеек

3.9 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных)

Сюда относятся:

- оплата услуг связи;

Оплата услуг связи составила 395 руб./мес. $C_{CB} = 395 * 4 = 1\,580$ руб.

Итого: расходы на услуги связи(интернет) составили 1 580,00 (Одна тысяча пятьсот восемьдесят) рублей 00 копеек.

3.10 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10 % от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{нп}}) \cdot 0,1$$

В нашем случае это:

$$C_{\text{проч.}} = (9\,699,90 + 164\,994,90 + 49\,828,46 + 590,86 + 5\,958,50 + 1\,580) \cdot 0,1 = 23\,265,26$$

(Двадцать три тысячи двести шестьдесят пять) рубля 26 копеек.

3.11 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Система навигации автономного мобильного робота для работы на Крайнем Севере».

Таблица 9 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	9 699,90
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	164 994,90
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	49 828,46
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	590,86
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	5 958,50

Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	1 580
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	23 265,26
Итого:		255 917,88

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 255\,917,88$ (Двести пятьдесят пять тысяч девятьсот семнадцать) рублей 88 копеек

3.12 Расчет прибыли

Так как получить данные для применения методов для расчета прибыли не представляется возможным, поэтому прибыль была принята в размере 20 % от полной себестоимости проекта и составила.

$$C_{\text{пр}} = 255\,917,88 \cdot 0,2 = 51\,183,57 \text{ руб.}$$

Итого: прибыль составила 51 183,57 (Пятьдесят одна тысяча сто восемьдесят три) рубля 57 копеек.

3.13 Расчет НДС

НДС составляет 20 % от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(255\,917,88 + 51\,183,57) \cdot 0,2 = 307\,101,45 \cdot 0,2 = 61\,420,29$ руб.

Итого: НДС составил 61 420,29 (Шестьдесят одна тысяча четыреста двадцать) рублей 29 копеек

3.14 Цена разработки ОКР (НИР)

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае $C_{\text{ОКР (НИР)(КР)}} = 255\,917,88 + 51\,183,57 + 61\,420,29 = 368\,521,74$ руб.

Итого: цена разработки ОКР(НИР) составила 368 521,74 (Триста шестьдесят восемь тысяч пятьсот двадцать один) рубль 74 копейки.

3.15 Оценка экономической эффективности проекта

Проект изначально не был ориентирован на экономический результат, так как внедрение данного проекта не обойдется без дальнейших ОКР (НИР) по ряду смежных проблем. Кроме решения непосредственно технически проблем, необходимо и внесение изменений в законодательство Российской Федерации в части использования автономных транспортных средств.

Но, в случае успешного внедрения результатов проекта, основным эффектом будет состоять в ускорении развития территорий со сложной транспортной доступностью, что вероятно повлечет за собой изменения и в экономическом положении такой территории. Например, более надежная и удобная межмуниципальная дорога позволит:

- снизить транспортные издержки сбытовых организаций, тем самым создадутся предпосылки для возникновения более высокой конкуренции предпринимателей, с последующим снижением розничных цен для населения;

- для завоза сезонных грузов по «Северному завозу» использовать менее проходимый грузовой транспорт, соответственно имеющего большую грузоподъемность;

- предотвратить возникновение чрезвычайных ситуаций, когда из-за заметенной дороги (зимника) было невозможно доставить твердое топливо для котельных небольшого арктического поселка. На спасение одного такого поселка тратится до 20 млн. рублей бюджетных средств и проводится огромная напряженная организационная работа комиссии по ЧП, отвлекающая чиновников от основной деятельности, как это было с арктическим поселком Березовка в 2017 году.

3.16 Заключение по экономической части

В ходе выполнения раздела составлен план проекта, определена продолжительность этапов выполнения, вычислена стоимость ОКР (НИР) проекта. Рассмотрены возможные результаты реализации. Проект изначально не был ориентирован на немедленный экономический результат, но в результате внедрения результатов проекта возможны структурные преобразования в экономике арктических регионов страны, что повлечет за собой повышение уровня жизни населения, а значит и привлекательности для проживания на таких территориях.

4 Социальная ответственность

Выпускная квалификационная работа направлена на решение проблемы обслуживания зимников, которая наиболее остро стоит перед малонаселенными регионами страны, где расстояния между населенными пунктами достаточно большие, а население этих поселков не превышает тысячи человек. В связи с климатическими изменениями последних лет проблема обостряется, требуя увеличения финансирования и привлечения все больших материальных и людских ресурсов. Возможное решение проблемы состоит в применении автоматического комплекса по обслуживанию зимников. Комплекс может быть построен на мобильной робототехнической платформе. Задача исследования состоит в обосновании способа наземной коррекции накопленной ошибки инерциальной системы навигации мобильных роботов в условиях Крайнего Севера. Реализация поставленной задачи заключалась в разработке программного кода для системы навигации мобильного робота в условиях Крайнего Севера. Разработка осуществлялась в лабораторной аудитории №101 10 корпуса Томского политехнического университета.

В разделе будут рассмотрены опасные и вредные факторы, оказывающие влияние на производственную деятельность технологического персонала, работающего с автоматизированной системой управления технологическим процессом, рассмотрены воздействия разрабатываемой системы на окружающую среду, правовые и организационные вопросы, а также мероприятия в чрезвычайных ситуациях.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности **Правовые нормы трудового законодательства**

Законодательством РФ регулируются отношения между организацией и работниками, касающиеся оплаты труда, трудового распорядка, социальных отношений, особенности регулирования труда женщин, детей, людей с ограниченными способностями и др.

Продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю. Для работников до 16 лет – не более 24 часов в неделю, от 16 до 18 лет – не более 35 часов, как и для инвалидов I и II группы. Для работников, работающих на местах, отнесенных к вредным условиям труда 3 и 4 степени – не более 36 часов.

Возможно установление неполного рабочего дня для беременной женщины; одного из родителей (опекуна, попечителя), имеющего ребенка в возрасте до четырнадцати лет (ребенка-инвалида в возрасте до восемнадцати лет) [1]. Оплата труда при этом производится пропорционально отработанному времени. Ограничений продолжительности ежегодного основного оплачиваемого отпуска, исчисления трудового стажа и других трудовых прав при этом не имеется.

При работе в ночное время, продолжительность рабочей смены должна составлять на один час меньше. К работе в ночные смены не допускаются беременные женщины; работники, не достигшие возраста 18 лет; женщины, имеющие детей в возрасте до трех лет, инвалиды, работники, имеющие детей-инвалидов, а также работники, осуществляющие уход за больными членами их семей в соответствии с медицинским заключением, матери и отцы – одиночки детей до пяти лет [26].

Организация обязана предоставлять ежегодные отпуска продолжительностью 28 календарных дней. Для работников, занятых на работах с опасными или вредными условиями, предусматривается дополнительный отпуск.

Работнику в течение рабочего дня должен предоставляться перерыв не более 2 часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается. Всем работникам предоставляются выходные дни, работа в выходные дни производится только с посменного согласия работника.

Организация выплачивает заработную плату работникам. Возможно удержание заработной платы, в случаях, предусмотренных ТК РФ ст. 137. В случае задержки заработной платы более чем на 15 дней работник имеет право приостановить работу, письменно уведомив работодателя.

Законодательством РФ запрещены дискриминация по любым признакам, а также принудительный труд.

4.2 Эргономические требования к рабочему месту исследователя

В данном разделе рассмотрим основные требования по эргономике рабочего места при выполнении работ сидя. Данные требования регламентируются ГОСТ 12.2.032-78 «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования». В ГОСТе указаны такие параметры, как высота сидения, ширина пространства для ног, высота рабочей поверхности для человека, выполняющего работы в сидячем положении.

Предъявляемые требования к расположению и компоновке рабочего места:

Высота рабочей поверхности стола для взрослых пользователей должна регулироваться в пределах (680 – 800) мм, при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм [27].

Модульными размерами рабочей поверхности стола для ПК, на основании которых должны рассчитываться конструктивные размеры, следует считать: ширину 800, 1000, 1200 и 1400 мм, глубину 800 и 1000 мм при нерегулируемой его высоте, равной 725 мм [27].

Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм [27].

Конструкция рабочего стула должна обеспечивать:

- ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;
- поверхность сиденья с закругленным передним краем;
- регулировку высоты поверхности сиденья в пределах (400 – 550) мм и углам наклона вперед до 15°, и назад до 5°;
- высоту опорной поверхности спинки (300 ± 20) мм, ширину – не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости – 400 мм;
- угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах ± 30 °;
- регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья в пределах (260 – 400) мм;
- стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной – (50 – 70) мм;
- регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах (230± 30) мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах (350 – 500) мм [31].

Рабочее место пользователя ПК следует оборудовать подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20°. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм [27].

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии (100 – 300) мм от края, обращенного к пользователю или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы [31].

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии (600 – 700) мм, но не ближе 500 мм [27].

Паяльную станцию следует располагать по правую сторону на поверхности стола на расстоянии (300 – 500) мм от края, обращенного к

рабочему. Все материалы для пайки должны располагаться на противоположной части рабочего места на расстоянии, не превышающем длину руки рабочего.

Рекомендуется работать в помещении, где окна выходят на север или северо-восток. Местное освещение не должно создавать блики на поверхности экрана дисплея. Чистота обязательна при работе за компьютером. Влажную уборку помещения следует проводить ежедневно. Недопустима запыленность воздуха, пола, рабочей поверхности стола и техники. Помещение должно быть оборудовано системами вентиляции, кондиционирования и отопления.

4.3 Производственная безопасность

Ниже приведем перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды в виде таблицы 10.

Таблица 10 – Опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	1. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [7]. 2. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное
2. Недостаточная освещённость рабочей зоны и отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	
3. Превышение уровня шума	+	+	+	
4. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электромагнитными полями, неионизирующими излучениями, тепловым воздействием на человека	+	+	+	освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95[8] 3. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых,

Продолжение таблицы 10

5. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аномальным физическим состоянием воздуха (в том числе пониженной или повышенной ионизацией) и (или) аэрозольным составом воздуха		+		общественных зданий и на территории застройки [9]. 4. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» [6]. 5. ГН 2.2.5.3532–18.
6. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны [10]. 6. ГОСТ IEC 60950-1-2014.
7. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека		+		Межгосударственный стандарт. Оборудование информационных технологий. Требования безопасности. Часть 1. Общие требования [11].

4.4 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Отклонение показателей микроклимата

Благоприятные (комфортные) метеорологические условия на производстве являются важным фактором в обеспечении высокой производительности труда и в профилактике заболеваний. При несоблюдении гигиенических норм микроклимата снижается работоспособность человека, возрастает опасность возникновения травм и ряда заболеваний, в том числе профессиональных. По степени физической тяжести работа инженера-программиста относится к категории лёгких работ 1а. В соответствии с временем года и категорией тяжести работ определены параметры микроклимата согласно требованиям [28] и приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Оптимальные параметры микроклимата

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Категория 1а	(22 – 24)	(40 – 60)	0,1
Теплый	Категория 1а	(23 – 25)	(40 – 60)	0,1

В зимнее время в помещении предусмотрена система отопления. Она обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В соответствии с характеристикой помещения определен расход свежего воздуха согласно [28] и приведен в таблице 12.

Таблица 12 – Нормы подачи свежего воздуха в помещение

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение воздуха
Объем до 20 м ³ на человека	Не менее 30
(20 – 40) м ³ на человека	Не менее 20

Рабочее место соответствует нормам.

4.5 Отсутствие или недостаток естественного света

Для выявления соответствия лабораторной аудитории №101 10 корпуса ТПУ требованиям СанПиН 2.2.2.542-96 далее будут приведены расчеты искусственного освещения рабочей зоны работника согласно методическим указаниям к выполнению лабораторной работы «Расчет искусственного освещения» для студентов дневного и заочного обучения всех направлений и специальностей ТПУ [32].

Параметры аудитории №101 10 корпус ТПУ:

- площадь $S = 32,7 \text{ м}^2$;
- длина $A = 6 \text{ м}$;
- ширина $B = 5,45 \text{ м}$;

- высота потолка $H = 2,5$ м.;
- высота рабочей поверхности $h_{rp} = 0,8$ м.;
- количество светильников $n = 12$;
- тип светильников ЛВО 4×18 CSVT люминесцентными лампами типа L 18W/640 с потоком $F = 1200$ лм.

Согласно отраслевым нормам освещенности уровень рабочей поверхности над полом составляет 0,8 м., а установлена минимальная норма освещенности $E = 300$ лк [30].

Расчетная высота подвеса светильников над рабочей поверхностью (h) определяется по формуле (12):

$$h = H - h_p - h_c, \quad (12)$$

где H – высота потолка в помещении, м;

h_p – расстояние от пола до рабочей поверхности стола, м;

h_c – расстояние от потолка до светильника, м;

Так как светильники установлены в уровень с потолком, примем h_c равным 0. Таким образом, согласно формуле (6.1) высота подвеса светильников над рабочей поверхностью для лабораторной аудитории №101 10 корпус ТПУ равна:

$$h = 2,5 - 0,8 = 1,7 \text{ м}$$

Индекс помещения определяется по формуле (12) [37]:

$$i = S / (h \cdot (A + B)) \quad (12)$$

где S – площадь помещения, м²;

A – длина комнаты, м;

B – ширина комнаты, м;

h – высота подвеса светильников, м.

Индекс помещения для лабораторной аудитории №101 10 корпус ТПУ:

$$i = 32,7 / (1,7 \times (6 + 5,45))$$

Исходя из того, что потолок в аудитории представлен светлыми потолочными панелями, поверхность стен окрашена белой краской и имеется два окна без штор, примем коэффициенты отражения от стен $\rho_c = 50\%$ и потолка $\rho_n = 50\%$.

По таблице коэффициентов использования светового потока из пособия к МГСН 2.06-99 для соответствующих значений i , ρ_c , ρ_n примем $\eta = 0,36$ (для потолочного светильника любого типа при $i = 1,75$) [33].

Освещенность помещения рассчитывается по формуле (13):

$$E_{\Phi} = (n \times \eta \times \Phi) / (S \times k_z) \quad (13)$$

где Φ – световой поток светильника, лм;

S – площадь помещения, m^2 ;

k_z – коэффициент неравномерности освещения;

n – число светильников;

η – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент запаса k учитывает запыленность светильников и их износ. Для помещений с малым выделением пыли $k = 1,5$. Поправочный коэффициент z это коэффициент неравномерности освещения. Для люминесцентных ламп $z = 1,1$. Каждый светильник состоит из 4 ламп.

Учитывая все параметры, освещенность аудитории №101 равна (6.3):

$$E_{\Phi} = \frac{12 \cdot 4 \cdot 0,36 \cdot 1200}{32,7 \cdot 1,5 \cdot 1,1} = 384 \text{ лк}$$

Освещенность компьютерной аудитории №101 10 корпуса ТПУ удовлетворяет требованиям СанПиН 2.2.2.542-96.

4.6 Превышение уровня шума

Одним из важных факторов, влияющих на качество выполняемой работы, является шум. 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.

Работы, выполняемые специалистом, оцениваются как научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, следовательно, согласно эквивалентный уровень шума в рабочем помещении не должен превышать 50 дБА.[29]

В данной работе основным источником шума является персональный компьютер, уровень звука которого не нарушает требований по безопасности. Остальные факторы шума, в условиях аудитории, не существенны.

4.7 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электромагнитными полями, неионизирующими ткани тела человека

Электромагнитное излучение представляет собой вид энергии, состоящий из электромагнитных волн, возбуждаемых различными излучающими объектами, такими как атомы, молекулы, заряженные частицы. Электромагнитные волны создаются за счет электрических и магнитных вибраций, возникающих в атомах. Скорость распространения волн через различные виды материалов отличается. Примерами излучения являются радиоволны, инфракрасные, ультрафиолетовые лучи, свет.

Источником электромагнитного излучения в лаборатории является роутер с Wi-Fi модулем, скрытая электропроводка, включенные компьютеры.

Энергетической причиной нарушения здоровья людей в зонах с повышенной интенсивностью электромагнитных излучений является устойчивое изменение характеристик биополей человека под воздействием различных излучений. От такого воздействия органы человека изменяют свои параметры функционирования.

Механизмы здорового организма способны устранить образовавшиеся изменения энергетических полей или молекулярной структуры организма после выхода из зоны излучения. Но при длительном пребывании в помещениях с повышенным уровнем излучений такие изменения накапливаются, приобретая болезненный характер

Опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аномальным физическим состоянием воздуха (в том числе пониженной или повышенной ионизацией) и (или) аэрозольным составом воздуха

Воздух в помещении содержит огромное количество пыли, частиц шерсти и кожи животных и людей, пыльцу растений. Вместе с пылью человек вдыхает пылевых клещей, споры грибков, микрочастицы вредные для здоровья. Источником загрязнения воздуха в помещении может стать слишком тщательная уборка помещения с использованием слишком большого количества средств бытовой химии. Также источниками загрязнения воздуха в жилых помещениях служат отделочные материалы, линолеум, паркетный лак, масляная краска, потолочные пенополистирольные панели.

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

Опасность поражения электрическим током есть всегда при использовании электрического оборудования. Для того, чтобы исключить электрическое поражение нужно исключить причины, к которым относят:

-появление напряжения на частях оборудования из-за повреждения изоляции;

-прикосновения к незащищенным участкам работа;

-возникновение напряжения на опорной поверхности или земле;

-большое количество фильтров и удлинителей.

**Опасные и вредные производственные факторы, связанные с
чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов
производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей
организма человека**

Опасность ожогов при чрезмерно высокой или низкой температуре, связаны с работой с нагревательными приборами, также при работе паяльником. При пайке могут возникнуть следующие виды негативного воздействия на окружающую среду:

- при перегреве припоя свыше температуры 500 °С происходит образование паров свинца.

- При перегреве припоя свыше температуры 232 °С происходит образование паров олова.

Для избегания перегрева паяльника следует ознакомиться с его техническими характеристиками и необходимым напряжением питания для него. Обычно ситуации перегревания паяльника возникает при подключении к сети питания с напряжением, значительно выше номинального. В таких случаях необходимо использовать понижающие трансформаторы, чтобы добиться необходимого напряжения. Менее безопасным является способ периодического включения/отключения паяльника.

Наиболее безопасным способом избегания перегревания является использование паяльных станций, которые имеют возможность нагрева до

определённой температуры. При использовании таких паяльных станций выделение паров свинца из припоя сводится к нулю.

4.8 Экологическая безопасность

Обеспечение экологической безопасности технологического процесса состоит в проведении мероприятий, направленных на охрану атмосферы, гидросферы и литосферы от вредных выбросов, образующихся в течение технологического процесса.

В работе используется ПК и паяльная станция. Рассмотрим влияние негативных факторов, сопутствующих эксплуатации ПК и работе на паяльной станции, на окружающую среду. При использовании ПК могут возникнуть следующие виды негативного воздействия на окружающую среду:

- выбросы в атмосферу углекислого газа и образование тепла при пожаре;
- загрязнение почвы при утилизации старого ПК.

ПК после завершения использования (срока эксплуатации) можно отнести к отходам электронной промышленности, согласно ГОСТ Р ИСО 1410-2010. Переработка такого рода отходов осуществляется разделением на однородные компоненты, химическим выделением пригодных для дальнейшего использования компонентов и направлением их для дальнейшего использования: кремний, алюминий, золото, серебро, редкие металлы.

Пластмассовые части ПК утилизируются при высокотемпературном нагреве без доступа воздуха. ПК может содержать: тяжелые металлы, печатные платы с замедлителями горения, которые при горении могут выделять опасные диоксиды. Для опасных отходов используют теплоту сжигания, то есть специальные печи, такой способ не исключает образования токсичных выбросов.

Отходы, которые не подлежат переработке, утилизации или вторичному использованию, подлежат захоронению на полигонах или в почве. Большое значение имеют нормативы предельно допустимых концентраций токсичных веществ в почве (ПДК, мг/кг) в соответствии с [3].

4.9 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация (ЧС) представляет собой состояние, при котором в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации на объекте, определенной территории (акватории) нарушаются нормальные условия жизнедеятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде[7].

Одна из классификаций ЧС в зависимости от источников их возникновения и поражаемых объектов [36] приведена в таблице 14.

Таблица 14. – Классификация ЧС

Источник	Объект (реципиент)		
	Природный	Социальный	Техногенный
Природный	Природные	Природно-социальные	Природно-техногенные
Техногенный	Техноприродные	Техносоциальные	Техногенные
Социальный	Социоприродные	Социальные	Социотехногенные

4.10 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Поскольку робот способен на данный момент передвигаться только внутри помещений, то природных ЧС не произойдет. Поэтому в соответствии с классификацией (таблица 14) объект исследований может инициировать следующие виды чрезвычайных ситуаций.

В процессе эксплуатации робота могут возникать аварии, которые приведут к воспламенению. Это может нанести вред как зданию, где

находится оборудование и имущество, так и человеку, который будет находиться в этом здании. Поэтому данный фактор можно отнести и к техносоциальным, и к техногенным ЧС.

1. Техносоциальные ЧС – это ЧС, источником возникновения которой служат техногенные причины, которые наносят ущерб социальной системе[36].

2. Техногенные ЧС – это ЧС, источником возникновения которых служит техногенное явление, которое наносит вред техногенному объекту[36].

4.11 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при исследовании объекта

В процессе исследований также можно исключить природные ЧС, так как исследования проводятся в лабораторных условиях, то есть в помещении.

Возможные аварии являются могут быть не только связаны со скачком напряжения, например, но и с ошибкой при проектировании. Тогда ЧС будет социотехногенной, потому что причиной ЧС будет человек, а пострадает помещение, оборудование и т.д.

Социотехногенными ЧС являются такие ЧС, причиной которых служит человек, его поведение, что оказывает воздействие на различные техногенные объекты [36].

4.12 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Для предотвращения возникновения чрезвычайных ситуаций нужно заблаговременно проводить мероприятия по их предупреждению. Эти мероприятия ведут к снижению возможности для возникновения ЧС и их масштабов. Эти мероприятия базируются на:

- прогнозировании угроз, опасности возникновения ЧС различного характера, в частности природного и техногенного, и возможных последствий воздействия на людей, материальные объекты и окружающую среду;

- мониторинге потенциально опасных объектов, окружающей среды, диагностике состояния сооружений и зданий [36].

Предварительные меры по уменьшению вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций делятся на такие направления:

- снижение разрастания опасных явлений до ЧС;
- снижение возможной частоты событий, которые могут стать ЧС.

Снижение частоты событий, инициирующих ЧС, необходимо предпринять следующие действия:

- бороться с терроризмом и преступностью;
- проводить профилактические работы по возникновению аварий (техническое обслуживание, планово - предупредительные ремонты, диагностика оборудования);
- осуществлять предупреждение опасных природных явлений;
- разбивать территории на районы, чтобы определить оптимальное расположение объектов, в том числе и потенциально опасных.

Также необходимо предпринять меры по снижению возможностей для того, чтобы опасное явление стало чрезвычайной ситуаций, такие как:

- обеспечить эффективность систем безопасности;
- обеспечить физическую устойчивость сооружений и зданий;
- уменьшить уровень уязвимостей объектов к воздействию негативных факторов опасных явлений природного и техногенного рода;
- обеспечить снижение уровня нагрузок и защищенности объектов;
- обеспечить защиту от экстремальных социальных явлений путем проведения инструктажей для персонала;
- создать инженерную защиту от опасных явлений [32].

Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Законодательство РФ об охране труда состоит из федеральных законов, различных нормативных правовых актов субъектов РФ. К ним относится федеральный закон “Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний”. Для реализации этих законов приняты Постановления Правительства РФ “О государственном надзоре и контроле за соблюдением законодательства РФ о труде и охране труда”, “О службе охраны труда”, “О Федеральной инспекции труда” и др. [32]

Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Охрана труда является системой создания условия для безопасности жизни и здоровья сотрудников учреждений. Она включает в себя реабилитационные, лечебно-профилактические, правовые, санитарно-гигиенические, организационно-технические, социально-экономические, а также другие мероприятия. Законодательство РФ об охране представляет собой ряд норм законодательства РФ об охране труда, а также других нормативных актов.

К основным направления политики в сфере охраны труда относят:

- защиту интересов работников, пострадавших из-за несчастных случаев на рабочем месте и другие;
- установление нормативных требований по охране труда для предприятий всех форм собственности;
- признание и обеспечение приоритета жизни и здоровья работников перед интересами предприятий [32].

Все работники имеют право на охрану труда, куда входит:

- защищенное рабочее место от вредных или опасных факторов;
- возмещение вреда, причиненного повреждением здоровья на рабочем месте;

- обучение безопасности на производстве за счет работодателя и др. [32]

4.12. Пожарная безопасность

Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты. Пожарная профилактика включает комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожара или уменьшение его последствий. Активная пожарная защита – меры, обеспечивающие успешную борьбу с пожарами или взрывоопасной ситуацией.

Возникновение пожара в помещении, где установлена вычислительная и оргтехника, приводит к большим материальным потерям и возникновению чрезвычайной ситуации. Чрезвычайные ситуации приводят к полной потере информации и большим трудностям восстановления всей информации в полном объеме.

Согласно нормам технологического проектирования [35], в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д.

Данное помещение относится к категории В, производства, связанные с обработкой или применением твердых сгораемых веществ и материалов.

Для исключения возникновения пожара необходимо:

- вовремя выявлять и устранять неисправности;
 - не использовать открытые обогревательные приборы, приборы кустарного производства в помещении лаборатории;
 - определить порядок и сроки прохождения противопожарного инструктажа и занятий по пожарно-техническому минимуму, а также назначить ответственного за их проведения.

В случае возникновения пожара необходимо отключить электропитание, вызвать по телефону пожарную команду, произвести

эвакуацию и приступить к ликвидации пожара огнетушителями. При наличии небольшого очага пламени можно воспользоваться подручными средствами с целью прекращения доступа воздуха к объекту возгорания.

Для тушения пожаров в помещении необходимо установить углекислотный огнетушитель типа ОУ-5. Покидать помещение необходимо согласно плану эвакуации, на рисунке 14.

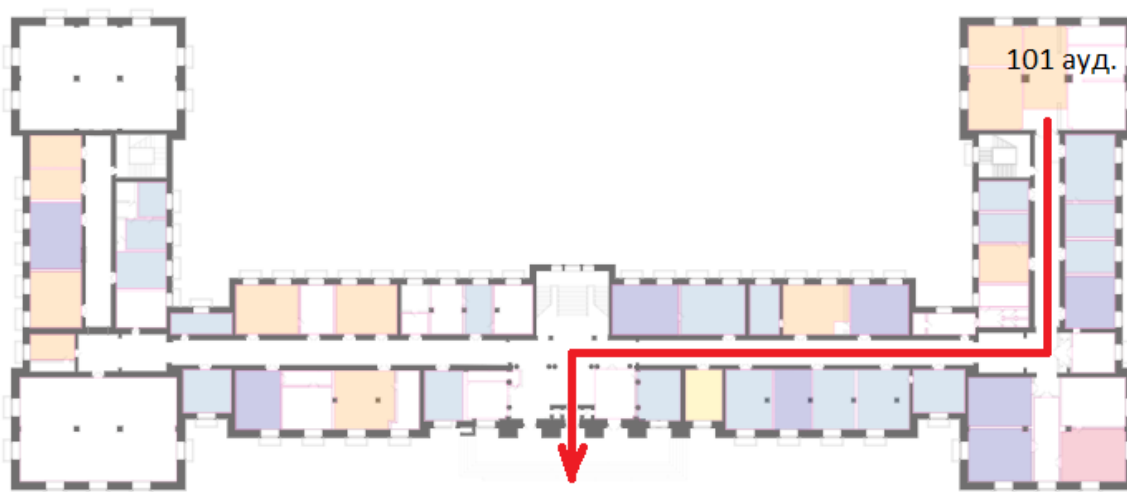


Рисунок 14– План эвакуации при пожаре и других ЧС

4.12 Выводы по разделу «Социальная ответственность»

В данном разделе были рассмотрены основные вопросы соблюдения прав работника на труд, выполнения правил к безопасности труда, промышленной безопасности, экологии и ресурсосбережения.

Каждый работник должен проводить профессиональную деятельность с учетом социальных, правовых, экологических и культурных аспектов, вопросов здоровья и безопасности, нести социальную ответственность за принимаемые решения, осознавать необходимость устойчивого развития.

Установлено, что рабочее место исследователя удовлетворяет требованиям безопасности и гигиены труда во время реализации проекта, а вредное воздействие объекта исследования на окружающую среду не превышает норму.

В итоге, установлено, что рабочее место соответствует ГОСТ по защищённости от вредных и опасных факторов, при работе соблюдаются правила по утилизации полученных отходов. Так же она соответствует правовым нормам и имеет соответствующую компоновку рабочей зоны.

Заключение

Проблема обслуживания зимников наиболее остро стоит перед малонаселенными регионами страны, где расстояния между населенными пунктами достаточно большие, а население этих поселков составляет 300-500 человек. В связи с климатическими изменениями последних лет проблема обостряется, требуя увеличения финансирования и привлечения все больших материальных и людских ресурсов. Возможное решение проблемы состоит в применении автоматического комплекса по обслуживанию зимников. Комплекс может быть построен на робототехнической платформе. Дополнительная инфраструктура, для робототехнических устройств, может быть построена на базе существующей инфраструктуры, предусмотренной ГОСТом. Также мобильная часть комплекса может быть переоборудована из существующих дорожных машин, путем внедрения устройства, аналогичного (либо переобученного) решения “Cognitive Pilot”, компании “Cognitive Technologies”, или решений других компаний. Данная работа посвящена доработке инфраструктуры зимников, в условиях нестабильной спутниковой системы навигации в высоких широтах, для наземной коррекции систем навигации таких устройств. Показана возможность внедрения, простой в изготовлении и обслуживании, системы меток и базы данных к ним, позволяющая скорректировать накопленные ошибки инерциальных систем навигации. Такая система коррекции навигации будет полезна также и для беспилотных летательных аппаратов, так как применяемые сейчас горизонтальные ARTag метки не применимы в условиях Крайнего Севера.

На основании вышесказанного, учитывая инфраструктурные, технологические и правовые ограничения, предлагается внести поправки в проект ГОСТ «Дороги автомобильные общего пользования. Зимние автомобильные дороги (автозимники) и ледовые переправы. Технические правила устройства и содержания», 2019 года, в части необязательного, но возможного использования:

- меток, надеваемых на вешки;
- базы данных для беспилотных транспортных средств при первоначальном обустройстве зимников.

Возможно, такие поправки послужат отправной точкой для развития беспилотных транспортных средств для работы на Крайнем Севере.

Список литературы

1. Указ Главы Республики Саха (Якутия) от 30 ноября 2019 г. N 842 "О государственной программе Республики Саха (Якутия) "Развитие транспортного комплекса Республики Саха (Якутия) на 2020 - 2024 годы" (с изменениями и дополнениями).

2. Информация о предприятии «Дороги Арктики». Электронный ресурс: дорогиарктики.рф/информация-о-предприятии.

3. «Дороги Арктики» вынуждают дорожников сокращать расходы», электронный ресурс: <http://arcticcapital.ru/2018/11/14/>.

4. <https://avrora-robotics.com/ru/>, сайт разработчика автономных робототехнических систем.

5. <https://www.cognitive.ru/>, сайт разработчика автономных робототехнических систем.

6. <https://smartcar.starline.ru/>, сайт разработчика автопилота для автомобиля.

7. <https://yandex.ru/blog/company/video-bespilotnyy-avtomobil-yandeks-taksi-v-zimney-moskve>, сайт разработчика автономных робототехнических систем.

8. «Беспилотники КАМАЗ прошли испытания в Арктике», электронный ресурс: https://kamaz.ru/press/releases/bespilotniki_kamaz_proshli_ispytaniya_v_arktike/?sphrase_id=5499877 (10.05.2020 г.)

9. Проект ГОСТ «Зимние автомобильные дороги (автозимники) и ледовые переправы», Технические правила устройства и содержания. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии.

10. С. А. Черноус, И. И. Шагимурагов, Б. А. Вульфович, Н. В. Калитёнков «Навигация GPS/ГЛОНАСС в Арктике и полярные сияния». Электронный ресурс: <https://cyberleninka.ru/article/n/navigatsiya-gps-glonass-v-arktike-i-polyarnye-siyaniya/viewer>.

11. А.Н. Маринич, А.В. Припотнюк, Ю.М. Устинов., Мониторинг судов на трассах Северного Морского Пути с помощью спутниковых систем связи. Электронный ресурс: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-sudov-na-trassah-severnogo-morskogo-puti-s-pomoschyu-sputnikovyh-sistem-svyazi/viewer>

12. Shichao Li, Hongzhen Xu, Yuhan Ji, Ruyue Cao, Man Zhang, Han Li, «Development of a following agricultural machinery automatic navigation system», Computers and Electronics in Agriculture, Volume 158, 2019, Pages 335-344, ISSN 0168-1699, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.02.019>. Электронный ресурс: (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016816991831932X>)

13. Гудаев О.А. Распознавание маркеров расширенной реальности ARGET робототехнической системой // Искусственный интеллект, 2006. №2. С.467-498.

14. Система определения местоположения транспортного средства в пути», [Текст]: пат. (19)RU(11)2 611 455(13)C1: Федеральная служба по интеллектуальной собственности (51)МПК G08G1/0968(2006.01)

15. Krajník, Tomáš & Nitsche, Matias & Faigl, Jan & Duckett, Tom & Mejail, Marta & Přeučil, Libor. (2013). External Localization System for Mobile Robotics. 2013 16th International Conference on Advanced Robotics, ICAR 2013. 10.1109/ICAR.2013.6766520.

16. AleksandrTabolin/tensorflow_object_detector_with_colab, Электронный ресурс: AleksandrTabolin/tensorflow_object_detector_with_colab

17. Беспилотное транспортное средство с интеллектуальной системой диагностики и управления для условий крайнего севера и арктики: монография / Ю.Г. Кабалдин [и др.]; под ред. Ю.Г. Кабалдина; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2017. – 128 с.

18. Концепция разработки маршрута движения беспилотного транспортного средства в условиях Арктики: статья/А.М. Треногина, А.С. Гаваев./ Логистический аудит транспорта и цепей поставок./ Материалы международной научно-практической конференции. Тюменский индустриальный университет – Тюмень, 2018.

19. Применение систем искусственного интеллекта в условиях нового этапа освоения Арктики. / Под общей редакцией члена Президиума Координационного совета по развитию Северных территорий и Арктики Российского союза промышленников и предпринимателей, к.э.н., профессора РАЕ А.В. Федотовских, Москва. – 2018. – 52 с.

20. Артур Мурадян: Логистика на автопилоте, Логистика [Электронный ресурс] .— : Агентство Маркет Гайд, 1997 .— 2018 .— №6 .— 56 с.

21. Гурьев А.Т., Кушляев В.Ф. К обоснованию системы управления и обеспечения комплексной безопасности транспортных потоков и технологических процессов арктических территорий. «Актуальные научнотехнические проблемы развития и эксплуатации транспортно-технологических машин МЧС России». Сб. матер. XXV юбилейной Междунар. науч.-практ. конф. «Предупреждение. Спасение. Помощь». Химки: АГЗ МЧС России. – 2015 – С. 60-63.

22. Проспект-каталог НИР «Специальные машины повышенной проходимости». Академия гражданской защиты МЧС России, завод ООО «ЕЗСМ «Континент». Международный салон «Комплексная безопасность 2015», 19-22.05.2015.

23. Кушляев В.Ф. «Транспортно-технологические машины повышенной проходимости и применение их в условиях Арктики // Кушляев В.Ф., Леонов В.А., Аграновский А.А., Малышев В.А., Гомонай М.В. Науч.-техн. журнал «Строительные и дорожные машины», 2014, № 12. - С. 12-15.

24. Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами. Доклады и статьи ежегодной научно-практической конференции «Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами», г. Коломна, 2016. – 274 с. Под общей редакцией к.т.н. Бодрова А.С., Безденежных С.И.

25. Автомобильный автопилот. Р.В. Карцан, И.Н. Карцан. Наука третьего тысячелетия. Сборник статей Международной научно-практической конференции. Научный центр «Аэтэрна». – 2014. – 23-23 с.

26.Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020) // Собрание законодательства РФ. – 2002. – № 1 (ч. 1).

27.СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы

28.СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

29.СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

30.СанПиН 2.2.2.542-96 Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ.

31.СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно- вычислительным машинам и организации работы.

32.Безопасность жизнедеятельности. Расчет искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех направлений и специальностей ТПУ. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2008.– 20 с.

33.Пособие к МГСН 2.06-99 Расчет и проектирование искусственного освещения помещений общественных зданий

34.Валуев Д.В., Гизатулин Р.А. Технологии переработки металлургических отходов: учебное пособие. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. – 196 с.

35.Лабораторный практикум по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей: учебное пособие. Ю.А. Амелькович, Ю.В. Анищенко, А.Н. Вторушина, М.В. Гуляев, М.Э. Гусельников, А.Г. Дашковский, Т.А. Задорожная, В.Н. Извеков, А.Г. Кагиров, К.М. Костырев, В.Ф. Панин, А.М. Плахов, С.В. Романенко – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010. – 236 с.

36.Безопасность в чрезвычайных ситуациях. [Электронный ресурс].
Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс:
https://studme.org/1402041728396/bzhd/bezopasnost_chrezvychaynyh_situatsiyah
(дата обращения: 16.06.2020).

37.СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение (с
Изменением N 1).

Приложение А
Приложение на английском языке
(обязательное)

Раздел 1,2

Development of a scheme for the operation of a system for automatic maintenance of winter roads.

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8EM81	Петров Дмитрий Дмитриевич		

Консультант проф. кафедры:

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

Консультант – лингвист кафедры ОИЯ ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОИЯ ШБИП	Горбатова Татьяна Николаевна			

Proposed solution

In this paper, it is proposed to create a concept of integrated solutions to ensure the accessibility of settlements in the Far North. With the help of unmanned vehicles, a system of automated winter maintenance is being created, and mobile robots will work instead of horses.

The use of an autonomous complex for servicing winter roads (hereinafter referred to as the complex) will help solve the problem of the availability of vehicles, which will ensure a higher level of service for winter roads compared to traditional way (now 4 times a month) [9]. The complex should consist of three units: stationary posts, mobile unit, dispatch service. All control room components may be in village. The mobile part should be made with the possibility of remote control by the operator. In accordance with GOST: “To ensure the safe operation of winter sections, linear road points are organized every 40-50 km (taking into account the short-term rest of drivers and passengers), on every 150 km - road sections” [9].

Stationary posts of the complex must be combined with the existing linear road points of winters roads, having slightly modified for use for the mobile part of the Complex. A separate mobile part is assigned for each segment of the path (40-50 km). In case of failure of one of the mobile parts, it is replaced by the neighboring one. Thus, the overall reliability of the Complex is achieved.

The device of the winter roads is as follows: “The winter roads is arranged when the snow thickness reaches 10 cm, then it is compacted by drag-and-filers. Rolling thick (25 cm and more) layers of snow cover only with drags is difficult, so the snow is first loosened and mixed with ribbed metal rollers mounted on a tractor, after which thermal vibration snow compaction machines are used” [9]. Accordingly, the mobile part of the Complex should have both rollers and thermal vibration equipment. In recent years, precipitation in the form of snow has become abundant, above average, so the mobile part of the Complex should have a mounted auger snow blower to remove excess snow cover up to 1 meter deep from the roadway, and also snow dump. Such technical solutions currently exist, are mass-produced.

If the task of building strong points on the winter road and the snow removal equipment used are currently existing solutions, and the task of converting such equipment to unmanned one is solved by many Russian and foreign development teams, then the main task in the design of the Complex is the creation of a navigation system and the exact positioning of mobile robots on the winter roads when driving offline. Rough, accurate to tens of meters, positioning and orientation to the cardinal directions of the mobile part is able to provide GPS / GLONASS module. For more accurate positioning, additional technology will be needed, using technical vision, radars, lidars.

Literature Review

In literary sources, many authors state the facts of large errors in satellite positioning systems in northern latitudes: “in some cases, natural disasters and variations in space and atmospheric factors can cause problems in receiving navigation signals from high-orbit satellites. This is especially true in the Arctic, where space weather determines the influence of the polar ionosphere on the transionospheric propagation of radio signals from GPS / GLONASS satellite systems ”[10],“ many active satellite systems in inclined orbits within 45-50 ° are not global, this requires satellites with large tilts of the orbits. It is proved that in order for the communication system to be global with finite throughput, it is necessary to use forty-eight low-orbit satellites in four to eight planes ”[11].

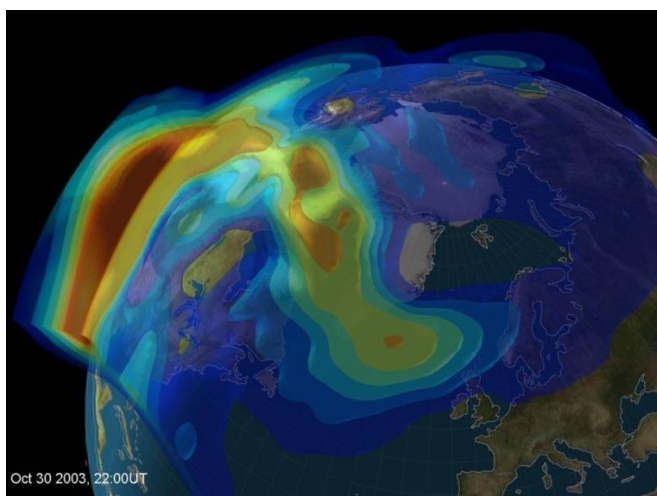


Figure 5 - Gradient ionospheric activity

Thus, for use in unmanned vehicles for equipping winter roads, a satellite navigation system, due to the peculiarities of their use in the Far North, is suitable only as an auxiliary one, for rough positioning and orientation to the cardinal points. The use of inertial navigation systems could provide a more accurate positioning, provided that they are regularly corrected according to ground, fixed landmarks. Such landmarks can serve as folds of the terrain, relief, detached buildings, but in tundra conditions it is difficult to find landmarks on the terrain. Also, it is not worth counting on recognizing the edge of the winter roads with technical vision, since in conditions of strong winds such a landmark disappears in one to two hours, an additional source of information about the exact position relative to the road surface is needed. Specially set landmarks needed - markers [12].

Ground tags, analysis of existing solutions

There are many types and forms of ground marks - fiducial markers. They are mainly used for unmanned aerial vehicles to indicate landing sites, or to adjust course, but they are also used to indicate capture points for manipulators, both land and underwater. Variations of application are wide enough [13], [14].

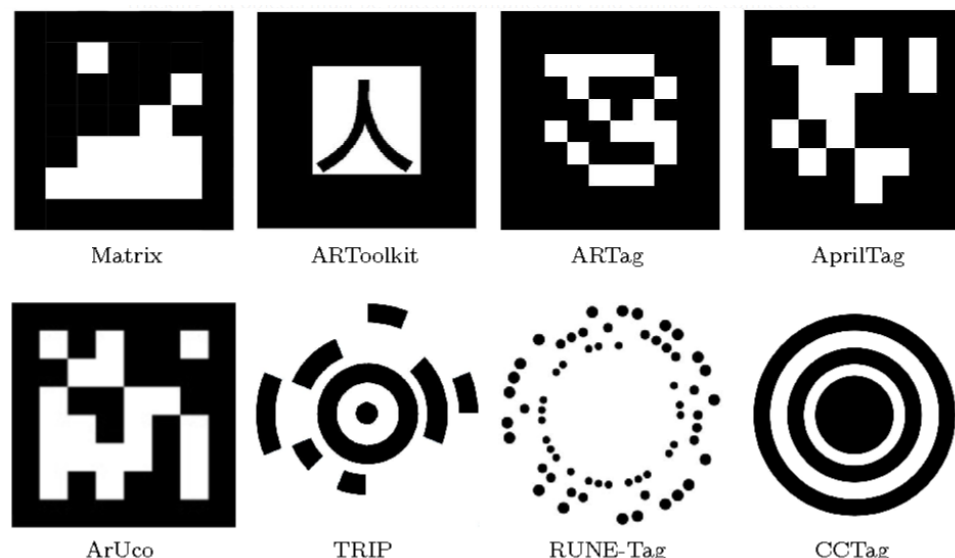


Figure 6 - Types and forms of fiducial markers

Square markers have a black border that can be easily identified on the vast majority of backgrounds, a binary code is applied inside the borders, through which

information is read from such a label. Such tags are recognized using small computing power, and are resistant to advanced transformations. Implementation of the use of markers worked out:

- There are ready-made libraries ROS, OpenCV;
- have detailed documentation and regular support;
- also easy to customize.

The label recognition process is quite simple:

1. Detection of candidate markers;
2. Analysis of the image in order to search for square shapes that are candidates for markers;
3. The selection of contours,
4. Extracting contours,
5. Finding rectangular contours,
6. Removing too small or too large contours
7. Analysis of the content of each marker:
 - 7.1 Identification of coding bits;
 - 7.2 Perspective transformation;
 - 7.3. Binarization;
 - 7.4. Splitting the image into bits (grid);
 - 7.5. Definition of b / w in each bit;
8. Determination of the affiliation of the obtained candidate grid to existing patterns (dictionaries).

In the patent system of the Russian Federation, there is a development “System for determining the location of a vehicle on the way”: “The invention relates to the field of traffic control systems for road vehicles and can be used by car owners to obtain information about the location of the vehicle, as well as additional information necessary for driving a vehicle and its traffic safety” [14]. Recognition of information from such a tag occurs using ready-made programs for reading QR

codes. The same way code is generated.

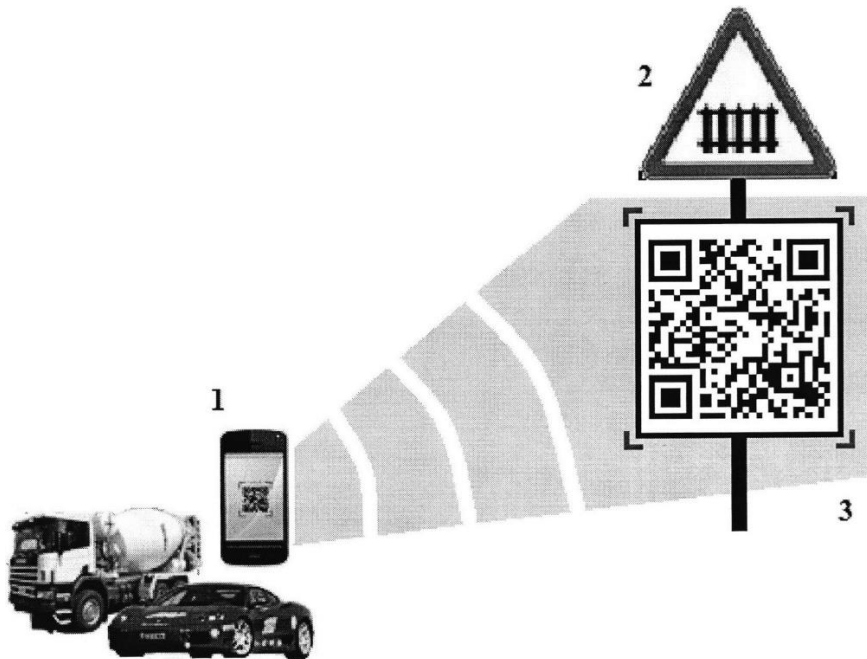


Figure 7 - Vehicle Location System

All the considered options for ground tags, in my opinion, are not suitable for use in the Far North, for the following reasons:

- have a flat shape, which increases the sailing mark, with strong winds, the mark may lose the necessary orientation or will not be able to resist;
- on a flat image, snow / ice can stick, thereby blocking even if not the entire plane, but only a few bits of information, which will make reading the code impossible;
- the manufacture of such marks will require the use of fairly complex wide-format printing devices with special inks.

Suggested form-factor of marker

In accordance with the draft GOST, “the winter road is indicated by orienting the driver in conditions of reduced visibility by road signal milestones at a distance of 50 to 70 cm from the edge, indicating the width of the winter road every 70-100 m. The distance between the road milestones can be adjusted by agreement with the customer. In tundra regions, where strong snowstorms and snowstorms are often observed, they provide for the installation of milestones every 25–50 m. Traffic signs

are additionally installed on ice crossings, which determine the carrying capacity of the crossings and the conditions of its operation (hours of operation, vehicle speed and distance between them). ” [9].

Computer vision systems can recognize the milestones indicated in the draft GOST and, according to them, correct their location with sufficient accuracy for the construction of winter roads. If cylindrical markers with horizontal stripes were added to these milestones, unmanned vehicles could not only adjust their own location, but also build an accurate route of movement.

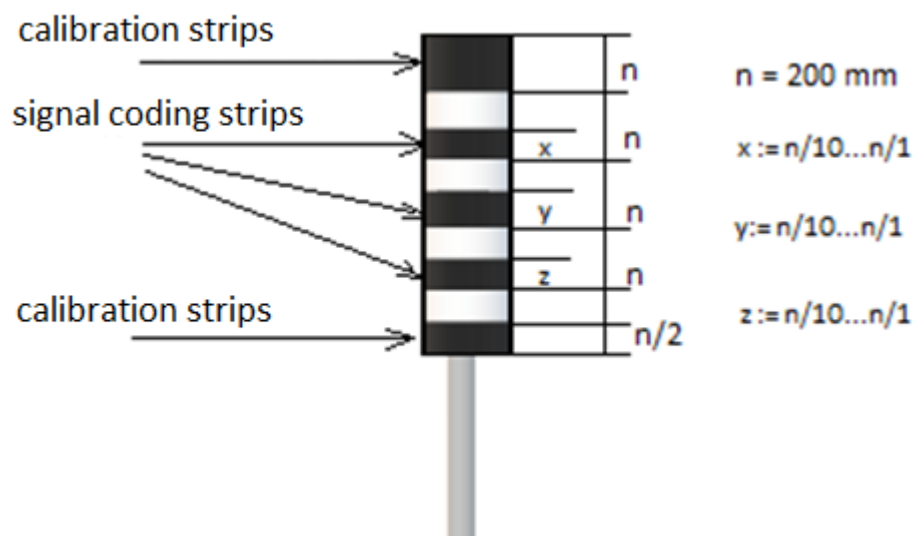


Figure 8 - Milestone marker

One of the marker options is shown in Figure 8. The marker has a cylindrical shape, with a diameter of 200 mm., and a height of 1000 mm. Horizontal stripes are applied to the marker along the entire circumference of the cylinder, thus ensuring high reliability of reading information from the marker. High reliability of reading is achieved by eliminating the problem of snow / ice sticking, as this usually happens on one side, and information can be read on any other side. Also, the cylindrical shape has low windage, a milestone with a tag will be stable.

Band sizes are as follows:

- upper strip high $n = 200$ mm.;
- the next three bands have a height in accordance with the encoded digit, the height of the strip x is calculated by the formula $x = n / X (1)$, where X is the encoded number;

- the lower strip is equal to half the upper - 100 mm., this is done to check the vertical orientation of the mark, respectively, to check the bit sequence of the encoded number;
- there is a white clearance between the stripes.

And also, it is quite simple to measure the distance from the camera on board the mobile robot to the milestone, by using the method of measuring the distance to the object from the angular size of the object, and in this case the angular size in pixels of a special calibration strip software-defined on a milestone, which has been used in artillery. The distance is calculated using the following formula (2):

$$S = L * K / (W/x - 1 + K), \quad (2)$$

где

S – the required distance to the object, m;

L – calibration strip height, m;

W – pixel length of calibration strip;

x – the coordinate of the object in the image;

K – camera tilt coefficient is calculated as the ratio of the height of the upper band to the height of the lower band, measured in pixels.



Figure 9 - An example of installing a marker on a winter road

In addition, digital code marks formed by horizontal stripes are read using the camera. This makes it easy and simple to work with the system in difficult weather conditions. The number of encoded digits can be increased. The code, in turn, corresponds to the cell index in a special database collected for this section of the winter road. The cell contains data: angular and linear velocity, latitude, longitude, azimuth, longitudinal and transverse roll, and it is also possible to obtain data if necessary, throttle opening degree, steering angle, in the case of the use of a mobile robot of automobile type. Data in such a database is collected and filled in during the initial installation of the winter road. Such a database should be accessible to every interested person.

Приложение Б

Листинг программы распознавания метки

```
import numpy as np
import os
import sys
import tensorflow.compat.v1 as tf
import cv2
from collections import defaultdict
import time
from datetime import datetime
import imutils

PATH_TO_MODEL = "./frozen_inference_graph.pb"
PATH_TO_LABELS = "./label_map.pbtxt"
PATH_TO_IMAGES = "./fotki/"

f1h1,f1s1,f1v1 = 0,0,9
f1h2,f1s2,f1v2 = 227,186,255
f1h_min = np.array((f1h1, f1s1, f1v1), np.uint8)
f1h_max = np.array((f1h2, f1s2, f1v2), np.uint8)
f2h1,f2s1,f2v1 = 0,0,0
f2h2,f2s2,f2v2 = 180,180,180
f2h_min = np.array((f2h1, f2s1, f2v1), np.uint8)
f2h_max = np.array((f2h2, f2s2, f2v2), np.uint8)

def getlistoffiles(path):
    # print(os.listdir('./'+path))
    files = [f for f in os.listdir(path) if f[-4:]==" .png"]
    files.sort()
    print(files)
    return files
```

```

def getimages(path,listoffile,quantity,newshape=(480, 854), startpoint=0):
    images = []
    for i in range(quantity):
        print(str(i)+" "+listoffile[i+startpoint],end=" ")
        print(cv2.resize(cv2.imread("./"+path+"/"+listoffile[i+startpoint]),
newshape).shape,end=" ")
        images.append(cv2.resize(cv2.imread("./"+path+"/"+listoffile[i+startpoint]), newshape))
        print("done")
    images = np.array(images)
    return(images)
if __name__ == '__main__':
    def nothing(*arg):
        pass
def crop_minAreaRect(img, rect):
    angle = rect[2]
    if (angle<-45):
        angle = -(-90-angle)
        (x1,y1),(x2,y2),an = rect
        rect = ((x1,y1),(y2,x2),an)
    h,w = img.shape[0], img.shape[1]
    (cX, cY) = (w // 2, h // 2)
    M = cv2.getRotationMatrix2D((w/2,h/2),angle,1.0)
    cos = np.abs(M[0, 0])
    sin = np.abs(M[0, 1])
    nW = int((h * sin) + (w * cos))
    nH = int((h * cos) + (w * sin))
    M[0, 2] += (nW / 2) - cX
    M[1, 2] += (nH / 2) - cY
    img_rot = cv2.warpAffine(img,M,(nW,nH))
    rect0 = (rect[0], rect[1], 0.0)
    box = cv2.boxPoints(rect0)
    pts = np.int0(cv2.transform(np.array([box]), M))
    pts = np.int0(cv2.transform(np.array([box]), M))

```

```

pts[pts < 0] = 0
    img_crop = img_rot[pts[0][1][1]:pts[0][0][1],pts[0][1][0]:pts[0][2][0]]
    return img_crop
def frombwtorrgb(img):
    rgb = []
    rgb.append(img)
    rgb.append(img)
    rgb.append(img)
    img = np.array(rgb).transpose(1,2,0).copy()
    return img
def getdatafrline(img):
    img = img[:,int(img.shape[1]/2-img.shape[1]/85):int(img.shape[1]/2+img.shape[1]/85)]
    width = img.shape[1]
    if (img.shape[1]<1 or img.shape[0]<10):
        return None
    summ = img[:,0]
    for i in range(img.shape[1]-1):
        summ = summ+img[:,i+1]
    st = 0
    ko = len(summ)-1
    while(summ[st]<127 and st<ko):
        st = st+1
    while (summ[ko]<127 and ko>0):
        ko = ko-1
    for i in range(st,ko):
        if summ[i]<127:
            summ[i] = 0
        else:
            summ[i] = 1
    summ = summ[st:ko]
    lentsblack = []

```

```

lenthshite = []
i=0
if (len(summ)<20):
    return None
while i!=len(summ)-1:
    temp1 = 0
    temp2 = 0
    if summ[i] == 1:
        while (summ[i]!=0 and i!=len(summ)-1):
            i = i+1
            temp1 = temp1+1
            lentsblack.append(temp1)
    if summ[i] == 0:
        while (summ[i]!=1 and i!=len(summ)-1):
            i = i+1
            temp2 = temp2+1
            lenthshite.append(temp2)
if len(lentsblack)!=5 or len(lenthshite)!=4:
    return None
koef = lentsblack[0]/(lentsblack[4]*2)
ema = [0.95, 0.98, 1.18]
eba = [1.18, 0.98, 0.95]
prest = []
for i in range(3):
    if (lentsblack[0]>lentsblack[4]*2):
        prest.append((lentsblack[i+1]*(koef/eba[i]))/lentsblack[0]*10)
    else:
        prest.append((lentsblack[i+1]*(koef/ema[i]))/lentsblack[0]*10)
return(len(summ),lentsblack,lenthshite,prest)

detection_graph = tf.Graph()
with detection_graph.as_default():

```

```

od_graph_def = tf.GraphDef()
with tf.gfile.GFile(PATH_TO_MODEL, 'rb') as fid:
    serialized_graph = fid.read()
    od_graph_def.ParseFromString(serialized_graph)
    tf.import_graph_def(od_graph_def, name='')

filelist = getlistoffiles(PATH_TO_IMAGES)
virez2 = cv2.imread(PATH_TO_IMAGES+filelist[0])
with detection_graph.as_default():
    with tf.Session(graph=detection_graph) as sess:
        while(1):
            for i in range(len(filelist)):
                fpstime = datetime.now()
                print(PATH_TO_IMAGES+filelist[i])
                image_np = cv2.imread(PATH_TO_IMAGES+filelist[i])
                print(i)
                shapey,shapex,_ = image_np.shape
                image_np_expanded = np.expand_dims(image_np, axis=0)
                image_tensor =
detection_graph.get_tensor_by_name('image_tensor:0')
                boxes = detection_graph.get_tensor_by_name('detection_boxes:0')
                scores = detection_graph.get_tensor_by_name('detection_scores:0')
                starttime = datetime.now()
                (boxes, scores) = sess.run([boxes, scores], feed_dict={image_tensor:
image_np_expanded})
                scorelist = list(scores[0])
                maxscore =max(scorelist)

                maxindex = scorelist.index(maxscore)
                temp = boxes[0][maxindex]

                if maxscore>0.60:
                    y1,x1,y2,x2 = temp
                    y1,x1,y2,x2 = y1*0.9,x1*0.9,y2*1.1,x2*1.1

```

```

virez2 =
image_np[int(y1*shapey):int(y2*shapey),int(x1*shapex):int(x2*shapex)]
originalshape = virez2.shape
virez2 = cv2.resize (virez2, (100*3, 200*3))
cv2.rectangle(image_np, (int(shapex*x1),int(shapey*y1)),
(int(shapex*x2),int(shapey*y2)), (0, 255, 255), 2)

vircop =virez2.copy()
smooth = cv2.bilateralFilter(vircop, 10, 75, 75)
hsv = cv2.cvtColor(smooth, cv2.COLOR_BGR2HSV )
filtered1 = cv2.inRange(hsv, f1h_min, f1h_max)
filtered2 = cv2.inRange(hsv, f2h_min, f2h_max)
edged = cv2.Canny(filtered1, 255, 255)
cnts = cv2.findContours(edged.copy(), cv2.RETR_TREE,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

cnts = imutils.grab_contours(cnts)
cnts = sorted(cnts, key = cv2.contourArea, reverse = True)[:10]
edged = frombwtorrgb(edged)
filtered1 = frombwtorrgb(filtered1)
if len(cnts)>2:
    for cnt in cnts:
        rect = cv2.minAreaRect(cnt)
        box = cv2.boxPoints(rect) # поиск четырех вершин
прямоугольника

        box = np.int0(box) # округление координат
        # print(box.shape)
        cv2.drawContours(edged,[box],0,(255,0,255),2) #
    else:
        for cnt in cnts:
            rect = cv2.minAreaRect(cnt)
            box = cv2.boxPoints(rect) # поиск четырех вершин
прямоугольника

            box = np.int0(box) # округление координат
            # print(box.shape)

```


рисуем прямоугольник

```
cv2.drawContours( edged, [box], 0, (255, 0, 255), 2) #

cropped = crop_minAreaRect( filtered2, rect)

try:
    hight, _, _code = getdatafrline( cropped)
except TypeError:
    pass

try:
    cropped = cv2.resize( cropped, (100*3, 200*3))
    cropped = frombwtorrgb( cropped)
    backup = cropped
except Exception:
    pass

font = cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX
image_np = cv2.putText( image_np, str( code[0]*100//1/100),
( int( x1*shapex), int( y1*shapey-55)), font, 0.7, (0, 0, 255), 1, cv2.LINE_AA)
image_np = cv2.putText( image_np, str( code[1]*100//1/100),
( int( x1*shapex), int( y1*shapey-30)), font, 0.7, (0, 0, 255), 1, cv2.LINE_AA)
image_np = cv2.putText( image_np, str( code[2]*100//1/100),
( int( x1*shapex), int( y1*shapey-5)), font, 0.7, (0, 0, 255), 1, cv2.LINE_AA)
image_np = cv2.resize( image_np, (100*3, 200*3))
print( orriginalshape[0]*hight/(200*3))

try:
    stack =
np.concatenate( (image_np, vircop, filtered1, edged, cropped), axis =1)
except Exception:
    stack =
np.concatenate( (image_np, vircop, filtered1, edged, backup), axis =1)

cv2.imshow( "done", stack)

cv2.imwrite( "./rendered/" +str( i//1000) +str( i//100%10) +str( i//10%10) +str( i%10) +".jpg", stack)

key = cv2.waitKey(10)
```

Приложение В

Разработка мобильного робота на гусеничной платформе

Целью работы является разработка мобильной гусеничной платформы (далее тележка) для учебных/лабораторных занятий школьников и студентов.

Основная часть

Конструкция тележки с дифференциальным приводом, позволяет решать одну из базовых задач мобильной робототехники: преобразование необходимых линейной и угловой целевых скоростей тележки в команды, подаваемые на двигатели, которые будут вращать левую и правую гусеницы разрабатываемой тележки[1].

Исходные требования к тележке, вытекающих из учебных задач, имеют следующие параметры:

- размеры не более: 450 мм в ширину и 550 мм в длину;
- собственный вес не более 8 кг;
- диаметр ведущей звездочки – 80 мм.;
- гусеничный движитель резинометаллический.

Электропривод должен обеспечивать максимальную поступательную скорость передвижения тележки в «полевом режиме» – 2 м/сек.

Управляющее ПО должно обеспечивать и автономное управление и ручное управление по бортовым средствам связи.

Конструкция гусеничной тележки представлена на рисунке 1.

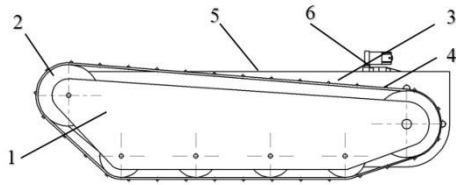


Рисунок 1. - Схема гусеничной тележки

Гусеничная тележка состоит из следующих основных частей: 1 – корпус, 2 – ведущий каток, 3 – гусеница, 4 – ведомый каток, 5 – система автоматического управления электроприводами тележки, 6 – батареи питания.

Гусеничная тележка перемещается за счет сил сцепления, возникающих между опорной поверхностью (грунтом) и гусеничным движителем. Гусеничный движитель изготовлен из ковра диэлектрического (ГОСТ 4997-75) с продольным тиснением, которое нарезается поперек тиснения на полосы нужной ширины, в данном случае 60 мм, и скрепляется по узкой части проволоочными кольцами. Таким образом продольное тиснение образует грунтозацепы. Ведущий и ведомый катки выполнены путем 3D-печати. Ведущий каток соединен посредством редуктора с двигателем постоянного тока. Проскальзывание между ведущими катками и гусеницей отсутствует, поэтому угловые скорости вращения катков (ведущих и ведомых) равны, что очень важно для реализации алгоритмов перемещения[2].

Выбор электропривода обусловлен одним из вариантов применения – снегоочистки небольших участков. В соответствии с ГОСТ Р 53613-2009 плотность свежавыпавшего снега изменяется в пределах от 70 до 150 кг/м³., а плотность слежавшегося снега изменяется в пределах от 200 до 400 кг/м³. Примем максимальную плотность свежавыпавшего снега за рабочую. Для расчета общего веса необходимо рассчитать объем призмы волочения, образующийся перед отвалом снегоочистителя при невысокой скорости движения.

Формирование призмы волочения сильно зависит от геометрической формы отвала. Для упрощения задачи примем за геометрическую форму призмы волочения с размерами, м.: 0,5x0,1x1. Где ширина 0,5 м соответствует ширине отвала, высота 0,1 м соответствует максимальной толщине снежного покрова, пригодного для автоматической уборки[3]. Таким образом объем призмы: $V = 0,05$ кубических метров. Тогда вес призмы волочения составит:

$$p = V * \rho = 0,05 \text{ м}^3 * 150 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 7,5 \text{ кг} \quad (1)$$

Общий вес, принимаемый для расчёта необходимого момента электропривода, составит сумму веса работа и веса призмы волочения:

$$P = 8 \text{ кг} + 7,5 \text{ кг} = 15,5 \text{ кг}.$$

где P общий вес, перемещаемый электроприводом.

Гусеничный движитель обеспечивает высокие сцепные свойства на снежном покрытии, но это оборачивается механическими потерями на вращение гусеницы по сравнению с вращением колеса. Потери, при небольших скоростях, составляют порядка 10 %.

Вращающий момент, который необходим для перемещения тележки и получения ею ускорения, необходимого для достижения максимальной скорости:

$$M = \frac{mgra}{2} \quad (2)$$

где m – перемещаемая масса, r – радиус ведущей звездочки.

$$M = \frac{15,5 \cdot 9,8 \cdot 0,04 \cdot 1}{2} = 3,038 \text{ Нм}$$

где расчетное ускорение:

$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2d} = 2/2 * 1 = 1 \text{ M/c}^2 \quad (3)$$

Учитывая механические потери на вращение гусеницы: $M \approx 3,3 \text{ Нм}$

Исходя из доступности, невысокой стоимости и подходящих параметров был выбран двигатель постоянного тока Denso, применяемый с автомобильной промышленности:

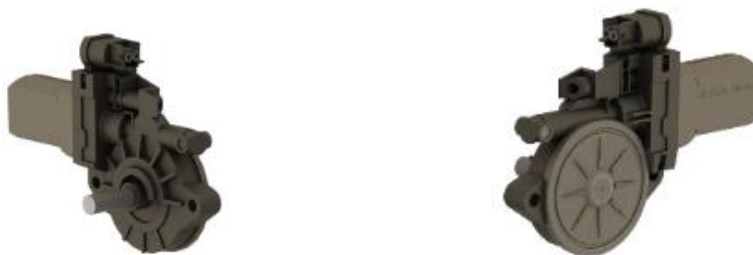


Рисунок 2 - ДПТ Denso (ОЕМ 85110-12A20)

С небольшими доработками (замена оси на более длинную, с возможностью насадки ведущего катка), двигатель практически идеально вписывается в конструкцию тележки по габаритам и способу крепления.

Для тележки возможно применение управления как без обратной связи, так и с обратной связью реализуемой энкодерами на электродвигателях. При необходимости на ДПТ Denso возможна установка датчиков скорости вращения (SR-393) на ось двигателя. Количество тиков (20 тиков) такого простого датчика, в совокупности с передаточным соотношением червячного механизма двигателя даст высокую точность, порядка тысячи тиков на один оборот ведущего катка.

В зависимости от алгоритма перемещения и информации с датчиков система автоматического регулирования формирует управляющие напряжения для электроприводов устройства. Для усиления слабых управляющих сигналов (ШИМ) используются силовые транзисторные ключи

– драйверы двигателей. Для изменения направления вращения двигателя постоянного тока применяют H-мост, с логическим управлением. Двигатели Denso, способны потребить около 20 ампер при пуске, таким образом, им подходит готовый модуль китайского производства полномостовой ШИМ контроллер MOSFET IRF3205, безболезненно пропускающий через себя в пике 30 ампер.



Рисунок 3 - Полномостовой ШИМ контроллер MOSFET IRF3205

В качестве материала для корпуса применяется гладкий листовой алюминий, толщиной 2мм. Материал раскраивается, по 2D-моделям, на фрезерном станке с ЧПУ. Сборка корпуса производится на винтовых соединениях.

Себестоимость тележки, без учета человеко-часов, получается в пределах 8 000 (Восемь тысяч) рублей, что вполне доступно для бюджетных образовательных учреждений.

Заключение

В результате проведенной работы разработана учебная мобильная гусеничная платформа, себестоимостью, не превышающей восемь тысяч рублей. Данная платформа оборудована микроконтроллером семейства Arduino, программное обеспечение позволяет двигаться как автономно, так и

посредством и ручного управления по каналу связи Bluetooth. Но платформа достаточно универсальна, что позволяет применить и другие микроконтроллеры/ микрокомпьютеры, а также оборудовать различными сенсорами для “outdoor”-навигации, в том числе лидарами и камерами технического зрения. Также, в качестве функционального дополнения, создана 3Д модель навесного оборудования для данной платформы, необходимой для очистки снега на небольшом участке.

Список использованных источников

1. В.Э. Карпов, Т.А.Волкова., «Управление роботом при движении по вектору», Лаборатория робототехники и искусственного интеллекта Политехнического музея. 2005 г.
2. Пшихопов В.Х., Медведев М.Ю., Костюков В.А., Гайдук А.Р., Федоренко Р.В., Гуренко Б.В., Крухмалев В.А., Медведева Т.Н. «Проектирование роботов и робототехнических систем»: Учебное пособие – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2014. – 196 с.
3. Е. И. Берестов, И. В. Лесковец, «Методика расчета геометрических параметров призмы волочения на отвале». Вестник Белорусско-Российского университета. 2009. № 2 (23).