

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 (ИШИТР)  
 Направление подготовки -15.04.06 Мехатроника и робототехника  
 Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Система очистки тротуаров в межсезонье

УДК 004.932.72'1:625.734.2:625.768.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8EM01	Чжу Сюйдун		

Руководитель ВКР

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Татьяна Васильевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федоренко Ольга Юрьевна	д.м.н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой ОАР	Филипас А.А	к.т.н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>УК(У)-1</b>	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
<b>УК(У)-2</b>	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
<b>УК(У)-3</b>	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
<b>УК(У)-4</b>	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
<b>УК(У)-5</b>	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
<b>ОПК(У)-1</b>	Способен представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знаний основных положений, законов и методов естественных наук и математики
<b>ОПК(У)-2</b>	Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, интеллектуально правовых, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов и процессов
<b>ОПК(У)-3</b>	Владеет современными информационными технологиями, готовностью применять современные и специализированные средства автоматизированного проектирования и машинной графики при проектировании систем и их отдельных модулей, знать и соблюдать основные требования информационной безопасности
<b>ОПК(У)-4</b>	Готов собирать, обрабатывать, анализировать и

	систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии в своей профессиональной деятельности
<b>ОПК(У)-5</b>	Способен использовать методы современной экономической теории при оценке эффективности разрабатываемых и исследуемых систем и устройств, а также результатов своей профессиональной деятельности
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Способен осуществлять анализ научно-технической информации, обобщать отечественный и зарубежный опыт в области мехатроники и робототехники, средств автоматизации и управления, проводить патентный поиск
<b>ПК(У)-2</b>	Способен разрабатывать методики проведения экспериментов и проводить эксперименты на действующих макетах и образцах мехатронных и робототехнических систем и их подсистем, обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств
<b>ПК(У)-3</b>	Способен использовать методы современной экономической теории при оценке эффективности разрабатываемых и исследуемых систем и устройств, а также результатов своей профессиональной деятельности
<b>ПК(У)-4</b>	Готов использовать на практике приобретенные умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, выполняемых малыми группами исполнителей

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 (ИШИТР)  
 Направление подготовки -15.04.06 Мехатроника и робототехника  
 Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

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

В форме:

<b>магистерской диссертации</b> (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)
---

Студенту:

Группа	ФИО
8EM01	Чжу Сюдун

Тема работы:

Система очистки тротуаров в межсезонье	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ № 47-6/с от 16.02.2022 г

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.06.2022
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом данного исследования является робот для уборки снега, который может распознавать пешеходов на зимних дорогах. Робот, который распознает пешеходов на основе технологии компьютерного зрения.</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <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"> <li>1. Анализ и обзор работ на тему снегоуборочной техники на рынке;</li> <li>2. Анализ и обзор работ ученых из разных стран на тему льда и снега;</li> <li>3. Постройте 3D-модель робота;</li> <li>4. Разработка системы распознавания пешеходов HOG+SVM;</li> <li>5. Тест на хорошо обученное распознавание пешеходов.</li> </ol>
--	--

<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Принципиальная схема модели робота. Алгоритм распознавания пешеходов.</p>
--	--

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСГН ШБИП, к.э.н., Былкова Татьяна Васильевна
Социальная ответственность	Профессор ООД ШБИП, д.м.н., Федоренко Ольга Юрьевна
Раздел на иностранном языке	Старший преподаватель, ОИЯ ШБИП, Пичугова Инна Леонидовна

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

Разделы на русском языке: актуальность; обзор исследований; исследование льда и снега; внедрение алгоритмов; управление финансами, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; социальная ответственность.
Разделы на английском языке: актуальность; реализация алгоритм.

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	20.02.2022
---	------------

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

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Тырышкин А.В.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8EM01	Чжу Сюдун		

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 (ИШИТР)  
 Направление подготовки (специальность) - 15.04.06 Мехатроника и робототехника  
 Уровень образования- Магистратура  
 Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники  
 Период выполнения \_\_\_\_\_ (осенний / весенний семестр 2021 /2022 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: 18.06.2022

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
22.04.2022	Аналитическая часть	25
31.05.2022	Практическая часть	30
06.06.2022	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
07.06.2022	Социальная ответственность	15
08.06.2022	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
Заведующий кафедрой ОАР	Филипас А.А	к.т.н. доцент		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8EM01	Чжу Сюдун

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОАР</b>
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	15.03.06 Мехатроника и робототехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней рыночной стоимости. Оклады в соответствии с окладами сотрудников организации
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	30% районный коэффициент
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	30% отчисления в социальные внебюджетные фонды

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

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Провести предпроектный анализ
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Представить Устав научного проекта магистерской работы
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Разработать план управления НТИ
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Расчитать сравнительную эффективность исследования

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

1. <i>Сегментирование рынка</i>
2. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
3. <i>Матрица SWOT</i>
4. <i>График проведения и бюджет НТИ</i>
5. <i>Оценка ресурсной, финансовой эффективности НТИ</i>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8EM01	Чжу Сюдун		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
8EM01		Чжу Сюдун	
Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	15.03.06 Мехатроника и робототехника

Тема ВКР:

**Дорожная противообледенительная система на основе датчика зрения**

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

**Введение**

-Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.  
-Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации

Объектом исследования является мобильный робот, используемый для уборки снега.  
Рабочее место для роботов: компьютерные столы.  
Рабочая зона: Лаборатория  
Размер номера: 5,45\*6 м  
Количество и название оборудования в рабочей зоне: рабочий компьютер, робот  
Отопление – радиаторные батареи 2 шт  
вентиляция отсутствует  
Освещение – 6 потолочных светильников с зеркальными решетками, внутри каждого светильника по 4 лампы  
Рабочий процесс, связанный с объектом исследования, выполняемый в рабочей зоне: конструкция механизма торможения и ходьбы робота управляется с рабочего компьютера.  
Технический процесс включает в себя: разработку робота, расчет, анализ льда и снега

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

**1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:**

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

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ;
2. ГОСТ 12.03.003–2015 ССБТ Опасные и вредные производственные факторы. Классификация;
3. ГОСТ 12.4.011–89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация;
4. ТОИ Р-45-084-01 Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере;
5. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования;
6. ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности;
7. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки;
8. ГОСТ 26522-85 Короткие замыкания в электроустановках;
9. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования;
10. Сп 52.13330.2016 естественное и искусственное освещение
11. СНиП 23-05- 95\*естественное и искусственное освещение



	12. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». 13. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда
<b>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</b> - Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов - Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора	<b>Вредные факторы:</b> 1. Повышенный уровень шума; 2. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; 3. Аномальные микроклиматические параметры воздушной среды; 4. Перенапряжение зрительного анализатора; 5. Фиксированные детали, которые режут, прокалывают и разбивают твердые предметы; <b>Опасные факторы:</b> 1. короткое замыкание; 2. статическое электричество. Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: Защитная одежда, перчатки, беруши, наушники, нескользящая обувь и перчатки с защитой от замерзания. Расчет: расчет системы искусственного освещения
<b>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения:</b>	Воздействие на жилые районы: шум во время механических работ Негативное воздействие на литосферу при утилизации компонентов персональных компьютеров. Воздействие на селитебную зону: Шум во время механических работ Негативное воздействие на литосферу происходит при утилизации компьютера и периферийных устройств (принтеры, МФУ, веб-камеры), люминесцентных ламп, аккумуляторов, электронных компонентов в роботах, макулатуры Воздействие на гидросферу и атмосферу не выявлено
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения:</b>	<b>Возможные ЧС:</b> Стихийные бедствия (наводнения, ураганы и т.д.); геологические последствия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы и т.д.); Технические аварии (отказ системы безопасности, техническая неисправность тормозов, пожар) <b>Наиболее типичная ЧС:</b> Электронные компоненты закорочены или отсоединены, а батарея горит на рабочем месте.
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федоренко Ольга Юрьевна	Д.М.Н.,		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ01	Чжу Сюдун		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 101 с., 28 рис., 33 табл., 41 источников, 1 прил.

Ключевые слова: РОБОТ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, МАШИННОЕ ЗРЕНИЕ, УДАЕНИЕ ЛЬДА, ПЕШЕХОДЫ.

Объект исследования основан на персональных компьютерах, моделировании SOLIDWORKS и технологии распознавания пешеходов HOG+SVM, которая применяется для проектирования моделей снегоуборочных роботов и систем распознавания пешеходов.

Цель этой работы основана на использовании снегоуборочных роботов для уборки снега и льда, а также на использовании технологии механического зрения для определения наличия пешеходов на дороге.

В процессе исследования была разработана модель робота для уборки снега; был изложен принцип работы робота; был разработан код распознавания пешеходов; был проведен тест распознавания пешеходов и повышена точность.

В результате исследования была создана система распознавания пешеходов на основе машинного зрения, камер и HOG+SVM. На платформе SOLIDWORKS был смоделирован робот в 3D для определения принципа работы робота и моделирования системы распознавания пешеходов.

Область применения: Робот подходит для городов с долгой зимой и частыми снегопадами и используется в зоне жилых районов.

Значимость работы: Роботы могут улучшить жизнь людей, живущих в северной части земли зимой, снизить вероятность травм.

В будущем планируется реализовать полноразмерного робота для подготовки его серийного производства.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	14
1.Справочная информация по теме и соответствующий анализ .....	15
1.1 Снегоуборочная техника и состояние ее разработки .....	15
1.2 Состояние международных исследований по уборке снега .....	18
1.3 Состояние исследований по уборке снега в Томске .....	20
1.4 Заключение.....	22
2. Анализ снега .....	23
2.1 Анализ снега в Томске .....	23
2.2 Физико-механические свойства льда.....	24
2.2.1 Плотность и классификация снега и льда.....	25
2.2.2 Прочность льда на сжатие и сдвиг.....	26
2.2.3 Коэффициент трения ледяной смеси .....	27
2.3 Заключение.....	28
3.0 дизайн .....	29
3.1 Концепция гусеничного механизма.....	31
3.1.1 Дорожка.....	31
3.1.2 Головка лопаты и противогололедный нож .....	32
3.1.3 Камера и освещение .....	36
3.3 спутниковая навигация.....	38
3.3.1 GPS.....	38
3.4 Распознавание пешеходов .....	40
3.4.1 Структурная схема программы.....	40
3.4.2 HOG+SVM.....	40
3.4.3 предварительная обработка.....	42
3.4.4 Гамма-коррекция.....	42
3.4.4 Вычислить градиентные изображения.....	43
3.4.5 Вычислить гистограмму градиентов в ячейках $8 \times 8$ .....	44
3.4.6 Нормализация блоков $16 \times 16$ : .....	46
3.4.7 Вычислите вектор функции гистограммы.....	46

3.4.8 Нормализуйте веса и генерируйте векторы объектов.....	46
3.4.9 Обучение SVM.....	47
3.5.10 Проводить обнаружение пешеходов .....	48
3.5.11 Результаты .....	48
3.5.12 Заключение .....	50
Заключение.....	51
4. Социальная ответственность .....	51
4.1 Введение .....	51
4.2 Специальные правовые нормы трудового законодательства .....	52
4.3 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	53
4.4 Производственная безопасность .....	54
4.5. Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ.....	55
4.6 Превышение уровня шума.....	61
4.7 Отклонение параметров микроклимата .....	62
4.8 Статическое электричество.....	63
4.9 Короткое замыкание.....	63
4.10 Перенапряжение зрительного анализатора.....	64
4.11 Фиксированные детали.....	64
4.12 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	65
4.13 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	66
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	67
5.1 Предпроектный анализ.....	67
5.2 Инициация проекта.....	76
5.3. Планирование управления научно-техническим проектом .....	77
5.3.1 Контрольные события проекта.....	77
5.3.2 План проекта.....	77
5.3.3. Бюджет научного исследования .....	79
5.4. Оценка сравнительной эффективности исследования .....	82

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ .....	86
Приложение А .....	90

## Введение

Снегопады - обычное явление зимой во всем мире, особенно в некоторых высокогорных районах, где период снегопадов колеблется от 5 до 6 месяцев. Снегопад принес огромные бедствия дорогам, аэропортам и людям, путешествующим по городу, и даже вызвал перебои в движении и частые аварии. Поэтому в Томске уборка снега зимой является важной задачей для служб управления транспортом, таких как аэропорты и автомагистрали, и даже для государственных ведомств.

Существует множество способов удаления снега в стране и за рубежом, таких как механическая уборка снега, таяние снега и уборка снега, а также комплексная уборка снега. Как следует из названия, механическая уборка снега - это метод удаления снега с помощью механического оборудования; таяние снега и уборка снега - это метод таяния снега с использованием тепла или распыления химикатов; комбинированная уборка снега - это комбинация механической уборки снега и уборки снега. Эти три метода уборки снега имеют свои особенности. Механическая уборка снега наиболее широко используется из-за ее высокой эффективности уборки снега, низкой стоимости и отсутствия загрязнения, но она плохо влияет на уборку снега на обледенелых дорогах и дорогах низкого качества. Однако метод таяния и уборки снега на дорогах вызывает загрязнение и коррозию окружающей среды и дорожного покрытия и обычно используется реже. Он в основном используется для частичной уборки снега на обледенелых дорогах и склонах. Видно, что развитие механической уборки снега, разработка роботов для уборки снега и важность популяризации уборки снега являются основными направлениями.

С быстрым экономическим развитием и повышением уровня жизни людей стремление людей к жизни также становится все выше и выше, и они, как правило, стремятся к высококачественным услугам по обеспечению безопасности жизни.

Что касается проблемы уборки снега, то во многих местах по-прежнему используются отсталые методы уборки снега, которые больше не могут

удовлетворять потребности людей. После изучения текущего рынка снегоуборочных машин было обнаружено, что снегоуборочная техника практически не используется в жилых районах, таких как небольшие населенные пункты. Поэтому разработка снегоуборочной машины, подходящей для использования на небольших территориях, может принести большое удобство в жизнь жителей.

Начиная с точки зрения промышленного дизайна, эта тема использует интеллектуальную теорию в качестве руководящего метода, использует небольшие снегоуборочные машины в качестве объекта исследования и внедряет инновационный дизайн продукта посредством сочетания теории и практики. Она надеется оказать значительное влияние на смежные области в будущем.

В этой статье собраны и систематизированы данные о снежном покрове в Томске и конструкции снегоуборочных машин. После получения определенного представления о томской системе уборки снега началась практика проектирования.

## **1.Справочная информация по теме и соответствующий анализ**

### **1.1 Снегоуборочная техника и состояние ее разработки**

В настоящее время, в зависимости от степени снежного покрова и ограничений участка, методы удаления наружного льда и снега включают: искусственную уборку снега, таяние снега и вывоз снега, механическую уборку снега и комплексную уборку снега [1]. Основные методы уборки снега показаны на рисунке 1-1, где рисунок (а) - искусственная уборка снега, рисунок (b) - небольшая снегоуборочная машина для удаления снега, рисунок (с) - большая снегоуборочная машина для удаления снега, а рисунок (d) - таяние снега и уборка снега.



(a)



(b)



(c)



(d)

Рисунок 1.1 Различные методы уборки снега

Ручная уборка снега трудоемка и неэффективна. Это относительно примитивный метод уборки снега; он в основном подходит для небольших районов со средней и слабой снежной погодой, а также подходит для использования, когда снегоуборочные машины не могут работать, например, в районах с неполной уборкой снега и механической уборкой снега; кроме того, для школ и общественных мест, операции по уборке снега вручную имеют большие недостатки. Его высокая трудоемкость и низкая эффективность требуют длительного использования дорожных покрытий, поэтому этот метод не следует использовать при уборке снега на большой площади.

Недостатком методов уборки снега, в которых используются такие методы таяния снега, как тепловая энергия или химические реагенты, является то, что они потребляют много энергии и являются дорогостоящими, а использование тепловой энергии и химических реагентов вызовет коррозию дорожного покрытия и загрязнит окружающую среду [2].



Основными компонентами снеготаяния, используемых при таянии снега и уборке снега, являются хлорид (например, хлорид натрия) и мочеви́на.

Основным применимым объектом таяния снега и уборки снега является новый снегопад, такой как снегопад ранней весной или снегопад вскоре после зимы. В этот период температура выше, а глубина снега недостаточно велика. В настоящее время метод таяния снега и уборки снега обладает очевидным эффектом удаления снега и высокой эффективностью, но его недостатком является то, что он загрязняет дорожное покрытие и окружающую среду, особенно метод таяния снега хлоридом натрия, который вызывает определенную эрозию и повреждение поверхности дороги [3], поэтому этот метод нельзя использовать в течение длительного времени.

Способ использования транспортного средства для разбрызгивания снеготаяния на поверхности снега, чтобы снизить температуру замерзания снега, или непосредственно с использованием пламени и электрического нагрева для непосредственного таяния снега называется таянием снега и уборкой снега [4].

Недостатком методов уборки снега, в которых используются такие методы таяния снега, как тепловая энергия или химические реагенты, является то, что они потребляют много энергии и являются дорогостоящими, а использование тепловой энергии и химических реагентов может вызвать коррозию дорожного покрытия, загрязняя окружающую среду [4]. Основными компонентами снеготаяющих агентов, используемых при таянии снега и уборке снега, являются хлориды (такие как хлорид натрия и т.д.) и мочеви́на и т.д., А тепловая энергия здесь в основном используется для электрического отопления, геотермального тепла и тепла морской воды [5]. Основными применимыми объектами таяния снега и уборки снега являются новые снегопады, такие как снегопады ранней весной или снегопады вскоре после зимы. В этот период температура высокая, а глубина снега недостаточно толстая. В это время эффект удаления снега от таяния снега и уборки снега способ очевиден и эффективность высока, но его недостатком является то, что он загрязняет

дорожное покрытие и окружающую среду, особенно средство для таяния снега из хлорида натрия, которое вызывает определенную эрозию и повреждение поверхности дорожного покрытия [4], поэтому нецелесообразно использовать этот способ для уборки снега для долгое время.

Способ использования механического оборудования для непосредственного воздействия на слой снега для отделения снега от дорожного покрытия для достижения цели уборки снега называется методом механической уборки снега [4]. Поскольку механический метод уборки снега обладает преимуществами высокой эффективности, низкой стоимости и отсутствия загрязнения по сравнению с методом таяния снега, механическая уборка снега в настоящее время широко используется при уборке снега в аэропортах, на автомагистралях и главных улицах [5]. В настоящее время на рынке существует множество способов классификации снегоуборочных машин, которые можно классифицировать в зависимости от формы шасси, сферы применения и различий в принципах уборки снега и методах ходьбы [6]. Хотя механизм уборки снега и способ уборки снега становятся все более и более зрелыми, операция по уборке снега должна быть адаптирована к местным условиям, и различное оборудование для уборки снега должно быть выбрано для разных дорожных условий, разной толщины слоя снега, разных температур и других факторов [6].

## **1.2 Состояние международных исследований по уборке снега**

В настоящее время существует множество типов международной снегоуборочной техники и множество типов классификации.

Например, разное шасси, различия в принципах работы и т.д.

Согласно классификации шасси снегоуборочной машины, его можно разделить на два типа: шасси двойного назначения и специальное шасси [7]. Шасси двойного назначения, как следует из названия, представляет собой снегоуборочное устройство, установленное на грузовике или инженерном

транспортном средстве. Благодаря своим большим размерам и достаточной мощности этот тип снегоочистителя обычно используется для очистки автомобильных дорог, имеет широкий спектр применения и повышает коэффициент использования.

В отличие от этого, специальный снегоочиститель на шасси представляет собой снегоочиститель с отдельным шасси, которое можно перемещать независимо. Этот вид снегоочистителя обычно имеет небольшие размеры, небольшой размер, легкий вес и гибкость. Обычно он используется для уборки снега на небольших площадях.



Рисунок 1.2 Многоцелевое шасси и специальное шасси

По принципу действия снегоуборочного оборудования его можно разделить на три категории: толкающий тип, бросающий тип и щеточный тип [7]. Среди них в основном используется нажимной тип из-за его низкой цены, простой конструкции и хорошей производительности. Спиральный роторный тип имеет высокую скорость удаления и хорошо влияет на очистку уплотненной смеси снега и льда, но конструкция сложная, стоимость высокая, а степень повреждения дорожного покрытия большая. Если он столкнется с препятствием, это приведет к повреждению спирального инструмента.



Рисунок 1.3 толкающий тип

### **1.3 Состояние исследований по уборке снега в Томске**

Как город в России, Томск и раньше разрабатывал снегоуборочную технику. В настоящее время основные методы уборки снега по-прежнему основаны на ручной уборке снега и механической уборке снега, но все еще существуют четыре проблемы со снегоуборочной техникой. :

(1) Высокая стоимость рабочей силы [9].

Зимой в Томске, будь то ручная уборка снега или механическая уборка снега, требуется рабочая сила. Зимой рабочим нужно вставать рано, а снегоуборочные машины начнут убирать снег на дороге в 6 часов. В общине рабочим также нужно вставать рано и приносить лопаты, чтобы убирать снег вручную.

(2) Кузов большой, а скорость низкая, что влияет на дорожное движение

Во время работ по уборке снега снегоуборочные машины будут занимать дорогу и влиять на бесперебойное движение. Размер кузова и скорость операции являются основными факторами. Для улиц города Томска некоторые кузова слишком велики, что затрудняет эксплуатацию и делает их более опасными, и они не подходят для работы на узких дорогах, что занимает слишком много места; под влиянием традиционной концепции уборки снега большая часть снега операции по удалению снега начинаются после

прекращения снегопада. По сравнению с уборкой снега в режиме реального времени работа по удалению уплотненного снега и разрушению льда является более сложной, поэтому скорость работы слишком низкая, что не только снижает эффективность уборки снега, но и влияет на бесперебойное движение транспорта.

(3) Плохая функция предотвращения столкновений и плохая способность защищать дорожное покрытие [10]. Способность снегоуборочной машины избегать дорожных заторов определяет продолжительность ее срока службы. Существуют различные дороги, на которых работают снегоуборочные машины, некоторые из них ровные, а некоторые неровные, и на дорогах с плохим дорожным состоянием будут некоторые препятствия, такие как опавшие листья и гравий.

Если функция предотвращения неисправна, снегоуборочная машина столкнется с дорожным покрытием, особенно при движении по некоторым дорогам с плохими дорожными условиями. С одной стороны, легко повредить снегоуборочную технику и сократить срок ее службы. С другой стороны, снегоуборочная машина обладает плохой способностью защищать дорожное покрытие, что также приведет к повреждению дорожного покрытия.

(4) Неполные типы разновидностей [11].

Существует нехватка небольших и простых в использовании коммунальных снегоуборочных машин. Во многих районах практически нет эффективных средств для уборки снега. Для уборки снега можно использовать только простые инструменты, что неэффективно и неэффективно. В сообществе нет специальных снегоуборочных машин. Как только выпадет сильный снег, это принесет большие неудобства для жизни жителей.

Климат Томска													
Показатель	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Нояб.	Дек.	Год
Абсолютный максимум, °С	3,7	7,1	17,7	26,5	34,4	34,7	37,4	33,8	31,7	25,1	11,6	6,5	37,4
Средний максимум, °С	-13	-10,2	-2,1	7,0	16,4	22,3	24,9	21,4	14,4	5,3	-5	-10,7	6,0
Средняя температура, °С	-17,3	-15,6	-8	1,3	9,5	15,7	18,7	15,4	8,9	1,2	-8,7	-14,8	0,6
Средний минимум, °С	-21,2	-20	-13,2	-3,3	4,0	10,2	13,5	10,8	4,8	-2	-12,1	-18,7	-3,9
Абсолютный минимум, °С	-55	-51,3	-42,4	-31,1	-17,5	-3,5	1,5	-1,6	-8,1	-29,1	-48,3	-50	-55
Норма осадков, мм	36	22	23	31	45	61	69	68	49	54	53	43	554

*Источник: Климат Томска*

Рисунок 1.4 Температура в Томске

Согласно отчету Всемирной организации здравоохранения, более 300 000 человек ежегодно умирают от падений во всем мире, и бесчисленное множество людей получают травмы костей в результате падений. Половина из них - пожилые люди старше 60 лет [12].

В Томске много пожилых людей старше 60 лет. Каждое утро они приходят в супермаркет, чтобы купить овощи и яйца. Дорога по утрам очень опасна, и многим из них нужны костыли или лыжные палки.

Согласно набору данных, около 300 000 человек ежегодно умирают от падений и травм во всем мире. Уровень смертности от этого падения составляет 9,8% в возрасте от 60 до 69 лет, 12,5% в возрасте от 70 до 79 лет и 22,5% в возрасте от 80 до 80 лет, поэтому увеличение его темпов очень велико [13].

Поэтому я считаю, что очень необходимо разработать интеллектуальную снегоуборочную машину для обеспечения безопасности пешеходов.

## 1.4 Заключение

В этой главе в основном излагаются предпосылки и значение выбора темы, текущая ситуация и тенденции исследований и разработок в стране и за рубежом, а также цели и проекты разработки.

В соответствии со срочностью и спецификой уборки снега на городских дорогах зимой цель проекта очень ясна, то есть разработать новый тип снегоуборочной машины, предназначенной для городских дорог.

Справочные материалы обобщают международное состояние развития снегоуборочных машин, а также типы продукции и характеристики современных базовых снегоуборочных машин, а также определяют функции и

проблемы эксплуатации различных снегоуборочных машин. Функционально говоря, из-за интенсивного строительства городских дорог почти все снегоуборочные машины в настоящее время не могут быть должным образом обработаны. С точки зрения производительности все современные снегоуборочные машины, как правило, имеют низкое интеллектуальное предотвращение и безопасность. Как усовершенствовать существующую снегоуборочную машину и улучшить профилактику и безопасность - еще одна сложная проблема.

## 2. Анализ снега

### 2.1 Анализ снега в Томске

Вокруг Томска часто много промышленных зон, но многие выбросы газов и жидкостей из этих промышленных зон будут сливаться со снегом. Это делает снежный покров загрязняющим.

Таблица 2.1 массовые концентрации ЗВ в пробах снега [9].

Место отбора пробы	АЗС	Электроламповый завод	Общежитие №11	ГРЭС-2
pH	8,694	9,159	8,819	7,804
C(Cl <sup>-</sup> ), мг/л	35,7	3,8	8,0	32,9
C(Cu(VI)), мг/л	125,75	97,31	43,93	54,35
C(Cr(VI)), мг/л	12,79	9,92	4,80	9,36
C, (Pb(II)) мг/л	103,5	103,5	103,5	310,5

Полученные значения концентраций ЗВ можно сравнить с установленными нормативами (см. таблица 2)

Таблица 2.2 ПДК загрязняющих веществ [9]

Показатель	ПДК <sub>1</sub> , мг/л	ПДК <sub>2</sub> , мг/л	ПДК <sub>3</sub> , мг/кг
Свинец	0,006	0,01	32,0
Хром	0,00001	0,0005	2,1
Медь	–	1	3,0
Хлорид-ионы	300	350	360

Согласно результатам исследований, состав и количественная оценка снежного покрова могут выражать выбросы производственных объектов. Большое количество отходов скопилось в почве вблизи крупных промышленных предприятий. Поскольку почва представляет собой непротекающую структуру, миграция токсинов окружающей среды из структуры почвы осуществляется по пищевой цепочке.

Поэтому особенно важно вовремя убирать снег.

## 2.2 Физико-механические свойства льда

Выбор методов удаления льда и снега на дорожном покрытии во многом определяется физико-механическими свойствами льда и снега.

Только характеристики снега позволяют выбрать эффективные и разумные методы борьбы с обледенением. Физико-механические свойства льда и снега также определяют работу противогололедной машины. Устойчивость к обледенению, адгезия и потребляемая мощность меняются во время работы. Физические и механические свойства льда и снега сильно меняются в зависимости от температуры почвы [10].

Из-за сложных изменений дорожного покрытия. Такие, как вождение автомобиля, вмешательство влаги и т. д.. Вызывают постоянное изменение дорожного льда и снега. Различные метеорологические воздействия на кристаллическую форму льда и снега Также играет очень большую роль. Поскольку снегопад в России наиболее близок к снегопаду в Китае и Японии, снежно-ледовые условия на дорогах также очень похожи, поэтому в процессе изучения льда и снега мы будем обращаться к исследовательским ресурсам



этих двух стран. Физико-механические свойства льда и снега в основном включают: тип, плотность, коэффициент трения, прочность на сдвиг и прочность на сжатие [12].

### 2.2.1 Плотность и классификация снега и льда

Японская ассоциация льда и снега делит лед и снег на следующие категории на основе исследования дорожного льда и снега. В этой статье выбран один из них

Проведите анализ и исследование. Из таблицы видно, что состояние льда, снега и ледяной пленки пластинчатое, с промежутками и пузырьками в составе. Плотность составляет от 450-900 кг / м. Объекты исследования в данной статье по твердости выше, чем у спрессованного снега. Потому что эта ситуация будет соответствовать ситуации, когда снег в Томске не убирали уже несколько недель.

Таблица 2.3 Анализ плотности [13]

Название	состояние	характеристики	зернистость снега	Плотность(kg/m <sup>3</sup> )	Прочность на сжатие (МПа)
снег	Комковатый	Школы переезжают машины или снег ночью	0,05-0,3 мм в диаметре	450-750	1.960-16.7
Снег и лед	Комковатый	После промерзания толщина снега менее 1 мм.	Кристаллы глазури диаметром 0,05-2 мм и чонсам диаметром 0,1-0,5 мм.	>750	8.83-29.4
Ледяной фильм	Мембранный	Лед на поверхности, снег толщиной менее 1 мм	Диаметр поликристаллического льда и снега 0,1-0,4 мм, с пузырьками 0,01-0,1 мм.		
Смесь ледяной воды	Жидкость	Смеси снега и воды различной формы	Круглые частицы диаметром более 1 мм с содержанием воды 30-50%.	800-900	

Физико-механические свойства льда и снега определяют конструкцию и методы работы противообледенительной машины.

Поскольку лед и снег - это другие формы воды Эволюцию состояния можно получить, рассчитав отношение веса талой воды к объему снега. С формой Плотность льда и снега сильно различается. После экспериментов и статистических данных ученых из многих стран диапазон изменений льда и снега составляет 70,0–900 кг /м<sup>3</sup> Однако ученые из бывшего Советского Союза предложили, чтобы диапазон плотности льда и снега составлял 10–800 кг / м<sup>3</sup>. Данные плохие Разница вызвана различием условий снегопада, форм выпадения осадков и методов измерения. Снегопады в Китае и России и Условия очень похожи, поэтому при отборе данных по льду и снегу используется большое количество данных по льду и снегу, собранных российскими учеными.

Российские ученые измерили плотность льда и снега в различных условиях и сделали следующие выводы:

(1) Чем больше время осаджения снега, тем выше его плотность. Среднемесячный процент увеличения плотности снега и льда.

10% -20%.

(2) Чем глубже залегание льда и снега, тем выше его плотность. Ученые измерили и посчитали снег, накопившийся за два месяца,

Сделаны следующие выводы: при глубине залегания снега 20 см плотность выпавшего снега составляет 300-320 кг / м<sup>3</sup>.

Когда глубина продукта достигает 100-200 см, плотность становится 600-640 кг / м<sup>3</sup>.

(3) Разница в погодных условиях повлияет на структурные характеристики нового снегопада.

(4) Связь между плотностью льда и снега на поверхности дороги и температурой, а также плотностью снега также может быть оценена на основе многолетнего практического опыта.

### **2.2.2 Прочность льда на сжатие и сдвиг**

Прочность на сжатие относится к сопротивлению других объектов, вдавленных в лед и снег или разбитых им, которое выражается максимальным

сопротивлением на единицу площади льда и снега. При проектировании противообледенительной машины прочность на сжатие льда и снега является первым важным параметром, который следует учитывать. При сравнении большого количества справочных материалов по льду и снегу можно увидеть, что прочность на сжатие льда и снега сильно зависит от плотности льда и снега. Когда плотность льда и снега составляет менее  $400 \text{ кг / м}^3$ , прочность на сжатие льда и снега очень мала. Когда плотность льда и снега превышает  $400 \text{ кг / м}^3$ , прочность на сжатие льда и снега резко возрастает по мере увеличения плотности. Методы измерения прочности на сжатие льда и снега в повседневной жизни. Многие, по экспериментальным данным и справочным материалам, получают те или иные значения прочности на сжатие льда и снега.

Таблица 2.4 Прочность льда на сжатие и сдвиг [14]

Типы	плотность( $\text{kg/m}^{-3}$ )	температура/ $^{\circ}\text{C}$		
		-1~-3	-4~-22	<-22
Снежный блок	300-360	2.9-5.9	3.9-6.9	4.9-9.8
	370-440	5.9-10.8	9.8-14.7	11.8-17.7
Плотный зернистый лед и снег	280-350	3.9-6.9	2.9-5.9	4.9-8.8
	308-480	4.9-9.8	3.9-6.9	6.9-9.8
Толстый лед и снег	420-520	7.8-16.7	13.7-21.6	17.7-29.4

### 2.2.3 Коэффициент трения ледяной смеси

Коэффициент трения снега в различных диапазонах плотности напрямую влияет на конструктивные параметры снегоуборочной машины. При проектировании снегоуборочной машины учитывается тяговое усилие снегоуборочной машины при ходьбе, рабочее сопротивление инструмента в процессе уборки снега и сцепление гусеницы с заснеженным дорожным покрытием. При теоретическом расчете этих сил коэффициент трения между

снегом и другими сначала необходимо рассмотреть материалы. Коэффициент трения и плотность между снежным покровом и материалами тесно связаны. Вообще говоря, чем больше плотность снежного покрова, тем меньше коэффициент трения между материалами. Обратитесь к соответствующей литературе [13] , чтобы суммировать взаимосвязь между коэффициентом трения между снегом, сталью и резиной и плотностью снега.

Таблица 2.5 Коэффициент трения [15]

Плотность снега/г/см <sup>2</sup>	коэффициент трения	
	Словарь	Словарь
0.10	0.18	0.20
0.30	0.09	0.20
0.50	0.04	0.10
0.55	0.03	0.05

### 2.3 Заключение

В этой главе в основном обобщены различные физические и механические свойства снежного покрова со ссылкой на данные. В процессе проектирования снегоуборщика конструкция ходового устройства снегоуборщика и устройства для сбора снега основывается на механических характеристиках снега.

Рабочая среда и рабочий объект снегоуборщика также должны быть основаны на российской зиме. температуры Должны преобладать основные существующие формы дорожного снега. Согласно данным, обобщенным в этой главе, при температуре окружающего воздуха от - 4°С до - 38°С при своевременной уборке снега максимальная плотность дорожного снега не превышает 0,5 г/см<sup>3</sup>, а соответствующая максимальная твердость составляет около 120 кгс/см<sup>2</sup>, максимальная прочность на сжатие составляет около 1 МПа, максимальная прочность на сдвиг составляет около 20 кПа, а коэффициенты трения со сталью и резиной составляют 0,05 и 0,1 соответственно. Эти основные параметры снежного покрова имеют большой запас по сравнению с

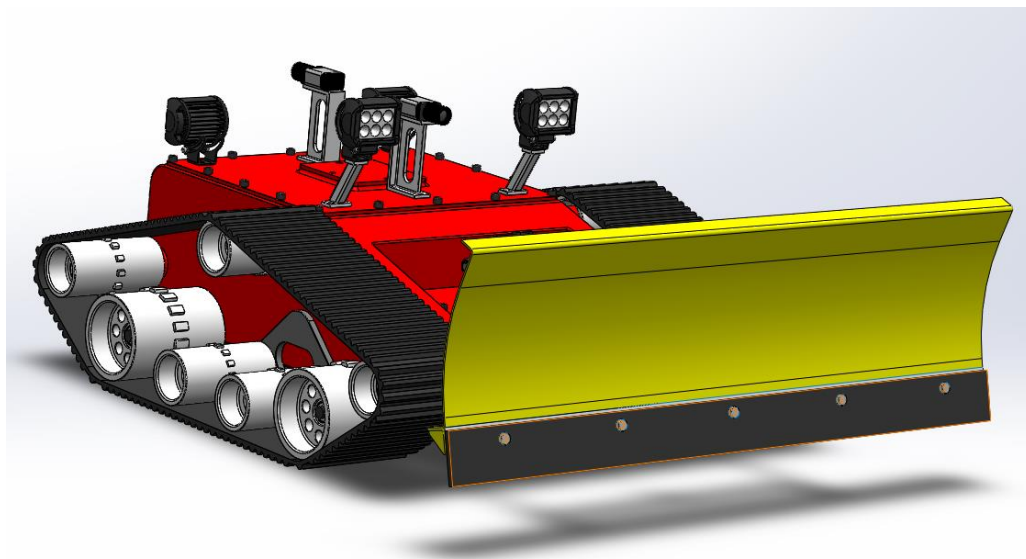
фактическими условиями работы, чтобы гарантировать разумность и надежность конструкции снегоочистителя, и обеспечивают основу данных для конкретной конструкции снегоочистителя в следующих главах.

### 3.0 дизайн

В различных регионах России температура очень низкая круглый год, потому что недалеко от Новосибирска средняя зимняя температура в Томске составляет около  $-22,3$  °С, а экстремально низкая температура ниже  $-40$  °С. Большинство сезонов покрыто снегом, а местная глубина даже превышает 2 метра.

В Томске в последние годы участились морозы ниже минус 40 градусов по Цельсию. Холод, вызванный сильным снежным покровом, делает городской транспорт неудобным, страдают пешеходы, а экономика несет огромные убытки.

Рисунок 3.1 Концептуальная схема



Умный автомобиль включает в себя гусеничный шагающий механизм, толкатель, шасси, 4 прожектора, камеры и датчики, а также генератор и редуктор.

Когда робот для удаления льда и снега работает, головка лопаты удаляет большую часть снега, а затем нож для удаления льда вращается, чтобы разрезать поверхность льда.

Когда робот для удаления льда и снега начинает работать, камера начинает делать снимки с помощью камеры с интервалом в 100 миллисекунд и собирать данные. Затем изображение обрабатывается, объект извлекается с помощью кода и оценивается наличие или отсутствие пешеходов. Наконец, решите, следует ли двигаться вперед или остановиться, исходя из ситуации на данный момент.



Рисунок 3.2 На дороге есть пешеходы



Рисунок 3.3 На дороге нет пешеходов

### 3.1 Концепция гусеничного механизма

Гусеничное колесо – это колесо, специально разработанное для обеспечения транспортных работ в сложных дорожных условиях, и подходит для мест, где обычные машины не могут или не подходят для проезда. Гусеничный конвейер использует гусеничный ход вместо колесного, что уменьшает повреждение земли.

Кроме того, гусеницы предотвращают погружение тяжелых снегоходов в мягкий снег, так же как лыжи и снегоступы распределяют вес человека по большей площади. Гусеницы снегохода также обеспечивают сцепление на скользких поверхностях, таких как снег и лед, где обычные колесные транспортные средства скользят. Широкие и шероховатые протекторы создают трение между снегоходом и поверхностью, что повышает сцепление снегохода [14].



Рисунок 3.4 Российская гусеничная машина ДТ-30П

#### 3.1.1 Дорожка

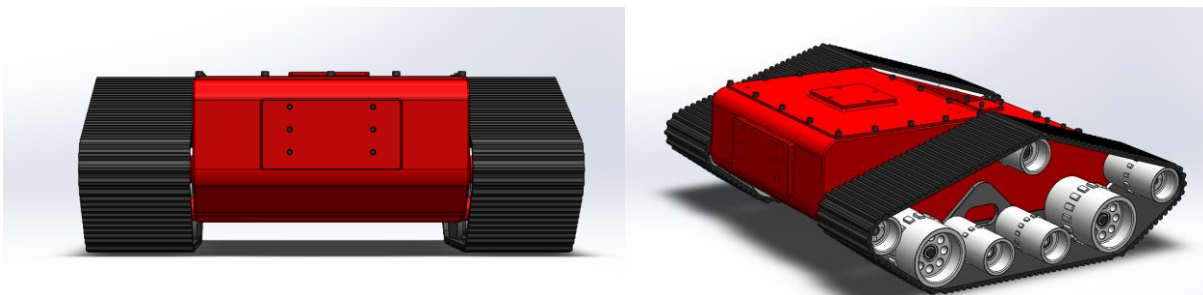


Рисунок 3.5 Дорожка

Гусеничный механизм включает в себя основной корпус шириной 2 метра и высотой 1 метр. Материал гусеницы изготовлен из плоской резины, и каждая гусеница включает в себя 7 внутренних стальных колес, потому что она работает в снежные дни. Из 7 внутренних стальных колес два самых больших активно вращаются, а остальные являются дополнительными ведомыми колесами для поддержания формы колеи.

### 3.1.2 Головка лопаты и противогололедный нож

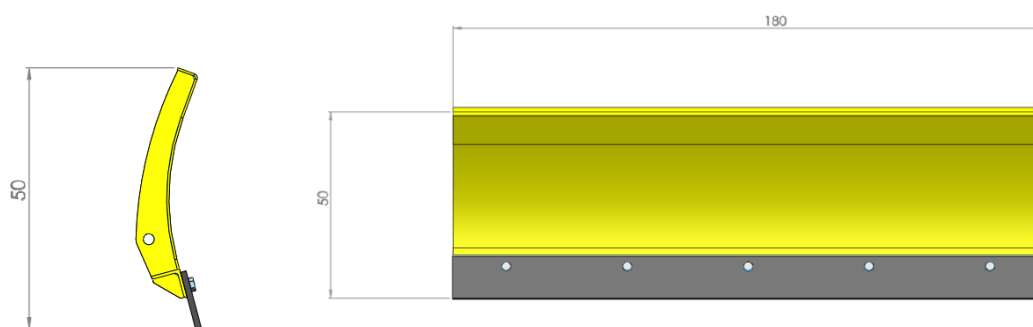


Рисунок 3.6 Головка лопаты

Учитывая необходимость защиты грунта, в том месте, где головка лопаты соприкасается с грунтом, для защиты грунта добавляется резиновый лист. Головка лопаты имеет высоту 50 см и ширину 180 см.

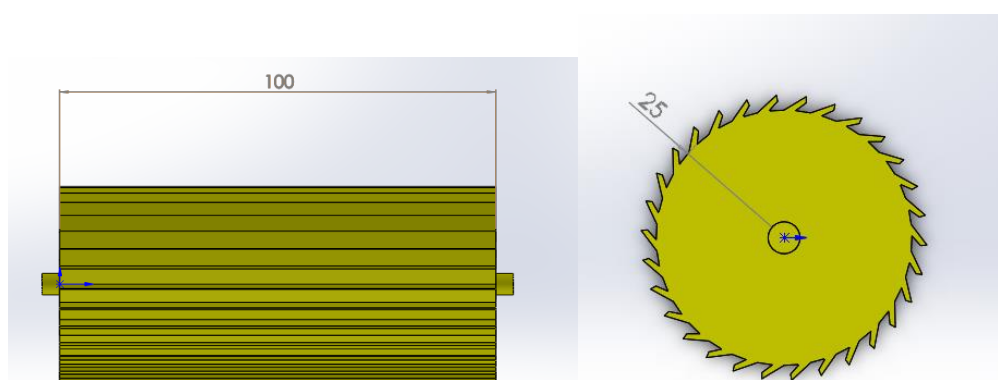


Рисунок 3.7 противогололедный нож

Нож для удаления льда, разработанный в этой статье, имеет диаметр 50 см и длину 100 см. В этой статье выбирается угол инструмента  $\alpha=43^\circ$ ,  $\beta=20^\circ$

Поскольку диапазон углов противогололедного инструмента составляет [0 градусов-90 градусов], в процессе проектирования, поскольку длина всего



противогололедного инструмента составляет 100 см, инструмент будет подвержен ударам и трению между льдом и снегом и инструментом во время работы. Учитывая, что инструмент уязвим для повреждений, инструмент должен быть изготовлен из материалов с высокой ударпрочностью при низких температурах и хорошими сварочными характеристиками. В этой статье в качестве производственного материала выбрана нержавеющая сталь 16Mn.

Если инструмент хочет плавно разрезать уплотненный лед и снег на дорожном покрытии, необходимо выполнить следующие условия [16]:

$$p = \frac{mg}{A} > \sigma_q, \quad (3.1)$$

где  $p$  — Сила сдвига инструмента на льду и снегу на единицу площади, Па

$A$  — Площадь контакта инструмента с дорожным покрытием,  $m^2$  ;

$m$  — Вес оборудования,  $Kg$ ;

$\sigma_q$  — Максимальная прочность на сжатие льда и снега,  $Pa$  ;

Проверка: Согласно приведенным выше исследованиям прочности льда и снега на сжатие 20kPa.

$$p = \frac{mg}{A} = \frac{1500 \times 10}{0.5 \times 1} = 30000 Pa > 20000 Pa, \quad (3.2)$$

Может удовлетворить самые высокие требования к резке.

Это видно из приведенной выше формулы: когда  $p > \sigma_q$ , Доказано, что инструмент обладает достаточной силой сдвига для разрезания замерзшего льда и снега на дорожном покрытии [17].

Доказано, что инструмент обладает достаточной силой сдвига для разрезания замерзшего льда и снега на дорожном покрытии.

Выберите угол установки: 28°

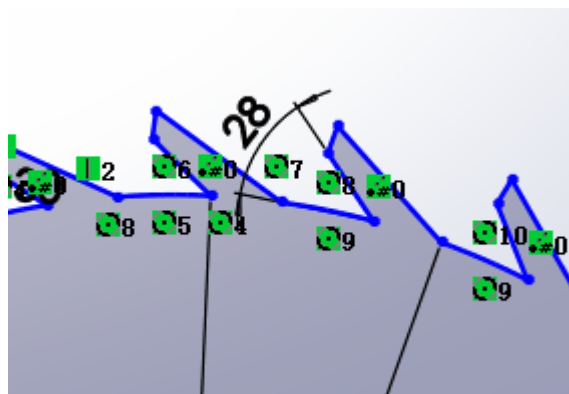


Рисунок 3.8 Угол наклона инструмента

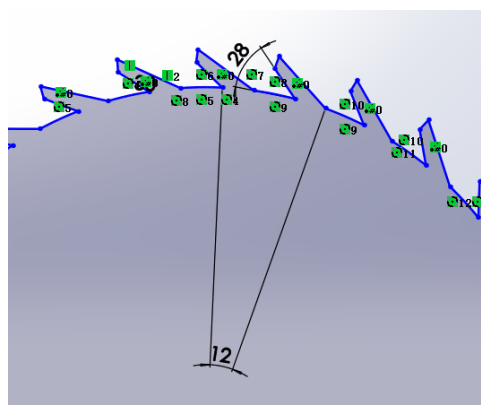
Разность фаз между двумя соседними витками инструмента представляет собой величину угла, расположенного в шахматном порядке между двумя соседними витками инструмента.

При выборе разумного угла  $\varepsilon$ . При работе соседних инструментов, расположенных в шахматном порядке по кругу, сила резания некоторых инструментов на льду и снежном слое дорожного покрытия будет увеличиваться. Противогололедный нож многократно прокатывается в процессе работы. все инструменты на ролике будут работать вместе, и несколько инструментов будут работать вместе, чтобы разбить лед и снег на дорожном покрытии, так что лед и снег удаляются с дорожного покрытия, и достигается эффект противогололедной обработки [18].

Когда значение  $\varepsilon$  слишком мало, иногда оно даже достигает нуля, так что сила резания инструмента по льду и снегу на дороге будет уменьшена, а лед и снег на дороге не будут полностью разрушены, и ожидаемый эффект не будет достигнут.

Эта статья принимает  $\varepsilon=12^\circ$

Рисунок 3.9 Смежные углы



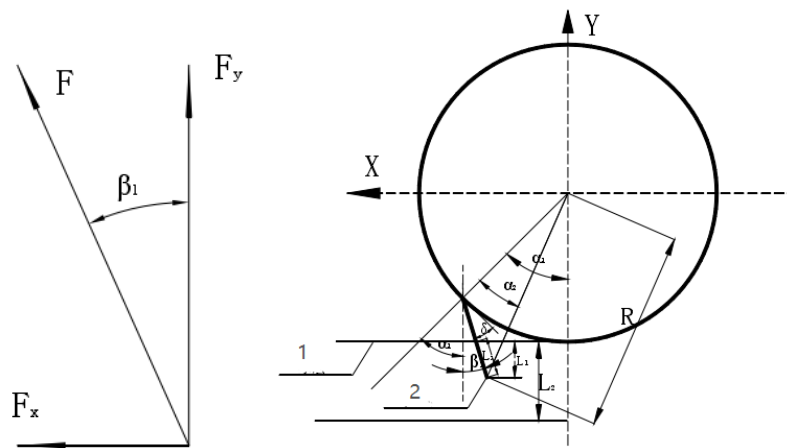


Рисунок 3.10 Стресс на работе, 1. Лед 2. глубина резания

$$L_1 = L_2 - R[1 - \cos(\alpha_1 - \alpha_2)], \quad (3.3)$$

где  $L_1$  — эффективная толщина льда, разрушающего уплотненный лед и снег,  $m$ ;

$L_2$  — Фактическая толщина льда и снега по отдельности,  $m$ ;

$\alpha_1$  — угол;

$\alpha_2$  — Один за другим, центральный угол окружности, соответствующий длине инструмента;

$R$  — радиус,  $m$ ;

Выражение глубины, на которую инструмент вдавливается в лед и снег за одно мгновение, составляет:

$$L_3 = \frac{L_1}{\cos \beta_1}, \quad (3.4)$$

где  $L_3$  — Мгновенная глубина запрессовки инструмента,  $m$ ;

$\beta_1$  — Угол между инструментом и вертикальной плоскостью;

Из приведенной выше формулы можно получить, что выражение глубины мгновенного нажатия инструмента равно:

$$L_3 = \frac{L_1}{\sin(\delta + \alpha_1)} = \frac{L_2 - R[1 - \cos(\alpha_1 - \alpha_2)]}{\sin(\delta + \alpha_1)}, \quad (3.5)$$

где  $b_c$  — Прочность на сжатие льда и снега,  $Pa$  ;

$\alpha$  — Передний угол инструмента;

$\beta$  — Задний угол инструмента;

$b$  — Ширина контакта инструмента,  $m$  ;

$\eta$  — Угол трения во льду и снегу.

В соответствии с приведенным выше анализом снежно-ледовой обстановки на дорожном покрытии, в данной статье рассматриваются :  
 $L_2 = 0.02m - 0.05m$  ,  $b = 0.042m$  ,  $\eta = 30^\circ$  ,  $\alpha = 43^\circ$  ,  $\beta = 20^\circ$  ,  $\delta = 28^\circ$  . Когда уплотненный лед и снег полностью оторвутся от земли, полученный результат расчета будет:

$$F_x = 881.87N \sim 1175.82N$$

$$F_y = 1891.18N \sim 2521.55N$$

$$F_{max} = 36.997.37$$

### 3.1.3 Камера и освещение

Для того чтобы обеспечить лучшие условия съемки, необходимо выбрать осветительное оборудование и камеры.

Таблица 3.1 Описание параметра

датчик	1/3' Sony super HAD CCD	вес	5kg	Минимальная рабочая температура	-50
Рабочий ток	160mA	Выходное изображение	1.0Vp-p, 75Ω	Способ установки	Установка с помощью электрического карданного подвеса, фиксированного кронштейна и т.д.
модель	КВА127	Минимальное освещение	0.001LUX	Самое дальнее	<100M

				расстояние	
Уровень защиты	IP68	материал	нержавеющая сталь 304	Количество катушек	700



Рисунок 3.11 Камера

Камера настраивается на работу один раз в 100 миллисекунд

Таблица 3.2 Описание параметра

модель	<i>BAD303</i>	Бусины светодиодной лампы	6	Номинальная емкость	<i>4Ah</i>
мощность	<i>3W</i>	Входное напряжение	<i>6V</i>	Светлый цвет	белое
Уровень защиты	<i>IP65</i>	Световой поток	$\geq 50lm$	материал	Словарь



Рисунок 3.12 Система освещения

### 3.3 спутниковая навигация

#### 3.3.1 Метод определения местоположения глобальной спутниковой навигационной системы

В настоящее время в мире существует три вида глобальных навигационных спутниковых систем, а именно Глобальная система позиционирования (*GPS*) США, ГЛОНАСС России и КОМПАС Китая. Система *GPS* существует уже давно и имеет наиболее надежную систему разработки. Обладает характеристиками глобального и всепогодного, имеет высочайшую точность позиционирования и времени, широко используется в военных, научных исследованиях, производстве и быту. Система ГЛОНАСС использует технологию множественного доступа с частотным разделением каналов и обладает сильными помехозащищенными свойствами, но из-за длительного выхода из строя она постепенно утратила свои глобальные и всепогодные возможности. Система *COMPASS* — самая молодая глобальная навигационная система. В настоящее время сложилась ситуация всепогодного покрытия в Азиатско-Тихоокеанском регионе и ограниченного глобального покрытия, и оно неуклонно развивается в сторону глобального и всепогодного покрытия. Глобальные спутниковые навигационные системы используют для позиционирования принцип времени пролета [18].

Из-за конструктивных особенностей системы точность позиционирования в гражданских условиях обычно составляет около 5 метров. Глобальная навигационная спутниковая система предъявляет высокие требования к полю обзора неба.

Для некоторых относительно закрытых сцен, таких как каньоны, обсаженные деревьями дороги, туннели и другие области с небольшими полями обзора или окклюзией, производительность позиционирования глобальной системы навигационная спутниковая система будет снижаться. Если минимальное условие позиционирования 4 спутников не может быть достигнуто, способность позиционирования будет потеряна. Однако глобальная

спутниковая навигационная система по-прежнему имеет возможность синхронизации, когда она может принимать спутниковые сигналы. Если он не находится в полностью закрытой зоне, такой как водопропускная труба или туннель, возможности глобальной спутниковой навигационной системы будут полностью потеряны. Поэтому в большинстве случаев глобальная спутниковая навигационная система подходит для позиционирования беспилотных интеллектуальных транспортных средств, но в некоторых специальных областях для помощи необходимы другие методы.

### 3.4 Распознавание пешеходов

#### 3.4.1 Структурная схема программы

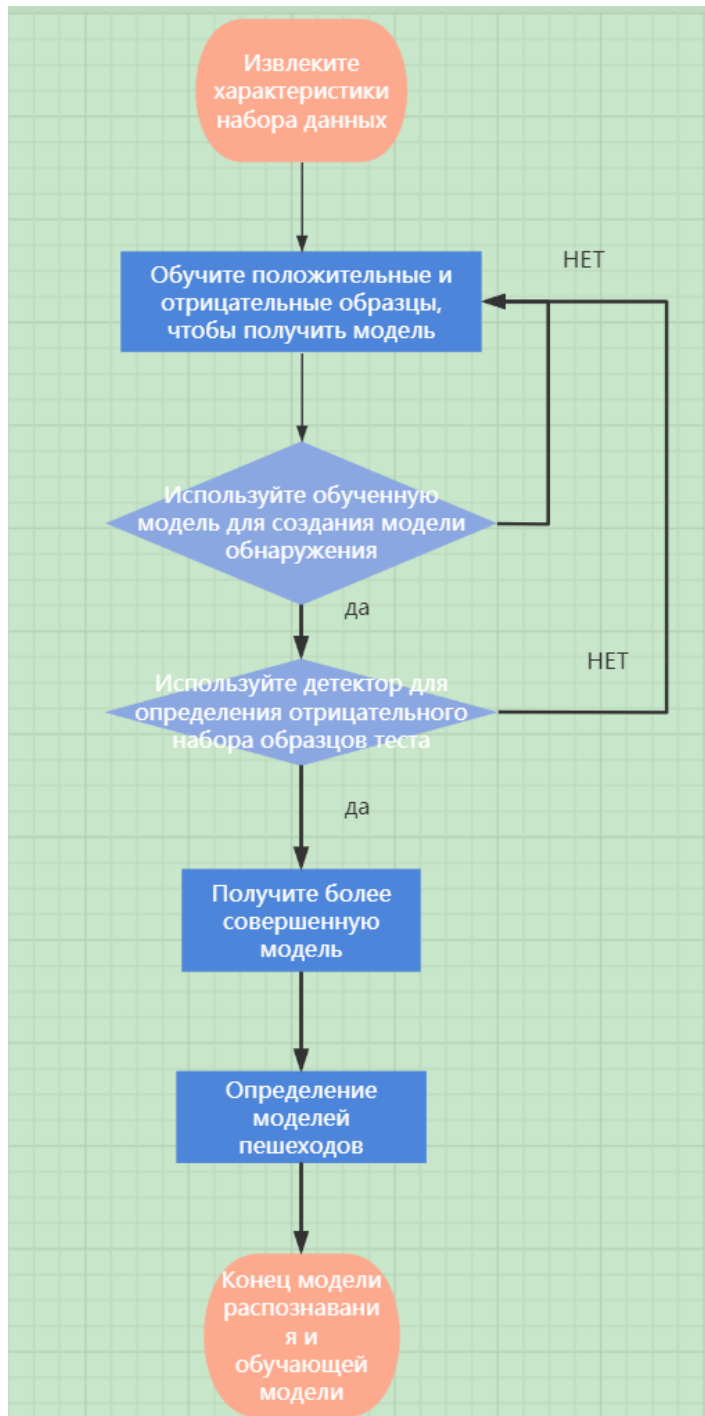


Рисунок 3.13 Структурная схема программы

#### 3.4.2 HOG+SVM

Обнаружение пешеходов - это использование технологии компьютерного зрения для определения присутствия пешеходов на изображении или видео и для обеспечения точного определения



местоположения. Эта технология используется в системах искусственного интеллекта, системах помощи при вождении автомобилей, интеллектуальных роботах, интеллектуальном видеонаблюдении, анализе поведения человека, интеллектуальном транспорте и других областях. Поскольку пешеходы обладают характеристиками как жестких, так и гибких объектов, их внешний вид легко зависит от ношения, масштаба, окклюзии, положения и угла обзора, что делает обнаружение пешеходов горячей темой в области компьютерного зрения, имеющей исследовательскую ценность и чрезвычайно сложной [19].

Метод детектирования объектов на изображении на основе комбинации *HOG+SVM*, является широко используемым методом обнаружения целей, который впервые был предложен Навнитом Далалом и Биллом Триггсом в 2005 году.

Гистограмма направленных градиентов (англ. *Histogram of Oriented Gradients, HOG*) — дескрипторы особых точек, которые используются в компьютерном зрении и обработке изображений с целью распознавания объектов. Данная техника основана на подсчете количества направлений градиента в локальных областях изображения. Этот метод похож на гистограммы направления края, дескрипторы SIFT и контексты формы, но отличается тем, что вычисляется на плотной сетке равномерно распределенных ячеек и использует нормализацию перекрывающегося локального контраста для увеличения точности.<sup>[20]</sup>

Метод опорных векторов (англ. *SVM, support vector machine*) — набор схожих алгоритмов обучения с учителем, использующихся для задач классификации и регрессионного анализа. Принадлежит семейству линейных классификаторов и может также рассматриваться как частный случай регуляризации по Тихонову. Особым свойством метода опорных векторов является непрерывное уменьшение эмпирической ошибки классификации и увеличение зазора, поэтому метод также известен как метод классификатора с максимальным зазором. Основная идея метода — перевод исходных векторов в пространство более высокой размерности и поиск разделяющей

гиперплоскости с наибольшим зазором в этом пространстве. Две параллельных гиперплоскости строятся по обеим сторонам гиперплоскости, разделяющей классы. Разделяющей гиперплоскостью будет гиперплоскость, создающая наибольшее расстояние до двух параллельных гиперплоскостей. Алгоритм основан на допущении, что чем больше разница или расстояние между этими параллельными гиперплоскостями, тем меньше будет средняя ошибка классификатора.

### 3.4.3 предварительная обработка

Дескриптор функции *HOG*, используемый для обнаружения пешеходов, рассчитывается на участке изображения размером  $64 \times 128$  пикселей. Конечно, изображение может быть любого размера. Обычно пятна в нескольких масштабах анализируются во многих местах изображения. Единственное ограничение заключается в том, что анализируемые патчи имеют фиксированное соотношение сторон. В нашем случае патчи должны иметь соотношение сторон 1: 2. Например, они могут быть  $100 \times 200$ ,  $128 \times 256$  или  $1000 \times 2000$ , но не  $101 \times 205$ .

Чтобы проиллюстрировать этот момент, я показал большое изображение размером  $720 \times 475$ . Мы выбрали патч размером  $100 \times 200$  для вычисления нашего дескриптора функции *HOG*. Этот патч вырезается из изображения и изменяется до  $64 \times 128$ . Теперь мы готовы вычислить дескриптор *HOG* для этого патча изображения [21].

### 3.4.4 Гамма-коррекция

Используя гамма-коррекцию для обработки изображения, изображение может быть скорректировано

Контрастность изображения, уменьшить неравномерное освещение и помехи с локальными тенями изображения, а также повысить точность алгоритма обнаружения.

Эффект обработки гамма-коррекции показан на рисунке 3.8, где изображение слева является исходным изображением, а изображение справа - эффектом после гамма-обработки.

Рисунок 3.14 Гамма-преобразование и изображения в градациях серого



### 3.4.4 Вычислить градиентные изображения

Чтобы вычислить дескриптор *HOG*, нам нужно сначала вычислить горизонтальный и вертикальный градиенты; ведь мы хотим вычислить гистограмму градиентов. Это легко достигается путем фильтрации изображения с помощью следующих ядер (метод Собеля) [22].

-1	0	1
----	---	---

-1
0
1

Рисунок 3.15 Расчет горизонтальных и вертикальных градиентов

Затем мы можем найти величину и направление градиента, используя следующую формулу.

$$g = \sqrt{g_x^2 + g_y^2}$$

$$\theta = \arctan \frac{g_y}{g_x}$$

Рисунок 3.16 Определите значение и направление градиента.

Алгоритм НОГ одновременно завершает расчет размера и направления градиента.

Это также еще больше ослабляет влияние проблем с освещением.

### 3.4.5 Вычислить гистограмму градиентов в ячейках $8 \times 8$ .

На этом шаге изображение делится на патчи размером  $8 \times 8$  пикселей, и гистограмма градиентов вычисляется для каждого патча  $8 \times 8$  пикселей.

Одна из важных причин использования дескриптора функции для описания фрагмента изображения заключается в том, что он обеспечивает компактное представление. Патч изображения  $8 \times 8$  содержит значения  $8 \times 8 \times 3 = 192$  пикселей. Градиент этого патча содержит 2 значения (величину и направление) на пиксель, что в сумме дает  $8 \times 8 \times 2 = 128$  чисел.

Эти 128 чисел представлены с помощью гистограммы с 9 ячейками, которую можно сохранить как массив из 9 чисел. Мало того, что представление более компактно, вычисление гистограммы по фрагменту делает это представление более устойчивым к шуму. Отдельные градации могут иметь шум, но гистограмма на участке  $8 \times 8$  делает представление гораздо менее чувствительным к шуму [23].

Первоначально НОГ использовался для обнаружения пешеходов. Патчи  $8 \times 8$  на фотографии пешехода в масштабе  $64 \times 128$  достаточно велики, чтобы запечатлеть интересные детали (например, лицо, макушку и т. Д.).

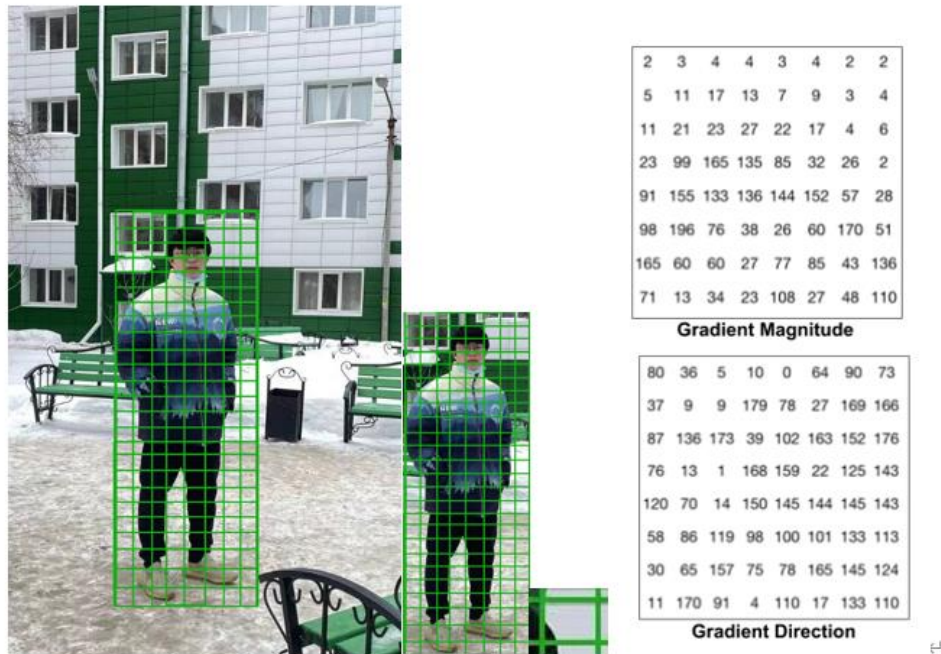


Рисунок 3.17 Градиент изображения

На основе направления выбирается интервал, а голосование выбирается на основе величины. Давайте сначала сосредоточимся на пикселе, обведенном синим. Он имеет угол 80 градусов и величину 2. Таким образом, он добавляет 2 к 5-му интервал. Градиент в пикселе, обведенном красным, имеет угол 10 градусов и величину 4. Так как 10 градусов находятся на полпути между 0 и 20, голосование пикселя равномерно распределяется на два интервала [24].

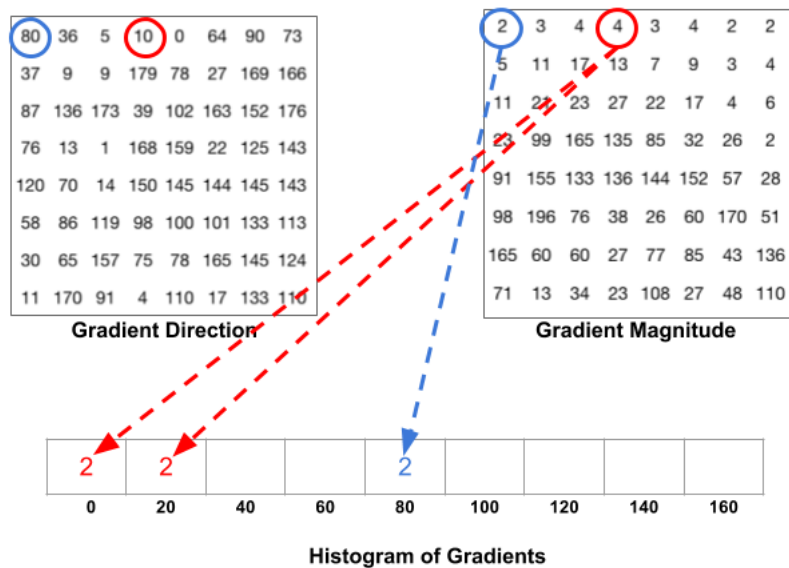


Рисунок 3.18 Интервал распределения пикселей

Есть еще одна деталь, если угол больше 160 градусов, он составляет от 160 до 180, и мы знаем, что угол оборачивается вокруг, составляя эквивалент 0

и 180. Итак, в приведенном ниже примере пиксель с углом 165 градусов пропорционально вносит вклад в интервал 0 градусов и интервал 160 градусов [25].

### **3.4.6 Нормализация блоков $16 \times 16$ :**

При вычислении HOG вы можете просто нормализовать гистограмму  $9 \times 1$ . Это неплохая идея, но лучше нормализовать по блоку большего размера  $16 \times 16$ .

Блок  $16 \times 16$  имеет 4 гистограммы, которые можно объединить, чтобы сформировать вектор элементов  $36 \times 1$ . Затем окно перемещается на 8 пикселей, и для этого окна вычисляется нормализованный вектор размером  $36 \times 1$ , и процесс повторяется [26].

### **3.4.7 Вычислите вектор функции гистограммы**

Вычислите вектор функции гистограммы направленного градиента [27].

Чтобы вычислить конечный вектор признаков всего фрагмента изображения, векторы  $36 \times 1$  объединяются в один вектор. Давайте посчитаем.

Существует 7 горизонтальных положений и 15 вертикальных положений, что в сумме составляет  $7 \times 15 = 105$  позиций.

Каждый блок  $16 \times 16$  представлен вектором  $36 \times 1$ . Итак, когда мы объединяем их все в один вектор ослабления, мы получаем вектор размерности  $36 \times 105 = 3780$ .

### **3.4.8 Нормализуйте веса и генерируйте векторы объектов**

Повышение устойчивости детектора к свету является основной целью нормализации изображения, поскольку фактическая цель человеческого тела может появляться в разных местах, и детектор в областях, которые не чувствительны к свету, должен иметь хорошие результаты. Функция *HOG* формируется путем объединения характеристик каждого блока в обучающей выборке. Из-за резких изменений градиента пикселя в некоторых локальных областях это приведет к увеличению характерной амплитуды блока, в котором

расположен пиксель, что приведет к большому разрыву в собственных значениях разные блоки. Согласно статистической теории, это приведет к снижению способности к классификации, когда собственные значения сильно различаются. Решение состоит в том, чтобы взять блоки в качестве единиц измерения, затем нормализовать объекты *HOG* в каждом блоке и, наконец, объединить их вместе, чтобы сгенерировать вектор объектов изображения.



Рисунок 3.19 Характеристика изображения

### 3.4.9 Обучение SVM

Классификатор *SVM* создан для обучения положительных и отрицательных образцов и получения модели. Обученная модель используется для создания детектора и Используем детектор, чтобы идентифицировать отрицательный набор образцов, и находим жесткий пример(*hard example*), который идентифицирует ошибку. "Жесткий пример" относится ко всем прямоугольникам, обнаруженным, когда классификатор первого обучения использовался для обнаружения пешеходов на исходной отрицательной выборке (определенно нет человеческого тела). Эти прямоугольные области явно являются ложноположительными. Сохраните эти ложноположительные результаты в виде изображений, добавьте их в начальный набор отрицательных образцов и повторно обучите *SVM*, что может значительно уменьшить ложноположительные результаты [28].

### 3.5.10 Проводить обнаружение пешеходов

Множественное обнаружение объектов можно осуществить с помощью скользящего окна. Используем немаксимальное подавление, чтобы получить ограничивающую рамку с наибольшей достоверностью. Основная идея немаксимального подавления (*NMS*) заключается в поиске локальных максимумов и подавлении не максимумов. При обнаружении цели в одном и том же месте может быть сгенерировано большое количество возможных ограничивающих рамок, и между ними может быть перекрытие. В это время необходимо использовать *NMS* для поиска наилучшей ограничивающей рамки и подавления других ограничивающих рамок.

### 3.5.11 Результаты

Есть два способа идентифицировать себя. Один из них заключается в использовании линейных ядер, которые подходят для обнаружения целевой области. Второй способ - использовать ядро *rbf*, вам нужно использовать функцию прогнозирования *SVM*, этот способ может выводить только "да или нет". Посмотрим результат первого способа.

Рассмотрим исходное изображение входа:



Рисунок 3.20 Ходячая толпа

И выявленные области с пешеходами:





Рисунок 3.21 Захват изображения пешехода



Рисунок 3.22 Получение изображений неподвижно стоящих пешеходов



Рисунок 3.22 Распознавание изображений неподвижно стоящих пешеходов

Следующая формула используется для вычисления точности:

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

где  $TP$  (*true positive*) — модель ответил "да" и угадала;

*FP (false positive)* — модель ответила "да" и ошиблась;

*TN (true negative)* — модель ответил "нет" и это было правильно;

*FN (false negative)* — "нет" и это ошибка.

Сравнение точности моих результатов с другими научными статьями.

Методы	Точность
<i>Shan et al. (2012), using an Adaboost based technique;[20]</i>	89.70
<i>Jain et al. (2013), using multi-scale Gaussian derivatives combined with an SVM;[21]</i>	92.97
<i>Liu et al. (2013), using HOG features and SSL[22]</i>	92.29
<i>Rodrigo Benenson.(2014)high dimensional LBP technique[23]</i>	93.2
<i>My result</i>	93.06

### 3.5.12 Заключение

В этой статье в основном изучается обнаружение пешеходов с помощью гистограммы направленного градиента и машины опорных векторов, анализируются текущие проблемы и вводятся методы исследования обнаружения пешеходов, а также строится модель *SVM*. В соответствии с алгоритмом обучается модель обнаружения пешеходов, которая улучшает комбинацию характеристик *HOG* и классификатора *SVM*. Эффект от модель обнаружения пешеходов при изменении двух атрибутов (яркий и тусклый, беспрепятственный и слегка затемненный) была проверена с помощью экспериментов, и после сравнения сделан вывод, что метод, предложенный в этой статье, эффективен. В условиях низкой освещенности скорость распознавания пешеходов с помощью метода, описанного в этой статье, значительно ниже, чем при хорошем освещении, и существует очень небольшая вероятность того, что не пешеходы будут обнаружены по ошибке. В будущих исследованиях основное внимание уделяется повышению точности обнаружения пешеходов в тусклом свете сцены.

## **Заключение**

В этой главе описываются физические свойства, типы, причины и факторы окружающей среды уплотненного льда и снега на дорожном покрытии, а также влияние факторов окружающей среды на характеристики льда и снега; анализируются механические свойства льда и снега, такие как прочность на сдвиг и прочность на сжатие льда и снега на дорожном покрытии, а также классифицирует противогололедную машину в соответствии с принципом противогололедной обработки.

Основываясь на понимании характеристик дорожного льда и снега, эта глава закладывает основу для дальнейших исследований, проектирования и расчета противогололедных машин. Шагающий механизм робота использует гусеничную систему и приводится в движение двигателем. Когда робот для удаления льда и снега работает, головка лопаты удаляет большую часть снега, а затем противогололедное лезвие вращается, чтобы разрезать поверхность льда. Камера начинает делать снимки с помощью камеры с интервалом в 100 миллисекунд и собирать данные, затем обрабатывает изображение, использует код для извлечения объектов и оценивает, есть ли пешеходы или нет. Наконец, решите, двигаться ли вперед или остановиться, исходя из текущей ситуации.

Согласно результатам, эффект обнаружения пешеходов методом обнаружения цели *HOG* + *SVM* может соответствовать требованиям. Многоуровневое распознавание изображений при обнаружении объектов позволяет эффективно обнаруживать пешеходов разного размера на одном изображении. *HOG* может лучше фиксировать локальную информацию о форме.

## **4. Социальная ответственность**

### **4.1 Введение**

С развитием технологий особую роль стала играть безопасность жизнедеятельности на производстве. По требованиям безопасности была создана специальная наука – Социальная ответственность, целью которой

является обеспечение безопасности человека на производстве и предотвращение воздействия опасных производственных факторов на организм человека. Современные робототехнические проекты требуют больших умственных, эмоциональных и временных затрат человека на разработку устройств, а эксплуатация робототехнических систем должна проводиться в соответствии с нормами безопасности.

Система в основном используется в районах, которые часто покрыты снегом и льдом. она использует инфракрасные датчики и датчики видения, чтобы избежать препятствий или тормозов, а также головки лопат для уборки снега, чтобы люди могли безопасно ходить по дорожному покрытию. Система уборки снега включает в себя переднюю гидравлическую систему, инфракрасную систему, систему камер, систему предотвращения препятствий для пешеходов, навигационную систему и, наконец, систему ледокольного оборудования.

Рабочим местом является компьютерный стол с персональным компьютером, а также монтажный стол для сборки прототипа.

#### **4.2 Специальные правовые нормы трудового законодательства**

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами. Согласно трудовому кодексу РФ [29]:

– продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю;

– во время регламентированных перерывов целесообразно выполнять комплексы упражнений и осуществлять проветривание помещения.

Существуют также специализированные органы, осуществляющие государственный контроль и надзор в организациях на предмет соблюдения существующих правил и норм.

К таким органам относятся:

1. Федеральная инспекция труда;
2. Государственная экспертиза условий труда Федеральной службы по труду и занятости населения;
3. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека и др [29].

#### **4.3 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

Рабочее место для выполнения работ сидя организуют при легкой работе, не требующей свободного передвижения работающего, а также при работе средней тяжести в случаях, обусловленных особенностями технологического процесса.

Освещение рабочего места – важнейший фактор создания нормальных условий труда. Освещение делится на естественное, искусственное и совмещенное. Совмещенное сочетает оба вида освещения.

Рекомендуемые соотношения яркостей в поле зрения следующие:

между рабочими поверхностями не должно превышать 1:3–1:5;

между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования 1:8–1:10.

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300–500 лк [30]. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк. Следует ограничивать прямую блесккость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей, должна быть не более  $200 \text{ кд/м}^2$ .

Показатель ослепленности для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях должен быть не более 20 [31].

Согласно ТОО Р-45-084-01 [31] и ГОСТ 12.2.032-78 [32], мы осуществляем планировку рабочего места в соответствии с нормативными

актами. Рабочие места с компьютерами должны размещаться таким образом, чтобы расстояние от экрана одного видеомонитора до тыла другого было не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м [32]. Эти нормы представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 Планирование рабочего места

Высота рабочей поверхности верстака	680-800mm
Пространство для ног	>600mm
Глубина на уровне колена	>450mm
Рабочее кресло спинка сиденья	Может подниматься и опускаться поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки
Опорная рама	по углу наклона опорной поверхности подставки до 20 градусов

Чтобы защитить себя на работе, мы должны создать рабочую среду в соответствии с законом.

#### 4.4 Производственная безопасность

Вредные и опасные факторы, воздействующие на сотрудника, устанавливаются согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [33]. Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке программы:

Таблица 4.2 Вредные и опасные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003.2015)	Нормативные документы
1.Повышенный уровень шума;	ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ.[35] и СН 2.2.4/2.1.8.562-96.[36]
2.Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;	СП52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение[30] Актуализированная редакция СНиП 23-05- 95*[34]

Продолжение таблицы 4.2 Вредные и опасные факторы

3.Аномальные микроклиматические параметры воздушной среды;	СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"[37]
4.Перенапряжение зрительного анализатора;	ТОИР-45-084-01[31]
5.Фиксированные детали, которые режут, прокалывают и разрывают твердые предметы;	ГОСТ 12.4.011–89[40] и ГОСТ 12.1.004-91[41],
6.короткое замыкание;	ГОСТ 26522-85[39]
7.статическое электричество.	ТОИР-45-084-01[31]

**4.5. Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ**

На время проектирования работа за персональным компьютером к негативным факторам можно отнести повышенные урони излучения, а также увеличенную нагрузку на зрительные органы. Требования к освещению установлены в СП 52.13330.2016[2] и СНиП 23-05- 95\* (таблица 4.3).

Недостаточное освещение рабочих зон в помещениях, оборудованных персональными компьютерами, также является причиной ухудшения зрения.

Искусственное освещение в помещениях, используемых для работы ПЭВМ, должно обеспечиваться в целом единой системой освещения. В искусственных ситуациях: В ситуациях, когда в основном обрабатываются

документы, следует использовать комбинированную систему освещения. В естественных условиях: Окна помещения, где используется компьютер, должны в основном выходить на север и северо-восток.

Таблица 4.3 искусственное освещение:

Вид	Требование
Освещенность на рабочем столе	300-500 лк
Освещенность на экране ПК	Не выше 200 лк
Блик на экране	Не выше 40 кд/м <sup>2</sup>
Прямая блеклость источника света	200 кд/м <sup>2</sup>
Показатель ослепленности	Не более 20
Показатель дискомфорта	Не более 15
Коэффициент пульсации	Не более 10%

В административно – общественных помещениях, преимущественно работы с документацией предусмотрена комбинированная система освещения. Освещенность в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 – 500 лк, а в качестве искусственных источников света применять люминесцентные лампы типа ЛБ и компактные люминесцентные лампы (КЛЛ) [34].

Расчет общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности осуществляется методом коэффициента светового потока с учетом светового потока, отраженного от потолка и стен. В соответствии с размерами классной комнаты :

длина  $A= 6$  м, ширина  $B= 5.5$  м, высота = 3,5 м разместите в ней 4 лампы РТФ/Р. Каждая лампа имеет 4 люминесцентные лампы Т5.

Высота рабочей поверхности над полом  $h_p = 0.75$  м. Произведем расчет имеющегося освещения аудитории. Согласно СНИП 23-05-95\* необходимо создать освещенность не ниже 300 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы [34]

$$S = A \times B = 6 \times 5.5 = 33 \text{ м}^2, \quad (4.1)$$



где  $A$  – длина, м;  $B$  – ширина,  $m$ .

Коэффициент отражения поверхности стен  $\rho_c = 40\%$  (свежепобеленные с окнами без штор), потолка  $\rho_{\Pi} = 65\%$  (свежепобеленный). Коэффициент запаса с нормальным условиям среды  $K_3 = 1.3$ . Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп  $Z = 1.2$  [34].

Как известно, светильник типа *PTF/R* имеет длину и ширину светильника равную 575 мм;

Параметры люминесцентной лампы Т5;

световой поток ФЛД = 1660 лм;

мощность 28 Вт .

Принимаем  $\lambda = 1.1$  , расстояние светильников от перекрытия (свес)  $h_c = 0.15m$ .

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_{\Pi} - h_p = 3,5 - 0,75 - 0,15 = 2,6 \text{ m} \quad (4.2)$$

где  $h_{\Pi}$  - высота светильника над полом, высота подвеса;

$h_p$  - высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для светильников

*PTF/R*:  $H = 3,5$  м.

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda * h = 1.1 * 2.6 = 2.8 \approx 3 \text{ m}, \quad (4.3)$$

где  $\lambda$  - оптимальное расположение светильников;

$h$ -высота светильников над рабочей поверхностью.

Число рядов светильников в помещении [35]:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{5}{2} = 2.5, \quad (4.4)$$

где  $B$  - ширина, м;  $L$  - расстояние между соседними светильниками.

Число светильников в ряду [34]:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{6}{2} = 3, \quad (4.5)$$

где  $A$  - длина, м.

Общее число светильников [34]:

$$N = Na \times Nb = 2 \times 3 = 6, \quad (4.6)$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле [34]:

$$l = \frac{L}{2} = \frac{3}{2} = 1.5, \quad (4.7)$$

Размещаем светильники в два ряда. На рисунке 4.1 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

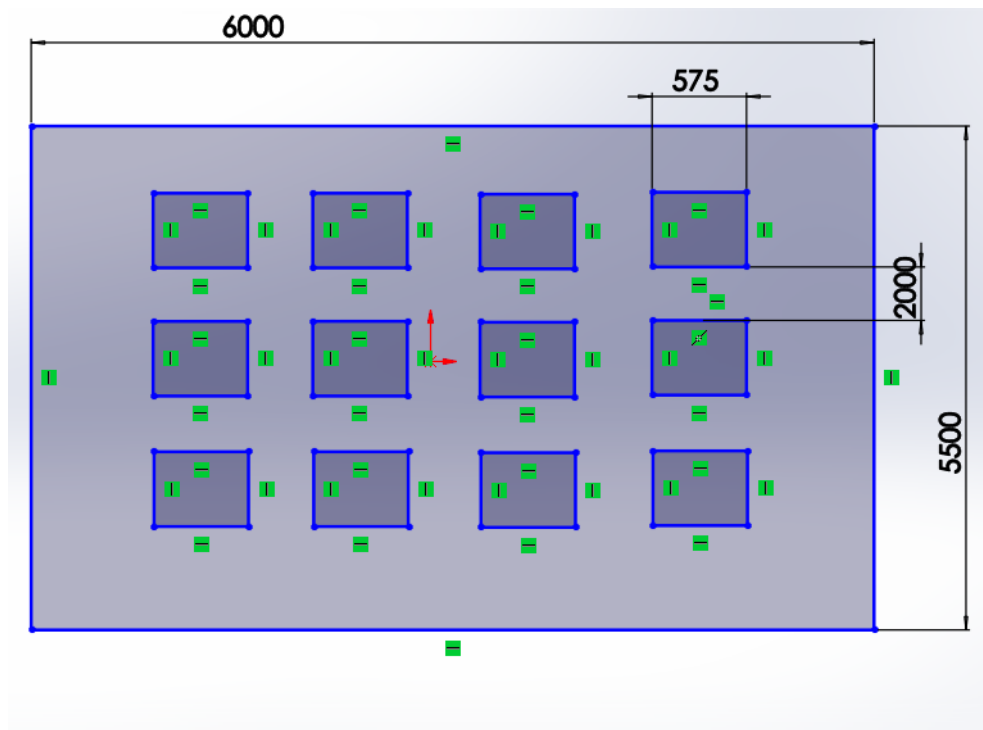


Рисунок 4.1 – План размещения светильников.

Индекс помещения определяется по формуле :

$$i = \frac{A \times B}{h \times (A + B)} = \frac{6 \times 5.5}{2.6 \times (6 + 5)} = 1.04, \quad (4.8)$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа *PTF/R* с люминесцентными лампами при  $\rho_{\text{П}} = 65\%$ ,  $\rho_{\text{С}} = 40\%$  и индексе помещения  $i = 1.04$  равен  $\eta = 0.6$ .

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\varphi_n = E \times A \times B \times K_3 \times \frac{Z}{N} \times \eta = 1608.75 \text{ лм}, \quad (4.9)$$

Делаем проверку выполнения условия :

$$\frac{(\varphi_{\text{ЛД}} - \varphi_{\text{П}})}{\varphi_{\text{ЛД}}} * 100\% = \frac{1660 - 1608.75}{1660} * 100\% = 3.08\%, \quad (4.11)$$

$$-10\% \leq (\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}) / \Phi_{\text{лд}} \cdot 100\% \leq 20\%, \quad (4.10)$$

Таким образом:  $-10\% \leq 3.08\% \leq 20\%$ , необходимо световой поток светильника не выходит за пределы требуемого диапазона, то есть система освещения в рабочей аудитории соответствует нормам СНиП 23-05-95\*[34]. Расположите 4 светильник типа *PTF/R* в лаборатории в соответствии с требованиями, по 2 на строку и по 2 на столбец.

Количество рядов светильников с люминесцентными лампами определяется по формуле:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{\left(B - \frac{2}{3L}\right)}{L} + 1, \quad (4.11)$$

где  $n_{\text{ряд}}$  - количество рядов;

$B$  - ширина помещения, м;

$L$  - расстояние между рядами светильников, м.

$$n_{\text{ряд}} = \frac{\left(5500 - \frac{2}{3} \times 2000\right)}{2000} + 1 = 2.83, \quad (4.12)$$

Поэтому мы решили установить 3 ряда ламп.

Количество светильников с люминесцентными лампами определяется по формуле:

$$n_{\text{св}} = \frac{\left(A - \frac{2}{3L}\right)}{I_{\text{св}} + 0.5}, \quad (4.13)$$

где  $n_{\text{св}}$  - количество светильников в ряду;

$A$  - длина помещения, м;

$I_{\text{св}}$  - длина светильника, м.

Поэтому мы решили установить 4 ряда ламп.

#### 4.6 Превышение уровня шума

Повышенный уровень шума характерен не только для промышленных предприятий, но и для бытовых приборов. Шумовой фон в современных городах сопоставим с допустимым максимумом.

Интенсивность шума – главная характеристика. Она тождественна громкости и измеряется в децибелах (дБ).

На промышленных объектах при использовании ПК для основной или вспомогательной работы уровень шума на рабочем месте не должен превышать максимально допустимого значения, определенного для этих видов работ в соответствии с действующими стандартами.

Шум на рабочем месте оказывает раздражающее влияние на работника, повышает его утомляемость, а при выполнении задач, требующих внимания и сосредоточенности, способен привести к росту ошибок и увеличению продолжительности выполнения задания. Длительное воздействие шума влечет тугоухость работника вплоть до его полной глухоты [35].

ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ [35] установлены допустимые значения уровней звукового давления, создаваемого ПЭВМ (таблица 4.4).

Согласно закону, мы классифицируем шум.

Таблица 4.4. Классификация шума

Оборудование работает рядом с больницами и школами	Ниже 45-40 дБ
Оборудование работает вблизи жилых районов	Ниже 55-45 дБ
Оборудование работает рядом с деловым районом	Ниже 60-50 дБ
Оборудование работает рядом с промышленной зоной	Ниже 65-55 дБ
Оборудование работает рядом с железной дорогой	Ниже 70-55 дБ
Моя студия	Ниже 45 дБ

Среда, в которой я работаю, должна быть менее 45 дБ, а более 60 дБ заставят меня чувствовать себя некомфортно. Если я нахожусь в такой среде в течение длительного времени, легко нанести вред человеческому организму.

Повышенный шум на рабочем месте оказывает вредное влияние на организм и приводит к неблагоприятным изменениям в его органах и системах. Длительное воздействие шума способно привести к потере слуха, болезням сердечно-сосудистой системы, артериальной гипертензии, нарушениям в работе нервной системы и т.д.

#### 4.7 Отклонение параметров микроклимата

К числу показателей микроклимата, которые измеряют для его оценки, относятся следующие:

- скорость движения воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- температура;

Таблица 4.5. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений категории [9]

	Легкая работа	Работа средней тяжести	Тяжелая работа
Оптимальные параметры в холодное время	21–24 °С 40–60% 0,1 м/с	17–21 °С 40–60% 0,2 м/с	16–18 °С 40–60% 0,3 м/с
Оптимальные параметры в теплое время	22–25 °С 40–60% 0,1–0,2 м/с	20–23 °С 40–60% 0,3 м/с	18–20 °С 40–60% 0,4 м/с

#### **4.8 Статическое электричество**

В помещениях, оборудованных ПЭВМ, токи статического электричества чаще всего возникают при прикосновении персонала к любому из элементов ПЭВМ.

Такие разряды опасности для человека не представляют, однако кроме неприятных ощущений могут привести к выходу оборудования из строя. Для предотвращения образования и защиты от статического электричества в помещении используются нейтрализаторы и увлажнители. Также в ТОО Р-45-084-01 установлен максимальный допустимый электростатический потенциал экрана видеомонитора – 500 В. Должны использоваться розетки с заземлением. Требуется проводить регулярную влажную уборку.

Для эффективной защиты также нужно обеспечить увеличение относительной влажности воздуха до 65-75 %, когда это возможно по условиям технологического процесса[40].

#### **4.9 Короткое замыкание**

Согласно требованиям законодательства(ГОСТ 26522-85), нам необходимо использовать некоторые методы для снижения частоты коротких замыканий[39].

Короткое замыкание может вызвать пожар в помещении, а при коротком замыкании от тока люди, находящиеся рядом с источником пожара, могут пострадать от пожара.

На рабочем месте короткое замыкание может быть вызвано либо неисправностью в проводке, либо при работе с компьютером/паяльным оборудованием, когда внутри корпуса создается разность фаз и ток может так же повредить всю электросеть. Для защиты электрической сети от короткого замыкания предусмотрены устройства защитного отключения , оснащенные устройствами автоматического отключения – автоматами и предохранителями[39].

Таким образом, рабочее место полностью защищено от возможного короткого замыкания.

#### **4.10 Перенапряжение зрительного анализатора**

Когда дизайнер работает на ПК, оператор читает статью или пишет код при прямом освещении, и его глаза обращены к источнику света.

В этом случае возникнут следующие проблемы:

1. Затуманенное зрение
2. Контраст слишком велик, что раздражает глаза
3. Напряжение зрачка
4. Постоянное напряжение мышц вокруг глаз

После длительного периода нагрузки требуется период восстановления и отдыха. Если вы долгое время работали с высокой нагрузкой, это может вызвать такие проблемы, как потеря зрения.

Согласно закону ТОИ Р-45-084-01, мы должны защищать наши глаза, например, смотреть на пейзаж, закрывать глаза, чтобы отдохнуть, массировать глазные мышцы, делать горячие компрессы для снятия усталости и т.д.[38].

#### **4.11 Фиксированные детали, которые режут, прокалывают и разрывают твердые предметы**

Когда мы проводили эксперимент, робот для уборки снега начал работать. Робот для уборки снега будет убирать снег и разбивать лед. В это время возможно, что осколки льда будут разбрызгиваться.

В этом случае возникнут следующие проблемы:

1. Осколки льда брызнули тебе в глаза
2. Большой кубик льда ударит вас по ноге или голове
3. Мусор или насекомые будут прилипать к телу, вызывая у тестировщика тошноту и вызывая психологический стресс

Согласно  $\Phi$  ГОСТ 12.4.011–89[40] и ГОСТ 12.1.004-91[41], Для обеспечения безопасности необходимы следующие элементы:



- 1.защитная одежда,;
- 2.перчатка;
- 3.очки;
- 4.шлем;

#### **4.12 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Должны быть приняты следующие меры противопожарной безопасности:

- обеспечение эффективного удаления дыма;
- обеспечение правильных путей эвакуации;
- наличие огнетушителей и пожарной сигнализации;
- соблюдение всех противопожарных требований к системам отопления и кондиционирования воздуха.

Для тушения пожаров на участке производства необходимо применять углекислотные и порошковые огнетушители, которые обладают высокой скоростью тушения, большим временем действия, возможностью тушения электроустановок, высокой эффективностью борьбы с огнем.

Помещение оборудовано пожарными извещателями, которые позволяют оповестить дежурный персонал о пожаре.

Выведение людей из зоны пожара должно производиться по плану эвакуации. План эвакуации людей при пожаре из помещения, где расположен диспетчерский пункт (пост управления), представлен на рисунке 4.2. Ответственность за нарушение Правильно пожарной безопасности, согласно действующему федеральному законодательству, несет руководитель объекта.

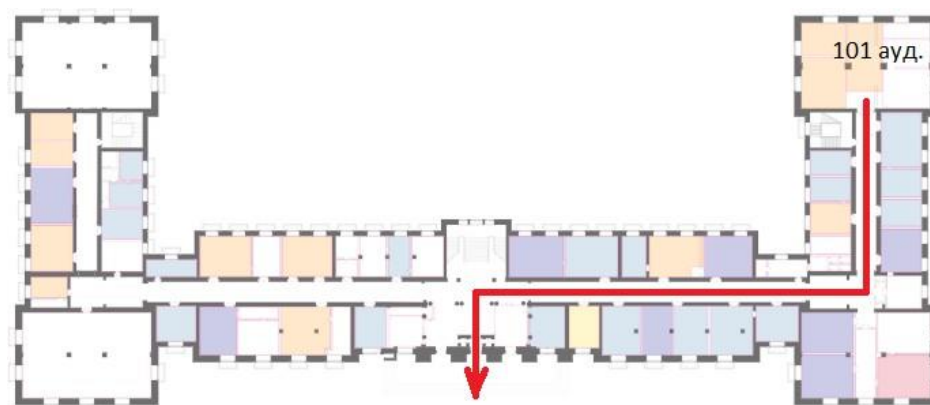


Рисунок 4.2 План эвакуации при пожаре

#### 4.13 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В работе раздела "Социальная ответственность" были выявлены опасные и вредные факторы, и разработка роботов для уборки снега может подвергаться воздействию этих факторов.

Убедитесь, что рабочее место соответствует требованиям безопасности. Прделанная работа не имеет ничего общего с вредом для человеческого организма и окружающей среды. Освещение рабочего места соответствует стандартам - соответствует нормальному освещению, чтобы избежать повреждения глаз. Уровень шума находится в допустимых пределах, что соответствует спокойной обстановке, в которой разработчик пишет код и несет ответственность перед окружающими жителями во время тестирования на открытом воздухе. Используйте системы отопления и кондиционирования воздуха в соответствии с условиями микроклимата. С учетом мер по борьбе со статическим электричеством принят метод поддержания влажности для сокращения использования металлических деталей. Во время работы отдых предназначен для уменьшения нагрузки и предотвращения перегрузки зрительной системы. Оборудование помещений соответствует требованиям электробезопасности. Студия оборудована в соответствии с требованиями пожарной безопасности. Имеется порошковый огнетушитель, а также пожарная сигнализация.

## **5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

В настоящее время робототехника активно внедряется в производство, научную деятельность, медицину и жизнь людей.

России целесообразно использовать роботов в жизни людей, потому что страна долгое

время покрыта снегом и требует много рабочей силы или техники для уборки снега, чтобы обеспечить безопасность пешеходов. Ручной труд по уборке снега особенно сложен.

Целью данной работы является разработка мобильного робота для уборки снега с дороги, который используется для уборки снега с дороги и обеспечения безопасности пешеходов.

Целью этого раздела является проведение детального анализа проекта на основе стандартов конкурентоспособности и ресурсоэффективности. Оцените перспективы проекта, определите сложность и сроки выполнения работ, а также рассчитайте интегральные показатели эффективности использования ресурсов и затрат на разработку.

### **5.1 Предпроектный анализ**

Оценить коммерческий потенциал и перспективы проведения исследований в области ресурсоэффективности и сохранения.

Прежде чем планировать рабочие места, ресурсы и экономический потенциал

разработки интеллектуальных снегоочистителей, следует тщательно оценить коммерческий потенциал и перспективы всей новой разработки, чтобы определить сегменты рынка, на которые компания будет ориентироваться при продаже продукта.

Для анализа потребителей результатов исследования рассмотрен целевой рынок и проведено его сегментирование.

Сегментация рынка услуг по разработке интеллектуальных роботов может быть выполнена в соответствии со следующими критериями: использование в домашних

условиях, использование на производстве, использование в жилых помещениях (рис.5.1).

		Область обучения		
		ТАУ	Техническое зрение	Машинное обучение
умный робот	домашнее использование	■	■	■
	заводское использование	■	■	■
	Жилые помещения	■	■	■

LEGO Mindstorms
  Festo Didactic
  Fischertechnik

Рисунок 5.1 Карта сегментирования рынка услуг по разработке роботов:

На приведенном выше сегментированном графике показано, что менее конкурентоспособными нишами на рынке услуг по разработке интеллектуальных роботов являются области машинного зрения и машинного обучения.

На основе анализа рынка была составлена матрица SWOT анализа, которая показывает сильные и слабые стороны проекта, потенциальные возможности и угрозы для разработки. Матрица SWOT анализа представлена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 SWOT анализ:

		Внутренние факторы	
		Сильные стороны проекта:	Слабые стороны проекта:
Внешние факторы		<ul style="list-style-type: none"> <li>- С1. Универсальность шагающего механизма,</li> <li>- С2. Низкая себестоимость производства,</li> <li>- С3. Снижает затраты на трудоустройство.</li> <li>- С4. Простота и компактность корпуса</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Сл1. Недостаточный рыночный спрос в тропических странах,</li> <li>- Сл2. Предусмотрено только бюджетное финансирование,</li> <li>- Сл3. Долгосрочная поставка комплектующих,</li> <li>- Сл4. Быстрый износ привода.</li> </ul>
	<p>Возможности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- В1. Появление спроса на робота,</li> <li>- В2. Получение внебюджетных грантов на развитие проекта,</li> <li>- В3. Выход на международный рынок роботов жизненного типа,</li> <li>- В4. Участие в конференциях и конкурсах.</li> </ul>		
	<p>Угрозы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- У1. Невостребованность робота в России,</li> <li>- У2. Появление новых конкурентов,</li> <li>- У3. Несвоевременное финансирование разработки,</li> <li>- У4. Низкая надежность комплектующих прототипа.</li> </ul>		

В таблице 5.1 приведен первый этап анализа – описание сильных и слабых сторон проекта, а также обнаружение возможностей и угроз для реализации проекта. Второй этап– обнаружение соответствий сильныхи слабым сторонам

разработанного проекта условиям окружающей среды. Этап нужен для выявления необходимости стратегических изменений. Знак «+» – сильное соответствие сильных сторон возможностям, «-» – слабое соответствие, «0»– в случае сомнений. Интерактивные матрицы приведены в таблицах(5.2 – 5.5).

Таблица 5.2 Интерактивная матрица сильных сторон и возможностей проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	V1	+	+	0	+
	V2	-	+	-	-
	V3	0	+	+	0
	V4	+	-	-	-

Таблица 5.3 Интерактивная матрица слабых сторон и возможностей проекта

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	V1	+	+	+	0
	V2	0	-	-	-
	V3	0	+	-	-
	V4	-	+	-	-

Таблица 5.4 Интерактивная матрица сильных сторон и угроз проекта

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	+	+	+	-
	У2	0	+	-	+
	У3	-	0	-	-
	У4	0	+	-	+

Таблица 5.5 Интерактивная матрица слабых сторон и угроз проекта

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	-	-
	У2	+	-	-	-
	У3	0	+	+	+
	У4	-	-	+	+

Третий этап включает в себя составление итоговой матрицы SWOT-анализа на основе полученной таблицы SWOT-анализа и интерактивных таблиц (таблица 5.6).

Таблица 5.6 Итоговая матрица SWOT-анализа

		Внутренние факторы	
		Сильные стороны проекта:	Слабые стороны проекта:
Внешние факторы		<ul style="list-style-type: none"> <li>- С1. Универсальность шагающего механизма,</li> <li>- С2. Низкая себестоимость производства,</li> <li>- С3. Снижает затраты на трудоустройство.</li> <li>- С4. Простота и компактность корпуса</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Сл1. Недостаточный рыночный спрос в тропических странах,</li> <li>- Сл2. Предусмотрено только бюджетное финансирование,</li> <li>- Сл3. Долгосрочная поставка комплектующих,</li> <li>- Сл4. Быстрый износ привода.</li> </ul>
	<p>Возможности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- В1. Появление спроса на робота,</li> <li>- В2. Получение внебюджетных грантов на развитие проекта,</li> <li>- В3. Выход на международный рынок роботов</li> </ul> <p>жизненного типа,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- В4. Участие в конференциях и конкурсах.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- В1С1С2. Возможность использования мобильных платформ для других задач робота,</li> <li>- В3С2С3. Занимают стабильную рыночную нишу на мировом рынке роботов жизненного типа</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- В1Сл1Сл2Сл3. В случае появления спроса необходимо создать конкурентоспособного и доступного робота в нескольких экземплярах, имея необходимый запас деталей.</li> <li>- В4Сл2. Поиск спонсоров на выставках и конкурсах.</li> </ul>

Продолжение таблицы 5.6

	<p>Угрозы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- У1. Невостребованность робота в России,</li> <li>- У2. Появление новых конкурентов,</li> <li>- У3. Несвоевременное финансирование разработки,</li> <li>- У4. Низкая надежность комплектующих прототипа.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- У1С1С2. Возможность использования мобильной части робота в других задачах</li> <li>- У2С2С4. Преимуществ в стоимости и простоте</li> <li>- У4С2С4. Возможность простой и дешевой замены вышедших из строя элементов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- У1Сл1Сл2. Совершенствовать систему, участвовать в конкурсах и выставках для продвижения робота на рынке.</li> <li>- У3У4Сл3Сл4. Создать запас комплектующих на случай экстренных ситуаций.</li> </ul>
--	--	---	--

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, проводится систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении.

Целесообразно проводить данный анализ помощью оценочной карты (Таблица 5.7). Для этого оберем разработки: 1. машинное обучение; 2. машинное зрение

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 5.7, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (5.1)$$



где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Таблица 5.7 Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{\phi}$	$B_{k1}$	$B_{k2}$	$K_{\phi}$	$K_{k1}$	$K_{k2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,1	3	3	3	0,3	0,3	0,3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	2	4	4	0,2	0,4	0,4
3. Помехоустойчивость	0,01	3	3	4	0,03	0,03	0,04
4. Энергоэкономичность	0,01	4	3	2	0,04	0,03	0,02
5. Надежность	0,1	3	3	5	0,3	0,3	0,5
6. Уровень шума	0,01	5	5	5	0,05	0,05	0,05
7. Безопасность	0,03	5	5	5	0,15	0,15	0,15
8. Потребность в ресурсах памяти	0,02	2	5	3	0,04	0,1	0,06
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,05	2	5	1	0,1	0,25	0,05
10. Простота эксплуатации	0,1	5	3	2	0,5	0,3	0,2
11. Качество интеллектуального	0,02	4	4	4	0,08	0,08	0,08

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
интерфейса							
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,01	5	5	5	0,05	0,05	0,05
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	3	3	3	0,3	0,3	0,3
2. Уровень проникновения на рынок	0,01	1	5	5	0,01	0,05	0,05
3. Цена	0,1	5	2	1	0,5	0,2	0,1
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	3	4	0,4	0,3	0,4
5. Послепродажное обслуживание	0,1	3	3	3	0,3	0,3	0,3
6. Финансирование научной разработки	0,01	1	3		0,01	0,03	0
7. Срок выхода на рынок	0,01	4	5	5	0,04	0,05	0,05
8. Наличие сертификации разработки	0,01	1	5	5	0,01	0,05	0,05
Итого	1	65	77	69	3,41	3,32	3,15

Хрупкость позиции конкурента заключается в цене, простоте эксплуатации и энергоэффективности, что позволяет занять рыночную нишу и увеличить определенную долю рынка.

Основные конкурентные преимущества разработки умный продукт и простота эксплуатации.

Представим оценку степени готовности проекта к коммерциализации (таблица 5.8)

Таблица 5.8 Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	3	2
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	2
3.	Определены отрасли и технологии для предложения на рынке	3	2
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	2
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	2
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	1
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	1
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	1	1
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	1	1
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	1
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	1
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
14.	Имеется команда для коммерциализации научной	2	1
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	2	1
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	<b>31</b>	<b>20</b>

При проведении анализа по таблице 5.8 по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. Таблица 5.8 Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

Итоговое значение позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Так, если значение

получилось от 75 до 60, то такая разработка считается перспективной, а знания разработчика достаточными для успешной ее коммерциализации. Если от 59 до 45 – то перспективность выше среднего. Если от 44 до 30 – то перспективность средняя. Если от 29 до 15 – то перспективность ниже среднего. Если 14 и ниже – то перспективность крайне низкая. Полученное значение позволяет говорить, что перспективность выше среднего. Очевидно, что перспективы развития проекта могут быть выше текущего среднего уровня.

## 5.2 Инициация проекта

Устав научного проекта магистерской работы:

Цели и результат проекта. В данном разделе приведена информация о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей. Информация по заинтересованным сторонам проекта представлены в таблице 5.9.

Таблица 5.9 Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
ТПУ	Технология механического зрения

В таблице 5.10 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 5.10 Цели и результат проекта

<b>Цели проекта:</b>	Разработка робототехники на основе механического зрения
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	Используйте механическое зрение для экстренной остановки и распознавания пешеходов
<b>Критерии приемки результата проекта:</b>	Техническая реализация
<b>Требования к результату проекта:</b>	<b>Требование:</b>
	Способен распознавать пешеходов
	Повышение точности распознавания

Организационная структура проекта. Информация представлена в табличной форме (таблица 5.11).

Таблица 5.11 Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Тырышкин Александр Васильевич, ТПУ ОАР, доцент	Руководитель	Консультирование, контроль проекта	
2	Чжу Сюйдун, ТПУ ОАР, магистр	Инженер	Реализация проекта	

### 5.3. Планирование управления научно-техническим проектом

#### 5.3.1 Контрольные события проекта

Таблица 5.12 Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат
1	Выбор метода реализации выигрышной стратегии	17.03	Выбранный метод
2	Анализ льда и снега	22.03	Материалы для чтения
3	Исследование ситуации со льдом и снегом в Томске	23.03	Материалы для чтения
5	Определите механизм ходьбы	07.04	Повышение стабильности
6	Выберите метод распознавания изображения	22.04	HOG+SVM
7	Выбор программного обеспечения, библиотек и языков программирования	2.05	PYTHON
8	Повышение точности распознавания пешеходов	10.05	Измените программу
9	Оформление расчетно-пояснительной записки	27.05	Расчетно-пояснительная записка
10	Оформление графического материала	31.05	Графический материал


#### 5.3.2 План проекта

В рамках планирования научного проекта был построен календарный план проекта в виде линейного графика в таблице (таблица 5.13) и его иллюстрация работы в виде диаграммы Ганта (таблица 5.14). Диаграммы Ганта строилась с разбивкой по месяцам и декадам (10 дневки) который охватывает весь период времени выполнения научного проекта.

Таблица 5.13 Календарный план проекта

Код	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Выбор метода реализации выигрышной стратегии	1	12.03.	12.03.	НР
2	Анализ льда и снега	5	13.03.	17.03	И НР
3	Исследование ситуации со льдом и снегом в Томске	5	18.03	22.03	И, НР
4	Анализ прочности	1	23.03	23.03	И, НР
5	Определите механизм ходьбы	15	24.03	07.04	И
6	Выберите метод распознавания изображения	15	08.04	22.04	И
7	Выбор программного обеспечения, библиотек и языков программирования	10	23.04	2.05	И
8	Написать программу	8	3.05	10.05	И
9	Тестирование	10	11.05	20.05	И, НР
10	Повышение точности	7	21.05	27.05	И
11	Оформление расчетно-пояснительной записки	4	28.05	31.05	И
12	Подведение итогов	3	01.06	03.05	И, НР
Итого:		84	12.03	04.06	
Инженер		83			
Научный руководитель		25			

Перечисленные работы в таблице 5.13 были выполнены специалистами:

 – инженер – Чжу Сюйдун, ТПУ


 – научный руководитель – Тырышкин Александр Васильевич, ТПУ ОАР, доцент.

Таблица 5.14 Диаграмма Ганта

Код	Вид работ	Исполнители	Тк, кол, дн.	Продолжительность выполнения работ, месяц														
				3		4			5			6						
				2	3	1	2	3	1	2	3	1						
1	Постановка целей и задач	НР	1															
2	Исследование методов реализации выигрышной стратегии и выбор оптимального	И	5															
		НР																
3	Исследование методов распознавания на изображения	И	5															
		НР																
4	Выбор программного обеспечения, библиотеки, языка программирования	И	1															
		НР																
5	Разработка и реализация алгоритма выигрышной стратегии ведение игры	И	15															
6	Разработка и реализация алгоритма распознавания карт на изображении	И	15															
8	Разработка робота без устройств ввода вывода	И	10															
9	Проектирование и интеграция устройств ввода вывода в робота	И	8															
10	Тестирование	И	10															
		НР																
11	Оформление расчетно-пояснительной записки	И	7															
12	Оформление графического материала	И	4															
13	Подведение итогов	И	3															
		НР																

### 5.3.3. Бюджет научного исследования

Расчет стоимости материальных затрат производился по действующим прейскурантам или договорным ценам. Результаты по данной статье представлены в таблице 5.15.

Таблица 5.15 Материальные затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Количество	Сумма, руб.
Блокнот	40	2 шт.	80
Бумага для принтера формата А4	150	2 уп.	300
Ручка шариковая	10	4 шт.	40
Карандаш	10	2 шт.	20
Стирательная резинка	5	2 шт.	10
<b>Итого:</b>			<b>450</b>

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблице 5.16.

Таблица 5.16 Затраты на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Количество	Сумма, руб.
Arduino micro pro	250	2 шт.	500
Logitech c270	1200	1 шт.	1200
<b>Итого:</b>			<b>1700</b>

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 5.17.

$$\text{Дневная з/плата} = \frac{\text{Месячный оклад}}{25,17 \text{ дней}}, \quad (5.2)$$

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле: Расчеты затрат на основную заработную плату приведены в таблице

5.17 При расчете учитывалось, что в году 302 рабочих дня и, следовательно,

в месяце 25, 17 рабочих дня. Затраты времени на выполнение работы по каждому исполнителю брались из таблицы 5.14. Также был принят во внимание коэффициент, учитывающий коэффициент по премиям  $K_{ПР} = 0,3$  и районный коэффициент  $K_{РК} = 0,3$  ( $KK = 1,3 * 1,3 = 1,69$ ).



Таблица 5.17 Затраты на основную заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./день	Затраты времени, дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	23 264,86	936,97	25	1,69	39586,98
И	1854	73,66	80	1,69	10332,16
<b>Итого:</b>					<b>49919,14</b>

Таким образом, затраты на основную заработную плату составили

$$Z_{\text{осн}} = 49919,14 \text{ руб.}$$

Величина отчислений во внебюджетные фонды определены исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \times (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (5.3)$$

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

На 2022 г. в соответствии с НК РФ установлен размер страховых взносов равный 30%. Отчисления во внебюджетные фонды представлены в табличной форме (табл. 5.18).

Таблица 5.18 Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
НР	39586,98	—
И	10332,16	—
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	$k_{\text{внеб}} = 30\%$	
<b>Итого:</b>	<b>14975,74</b>	

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей} / 4) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (5.4)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов берется в размере 16%.

$$Z_{\text{накл}} = (49919,14 + 14975,74 + 450 + 1700) \cdot 0,16 = 10727,18$$

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 5.19.

Таблица 5.19 Группировка затрат по статьям

Наименование статьи	Сумма, руб.	Исп.1	Исп.2
	Текущая разработка		
1. Материальные затраты НТИ	450	-	-
2. Затраты на специальное оборудование для научных работ	1700	-	-
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	49919,14	-	-
4. Отчисления во внебюджетные фонды	14975,74	-	-
5. Накладные расходы	10727,18	-	-
6. Бюджет затрат НТИ	77772,06	150000	200000

#### 5.4. Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя финансовой и ресурсной эффективности научного исследования.

В ходе осуществления оценки конкурентной и бюджетной эффективности разработки было установлено, что разработанная система обладает высоким уровнем конкурентоспособности; общая длительность разработки составляет 80 календарных дня (период с 17.03.2022 по 06.06.2022); общий бюджет был оценен в 77772,06 рубля.

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{77772,06}{200000} = 0.389, \quad (5.5)$$

$$I_{\Phi}^{a1} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{150000}{200000} = 0.75$$

$$I_{\Phi}^{a2} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{200000}{200000} = 1$$

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (5.6)$$

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

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

$b_i$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

В таблице 5.20 приведена сравнительная характеристика между вариантами исполнения разработки автора.

Таблица 5.20 Сравнительная характеристика ресурсоэффективности вариантов исполнения проекта.

Критерии	Важность	Весовой коэффициент	Текущий проект	Исполнение 1	Исполнение 2
1. Удобство использования, габариты	5	0,26	4	1	7
2. Стоимость	5	0,26	3	5	10
3. Универсальность колесной платформы	4	0,21	5	7	9
4. Автономность	3	0,16	5	5	4
5. Потребность в вычислительных и энергетических ресурсах	2	0,11	3	4	5
<b>Итого</b>	<b>19</b>	<b>1</b>	<b>4,00</b>	<b>4,26</b>	<b>7,53</b>

В результате расчетов были получены следующие интегральные показатели ресурсоэффективности по 10-бальной шкале:

$$I_{\text{Студента}}=7.53$$

$$I_{\text{студента 1}}=4.00$$

$$I_{\text{студента 2}}=4.26$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле (5.7):

$$I_{\text{исп.i}} = \frac{I_{\text{р-исп.i}}}{I_{\text{финр}}}, \quad (5.7)$$

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{I_{\Phi}}{I_{\text{финр}}} = \frac{4}{1} = 4,$$

$$I_{\text{исп.2}} = \frac{I_{\text{К1}}}{I_{\text{финр}}} = \frac{4.26}{0.75} = 5.68,$$

$$I_{\text{исп.3}} = \frac{I_{\text{К2}}}{I_{\text{финр}}} = \frac{7.53}{0.389} = 19.36,$$

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в таблице 5.21.

Таблица 5.21 Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущая разработка	Исп. 1	Исп. 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0.389	0.75	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	7,53	4.26	4
3	Интегральный показатель эффективности	19.36	5.68	4
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	-	3.41	4.84

Поскольку мой робот ориентирован на лед и снег в России, у меня есть преимущество в весе оборудования, потому что мне нужно не только убирать снег, но и убирать лед на суше. Большой вес может обеспечить безопасность действий робота, и это его нелегко перевернуть. С точки зрения автоматизации у меня есть преимущество в распознавании пешеходов, точность может достигать 93,06%, а по сравнению с распознаванием препятствий датчиками, распознавание препятствий камерами имеет гораздо более высокую точность, и я могу обеспечить безопасность пешеходов.

Таким образом, затраты на разработку: 77772,06 рубля, время на выполнение ВКР: 80 дней, интегральный показатель ресурсоэффективности: 7,53. Достигнутый экономический эффект обеспечивается использованием свободно распространяемого программного обеспечения.

Экономическая эффективность проекта обусловлена растущей потребностью в компьютерном зрении и алгоритмах машинного обучения. Окончательная система в виде робота связана со способностью распознавать пешеходов сегодня.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] 邓洪超, 马文星.DQX 路面除雪车浮雪铲除雪作业模型[J].吉林大学学报, 2005 (7) :381~382.
- [2] 关明慧, 徐宇工, 卢太金, 徐财辉.微波加热技术在清除道路积冰中的应用[A].北方交通大学学报, 2003, (8):80.
- [3] 徐东明、刘莉莉.除雪车的设计计算[J].专用汽车, 2001, (4) : 9~10. [5] Debbie L. Feldman, Developing Technology Improves Snow and Ice Control, Public Works[J],1999(4),130~136.
- [4] 张磊.道路融雪化冰特性试验研究及其数值模拟[D].吉林大学, 2009(6).
- [5] BENJAMIN T GREEN, KEROP D JANNOYAN. Use of Electrically Conductive Concrete Overlays for Passive Control of snow and Ice on Pavement [C]. International Conference on Energy, Environment and Disasters, Charlotte, NC, USA, July, 2005: 795~801.
- [6] By Bob Tracinski. Snow removal safety[J]. Claning Maintenance Management, 2001, (9) 36~38
- [7] Feng Shulin , Chen Gang, Wang Chunsheng. Snow removing on expressway in winter[J]. Road machinery & construction mechanization: 2004, (1) :31~32
- [8] Campbell, James F, Langevin, Andre. Operations management for urban snow removal and disposal[J]. Transportation Research, Part A: Policy and Practice,1995(5),29~30.
- [9] Макарецова, Елена Сергеевна, Мониторинг состояния снежных отвалов на примере города Томска– URL: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/54267> - Загл. с экрана.
- [10] 张启君, 夏磐夫.国内外除雪机械的探讨[J].筑路机械与施工机械化, 2005(11):1~5.

- [11] ANON. Development trends of Japanese rotary snow ploughs[J]. *Stroitel' nvei Dorozhnye Mashiny*, 2005(2): 32-33.
- [12] CUIxianjiang. Application of Throw-Fly Type Snow Remover[J]. *Product&Technology*, 2007, (9):98~100.
- [13] 夏建满, 伍汉清.一种新型除冰(雪)车[J].*专用汽车*, 2007(4):41~43.
- [14] ANON. Small-sized rotary snow-removing equipment[J]. *Stroitel'nye iDorozhnye Mashiny*,2005(1): 19~20.
- [15] FENG Shu Lin, CHEN Gang, WANG Chun Sheng. Snow Removing on Express Way in Winter[J]. *Road Machinery & Construction Mechanization*, 2004(1):31-34.
- [16] 胡雅灵. 道路除雪设备技术与创新研究[J]. *中国新技术新产品*, 2010(18):37-41.
- [17] 于春鹏. 道路冰雪清除组合式柔性机具研制[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学, 2006.
- [18] 李军, 李强, 吴迪. 军用履带车辆雪地机动性能分析 [J]. *农业装备与车辆工程*, 2010(12):52-57.
- [19] Žemgulys J. et al. Recognition of basketball referee signals from videos using Histogram of Oriented Gradients (HOG) and Support Vector Machine (SVM) // *Procedia computer science*. – 2018. – T. 130. – C. 953-960.
- [20] Li S. Z., Huang H. F., Xiao N. F. MapReduce implementation of face recognition based on HOG feature and NSMD // *Applied Mechanics and Materials*. – Trans Tech Publications Ltd, 2013. – T. 385. – C. 1572-1575.
- [21] Sidla O., Rosner M. HOG pedestrian detection applied to scenes with heavy occlusion // *Intelligent Robots and Computer Vision XXV: Algorithms, Techniques, and Active Vision*. – International Society for Optics and Photonics, 2007. – T. 6764. – C. 676408.

[22] Wang Y., Zhu X., Wu B. Automatic detection of individual oil palm trees from UAV images using HOG features and an SVM classifier //International Journal of Remote Sensing. – 2019. – Т. 40. – №. 19. – С. 7356-7370.

[23] Pang Y. et al. Efficient HOG human detection //Signal Processing. – 2011. – Т. 91. – №. 4. – С. 773-781.

[24] Villon S. et al. Coral reef fish detection and recognition in underwater videos by supervised machine learning: Comparison between Deep Learning and HOG+ SVM methods //International Conference on Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems. – Springer, Cham, 2016. – С. 160-171.

[25] Meus B., Kryjak T., Gorgon M. Embedded vision system for pedestrian detection based on HOG+ SVM and use of motion information implemented in Zynq heterogeneous device //2017 Signal Processing: Algorithms, Architectures, Arrangements, and Applications (SPA). – IEEE, 2017. – С. 406-411.

[26] Surasak T. et al. Histogram of oriented gradients for human detection in video //2018 5th International conference on business and industrial research (ICBIR). – IEEE, 2018. – С. 172-176.

[27] Ahmed F., Topu B. A., Islam S. M. M. Hog and gabor filter based pedestrian detection using convolutional neural networks //2019 International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering (ECCE). – IEEE, 2019. – С. 1-6.

[28] Hoang V. D., Le M. H., Jo K. H. Hybrid cascade boosting machine using variant scale blocks based HOG features for pedestrian detection //Neurocomputing. – 2014. – Т. 135. – С. 357-366.

[29] Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.03.2021).

[30] СП 52.13330.2016 -URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054197>- Загл. с экрана.

[31] ТОИ Р-45-084-01 по охране труда при работе на персональном компьютере-URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200030047>-Загл. с экрана.



[32] ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. -URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003913> -Загл. с экрана.

[33] ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. -URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071/titles>-Загл. с экрана.

[34] СНиП 23-05- 95\* -URL: <https://docs.cntd.ru/document/871001026>-Загл. с экрана.

[35] ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ. -URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200118606> -Загл. с экрана.

[36] СН 2.2.4/2.1.8.562-96. -URL: <https://docs.cntd.ru/document/901703278>- Загл. с экрана.

[37] СанПиН 1.2.3685–21. -URL: <https://ntm.ru/news/53/8526> -Загл. с экрана.

[38] ТОИ Р-45-084-01. -URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200030047> - Загл. с экрана.

[39] ГОСТ 26522-85. -URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200011405> - Загл. с экрана.

[40] ГОСТ 12.4.011–89. -URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200000277> - Загл. с экрана.

[41] ГОСТ 12.1.004-91. -URL: <https://docs.cntd.ru/document/9051953>-Загл. с экрана.

## Приложение А

### Off-season sidewalk cleaning system

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8EM01	Чжу Сюйдун		

Руководитель ВКР:

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

Консультант – лингвист отделения иностранных языков, школы ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОИЯ ШБИП	Пичугова И. Л			

## **Current snow removal method**

At present, according to the degree of snow cover and site restrictions, the methods of removing outdoor ice and snow include: artificial snow removal, snow melting and snow removal, mechanical snow removal and composite snow removal.

1. Manual snow removal is laborious and inefficient. This is a relatively primitive method of snow removal; it is mainly suitable for some small areas, and it is also suitable for use when snow removal machinery cannot work. For schools and roads, manual snow removal is labor-intensive and inefficient, so this method should not be used when sweeping snow in large areas.

2. The disadvantage of snow removal methods that use snow melting methods such as thermal energy or chemical reagents is that they consume a lot of energy and are expensive. Moreover, the use of thermal energy and chemical reagents will cause corrosion of the road surface and pollute the environment. The main components of snow melting agents used in snow melting and snow removal are chloride (for example, sodium chloride) and urea.

3. The method of using mechanical equipment to directly separate the snow from the road surface to achieve the goal of snow removal is called the mechanical snow removal method. Since the mechanical snow removal method has the advantages of high efficiency, low cost and no pollution compared with the snow melting method, mechanical snow removal has been widely used in the snow removal of airports, highways and main streets.

4. Compound snow removal. It is the integration of chemical reagents and mechanical snow removal technology. The advantage is that the efficiency of snow removal is high but the cost will be higher. At the same time, the snow melting agent and the mechanical structure will cause irreversible damage to the road surface.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 1 Various snow removal methods

### **Tomsk's snow removal method**

As a city in Russia, Tomsk has long been equipped with snow removal equipment. At present, the main snow removal methods are still mainly manual snow removal and mechanical snow removal, but there are still four major problems with snow removal equipment:

#### (1) High labor cost

In the winter of Tomsk, whether it is manual snow removal or mechanical snow removal, manual labor is required. In winter, workers need to get up early, and snow removal vehicles on the road will start removing snow from the road at 6 o'clock. In the community, workers also need to get up early and carry shovels to manually remove snow.

#### (2) The body is large and the speed is low, which affects road traffic.

During snow removal work, snow removal vehicles will occupy the road and affect traffic. The size of the volume and the speed of the snow removal vehicle are the main factors. For the streets of Tomsk City, some car bodies are too large, difficult to operate, and more dangerous. They are not suitable for working on narrow roads and take up too much space.

(3) Poor obstacle avoidance function and poor ability to protect the road surface

The ability of snow removal vehicles to avoid traffic accidents determines the length of their service life. There are many roads where snow removal vehicles work. Some are flat and some are uneven. There will be some obstacles on roads with poor road conditions, such as fallen leaves and gravel.

If the snow removal vehicle has obstacle avoidance function, the snow removal vehicle will reduce the probability of accidents. On the one hand, it is easy to damage snow removal equipment and shorten its service life. On the other hand, poor protection of the road surface can also cause damage to the road surface.

(4) The variety of varieties is incomplete or expensive

There is a shortage of small and easy-to-use practical snowplows. In many areas, there are almost no effective means of snow removal. Only simple tools can be used for snow removal, which is inefficient and labor-intensive. There is no special snow removal equipment in the community. As soon as the heavy snow falls, it will bring great inconvenience to the lives of residents.

### **Types of existing snow removal equipment**

At present, there are many types of snow removal equipment in the world. For example, different chassis or differences in operating principles, etc.

According to the classification of the chassis of snow removal equipment, it can be divided into two types: general chassis and special chassis. The universal chassis, as the name suggests, is a snow removal device installed on a construction vehicle. Due to its large size and sufficient power, this kind of snow sweeping equipment is commonly used to clean roads and has a wide range of applications, which improves the utilization rate.

In contrast, a dedicated chassis is a snow removal equipment with a separate chassis that can be moved independently. This type of snow removal equipment usually has a small size, light weight and flexibility. It is usually used for snow removal in small areas.

According to the working principle of snow removal equipment, it can be divided into three categories: push type, throw type and rotary type. Among them, the push type is mainly used because of its low price, simple design and good performance. The rotary type has a high removal rate and has a good cleaning effect on the ice and snow compaction mixture, but the design is complicated, the cost is high, and the road surface is damaged. If it collides with an obstacle, the spiral tool will be damaged.

### **Design background**

According to a report by the World Health Organization, more than 300,000 people die from falls worldwide every year, and countless people suffer fractures because of falling. Half of them are elderly people over 60 years old. There are many elderly people over 60 years old in Tomsk. Every morning, they come to the supermarket to buy products. In winter, the roads in the morning are very dangerous, and many of them need crutches or ski poles.

According to data, about 300,000 people die from falls and injuries worldwide every year. The mortality rate this autumn was 9.8% between the ages of 60 and 69, 12.5% between the ages of 70 and 79, and 22.5% between the ages of 80 and 80. As it can be seen, the injury rate of the elderly and children in winter is very high. Therefore, it is very necessary to develop an intelligent snow removal robot to ensure the safety of pedestrians.

### **Ice and snow analysis**

The choice of method for removing ice and snow on the road depends to a large extent on the physical and mechanical properties of ice and snow.

The physical and mechanical properties of ice and snow also determine the operation of the deicing machine. During operation, icing resistance, adhesion and power consumption vary. The physical and mechanical properties of ice and snow vary greatly according to the temperature of the soil.

Due to the complex changes in the road surface, such as driving a car, moisture interference, etc., causing constant changes in ice and snow on the road.

Various meteorological effects on the crystalline forms of ice and snow also play a very important role.

Since the snowfall in Russia is closest to that in China and Japan, the snow and ice conditions on the roads are also very similar. Therefore, in the process of studying ice and snow, we will refer to the research resources of these two countries. The physical and mechanical properties of ice and snow mainly including to: type, density, coefficient of friction, shear strength and compressive strength.

Since ice and snow are other forms of water, the density can be obtained by calculating the ratio of the weight of snow to the volume of snow.

The density of ice and snow depends to a large extent on its shape. After experiments and statistical data conducted by scientists from many countries, the range of changes in ice and snow is 700-900kg/m<sup>3</sup>.

However, scientists from the former Soviet Union suggest that the density range of ice and snow should be 10-800kg/m<sup>3</sup>. The difference in data is caused by differences in snowfall conditions, precipitation patterns and measurement methods. When selecting ice and snow data, a large amount of ice and snow data collected by Russian scientists was used.

Russian scientists measured the density of ice and snow under various conditions and came to the following conclusions:

(1) The longer the snow cover, the higher its density. The average monthly percentage increase in the density of snow and ice.

10% -20%.

(2) The deeper the ice and snow, the higher its density. Scientists measured and calculated the amount of snow accumulated in two months.

The following conclusions are drawn: the snow depth is 20cm and the snowfall density is 300-320kg/m<sup>3</sup>.

When the depth of the product reaches 100-200cm, the density becomes 600-640kg/m<sup>3</sup>.

(3) Differences in weather conditions will affect the structural characteristics of new snowfall.

(4) The relationship between the density of ice and snow on the road surface and the temperature, as well as the density of snow, can also be estimated based on years of practical experience.

The working environment and working objects of the snow removal robot should also be based on the Russian winter. According to the summarized data, at an ambient temperature of  $4^{\circ}\text{C}$  to  $38^{\circ}\text{C}$ , timely snow removal, the maximum density of road snow does not exceed  $0.5\text{g}/\text{cm}^3$ , the corresponding maximum hardness is about  $120\text{kgf}/\text{cm}^2$ , the maximum compressive strength is about  $1\text{mpa}$ , the maximum shear strength is about  $20\text{kpa}$ , and the coefficient of friction with steel and rubber is  $0.05$  and  $0.1$ , respectively. These basic snow parameters have a greater margin than the actual working conditions to ensure the rationality and reliability of the snow removal robot design, and to provide a data basis for the specific snow removal robot design in the following chapters.

### **My design**

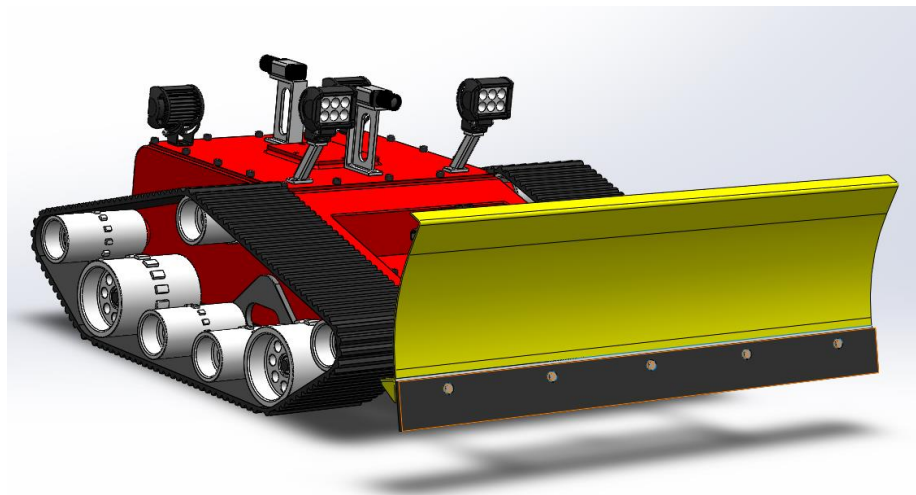


Figure 2 Conceptual Diagram

In various regions of Russia, the temperature is very low all year round. The average winter temperature in Tomsk is about  $-22.3^{\circ}\text{C}$ , and the extremely low temperature is below  $-40^{\circ}\text{C}$ . Most seasons are covered with snow, and the local depth even exceeds 2 meters.

In Tomsk, frosts below minus 40 degrees Celsius have become more frequent in recent years. The cold caused by heavy snow cover makes urban transportation inconvenient, pedestrians suffer, and the economy suffers huge losses.



The snow removal robot includes a crawler walking mechanism, push handle, chassis, shaved ice knife, 4 spotlights, the cameras and sensors, as well as a generator and gearbox.

When the ice and snow removal robot is working, the shovel head removes most of the snow, and then the shaved ice knife rotates to cut the ice.

When the ice and snow removal the robot starts to work, the camera starts to take pictures with the camera at intervals of 100 milliseconds and collect data. The image is then processed, the object is extracted using code and the presence or absence of pedestrians is evaluated. Finally, it decides whether to move forward or stop based on the current situation.

The track mechanism includes a width of 2 meters and a height of 0.7 meters. The material is made of rubber, and each track includes 7 internal steel wheels because it works on snowy days. Of the 7 inner steel wheels, the largest two are actively rotating, and the rest are additional driven wheels to maintain the shape of the track.

Because of the need to protect the soil, a rubber sheet was added where the shovel head with the soil to protect the soil. The shovel head has a height of 50 cm and a width of 180 cm.

The deicing knife developed in this article has a diameter of 50 cm and a length of 100 cm. In this paper, the tool angle is  $\alpha=43^\circ$ ,  $\beta=20^\circ$

Since the angle range of the deicing tool is [0 degrees-90 degrees], during the design process, since the length of the entire deicing tool is 100 cm. The tool will be subject to the impact and friction between ice and snow and the tool during operation. Considering that the tool is vulnerable to damage, the tool must be made of materials with high impact resistance and good welding characteristics at low temperatures. In this article, 16Mn stainless steel is used as the production material.

### **HOG+SVM**

Pedestrian detection is the use of computer vision technology to detect the presence of pedestrians in images or videos and provide accurate location detection. The technology is used in artificial intelligence systems, automobile driver assistance

systems, intelligent robots, intelligent video surveillance, human behavior analysis, AI transportation and other fields. Since pedestrians have the characteristics of both rigid and flexible objects, their appearance is susceptible to wear, scale, occlusion, position and viewing angle, which makes pedestrian detection a hot topic in the field of computer vision and has research value.

The target detection method in the image based on the combination of HOG+SVM is a widely used target detection method, first proposed by Navnit Dalal and Bill Triggs in 2005.

Directed gradient histogram (HOG) is a descriptor used in computer vision and image processing to identify singularities of objects. This technique is based on calculating the number of gradient directions in the local image area. This method is like to the edge direction histogram, SIFT descriptors, and shape context, but the difference is that it is calculated on a dense grid of evenly distributed cells and uses the normalization of overlapping local contrast.

Support vector machine (SVM) is a set of learning algorithms used for classification and regression analysis tasks. It belongs to the family of linear classifiers and can also be considered a special case of Tikhonov regularization. A special property of the support vector machine method is the continuous reduction of empirical classification errors and the increase of gaps, so this method is also called the maximum gap classifier method. The main idea of this method is to translate the original vector into a higher-dimensional space and search for the separated hyperplane with the largest gap in that space. Construct two parallel hyperplane planes on both sides of the hyperplane separating the classes. The separation hyperplane will be the hyperplane that creates the maximum distance to the two parallel hyperplane. The algorithm works on the assumption that the greater the difference or distance between these planes, the smaller the average classifier error.

In the first step, we must preprocess the image, do gamma correction of the captured image, and then convert it to a grayscale image. Using gamma correction for image processing, you can adjust the Image contrast, reduce uneven lighting and

interference with local image shadows, and improve the accuracy of the detection algorithm.



Figure 3 Gamma Conversion and Grayscale Images

In the second step, the image is divided into  $8 \times 8$  pixel segments, and a gradient histogram is calculated for each  $8 \times 8$  pixel segment.

One of the important reasons for using function descriptors to describe image fragments is that they provide a detailed representation. For a pedestrian photo with a pixel ratio of  $64 \times 128$ , the  $8 \times 8$  area is large enough to capture interesting details, such as faces, hats, etc.

The third step is normalization. Increasing the resistance of the detector to light is the main goal of image normalization, because the actual target of the human body can appear in different places, and the detector in areas that are not sensitive to light should have good results.

The fourth step is as follows. The HOG function is formed by combining the characteristics of each block in the training sample. Due to sharp changes in the pixel gradient in some local areas, this will lead to an increase in the characteristic amplitude of the block in which the pixel is located, which will lead to a large gap in the eigenvalues of different blocks. According to statistical theory, when the eigenvalues change greatly, this will lead to a decrease in classification ability. The solution is to take blocks as a unit of measure, then normalize the image objects in each block, and finally combine them together to generate a vector of image objects.

In the fifth step, the SVM classifier aims to train positive and negative samples and obtain a model. The trained model is used to create a detector and use the detector to identify a set of negative samples and find an example of an identification error. "Error examples" refer to all rectangles detected when the first training classifier was used to detect pedestrians (absolutely no human body) on the original negative sample. These rectangular areas are obviously false. Save these false results as images, add it to the initial negative sample set and retrain the SVM, which can significantly reduce false positive sample results.

In the sixth step, you can use the sliding window to perform multiple object detection. We use non-maximum suppression to obtain a bounding box with maximum confidence. The basic idea of non-maximal suppression (nms) is to search for local maxima and suppress non-maxima. When an object is detected at the same location, a lots of possible bounding boxes can be created, and there may be overlap between them. At the same time, we use NMS to find the best bounding box and suppress other bounding boxes.



Figure 4 Correct identification of pedestrians

This paper mainly studies the pedestrian detection using directional gradient histogram and support vector machine, analyzes the current problems, introduces the

method of investigating pedestrian detection, and establishes an SVM model. The pedestrian detection model is trained according to this algorithm, and the combination of HOG and SVM classifier features is improved. Experiments were used to test the effect of the pedestrian detection model when changing two attributes (bright and dim, unobstructed and slightly dimmed). After comparison, it was concluded that the method proposed in this paper is effective. Under low light conditions, the speed of pedestrian recognition using the method described in this article is significantly lower than in good light, and there is a very small chance that non-pedestrians will be detected by mistake. The focus of future research is to improve the accuracy of human detection under dim lighting.

The article introduces the physical properties, types, causes and environmental factors of compacted ice and snow on the road surface, as well as the influence of environmental factors on the characteristics of ice and snow; analyzes the mechanical properties of ice and snow, such as the shear strength and compressive strength of ice and snow on the road surface, and classifies the deicing machine according to the principle of deicing treatment.

Based on understanding the characteristics of road ice and snow, this chapter lays the foundation for further research, design and calculation of deicing machines. The walking mechanism of the robot adopts a crawler system and is driven by an engine. When the ice and snow removal robot is working, the shovel head removes most of the snow, and then the anti-ice blade rotates to cut the ice. The camera starts to take pictures with the camera at intervals of 100 milliseconds and collects data, then processes the image, uses code to extract objects and evaluates whether there are pedestrians. Finally, it decides whether to move forward or stop based on the current situation.

The results show that the pedestrian detection effect of the HOG+SVM target detection method can meet the requirements. Multi-level image recognition when detecting objects allows you to effectively detect pedestrians of different sizes in a single image. HOG can better capture local form information.