

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(национальный исследовательский университет)  
Филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (ИИУ) в г. Усть-Катав

Кафедра Электромеханика

ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН

Ревизент инженер-электрик  
первой категории

Семенкин И.В.  
Общак 2016 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой, к.т.н.,  
доцент

Каиров В.Н. Сафонов  
20 мая 2016 г.

Адаптивная система управления радиоточной тележкой

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ 140400.2016-001.000 ПЗ ВКР

Консультанты  
Безопасность жизнедеятельности,  
к.т.н., доцент

Андреев В.Г. Некрутов  
2016 г.

Руководитель работы,  
Ведущий инженер по метрологии

Мирошниченко С.А. Мирошниченко  
30 мая 2016 г.

Автор проекта  
студент группы У-КФл-523

Калягин А.А. Калягин  
30 мая 2016 г.

Нормоконтролер, доцент

Колесниченко В.Д. Колесниченко  
15.06.16 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(национальный исследовательский университет)  
Филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Усть-Катаве

Кафедра                                  Электромеханика  
Специальность                   140400.62 Электроэнергетика и электротехника

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой

*В. И. Сафонов*                                  В. И. Сафонов  
*1 февраля 2016 г.*                                  2016 г.

**ЗАДАНИЕ**

на выпускной квалификационный проект студента  
А.А.Калягина

Группа У-КФл-523

1 Тема проекта

Адаптивная система управления раздаточной тележкой

утверждена приказом по филиалу от *15.04.16* № *661*

2 Срок сдачи студентом законченного проекта 1 июня 2016 г.

3 Исходные данные к проекту

3.1 Справочно-техническая литература

3.2 Инструкции к оборудованию и интегральным схемам

3.3 Ресурсы Internet

4 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

Аннотация

Оглавление

Введение

1 Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений.

Выводы.

2 Общий раздел. Анализ исходных данных и постановка задачи. Описание методов адаптивного программного управления. Описание функциональной схемы. Выводы.

3 Специальный раздел. Расчет и выбор элементов системы управления. Подбор технических средств. Разработка и описание принципиальной схемы системы управления. Описание программного обеспечения. Разработка алгоритмов работы программного обеспечения поиска маршрута и управления движением. Выводы.

4 Организационно-экономический раздел. Организация производства. Экономика производства. Выводы.

5 Безопасность жизнедеятельности. Обеспечение безопасных условий эксплуатации передаточной тележки. Расчет естественной вентиляции цеха. Обеспечение экологической безопасности при эксплуатации аккумуляторных батарей. Мероприятия по ликвидации чрезвычайных (аварийных) ситуаций. Выводы.

Заключение


Библиографический список

5 Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей, плакатов в листах формата А1)

5.1 Тележка раздаточная. Чертеж габаритный	1,0 л
5.2 Система управления раздаточной тележкой. Схема электрическая функциональная	1,0 л
5.3 Микропроцессорный модуль. Схема электрическая принципиальная	1,0 л
5.4 Алгоритм работы программы поиска оптимального маршрута. Плакат	1,0 л
5.5 Алгоритм работы программы управления движением. Плакат	1,0 л
5.6 Концептуальная модель процесса обучения. Плакат.	1,0 л

Всего 6 листов

6 Консультанты по проекту, с указанием относящихся к ним разделов проекта



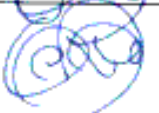
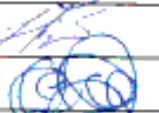



Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал (консультант)	Задание принял (студент)
Безопасность жизнедеятельности	В.Г.Некрутов		

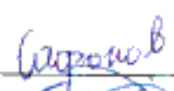
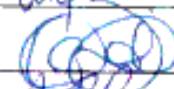

7 Дата выдачи задания 01 февраля 2016 г.

Руководитель,  
ведущий инженер по метрологии  Сергей Александрович Марочкин  
(подпись)

Задание принял к исполнению  Анатолий Александрович Калягин  
(подпись студента)

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выпускного квалификационного проекта	Срок выполнения этапов проекта	Отметка о выполнении руководителя
Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений	23.03.16-07.04.16	
Общий раздел	08.04.16-22.04.16	
Специальный раздел	23.04.16-13.05.16	
Организационно-экономический раздел	14.05.16-19.05.16	
Безопасность жизнедеятельности	20.05.16-27.05.16	
Выполнение графической части	08.04.16-27.05.16	
Направление на рецензию	01.06.16	

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  /В.И.Сафонов/  
 Руководитель проекта \_\_\_\_\_  /С.А.Марочкин/  
 Студент \_\_\_\_\_  /Калягин А.А./

## АННОТАЦИЯ

Калягин А.А. Адаптивная система управления раздаточной тележкой: ЮУрГУ, филиал в г. Усть-Катаве, 2016, 81 с., 22 илл., библиогр. список – 27 наименований, 6 листов чертежей ф. А1.

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу создания адаптивной системы управления раздаточной тележкой для осуществления операций раздачи инструмента и материала в рамках концепции «бережливое производство». Приводится описание системы, состав, назначение, принцип действия, технические характеристики.

В ходе выполнения работы были спроектированы: функциональная схема системы управления, принципиальная электрическая схема микропроцессорного блока управления, концептуальная модель процесса обучения, сделан выбор основных технических и программных средств системы управления. Произведены необходимые расчеты.

В разделе «Безопасность жизнедеятельности» проведен обзор мероприятий, обеспечивающих безопасность работы автоматизированной транспортной системы, выполнен расчет естественной вентиляции цеха, указаны меры, направленные на устранение последствий землетрясения.

В экономической части рассчитана экономическая эффективность проектируемого варианта системы управления в сравнении с вариантом без использования раздаточной тележки.

140400.2016.401.000 ПЗ										
					Адаптивная система управления раздаточной тележкой					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Калягин	<i>А.А. Калягин</i>	30.05						
Руковод.		Марочкин	<i>В.В. Марочкин</i>	30.05		6	81			
Рецензент		Семенкин	<i>В.В. Семенкин</i>	17.06	Филиал ФГБОУ ВПО ЮУрГУ (ПИУ) в г. Усть-Катаве. Кафедра "Электромеханика"					
Н. Контр.		Константинов	<i>В.В. Константинов</i>	17.06						
Утв.		Сафонов	<i>В.В. Сафонов</i>	30.06						

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
<b>1 АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ</b>	
1.1 Тележка раздаточная на резиновом колёсном ходу НПК «Пермский механический завод».....	9
1.2 Комплектные решения фирмы Lenze.....	11
1.3 Роботкары ROCLA.....	12
<b>2 ОБЩИЙ РАЗДЕЛ</b>	
2.1 Анализ исходных данных и постановка задачи.....	17
2.2 Описание метода управления.....	21
2.3 Описание функциональной схемы системы управления.....	23
<b>3 СПЕЦИАЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ</b>	
3.1 Расчет и выбор электродвигателей.....	25
3.2 Выбор инвертора.....	29
3.3 Выбор аппаратной микропроцессорной платформы.....	30
3.4 Проектирование принципиальной схемы системы управления.....	33
3.5 Выбор путевых датчиков.....	41
3.6 Выбор аккумуляторных батарей.....	46
3.7 Выбор средств программирования.....	51
3.8 Описание концептуальной модели процесса обучения.....	52
3.9 Описание программного обеспечения поиска маршрута.....	56
3.10 Описание программного обеспечения управления движением.....	58
<b>3 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ</b>	
3.1 Расчет капитальных вложений по базовому варианту.....	61
3.2 Расчет капитальных вложений по проектному варианту.....	63
3.3 Расчет экономической эффективности проекта.....	65
<b>4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ</b>	
4.1 Обеспечение безопасных условий эксплуатации .....	68
4.2 Расчет естественной вентиляции цеха.....	72
4.3 Мероприятия по уменьшению последствий землетрясений.....	75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	79
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	80

## ВВЕДЕНИЕ

В наше время на любом машиностроительном производстве применяют транспортно-складские системы, с целью совершенствования производства и уменьшение затрат на транспортировку. Транспортно-складская система выполняет важные функции обслуживания основных и вспомогательных процессов на всех уровнях в сфере производства, снабжения и сбыта.

В прошлом много времени уделялось оптимизации производства, а производственные логистические операции оставались практически без внимания. Сегодня необходимо также оптимизировать движение материалов

Системы транспортировки и складирования взаимодополняют и взаимозамещают друг друга при организации поставок в технологических целях предприятий. Именно от затрат на хранение и транспортировку зависит выбор схемы снабжения и сбыта и размещения производства, и именно эти затраты имеют решающее значение при принятии многих других решений в области управления операционной деятельностью предприятий. Назначение транспортного хозяйства предприятия заключается в полном удовлетворении потребностей предприятия в грузоперевозках при максимальном использовании транспортных средств и минимальной себестоимости транспортных операций.

Это возможно только на основе правильной организации транспортного хозяйства предприятия и эффективного планирования грузоперевозок.

Целями выпускной работы является проектирование автоматизированной транспортной системы, обладающей следующими характеристиками:

- а) транспортировка грузов общей массой до 500 кг при помощи автономной тележки на аккумуляторе;
- б) следование по заданному маршруту;
- в) распознавание окружающей обстановки при помощи датчиков расстояния;
- г) автономная работа при объезде препятствий и поиске альтернативных маршрутов следования;
- д) возможность обучения путем сохранения точек маршрута в виде графа.

Для реализации разрабатываемой системы необходимо решить следующие вопросы:

- а) спроектировать функциональную схему системы управления;
- б) выбрать микропроцессорное средство управления и модули сопряжения;
- в) выбрать датчики;
- г) рассчитать и выбрать электродвигатель привода тележки;
- д) разработать алгоритм работы, выбрать средства разработки ПО.



# 1 АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ РЕШЕНИЙ

## 1.1 Тележка раздаточная на резиновом колёсном ходу НПК «Пермский механический завод»

Из всего многообразия раздаточных тележек одной из самых распространённых является тележка на резиновых шинах или тележка на резиновом ходу.

Тележка раздаточная на резиновых шинах – это промышленное транспортное средство, предназначенное для перемещения сырья, полуфабрикатов, заготовок на промышленном предприятии. Опорно-передвижные механизмы изготовлены с применением колёс с пневматическими шинами или колёс футерованных резиной или полиуретаном.

Тележки передаточные на резиновых шинах обладают важными преимуществами:

- отсутствие необходимости в проведении строительных работ по укладке рельсового пути внутри производственного помещения;
- траектория движения может меняться в зависимости от потребностей производства;
- неограниченная длина перемещения передаточной тележки.

Особенность данного типа передаточных тележек заключается в том, что направление движения задаётся тележке с помощью следующей конструкции:

Прицепное устройство зацепляется за ведущее транспортное средство, которое транспортирует тележку в необходимое место. Принцип работы передаточной тележки прост и идентичен зацеплению прицепа к автопогрузчику, либо трактору.

Приводной поворотный мост.

Направление движения задаётся с помощью подруливаемых колёс, которые обеспечивают заданную траекторию движения передаточной тележки. Данный тип передаточных тележек, как правило, является автономным и питается от гелевых аккумуляторов.

Управление механизмом поворота колёс осуществляется:

- с помощью переносного пульта управления. Оператор с помощью джойстика задаёт направление движения оборудования, тем самым выбирая траекторию;
- с помощью индуктивного датчика, который отслеживает кабель, уложенный в полу, и двигается вдоль него. Направление движением задается кабелем, уложенным внутри цехового пола.

Это позволяет исключить из управления оператора, запрограммировав работу тележки по определенному алгоритму. Как правило, на заданной кабелем траектории могут находиться несколько передаточных тележек. Подобная система управления свойственна автоматизированным транспортным системам.

Кроме этого, НПК «Пермский механический завод» проектирует и изготавливает тележки передаточные, транспортные автономные для транспортно-логистических систем предприятий. Во время решения задач по транспортированию груза с помощью передаточных тележек специалисты предприятий, как правило, сталкиваются с проблемой организации токоподвода к

					140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

оборудованию. Данная проблема становится наиболее острой когда нужно организовать электропитание передаточной тележки в следующих условиях:

- транспортная тележка имеет пересечение с автомобильной дорогой;
- передаточная тележка должна перемещаться не только внутри закрытого цеха, но и на открытом воздухе;
- передаточная тележка имеет длину пути более 100 м;
- передаточная тележка имеет криволинейный путь;
- передаточная тележка перемещается с помощью трансбордера с одного железнодорожного пути на другой;
- передаточная тележка используется как маневровое оборудования для перемещения холостых транспортных тележек либо вагонов.

Данная задача может быть решена с помощью применения автономной передаточной, транспортной тележки.

Автономность передаточной тележки – это способность транспортного оборудования получать электропитания от источника находящегося непосредственно на самой передаточной, маневровой, транспортной тележке. НПК «Пермский механический завод» производит следующие виды автономного питания.

Дизель-генератор – устанавливается на маневровое или транспортное оборудование для снабжения электроприводов энергией с помощью дизельного двигателя, основным преимуществом является длительность работы оборудования в автономном режиме. Данный тип автономности устанавливается на оборудование, которое, как правило, эксплуатируется на открытом воздухе. В виду наличия выхлопа и шума не рекомендуется длительное использование в закрытом цехе. Дизель-генераторные передаточные, транспортные тележки снабжаются кабиной управления, так как работа оператора тележки осуществляется на открытом воздухе. Длина обслуживаемого пути может варьироваться от 100 м до нескольких километров. Кабина оператора снабжается системой телеметрии дизель-генератора и приводной техники, дополнительным освещением и отоплением. Данный тип передаточных тележек может дополнительно оснащаться навесным оборудованием и оснасткой для транспортирования различных грузов и выполнения работ по обслуживанию путей.

Аккумуляторные батареи – главное преимущество перед дизель- генератором, это их экологичность и отсутствие каких либо выхлопов и выделений паров при их эксплуатации. НПК «Пермский механический завод» устанавливает необслуживаемые гелевые аккумуляторы, они имеют наиболее высокие эксплуатационные и технические характеристики по сравнению с обслуживаемыми батареями. GEL аккумуляторы отличаются более высокой глубиной разрядки, большим количеством числа разрядки и зарядки, возможностью эксплуатации в низких температурных режимах, длительным сроком эксплуатации от 5 до 10 лет, отсутствием выделения каких либо паров при зарядании батарей, это позволяет исключить наличие на производстве специальной зоны с вентиляцией для зарядки. Зарядка может осуществляться в любом удобном месте на пути следования транспортной тележки. Герметичный

										Лист
										10
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						

140400.2016.401.000 ПЗ

корпус предотвращает расплёскивание электролита и попадание внутрь АКБ пыли и других веществ. Длительность работы аккумуляторной тележки измеряется в амперах/час чем выше данный показатель тем дольше может оборудование работать без подзарядки но это влияет на длительность зарядки. Оптимальное время зарядки 8 часов.

Гибридный токоподвод – оборудование имеет смешанный тип энергоснабжения. Например имеется токоподвод в виде шинпровода и аккумуляторной батареи. Подобный тип автономности позволяет передвигаться передаточной тележки в зонах где невозможно установить шинпровод, например при выезде передаточной тележки на улицу из цеха. Гибридный токоподвод может быть исполнен с применением аккумуляторной батареи и дизель-генератора, данное сочетание позволяет эксплуатировать оборудование на открытом воздухе и в цехе.

Все три типа автономного энергообеспечения передаточных, маневровых транспортных средств изготавливает в соответствии с техническим заданием НПК «Пермский механический завод».

## 1.2 Комплектные решения фирмы Lenze

Приводы ходовой части приводят в движение транспортные средства, которые перемещают полезную массу по ровной или наклонной поверхности. Движение по колее осуществляется при помощи колёс, движущихся по рельсам или свободно.

Типичными примерами являются:

- рельсовый транспорт;
- мостовые или порталные краны;
- электрические подвесные дороги;
- стеллажное оборудование;
- транспортные системы без оператора.

Такие приводы перемещаются вместе с самим транспортным средством, что выдвигает требование гибкой передачи электроэнергии и данных. Передача усилия осуществляется через колёса, цепи, зубчатые ремни или зубчатые рейки. Рельсовые транспортные средства могут иметь два двигателя, которые либо включены параллельно и управляются одним преобразователем, либо через электронный дифференциал управляются двумя преобразователями.

Необходимый крутящий момент рассчитывается в первую очередь из требуемого ускорения и массы транспортного средства. Он действует во время фаз ускорения и торможения. Во время движения с постоянной скоростью следует лишь преодолеть силу трения – с соответственно пониженным энергопотреблением. Движение по наклону соответственно требует большего крутящего момента.

Решение задач привода для приводов ходовой части Стандартные редукторные электродвигатели и редукторные серводвигатели применяются с угловыми или осевыми передачами. Для удерживания на месте при остановке предусмотрен тормоз. Для электрических подвесных дорог и других рельсовых транспортных

					140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

средств компания Lenze предлагает специальную серию редукторов GKK с интегрированной сцепной муфтой.

Обычно приводы ходовой части управляются преобразователем частоты со стандартным электродвигателем трёхфазного тока.

Выход на заданную позицию осуществляется через тормозную кривую преобразователя частоты. Благодаря чему можно в большинстве случаев достигнуть приемлемой точности позиционирования. Платформы для ускорения, выполненные в виде буквы S, благодаря своим ходовым качествам щадяще действуют на механику, а также на перемещаемый груз.

В случаях, когда к динамике и точности позиционирования предъявляются повышенные требования, например для стеллажного оборудования и тележек для машин с высоким числом тактов, используются сервоприводы с асинхронными серводвигателями. Функции позиционирования и логики, а также автономные программы передвижения можно интегрировать в сервопреобразователи компании Lenze. В двигателях большой мощности, например, порталных кранах, применяются несколько двигателей с электронным дифференциалом, функция регулировки которого интегрирована в сервопреобразователь. Часто приводы ходовой части необходимо оснащать функциями безопасности, чтобы для человека не возникло опасной ситуации, исходящей от самого привода. Многие сервопреобразователи и частотные преобразователи Lenze снабжаются соответствующими функциями «Drive-based Safety», которые позволяют сэкономить на дополнительных компонентах безопасности. Это экономит место, время на монтаж разводки и деньги.

Специальные децентрализованные системы управления двигателем для привода ходовой части имеют специфические функции для управления транспортным средством и техники безопасности. Они разработаны и оптимизированы для мобильных приложений, например, для индуктивной передачи энергии или для управления однорельсовыми подвесными дорогами.

### 1.3 Роботкары ROCLA

В России и за рубежом популярны робокары, поставляемые фирмой ROCLA в составе автоматизированных транспортных систем. Робокар (роботкар) — это автоматизированный электрический погрузчик, который обеспечивает операции по перемещению грузов без участия водителя. Робокары ROCLA AGV - автоматизированные складские погрузчики (на базе ричтраков HUMANIC) грузоподъемностью до 5 тонн и высотой подъема до 8 метров.

Компания ROCLA в отличие от конкурентов производит роботкары AWT (Automated Warehouse Truck) серийно и имеет большое количество клиентов в мире и России.

Автоматизированная Транспортная Система состоит из нескольких Роботкаров, управляемых системой лазерной навигации и выполняющих общую задачу по перемещению грузов в конкретном месте по заранее запрограммированным маршрутам. Внешний вид робокара показан на рисунке 1.2.

					140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Роботкары ROCLA:

- а) идеальны для транспортировки поддонов, рулонов, катушек и прочих грузов до 5 тонн (по заказу и больше)
- б) управляется без участия человеком автоматизированной системой
- в) рабочая сила используется для более квалифицированной работы, а не для монотонного труда.

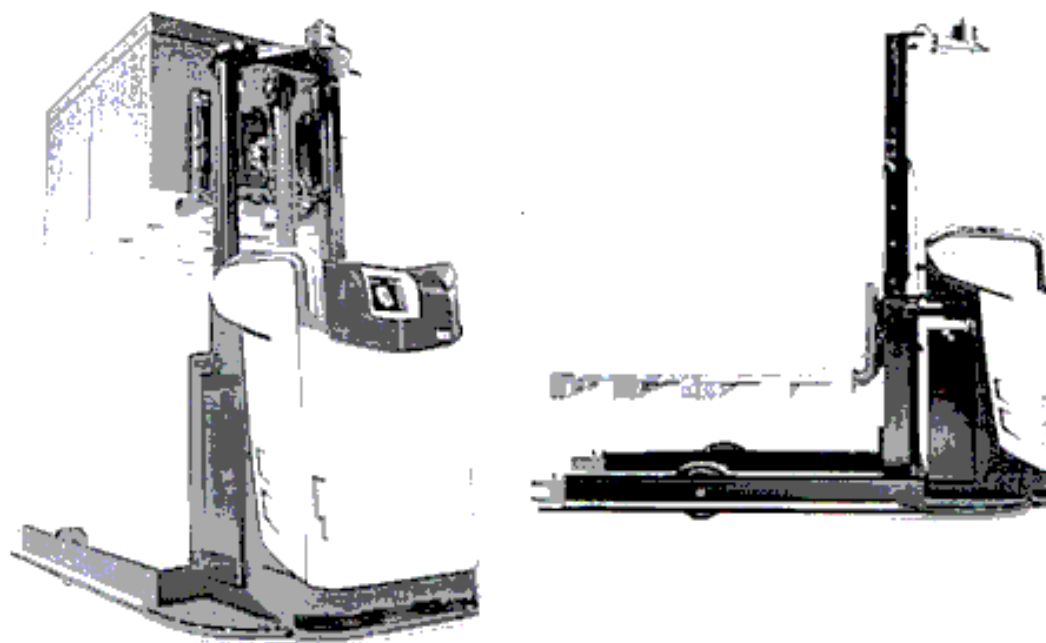


Рисунок 1.2 – Роботкары компании ROCLA

Роботкары ROCLA можно увидеть, где они приносят прибыль: Nestle, BMW, General Motors, Volvo, SCANIA, Pfizer, Hartwall, Kellogg's, KBA, MAN-Roland, Mondi, Stora Enso, UPM, Sappi, Tetra Pak (и в России), Arcelor, Outokumpu, Rautaruukki, SSAB, ThyssenKrupp

#### 1.4 Выбор платформы для реализации системы управления

Анализ платформ: передаточных тележек, робокаров и готовых приводных решений показывает, что для реализации современной транспортно-логистической системы цеха могут быть использованы любые из рассмотренных в данном разделе решений.

Особое внимание следует уделить транспортным системам производства НПК «Пермский механический завод» по следующим причинам:

- во-первых, данные системы относятся к отечественному производству;
- во-вторых, существует большой выбор вариантов приводов, систем навигации и способов питания передаточных тележек. Это позволит в кратчайшие сроки адаптировать принятые решения по системе управления к реальной платформе за счет индивидуального технического задания, по которому будет спроектирована платформа транспортной системы.

									Лист
									13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Исходя из предоставляемых возможностей и выполнению условия дальнейшей адаптации системы управления к платформе в короткие сроки выбрана передаточная тележка на резиновом ходу производства НПК «Пермский механический завод».

Вид автономного питания выбираем — аккумуляторный, вид привода — безщеточный привод постоянного тока, тип навигации — по линии.

Трехмерная модель тележки показана на рисунке 1.1. Характеристики платформы отражены в таблице 1.1.

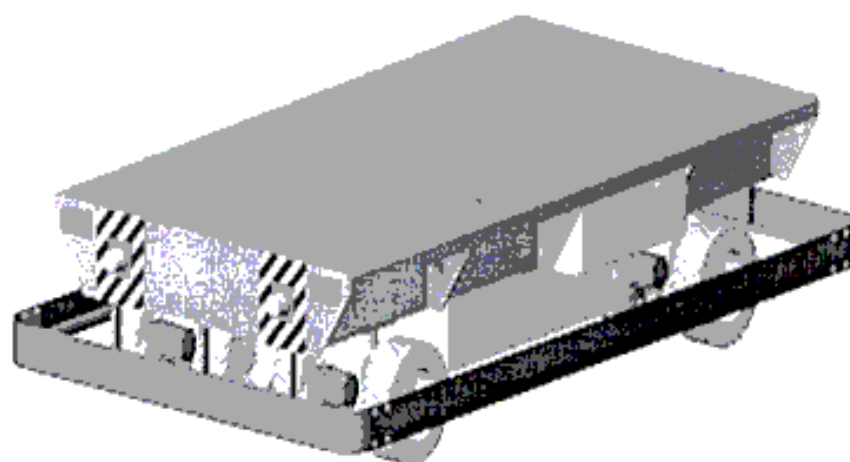


Рисунок 1.1 — Трехмерная модель передаточной тележки на резиновом ходу

Таблица 1.1 — Технические характеристики передаточной тележки

Наименование	Величина
Грузоподъемность, т	35
Исполнение	общепромышленное
Режим работы	A5
Скорость передвижения, м/мин	20
Клиренс, мм	80
Настил тележки	резина
Тип колеса	полиуретан
Тип токоподвода	автономный
Вид автономного питания	аккумуляторы
Температурный режим, Г	-40 С°..+40 С°
Угол заезда	max 10°
Масса, кг	5000

Габаритный чертеж передаточной тележки приведен на рисунке 1.2.

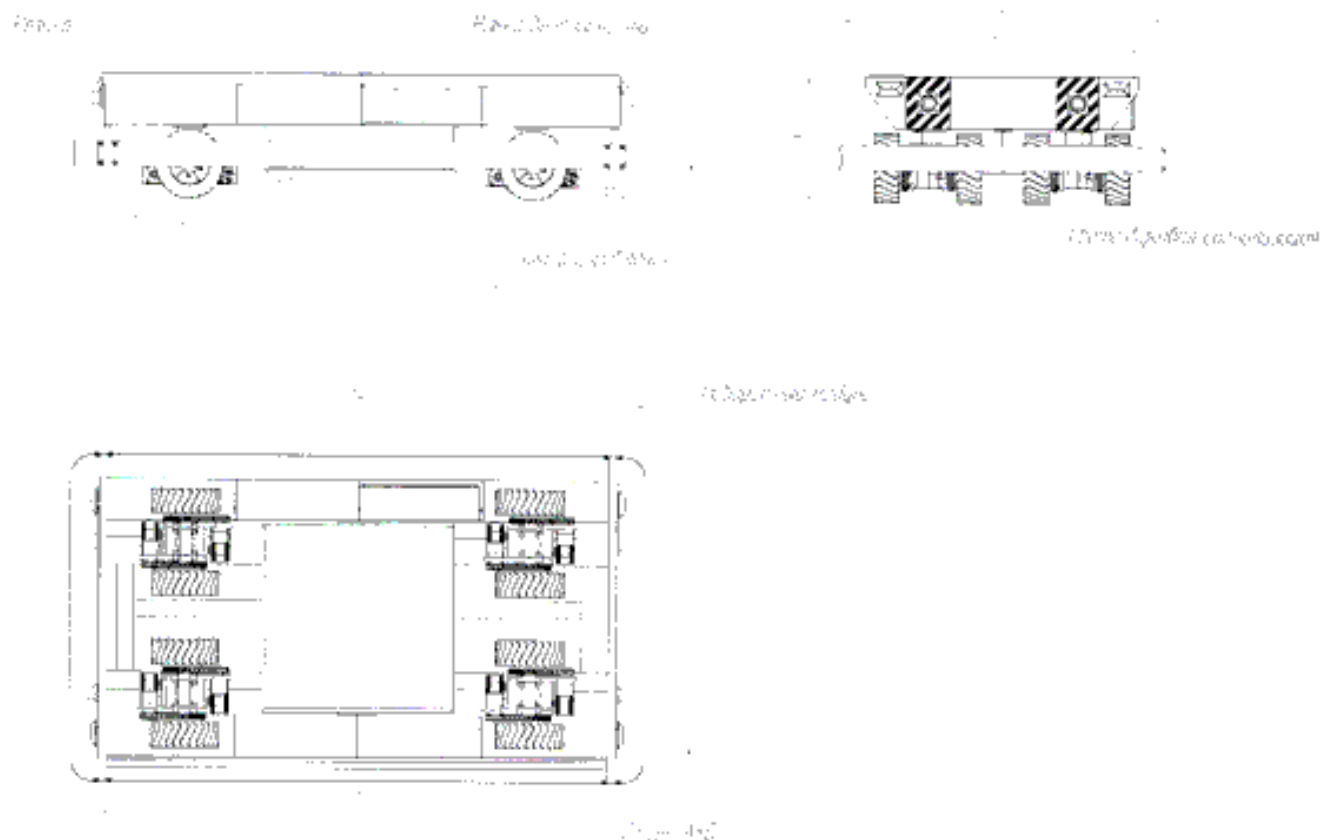


Рисунок 1.2 — Габаритный чертеж передаточной тележки

#### Выводы по разделу один

Анализ существующих решений показывает, что основными идеями оптимизации транспортного хозяйства предприятия являются:

- а) склад товаров в процессе производства
- б) карантинная зона
- в) транспортировка в процессе производства
- г) автоматический подбор грузов
- д) транспортировка мусорных контейнеров
- е) перемещение на склад

Опыт внедрения автоматизированных транспортных систем в России и за рубежом показал высокую эффективность, что достигается:

а) увеличением объёма производимой продукции за счет оптимизации логистических процессов внутри предприятия, и сокращения времени перемещения грузов.

б) сокращением транспортных затрат внутри предприятия благодаря автоматизации процесса.

в) принятием оперативных управленческих решений на основании статистических данных об объёме перевозимого груза.

					Лист
140400.2016.401.000 ПЗ					15
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	

г) достижением гибкости производственного процесса путём быстрого перераспределения транспортных потоков.

д) получением технологического преимущества над конкурентами.

Для реализации адаптивной системы управления транспортной тележкой в качестве платформы выбрана передаточная тележка на резиновом ходу с аккумуляторным источником питания производства НПК «Пермский механический завод».

					140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16



## 2 ОБЩИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Анализ исходных данных и постановка задачи

Основными функциями транспортного хозяйства предприятия являются перевозки, погрузка-разгрузка и экспедирование грузов. Транспортное хозяйство обслуживает потребности предприятия в грузоперевозках в сфере снабжения, производства и сбыта.

Производственная деятельность предприятия требует перемещения большого объема разнообразных грузов вне и внутри предприятия. На общезаводские склады предприятия и в цехи бесперебойно должны доставляться от внешних поставщиков материальные ресурсы (сырье, материалы, топливо, комплектующие и т. п.). С общезаводских складов предприятия и из цехов непрерывно должна вывозиться готовая продукция для внешних потребителей, а также отходы, предметы утилизации и сбыта. Эти функции выполняет внешний транспорт.

Внутри предприятия должно быть обеспечено перемещение грузов между цехами, участками и рабочими местами. Для выполнения этих функций предназначен внутренний транспорт, который включает:

Межцеховой транспорт. Выполняет следующие функции:

- а) со складов в цехи доставляет сырье, материалы и комплектующие;
- б) из цеха в цех по ходу технологического процесса перемещает заготовки, детали и сборочные единицы;
- в) из цехов на склады готовой продукции вывозит готовые изделия;
- г) между основными, вспомогательными цехами и обслуживающими хозяйствами предприятия перевозит разнообразные грузы: отходы, рабочий и отработанный инструмент, агрегаты в ремонт и из ремонта, запасные части, порожнюю тару, топливо и горюче-смазочные материалы и т.д.

Внутрицеховой транспорт. В свою очередь подразделяется на [1]:

а) межучастковый. Внутри каждого цеха с участка на участок в процессе изготовления и сборки транспортирует заготовки, детали, сборочные единицы и готовые изделия.

б) внутриучастковый (межоперационный). Внутри каждого участка между рабочими местами осуществляет транспортировку заготовок, деталей, сборочных единиц и готовых изделий.

По видам транспорта различают:

- а) рельсовый (железнодорожный узкоколейный);
- б) безрельсовый (автотранспорт, электротранспорт);
- в) специальный (технологический) транспорт;
- г) подъемно-транспортные средства (конвейеры, краны, погрузчики, лифты и т.п.).

По способу действия различают:

- а) транспорт прерывного действия (например, электропогрузчики);
- б) транспорт непрерывного действия (например, конвейеры).

По направлению перемещения грузов различают:

- а) горизонтальный;
- б) вертикальный (лифты, подъемники);
- в) горизонтально-вертикальный (мостовые краны, кран-балки, электропогрузчики);
- г) наклонный (наклонные канатные и монорельсовые дороги, конвейеры).

Транспортное хозяйство предприятия включает:

- а) общезаводское транспортное хозяйство;
  - б) транспортное хозяйство отдельных цехов (цеховое транспортное хозяйство).
- Внутрицеховой транспорт находится в ведении того цеха, где он применяется.

Для эффективного управления транспортным хозяйством на его базе создается единый транспортный цех, который выполняет ряд функций:

а) функция движения: осуществляет приемку и отправку подвижного става, подачу под погрузку и выгрузку на погрузочно-разгрузочных пунктах;

б) грузовая и коммерческая функция: ведает погрузочно-разгрузочными работами, оформляет перевозочные документы, ведет учет поступающих и отправляемых грузов, а также расчеты с внешними перевозчиками;

в) функция технического обслуживания и ремонта: отвечает за содержание и ремонт подвижного состава и подъемно-транспортных средств, за обеспечение запасными часами и горюче-смазочными материалами;

г) функция дорожного хозяйства: ведает содержанием и ремонтом заводского дорожного хозяйства, включая транспортные магистрали, инженерные сооружения, средства связи и сигнализации, дорожную разметку и указатели.

Оперативное управление работой транспортного хозяйства осуществляет дежурный диспетчер, взаимодействующий с дежурным диспетчером предприятия.

При наличии на предприятии централизованной службы логистики транспортное хозяйство входит в ее состав.

В первую очередь для рациональной организации перевозок и расчета потребности в транспортных средствах требуется определить номенклатуру перевозимых грузов. Обычно включает три основные группы:

- а) сыпучие грузы (формовочные материалы, уголь, песок, гравий и т.д.);
- б) наливные грузы (нефтепродукты, химические жидкости и т.п.);
- в) штучные грузы.

Грузы каждой группы имеют определенные особенности перевозки, погрузки-выгрузки, хранения, требуют применения определенных способов транспортировки, технологии грузопереработки, транспортно-складской тары. Эти особенности учитываются при выборе транспортных средств и организации их работы.

Грузооборот - количество грузов (в тоннах), перемещаемых на предприятии за определенный период времени (сутки, месяц, квартал, год). Грузооборот определяется на основе транспортных таблиц, учитывающих поступление и отправку грузов по каждому пункту (адресу). В каждой клетке такой таблицы указывается наименование и количество груза, соответственно поступившего в данный пункт (если это позиция-потребитель) или отправленного из него (если это позиция-поставщик). Грузооборот равен сумме грузопотоков.

					140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Грузопоток - количество грузов, перемещаемых в определенном направлении между отдельными пунктами погрузки и выгрузки в пределах предприятия за тот же период, что и грузооборот. Данные таблиц грузооборота принимаются за основу при разработке схем грузопотоков. Схема грузопотоков в графическом виде отображает направление движения грузов по отдельным пунктам обслуживаемой территории. Схема грузопотоков составляется на плане территории, вычерченном в определенном масштабе, с указанием транспортных путей. Направление грузопотоков указывается стрелками, объем перевозимых грузов проставляется цифрами над линиями. Схема грузопотоков упрощает анализ транспортной сети и размещения объектов с точки зрения их рациональной организации в пространстве. Используя схему грузопотоков, можно достаточно быстро выявить и устранить излишние пересечения, возвратные и встречные маршруты, сократить путь движения отдельных грузов, проверить соответствие "грузонапряженности" отдельных транспортных путей их пропускной способности. В соответствии со схемой грузопотоков устанавливаются схемы маршрутизации перевозок между отдельными пунктами на территории обслуживания. Перевозки грузов могут осуществляться по:

а) разовым маршрутам, которые назначаются для выполнения неповторяющихся отдельных заявок, случайных как по направлению, так по составу и количеству транспортируемых грузов;

б) постоянным маршрутам, которые назначаются для выполнения систематически повторяющихся заявок, выбираются с учетом грузопотока и применяемых транспортных средств.

в) комбинированным маршрутам, которые представляют собой комбинацию различных маршрутов или их фрагментов.

В проектном, позаказном и мелкосерийном производствах (при отсутствии устойчивых грузопотоков) грузоперевозки, как правило, организуются по разовым маршрутам. В крупнопартийном и поточном производствах грузопотоки более постоянны, поэтому грузоперевозки осуществляются и по постоянным, и по разовым маршрутам.

Рост и усовершенствование машиностроительных предприятий, стремление их к улучшению качества продукции, автоматизации производства и уменьшению затрат на изготовление выпускаемой продукции привели к тому, что на усовершенствованных или модернизированных предприятиях применяются Гибкие производственные системы (ГПС) и автоматизированная транспортно-складская система (АТСС). Являясь одной из основных подсистем ГПС, АТСС в значительной степени определяет компоновку, функциональные возможности, стоимость всей производственной системы, а также надежность ее работы.

Автоматизированная транспортно-складская система (АТСС), используемая в ГПС, – система взаимосвязанных автоматизированных транспортных и складских устройств для укладки, хранения, временного накопления, разгрузки и доставки предметов труда и технологической оснастки.

Характер производственных процессов в ГПС – стохастический (неопределенный) в связи с тем, что при выпуске многономенклатурной продукции мелко- или среднесерийными партиями невозможно обеспечить

										Лист
										19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	140400.2016.401.000 ПЗ					

одинаковое или кратное время обработки деталей на разных станках; неодинаково и время простоев станков, необходимое для их переналадки, и т. д. Поэтому АТСС наравне с основными задачами, указанными ранее, используют также для сглаживания прерывистости и временной неравномерности процессов механической обработки в гибких производственных системах.

Для характеристики использования транспортных средств и оценки работы транспортного хозяйства применяются систематехнико-экономических показателей, основными из которых являются [2]:

а) техническая скорость движения транспортного средства. Определяется как отношение длины пути от начального до конечного пункта ко времени движения транспортного средства. Расчетная техническая скорость движения межцехового транспорта в зависимости от условий эксплуатации может составлять 60—80 м/мин внутри зданий, 100—150 м/мин вне зданий.

б) эксплуатационная скорость транспортного средства. Определяется как отношение длины пути от начального до конечного пункта ко времени стоянки на начальном, промежуточных и конечном пунктах.

в) коэффициент использования грузоподъемности транспортного средства. Равен отношению массы одновременно перевозимого груза к грузоподъемности транспортного средства.

г) коэффициент использования пробега транспортного средства. Равен отношению пути, проходимого транспортным средством с грузом, к пути, проходимого без груза. Сокращение пробега без груза (холостой ход) за счет рациональной маршрутизации улучшает использование транспортных средств и снижает потребность в их количестве.

д) коэффициент использования рабочего времени транспортного средства. Определяется как отношение фактического времени работы транспортного средства к календарному времени за один период. При нормальной эксплуатации должен быть не менее 0,85.

Особое значение имеет оценка качества транспортного обслуживания, которое учитывает соблюдение сроков и размера партий доставки, отсутствие случаев повреждения и неправильной засылки грузов, предоставление дополнительных услуг и т. д. Оценка по каждому из критериев позволяет получить комплексную оценку эффективности транспортного обслуживания [3].

К основным функциям автоматизированной транспортной системы в общем случае относятся:

а) прием и выдачу со склада или других накопителей автоматизированной транспортной системы материалов, заготовок, полуфабрикатов, готовых деталей, технологической оснастки (приспособлений, режущего и вспомогательного инструмента и т. п.) от внешних по отношению к ГПС поставщиков, с позиции (или на позицию) обработки, контроля или установки (снятия) заготовок (деталей) на приспособления-снутники; размещение принятых материалов, заготовок, полуфабрикатов, готовых деталей, технологической оснастки в ячейках склада или других накопителях АТС и их временное хранение; учет поступления, выдачи и наличия на складе (или других накопителях) АТС материалов, заготовок, полуфабрикатов, готовых деталей и технологической оснастки;

б) транспортирование заготовок, полуфабрикатов, приспособлений-спутников, тар, кассет со склада на участок установки заготовок, полуфабрикатов на приспособления-спутники или в кассеты и обратно на склад готовой продукции;

в) транспортирование приспособлений-спутников (кассет) с установленными заготовками (полуфабрикатами) на склад или на приемные позиции технологического оборудования;

г) межоперационное транспортирование приспособлений-спутников или кассет (тар) с обрабатываемыми заготовками (полуфабрикатами);

д) транспортирование обрабатываемых деталей на позиции межоперационного или окончательного контроля и их возврат на склад или на приемные позиции технологического оборудования для дальнейшей обработки;

е) распределение других грузовых единиц (материалов и т. п.) между технологическим оборудованием;

ж) транспортирование инструментов со склада АТСС к металлорежущему оборудованию (для его замены) и возврат его на склад;

з) загрузка-выгрузка приемных устройств технологического оборудования и участков (позиций) контроля и установки (снятия) на приспособления-спутники или в кассеты.

АТС включает в себя различное оборудование: транспортные средства, под ними понимается транспорт, функционально взаимосвязанный с основным и вспомогательным оборудованием ГПС и обеспечивающий перемещение заготовок, обрабатываемых изделий, режущих инструментов, сменных агрегатов к узлам, необходимых для осуществления ТП в ГПС в автоматическом или автоматизированном режиме.

Основное назначение транспортных средств: транспортирование грузовых единиц; загрузка-выгрузка приемных устройств технологического оборудования, транспортных механизмов; распределение грузовых единиц между основным технологическим оборудованием. В мировой практике при организации АТС наиболее широко применяют напольные безрельсовые автоматические тележки (электророботы) благодаря простоте сооружения транспортных путей, оснащению тележек устройствами автоматизации погрузочно-разгрузочных операций.

В качестве системы маршрутослежения планируется использовать специальные световые полосы (белые с черной окантовкой), наносимые на дорожное покрытие. Тележки в этом случае оснастят специальными датчиками.

## 2.2 Описание метода управления

Основное назначение транспортных роботов: транспортирование грузовых единиц; загрузка-выгрузка приемных устройств технологического оборудования, транспортных механизмов; распределение грузовых единиц между основным технологическим оборудованием [5]. В мировой практике при организации АТС наиболее широко применяют напольные безрельсовые автоматические тележки (электророботы) благодаря простоте сооружения транспортных путей,

						140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			21

оснащению тележек устройствами автоматизации погрузочно-разгрузочных операций. Транспортные роботы, например, на автосборочном заводе фирмы VOLVO (Швеция) оборудованы подъемными и подъемно-поворотными столами, выдвижными штангами для подъема и фиксации на нужной высоте поддонов с грузами или кассет с заготовками. Подобные автоматические тележки разработаны и в нашей стране ("Электроника" грузоподъемностью 500 кг). Применяются автоматические транспортные тележки и грузоподъемностью от 50 кг до нескольких тонн. На тележке конструкции Института атомной энергии имени И.В. Курчатова установлен робот, который кроме погрузочно-разгрузочных работ выполняет функции станочного загрузочного робота. Оптоэлектронная система маршрутослежения тележки состоит из световых маяков, расположенных в строгой последовательности на потолке производственного помещения, и датчиков на приборах, установленных на роботе. Во время движения тележка ориентируется на световые маяки, а при точном позиционировании – на специальные метки, нанесенные на оборудовании. Спутники с изделиями, устанавливаемые на приемный стол тележки, робот может сдвигать на стол станции выгрузки. Оригинальная конструкция шасси позволяет двигаться тележке не только вперед по трассе, но и смещаться вбок, разворачиваться на месте, двигаться под любым углом к оси платформы.

Оптоэлектронные системы маршрутослежения создают, используя также специальные световые полосы (флуоресцентные, светоотражающие металлизированные или металлические; белые с черной окантовкой), наносимые на дорожное покрытие. Тележки в этом случае оснащают специальными датчиками. На практике, помимо оптоэлектронных систем, применяют электромеханические и индуктивные системы слежения. Электромеханические системы предусматривают использование в дорожном покрытии направляющей шины или паза, по которому перемещается ролик, закрепленный на откидном кронштейне и связанный, как правило, с передним управляемым колесом.

При индуктивных (электромагнитных) системах слежения тележка движется вдоль металлической полосы, смонтированной вдоль трассы на поверхности дорожного покрытия [6]. Под передней частью тележки располагаются датчики слежения. Ток низкой частоты пропускается через провода наведения, которые прокладываются под полом. На тележке установлены две катушки датчиков. Путем усиления разности напряжений, индуктируемых в этих катушках, осуществляется автоматическое рулевое управление тележкой.

В настоящее время на рынке представлены Автоматизированные транспортные системы (AGV) - полностью автоматические системы доставки грузов в цехах и на складах, состоящие из беспилотных транспортных средств.

Автоматизированная транспортная система позволяет предприятию:

1) увеличить объём производимой продукции - путём оптимизации логистических процессов внутри предприятия, и сокращения времени перемещения грузов;

2) сократить транспортные затраты внутри предприятия благодаря автоматизации процесса;

3) принимать оперативные управленческие решения;

											140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								22

- 4) Достичь гибкости производственного процесса путём быстрого перераспределения транспортных потоков;
  - 5) Получить технологическое преимущество над конкурентами;
- Структурная схема автоматизированной транспортной системы показана на рисунке 2.1

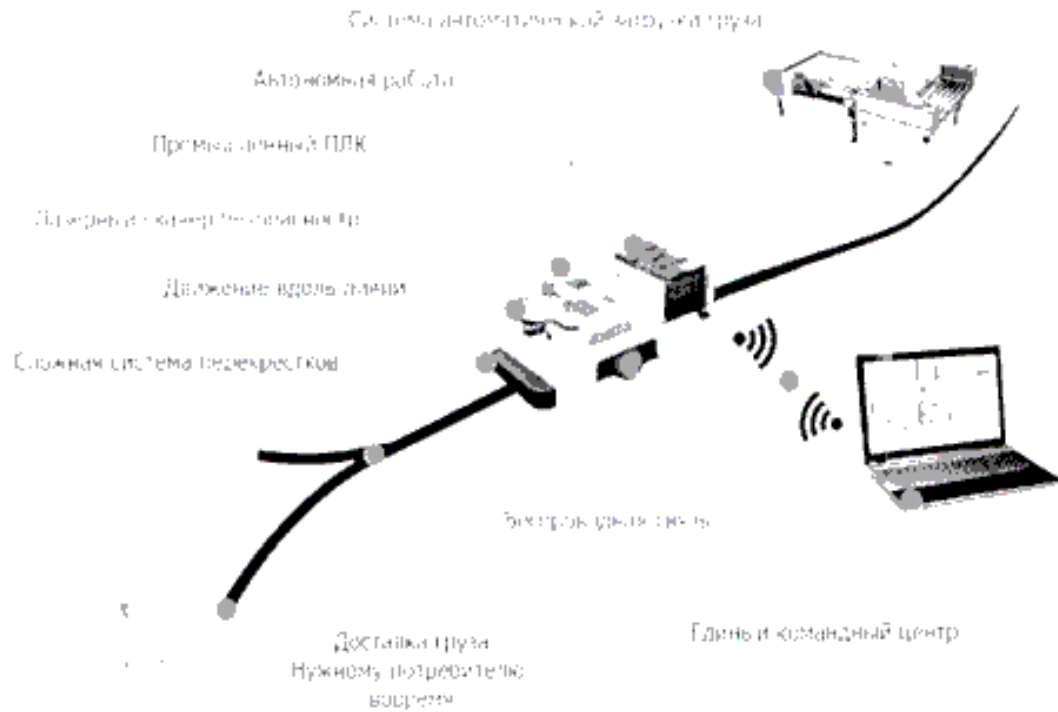


Рисунок 2.1 – Автоматизированная транспортная система

В состав автоматизированных транспортных систем входят:

- 1) беспилотный транспортный модуль – интеллектуальная беспилотная транспортная тележка, оснащенная мощными промышленными контроллерами, системой безопасности на основе лазерных сканеров;
- 2) трасса - магнитная лента, проложенная на предприятии, определяющая путь тележки;
- 3) перекрестки и метки, благодаря которым можно выстроить сложную схему движения тележки;
- 4) единый командный центр для управления тележками и сбора необходимых данных;
- 5) автоматическая погрузка. Возможность полностью автоматизировать процесс доставки от автоматической загрузки на модуль до выгрузки.

### 2.3 Описание функциональной схемы системы управления

Для решения представленного ряда задач целесообразно спроектировать функциональную схему автоматизации, основанную на модульном принципе. Базовым элементом является аппаратная микропроцессорная платформа, которая

служит для обработки сигналов, поступающих от внешних сенсоров, передачи информации об обстановке на сервер обмена через радио-модуль, получении команд и формировании управляющих сигналов электроприводу тележки.

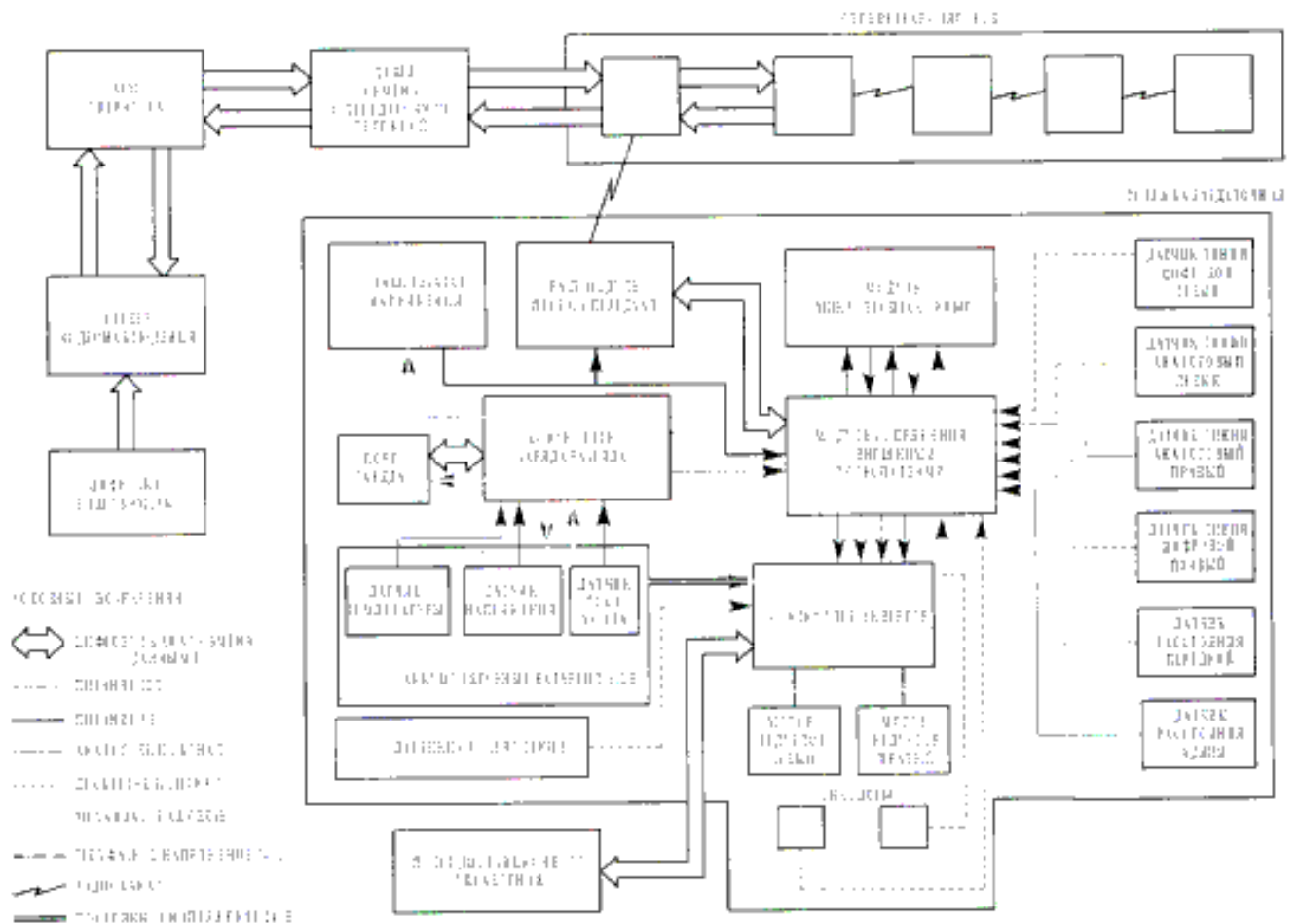


Рисунок 2.2 – Функциональная схема управления раздаточной тележкой

Информация о положении тележки и окружающей обстановке собирается путем опроса датчиков: расстояния и скорости, наклона. Маршрут задается в виде номеров точек на карте, которая получена при обучении. Программное обеспечение контроллера осуществляет поиск маршрута. Кроме информации о маршруте в базе данных хранится информация о массе, времени доставки, габаритах груза. Для ориентирования тележки в пространстве цеха и определения разрешенных путей перемещения тележки на пол цеха наносятся цветные линии, которые интерпретируются датчиками линии.

Выводы по разделу два

В разделе рассмотрены задачи, выполняемые транспортными системами на предприятии, их классификация. Выполнена постановка задач, определен общий состав автоматизированной системы. Составлена функциональная схема системы управления.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



### 3 СПЕЦИАЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

#### 3.1 Расчет и выбор электродвигателей

В качестве электропривода передаточной тележки выбран тип двигателя — переменного тока асинхронный.

Необходимо выбрать электродвигатель механизма передвижения тележки. Известны масса тележки, масса груза, диаметр колеса тележки.

Цикл состоит:

а) движение тележки с грузом на заданное расстояние  $S$  от места присма груза к месту разгрузки;

б) паузы для снятия груза;

в) возврат тележки без груза в исходное положение;

г) пауза для приема груза.

Участок движения с грузом и без груза состоит из участков разгона с заданным ускорением до скорости быстрого перемещения, движения с этой скоростью и торможением с замедлением, равным абсолютному значению ускорения.

Исходные данные для расчета представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Исходные данные для расчета электропривода

Масса тележки	$m_0$ , кг	400
Масса груза	$m_г$ , кг	500
Диаметр колеса	$D$ , м	0,4
Путь	$S$ , м	120
Коэффициент трения качения (железобетон/резина)	$\mu$	0,018
Ускорение	$a_p$ , м/с <sup>2</sup>	0,25
Скорость движения	$V_{бр}$ , м/мин	20

Вычисляем время разгона и торможения тележки:

$$t_{ст} = t_{ст} = \frac{V_1}{a} \quad (3.1)$$

где  $t_{ст}$  – время пуска при рабочем ходе, с;

$t_{ст}$  – время торможения при рабочем ходе, с;

$V_1$  – установившаяся скорость рабочего хода, м/с;

$a$  – допустимое ускорение, м/с<sup>2</sup>.

$$t_{ст} = t_{ст} = \frac{0,3}{0,25} = 1,2 \text{ с.}$$

					140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

Путь, проходимый тележкой за время пуска или торможения:

$$L_{nl} = L_{ml} = a \frac{t_{nl}^2}{2}, \quad (3.2)$$

где  $L_{nl}$  - путь, проходимый тележкой за время пуска, м;

$L_{ml}$  - путь, проходимый тележкой за время торможения, м.

$$L_{nl} = L_{ml} = 0,25 \frac{1,2^2}{2} = 0,18 \text{ м.}$$

Путь, проходимый тележкой при движении с установившейся скоростью:

$$L_{sl} = L - 2 \cdot L_{nl}, \quad (3.3)$$

где  $L$  – полный путь, проходимый тележкой, м.

$$L_{sl} = 120 - 2 \cdot 0,18 = 119,6 \text{ м.}$$

Время движения тележки установившейся скоростью:

$$t_{sl} = \frac{L_{sl}}{V_1} = \frac{119,6}{0,3} = 399 \text{ с.} \quad (3.4)$$

Угловая скорость колеса:

$$\omega_{sl} = \frac{2 \cdot \pi \cdot V_1}{D}, \quad (3.5)$$

где  $D$  – диаметр колеса тележки, м.

$$\omega_1 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,3}{0,4} = 4,71 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Угловое ускорение колеса:

$$\varepsilon_{sl} = \frac{2 \cdot \pi \cdot a}{D} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,25}{0,4} = 3,9 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}. \quad (3.6)$$

Сила сопротивления при движении с грузом:

$$F_{cl} = (m_0 + m_r) \cdot g \cdot \mu, \quad (3.7)$$

где  $m_0$  – масса тележки, кг;

$m_r$  – масса груза, кг;

$\mu$  – коэффициент трения.

$$F_{cl} = [400 + 500] \cdot 9,8 \cdot 0,018 = 158,76 \text{ Н.}$$

					140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Статический момент сопротивления при прямом ходе

$$M_{\text{рас1}} = \frac{F_{\text{сд}} \cdot D}{2} = \frac{158,8 \cdot 0,4}{2} = 31,76 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.8)$$

Момент инерции поступательно движущихся динамических масс, приведенный к рабочей шестерне

$$J_{\text{ред}} = (m_c + m_g) \cdot \frac{D^2}{4} = (400 + 500) \cdot \frac{0,4^2}{4} = 36 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (3.9)$$

Динамический момент колеса при движении с грузом и без груза:

$$M_{\text{род}} = J_{\text{ред}} \cdot \varepsilon_{\text{ш}} = 36 \cdot 3,9 = 140,4 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.10)$$

Полный момент рабочей машины

$$M_{\text{пол}} = M_{\text{род}} + M_{\text{рас1}} \quad (3.11)$$

Для установившегося режима работы при неизменной скорости:

$$M_{\text{пол}} = M_{\text{рас1}}$$

При пуске или ускорении привода для движения с грузом,

$$M_{\text{пол1}} = M_{\text{род}} + M_{\text{рас1}} = 140,4 + 31,8 = 172,2 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (3.12)$$

При торможении или замедлении привода для рабочего хода:

$$M_{\text{пол1}} = M_{\text{рас1}} - M_{\text{род}} = 31,1 - 140,4 = -108,6 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (3.13)$$

На основании построенной нагрузочной диаграммы рассчитываем среднеквадратичное значение момента

$$M_{\text{э,ред}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n M_i^2 \cdot t_i}{t_{\text{ц}}}} = \sqrt{\frac{M_1^2 t_1 + M_2^2 t_2 + \dots + M_n^2 t_n}{t_{\text{ц}}}} \quad (3.14)$$

где  $M_i$  – момент рабочего органа на  $i$ -том интервале;

$t_i$  – длительность  $i$ -того интервала;

$t_{\text{ц}}$  – время цикла.

$$M_{\text{э,ред}} = \sqrt{\frac{172,2^2 \cdot 1,2 + 31,8^2 \cdot 3,99 + (-108,6)^2 \cdot 1,2}{401,4}},$$

$$M_{\text{э,ред}} = 33,6 \text{ Нм}.$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Мощность двигателя для механизмов перемещения

$$P_{\text{дв}} = K_1 M_{\text{пр}} \omega_{\text{ос}} \quad (3.13)$$

где  $K_1$  – коэффициент, учитывающий неучтенные динамические нагрузки;  
 $\omega_{\text{ос}}$  — номинальная скорость вала двигателя, принимаем 157 рад/с.

$$P_{\text{дв}} = 1,3 \cdot 33,6 \cdot 157 = 6,88 \text{ кВт}.$$

С учетом того, что количество двигателей, устанавливаемых на раздаточной тележке равно двум, для выбора двигателя по номинальной мощности уменьшаем полученное значение в два раза.

С учетом максимального момента, требуемого для разгона двигателя выбираем электродвигатель azure dynamics ac24. Двигатель разработан для электромобилей весом от 450 до 1500 кг.

Особенности:

- высокоэффективный асинхронный двигатель переменного тока с воздушным охлаждением;
- герметичные корпуса двигателя и редуктора;
- компактная, легкая конструкция;
- низкие потери во время вращения и низкое электрическое сопротивление двигателя.

Технические характеристики приведены в таблице 3.1

Таблица 3.1 — технические характеристики электродвигателя ac24

Технические характеристики	при 156 В
Тип подключения:	треугольник
Макс. крутящий момент, Нм:	87
Номинальный крутящий момент, Нм:	36
Номинальная частота вращения, об/мин:	1455
Макс. частота вращения, об/мин:	6000
Макс. ток, А:	268
Номинальная мощность на валу, кВт:	5,6
Макс. мощность на валу, кВт:	35
Макс. КПД, %:	85
Масса электромотора, кг:	40
Масса контроллера, кг:	15

Габаритный чертеж двигателя приведен на рисунке 3.1

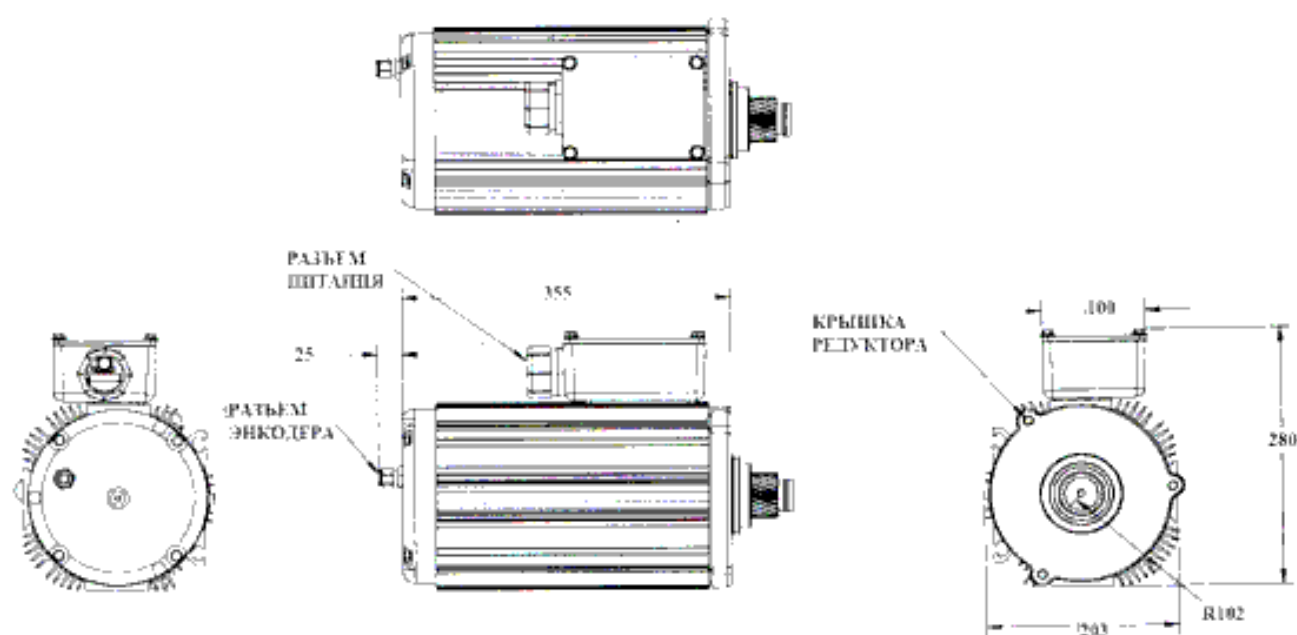


Рисунок 3.1 — Габаритный чертеж электродвигателя АС24

### 3.2 Выбор инвертора

Двигатели переменного тока управляются контроллером-инвертором, который преобразует постоянное напряжение блока аккумуляторных батарей в переменное трехфазное напряжение, а также регулирует параметры этого напряжения.

Технические характеристики приведены в таблице 3.2

Таблица 3.2 — Технические характеристики преобразователя-контроллера

Наименование характеристики	Значение
Вход:	
Номинальное напряжение батареи питания, В:	206-336
Порог минимального напряжения по входу, В:	160
Порог максимального напряжения по входу, В:	400
Выход:	
Максимальный ток, А rms:	250
Пиковая мощность:	78 кВт при 312 В
Продолжительная мощность:	34 кВт при 312 В
КПД, %:	96-98
Габариты	
Длина x Ширина x Высота см:	44,96 x 25,15 x 24,13
Вес, кг:	14,7

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

140400.2016.401.000 ПЗ

Лист

29

SOLECTRIA UMOC-440 - преобразователь для управления трехфазными асинхронными двигателями переменного тока.

Особенности:

- автоматическая тепловая защита;
- рекуперация;
- автономное функционирование;
- высокоскоростной микропроцессор;
- многоуровневая система защиты;
- высокая мощность системы воздушного охлаждения.

### 3.3 Выбор аппаратной микропроцессорной платформы

В качестве аппаратной микропроцессорной платформы для управления движением приводной тележки выбран модуль ArduinoUNO на базе микропроцессорного контроллера ATmega328.

Платформа имеет 14 цифровых вход/выходов (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB, либо подать питание при помощи адаптера AC/DC или батареи.

В отличие от всех предыдущих плат, использовавших FTDI USB микроконтроллер для связи по USB, новый Ардуино Uno использует микроконтроллер ATmega8U2.

"Uno" переводится как один с итальянского и разработчики тем самым намекают на грядущий выход Arduino 1.0. Новая плата стала флагманом линейки плат Ардуино. Для сравнения с предыдущими версиями можно обратиться к полному списку плат Arduino. Характеристики аппаратной платформы представлены в таблице 3.3

Таблица 3.3 — Технические характеристики платформы

Микроконтроллер	ATmega328
Рабочее напряжение	5 В
Входное напряжение (рекомендуемое)	7-12 В
Входное напряжение (предельное)	6-20 В
Цифровые Входы/Выходы	14 (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ)
Аналоговые входы	6
Постоянный ток через вход/выход	40 мА
Постоянный ток для вывода 3.3 В	50 мА
Флеш-память	32 Кб (ATmega328)
ОЗУ	2 Кб (ATmega328)
EEPROM	1 Кб (ATmega328)
Тактовая частота	16 МГц

Arduino Uno может получать питание через подключение USB или от внешнего источника питания. Источник питания выбирается автоматически.

Внешнее питание (не USB) может подаваться через преобразователь напряжения AC/DC (блок питания) или аккумуляторной батареей. Преобразователь напряжения подключается посредством разъема 2.1 мм с центральным положительным полюсом. Провода от батареи подключаются к выводам Gnd и Vin разъема питания.

Платформа может работать при внешнем питании от 6 В до 20 В. При напряжении питания ниже 7 В, вывод 5V может выдавать менее 5 В, при этом платформа может работать нестабильно. При использовании напряжения выше 12 В регулятор напряжения может перегреться и повредить плату. Рекомендуемый диапазон от 7 В до 12 В.

Выводы питания:

а) VIN. Вход используется для подачи питания от внешнего источника (в отсутствие 5 В от разъема USB или другого регулируемого источника питания). Подача напряжения питания происходит через данный вывод;

б) 5V. Регулируемый источник напряжения, используемый для питания микроконтроллера и компонентов на плате. Питание может подаваться от вывода VIN через регулятор напряжения, или от разъема USB, или другого регулируемого источника напряжения 5 В;

в) 3V3. Напряжение на выводе 3.3 В генерируемое встроенным регулятором на плате. Максимальное потребление тока 50 мА;

г) GND. Выводы заземления.

Микроконтроллер ATmega328 располагает 32 кБ флэш памяти, из которых 0.5 кБ используется для хранения загрузчика, а также 2 кБ ОЗУ (SRAM) и 1 Кб EEPROM.(которая читается и записывается с помощью библиотеки EEPROM).

Каждый из 14 цифровых выводов Uno может настроен как вход или выход, используя функции pinMode(), digitalWrite(), и digitalRead(), . Выводы работают при напряжении 5 В. Каждый вывод имеет нагрузочный резистор (по умолчанию отключен) 20-50 кОм и может пропускать до 40 мА. Некоторые выводы имеют особые функции:

а) Последовательная шина: 0 (RX) и 1 (TX). Выводы используются для получения (RX) и передачи (TX) данных TTL. Данные выводы подключены к соответствующим выводам микросхемы последовательной шины ATmega8U2 USB-to-TTL;

б) Внешнее прерывание: 2 и 3. Данные выводы могут быть сконфигурированы на вызов прерывания либо на младшем значении, либо на переднем или заднем фронте, или при изменении значения. Подробная информация находится в описании функции attachInterrupt();

в) ШИМ: 3, 5, 6, 9, 10, и 11. Любой из выводов обеспечивает ШИМ с разрешением 8 бит при помощи функции analogWrite();

г) SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Посредством данных выводов осуществляется связь SPI, для чего используется библиотека SPI;

д) LED: 13. Встроенный светодиод, подключенный к цифровому выводу 13. Если значение на выводе имеет высокий потенциал, то светодиод горит.

					140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

На платформе Uno установлены 6 аналоговых входов (обозначенных как A0 .. A5), каждый разрешением 10 бит (т.е. может принимать 1024 различных значения).

Стандартно выводы имеют диапазон измерения до 5 В относительно земли, тем не менее имеется возможность изменить верхний предел посредством вывода AREF и функции `analogReference()`.

Некоторые выводы имеют дополнительные функции: I2C: 4 (SDA) и 5 (SCL). Посредством выводов осуществляется связь I2C (TWI), для создания которой используется библиотека `Wire`.

Дополнительная пара выводов платформы:

а) AREF. Опорное напряжение для аналоговых входов. Используется с функцией `analogReference()`;

б) Reset. Низкий уровень сигнала на выводе перезагружает микроконтроллер. Обычно применяется для подключения кнопки перезагрузки на плате расширения, закрывающей доступ к кнопке на самой плате Arduino.

На платформе Arduino Uno установлено несколько устройств для осуществления связи с компьютером, другими устройствами Arduino или микроконтроллерами. ATmega328 поддерживают последовательный интерфейс UART TTL (5 В), осуществляемый выводами 0 (RX) и 1 (TX). Установленная на плате микросхема ATmega8U2 направляет данный интерфейс через USB, программы на стороне компьютера "общаются" с платой через виртуальный COM порт. Прошивка ATmega8U2 использует стандартные драйвера USB COM, никаких сторонних драйверов не требуется, но на Windows для подключения потребуется файл `ArduinoUNO.inf`. Мониторинг последовательной шины (Serial Monitor) программы Arduino позволяет посылать и получать текстовые данные при подключении к платформе. Светодиоды RX и TX на платформе будут мигать при передаче данных через микросхему FTDI или USB подключение (но не при использовании последовательной передачи через выводы 0 и 1).

Библиотекой `SoftwareSerial` возможно создать последовательную передачу данных через любой из цифровых выводов Uno.

ATmega328 поддерживает интерфейсы I2C (TWI) и SPI. В Arduino включена библиотека `Wire` для удобства использования шины I2C.

Платформа программируется посредством ПО Arduino. Из меню `Tools > Board` выбирается «Arduino Uno» (согласно установленному микроконтроллеру). Подробная информация находится в справочнике и инструкциях.

Микроконтроллер ATmega328 поставляется с записанным загрузчиком, облегчающим запись новых программ без использования внешних программаторов. Связь осуществляется оригинальным протоколом STK500.

Имеется возможность не использовать загрузчик и запрограммировать микроконтроллер через выводы ICSP (внутрисхемное программирование). Подробная информация находится в данной инструкции.

Uno разработана таким образом, чтобы перед записью нового кода перезагрузка осуществлялась самой программой Arduino на компьютере, а не нажатием кнопки на платформе. Одна из линий DTR микросхемы ATmega8U2, управляющих потоком данных (DTR), подключена к выводу перезагрузки





Размещение блоков, модулей и элементов на схеме предпочтительно выполнять с учетом равномерности и минимального расстояния соединительных линий, проводов.

Для выполнения схемы электрической принципиальной выбран блочно-модульный принцип построения. Первым этапом составления схемы является определение функциональных блоков:

- а) микропроцессорный блок;
- б) блок сопряжения микроконтроллера с USB портом компьютера;
- в) источник питания;
- г) блок защиты микроконтроллера от перегрузки.

Микропроцессорный блок построен на базе микроконтроллера ATmega328, для которого выполнены все необходимые подключения внешних устройств [6]:

- а) кварцевого резонатора на 16 МГц с конденсаторами;
- б) соединения выводов микроконтроллера с интерфейсной платой
- в) соединение микроконтроллера с источником питания и источником опорного напряжения.

Данный микроконтроллер обладает следующими характеристиками (таблица 3.4):

Таблица 3.4 — Характеристики микропроцессорного контроллера ATmega328

Тактовая частота:	0 – 20 МГц
Объём Flash-памяти:	32 кб
Объём SRAM-памяти:	2 кб
Объём EEPROM-памяти:	1 кб
Напряжение питания:	1,8 – 5,5 В
Потребляемый ток в режиме работы:	0,2 мА (1 МГц, 1,8 В)
Потребляемый ток в режиме сна:	0,75 мкА (1 МГц, 1,8 В)
Количество таймеров/счётчиков:	2 восьмибитных, 1 шестнадцатибитный
Общее количество портов:	23
Количество ШИМ (PWM) выходов:	6
Количество каналов АЦП (аналоговые входы):	6
Количество аппаратных USART (Serial):	1
Количество аппаратных SPI:	1 Master/Slave
Количество аппаратных I <sup>2</sup> C/SPI:	1
Разрешение АЦП:	10 бит

Расположение и назначение выводов микроконтроллера приведено на рисунке 3.2.

Описание выводов: VCC - Напряжение питания, GND – Земля.

Port A (PA7..PA0) - 8-разрядный двунаправленный порт I/O. К выходам порта могут быть подключены встроенные нагрузочные резисторы (отдельно к каждому разряду). Выходные буферы обеспечивают втекающий ток 20 мА и способны напрямую управлять LED индикатором. При использовании выводов порта в качестве входов и установке внешним сигналом в низкое состояние, ток будет вытекать только при подключенных встроенных нагрузочных резисторах. Порт А, при наличии внешней SRAM, используется в качестве мультиплексируемой шины адреса/данных.

PA7..PA0	1	PIN 14/15/16/17/18/19/20/21
PA7..PA0	2	PIN 14/15/16/17/18/19/20/21
PA7..PA0	3	PIN 14/15/16/17/18/19/20/21
PA7..PA0	4	PIN 14/15/16/17/18/19/20/21
PA7..PA0	5	PIN 14/15/16/17/18/19/20/21
PA7..PA0	6	PIN 14/15/16/17/18/19/20/21
PA7..PA0	7	PIN 14/15/16/17/18/19/20/21
PA7..PA0	8	PIN 14/15/16/17/18/19/20/21
	9	GND
	10	AD0
	11	AD1
	12	AD2
	13	AD3
PC7..PC0	14	PIN 23/24/25/26/27/28/29/30
PC7..PC0	15	PIN 23/24/25/26/27/28/29/30
PC7..PC0	16	PIN 23/24/25/26/27/28/29/30
PC7..PC0	17	PIN 23/24/25/26/27/28/29/30
PC7..PC0	18	PIN 23/24/25/26/27/28/29/30
PC7..PC0	19	PIN 23/24/25/26/27/28/29/30
PC7..PC0	20	PIN 23/24/25/26/27/28/29/30
PC7..PC0	21	PIN 23/24/25/26/27/28/29/30
	22	GND
PB7..PB0	23	PIN 1/2/3/4/5/6/7/8
PB7..PB0	24	PIN 1/2/3/4/5/6/7/8
PB7..PB0	25	PIN 1/2/3/4/5/6/7/8
PB7..PB0	26	PIN 1/2/3/4/5/6/7/8
PB7..PB0	27	PIN 1/2/3/4/5/6/7/8
PB7..PB0	28	PIN 1/2/3/4/5/6/7/8
PB7..PB0	29	PIN 1/2/3/4/5/6/7/8
PB7..PB0	30	PIN 1/2/3/4/5/6/7/8

Рисунок 3.2 — Расположение выводов микроконтроллера

Port B (PB7..PB0) - 8-разрядный двунаправленный порт I/O со встроенными нагрузочными резисторами. Выходные буферы обеспечивают втекающий ток 20 мА. При использовании выводов порта в качестве входов и установке внешним сигналом в низкое состояние, ток будет вытекать только при подключенных встроенных нагрузочных резисторах. Порт В используется также при реализации различных специальных функций.

Port C (PC7..PC0) - 8-разрядный порт выхода. Выходные буферы обеспечивают втекающий ток 20 мА. Порт С используется также как выходы адреса при использовании внешней SRAM.

Port D (PD7..PD0) - 8-разрядный двунаправленный порт I/O со встроенными нагрузочными резисторами. Выходные буферы обеспечивают втекающий ток 20 мА. При использовании выводов порта в качестве входов и установке внешним сигналом в низкое состояние, ток будет вытекать только при подключенных встроенных нагрузочных резисторах.

Port E (PE7..PE0) - 8-разрядный двунаправленный порт I/O со встроенными нагрузочными резисторами. Выходные буферы обеспечивают вытекающий ток 20 мА. При использовании выводов порта в качестве входов и установке внешним сигналом в низкое состояние, вытекающий через них ток обеспечивается только при подключенных встроенных нагрузочных резисторах.

Port F (PF7..PF0) - 8-разрядный порт ввода. Входы порта используются также как аналоговые входы аналого-цифрового преобразователя.

RESET - Вход сброса. Для выполнения сброса необходимо удерживать низкий уровень на входе в течение двух машинных циклов.

XTAL1 - Вход инвертирующего усилителя генератора и вход схемы встроенного генератора тактовой частоты.

XTAL2 - Выход инвертирующего усилителя генератора.

TOSC1 - Вход инвертирующего усилителя генератора таймера/счетчика.

TOSC2 - Выход инвертирующего усилителя генератора таймера/счетчика.

WR - Строб записи внешней SRAM.

RD - Строб чтения внешней SRAM.

ALE - Строб разрешения фиксации адреса, используемый для разрешения внешней памяти. Строб ALE используется для фиксации младшего байта адреса в защелках адреса в течение первого цикла обращения, в течение второго цикла обращения, при обращении к данным, используются выводы AD0 - AD7.

AVCC - Напряжение питания аналого-цифрового преобразователя. Вывод подсоединяется к внешнему VCC через низкочастотный фильтр.

AREF - Вход аналогового напряжения сравнения для аналого-цифрового преобразователя. На этот вывод, для обеспечения работы аналого-цифрового преобразователя, подается напряжение в диапазоне между AGND и AVCC.

AGND - Этот вывод должен быть подсоединен к отдельной аналоговой земле, если плата оснащена ею. В ином случае вывод подсоединяется к общей земле.

PEN - Вывод разрешения программирования в низковольтном последовательном режиме программирования. При удержании этого вывода на низком уровне во время сброса по включении питания, прибор перейдет в режим программирования по последовательному каналу.

Для сопряжения микроконтроллера с интерфейсом USB используется USB-UART преобразователь, выполненный на микросхеме FT232RL [7].

Преобразователь позволяет создать соединение на любом компьютере имеющем USB разъем.

Обвязка FT232RL минимальна, для работы устройства, помимо самой микросхемы, требуется два конденсатора. Также для индикации работы подключены 3 светодиода, которые сигнализируют о наличии питания, приеме и передаче данных. Само устройство собрано в форме флэшки, поэтому подключение к USB-порту персонального компьютера возможно в любой момент. На выходе устройства на разъем выведены пины Tx и Rx, GND, а также питание +5В, которым можно запитывать подключаемое устройство. Схема подключения приведена на рисунке 3.3.

Для реализации источника питания используется схема стабилизатора напряжения на микросхеме MC33269D.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Этот тип непрерывных стабилизаторов имеет довольно большое падение напряжения вход/выход для гарантированного обеспечения постоянного напряжения на выходе. Значение выходного напряжения находится в пределах 1,1...2,7 В.

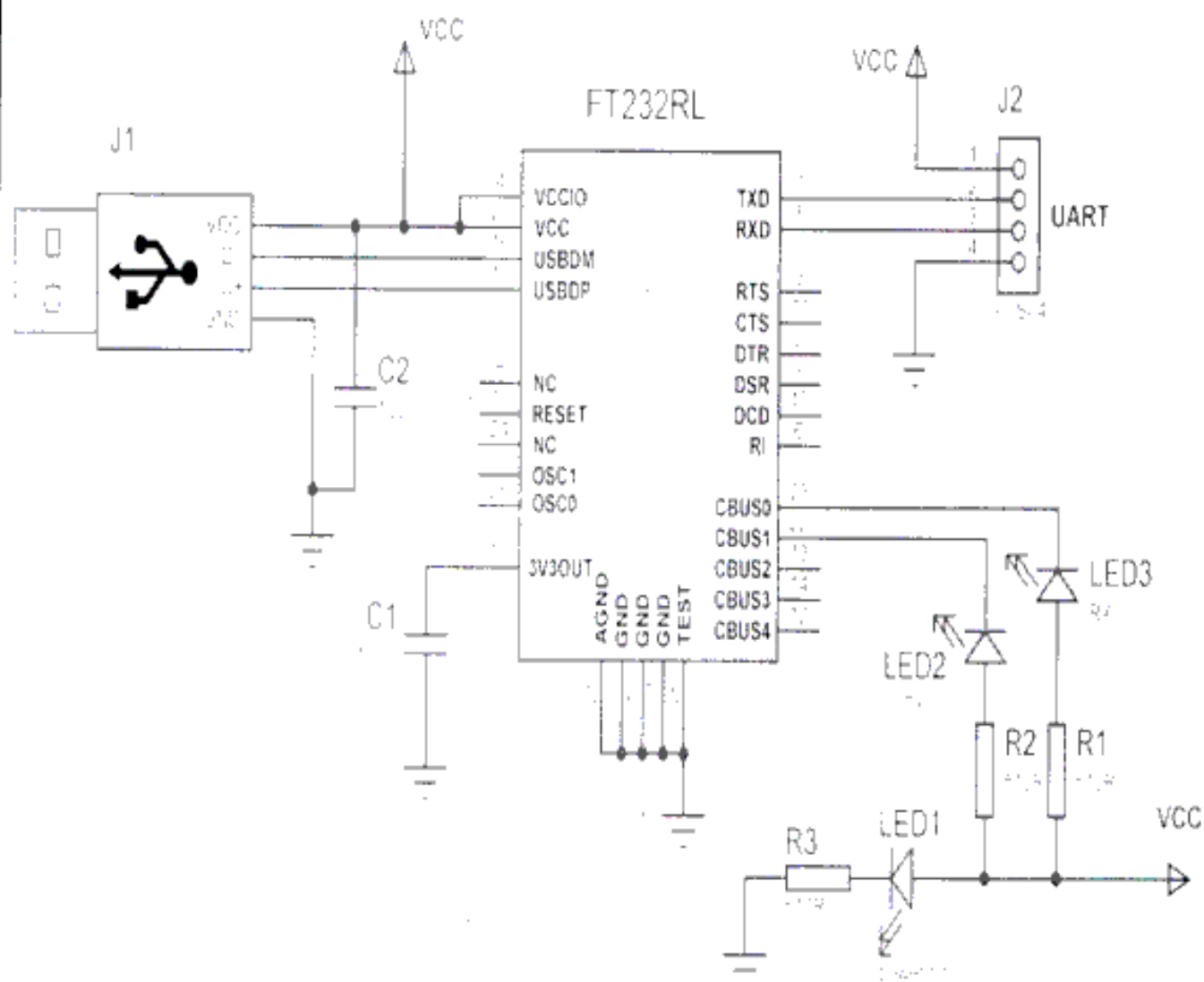


Рисунок 3.3 — Принципиальная схема преобразователя

К этому параметру необходимо относиться очень внимательно, так как допустимое падение напряжения сильно зависит от выходного тока, поэтому желательно предварительно изучить графики зависимости этого параметра от тока нагрузки.

Если есть возможность и выбор, то для достижения лучшей стабилизации нужно стараться выбирать прибор с запасом по току. В большинстве случаев такой подход обеспечивает лучшие характеристики стабилизации. Однако злоупотреблять таким методом нежелательно, так как коэффициент усиления схемы обратной связи для коррекции ошибки выходного напряжения может оказаться существенно меньше при меньших выходных токах. Если качество стабилизации при низких падениях напряжения вход/выход недостаточное, то

приходится делать выбор среди LDO-стабилизаторов. Однако, последние имеют значительно большую цену по сравнению с обычными стабилизаторами. Этим и объясняется мирное сосуществование этих двух типов непрерывных регуляторов напряжения. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Основные параметры линейного стабилизатора со стандартным падением напряжения сведены в таблицу 3.5

Таблица 3.5 — Технические характеристики стабилизатора напряжения

Производитель:	ON Semiconductor
Категория продукта:	LDO регуляторы напряжения
RoHS:	Нет
Торговая марка:	ON Semiconductor
Входное напряжение (макс.):	20 V
Выходное напряжение:	1.2 V
Напряжение отпущения - макс.:	1.25 V at 500 mA
Выходной ток:	800 mA
Нестабильность выходной нагрузки:	0.5 %
Количество выходов:	1 Output
Тип выхода:	Fixed
Максимальная рабочая температура:	+ 125 C
Вид монтажа:	SMD/SMT
Упаковка / блок:	SOIC-8
Нестабильность выходного напряжения или тока:	0.3 %
Минимальная рабочая температура:	- 40 C
Упаковка:	Tube
Размер фабричной упаковки:	98
Точность регулирования напряжения:	1 %

Стабилизаторы с регулируемым выходом позволяют выбрать произвольное значение выходного напряжения. Регулируемые стабилизаторы незаменимы, когда требуется сформировать нестандартное значение выходного напряжения или осуществить компенсацию потерь на проводах для подключения нагрузки. Серии с отрицательным выходным напряжением часто используются для создания отрицательного плеча источника питания с двумя полярностями. Как показывает практика, регулируемые стабилизаторы почти всегда бывают на складе у поставщиков электронных компонентов. Конечно, стабилизаторы с фиксированным напряжением удобнее (не нужно устанавливать дополнительные

резисторы для задания уровня выходного напряжения), но во многих случаях для повышения стабильности поставок разработчики выбирают именно регулируемые стабилизаторы. Выбор популярного корпуса дополнительно облегчает поиск и поставку нужных полупроводниковых приборов. В качестве устройства защиты используется компаратор напряжения с усилительным каскадом на операционном усилителе LM358D. LM358N/LM358D - двухканальный операционный усилитель широкого применения для работы в бытовом диапазоне температур (0..+70°C).

Микросхема ОУ LM358 по функциональному назначению и расположению выводов аналогична таким микросхемам как LM158, LM258, LM2904, но отличается от них температурным диапазоном работы и незначительно другими параметрами.

Аналоги: КР1040УД1 / КФ1040УД1.

Микросхема LM358N также может поставляться с маркировкой LM358P.

Расположение выводов микросхемы представлено на рисунке 3.4, назначение выводов в таблице 3.6

Таблица 3.6 — Назначение выводов LM358N/LM358D:

N	Назначение
1	Выход 1
2	Инвертирующий вход 1
3	Неинвертирующий вход 1
4	- Питания (общий)
5	Неинвертирующий вход 2
6	Инвертирующий вход 2
7	Выход 2
8	+ Питания

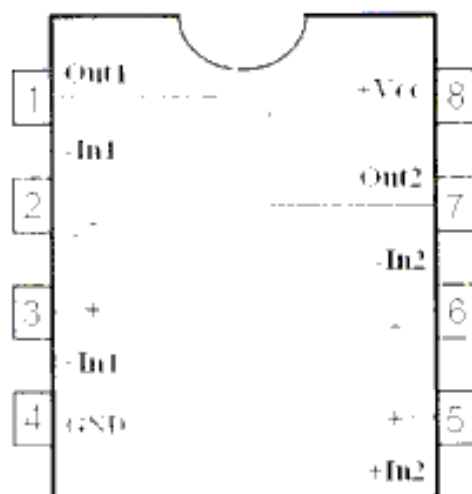


Рисунок 3.4 — Расположение выводов LM358D

Таблица 3.7 — Основные характеристики LM358N/LM358D:

Параметр	Мин.	Тип.	Макс.
Напряжение смещения		$\pm 2\text{mV}$	$\pm 7\text{mV}$
Синфазный входной ток		$20\text{nA}$	$150\text{nA}$
Дифференциальный входной ток		$\pm 2\text{nA}$	$\pm 30\text{nA}$
Выходной ток	$20\text{mA}$	$40\text{mA}$	$60\text{mA}$
Коэффициент ослабления синфазных помех	$70\text{dB}$	$85\text{dB}$	
Коэффициент усиления по напряжению		$50\text{V/mV}$	$100\text{V/mV}$
Коэффициент гармонических искажений		$0,02\%$	
Ток потребления		$0,7\text{mA}$	$2,0\text{mA}$
Скорость нарастания		$0,3\text{V}/\mu\text{S}$	$0,6\text{V}/\mu\text{S}$
Граничная частота		$0,7\text{MHz}$	$1,1\text{MHz}$

Таблица 3.8 — Предельные режимы LM358N/LM358D:

Напряжение питания	$+32\text{V}$ или $\pm 16\text{V}$
Входное напряжение	$-0,3..+32\text{V}$
Дифференциальное входное напряжение	$32\text{V}$
Выходной ток	$40\text{mA} *$
Диапазон температур	$0..+70^\circ\text{C}$

В качестве управляющего ключа в схеме защиты используется MOSFET транзистор NTD2955 со следующими характеристиками:

Таблица 3.9 — Характеристика транзистора NTD2955

Производитель:	ON Semiconductor
Категория продукта:	МОП-транзистор
RoHS:	Соответствует RoHS Подробности
Торговая марка:	ON Semiconductor
$I_d$ - непрерывный ток утечки:	$- 12 \text{ A}$
$V_{ds}$ - напряжение пробоя сток-исток:	$- 60 \text{ V}$
$R_{ds}$ Вкл - сопротивление сток-исток:	$155 \text{ mOhms}$

					140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40



### Окончание таблицы 3.9

Полярность транзистора:	P-Channel
Vds - напряжение пробоя затвор-исток:	20 V
Максимальная рабочая температура:	+ 175 C
Pd - рассеивание мощности:	55 W
Вид монтажа:	SMD/SMT
Упаковка / блок:	IPAK-3
Упаковка:	Tube
Канальный режим:	Enhancement
Конфигурация:	Single
Время спада:	48 ns
Крутизна характеристики прямой передачи - Мин.:	8 S
Минимальная рабочая температура:	- 55 C
Время нарастания:	45 ns
Серия:	NTD2955
Размер фабричной упаковки:	75
Типичное время задержки выключения:	26 ns

### 3.5 Выбор путевых датчиков

Для контроля положения тележки при движении в здании цеха используется следующие входные параметры

- Расстояние от бортов тележки до окружающих предметов, оборудования и стен;
- Скорость движущихся объектов;
- Наклон по осям X и Z;
- Пройденное расстояние;
- Скорость тележки;
- Расположение линии на полу участка пути.

Для выбора датчиков исходим из принципа совместимости с аппаратной платформой arduino uno.

Для контроля расстояния и скорости объектов используем датчик измерения расстояния HC-SR04(Ultrasonic ranging module HC-SR04). Данный сенсор излучает короткий ультразвуковой импульс (в момент времени 0), который отражается от объекта и принимается сенсором. Расстояние рассчитывается исходя из времени до получения эха и скорости звука в воздухе.

Таким образом, сенсор получает сигнал эха, и выдаёт расстояние, которое кодируется длительностью электрического сигнал на выходе датчика (Echo).

					140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Следующий импульс может быть излучён, только после исчезновения эха от предыдущего. Это время называется периодом цикла (cycle period). Рекомендованный период между импульсами должен быть не менее 50 мс. Если на сигнальный пин (Trig) подаётся импульс длительностью 10 мкс, то ультразвуковой модуль будет излучать восемь пачек ультразвукового сигнала с частотой 40кГц и обнаруживать их эхо. Измеренное расстояние до объекта пропорционально ширине эха (Echo) и может быть рассчитано по формуле, приведённой на рисунке 3.5.

Initiate

Echo back



Рисунок 3.5 — Диаграмма сигналов сенсора

Габаритные размеры сенсора представлены на рисунке 3.6, диаграмма направленности — на рисунке 3.7.

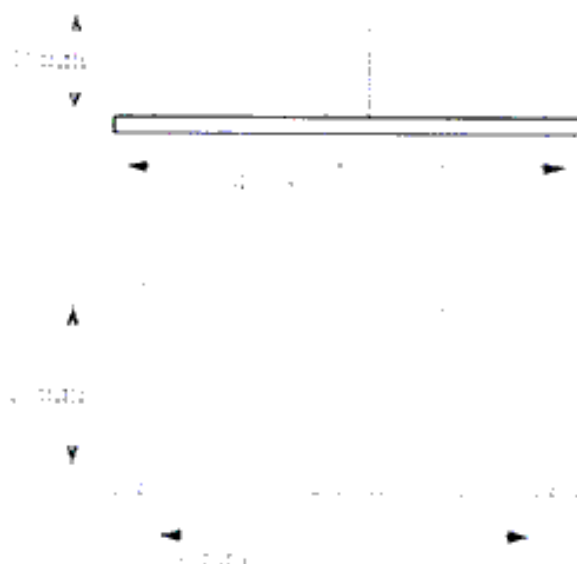


Рисунок 3.6 — Габаритные размеры сенсора



Рисунок 3.7 — Диаграмма направленности сигнала

Назначение выводов сенсора следующее:

- а) Vcc — положительный контакт питания;
- б) Trig — цифровой вход. Для запуска измерения необходимо подать на этот вход логическую единицу на 10 мкс. Следующее измерение рекомендуется выполнять не ранее чем через 50 мс;
- в) Echo — цифровой выход. После завершения измерения, на этот выход будет подана логическая единица на время, пропорциональное расстоянию до объекта;
- г) GND — отрицательный контакт питания.

Схема подключения сенсора к аппаратной платформе показана на рисунке 3.8

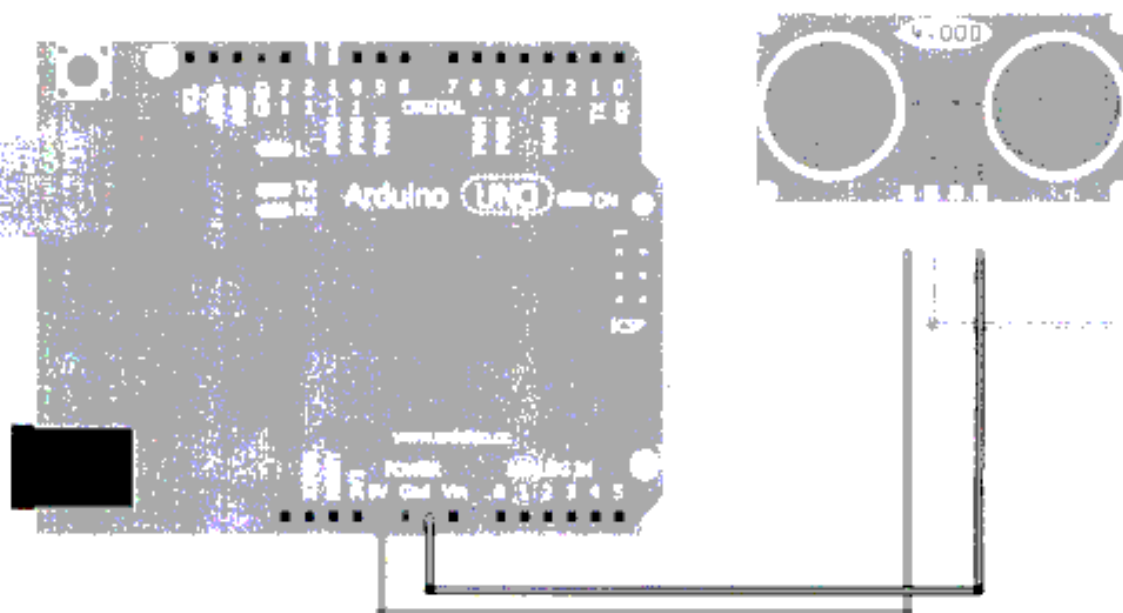


Рисунок 3.8 — Схема подключения сенсора к платформе arduino

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Для контроля наклона используется датчик угла наклона, акселерометр модуль Arduino MMA7361.

Описание:

а) Датчик может определять ускорение и углы наклона в 3-х мерном пространстве;

б) Позволяет создавать различные устройства;

в) Измеряет как ускорение, а так же углы по осям X,Y,Z;

г) Штырьковые контакты для удобного монтажа на плате;

д) Может управляться при помощи микроконтроллера Ю;

е) Очень прост и легок в работе;

ж) Построен на базе чипа MMA7361;

з) Входное напряжение: 5 / 3.3В;

и) Размеры: 2.8 x 1.7 см.

Этот датчик может измерять статическое (сила земного притяжения) или динамическое ускорение по всем трем осям. Он может использоваться в различных сферах применения, и можно создать много приложений на его основе. Акселерометр измеряет уровень ускорения объекта, на котором он установлен, что позволяет получать информацию об ускорении/замедлении этого объекта, а также о его наклоне относительно земной оси.

Этот датчик также позволяет обнаружить свободное падение (выход 0G). Технически, MMA7361LC представляет собой малопотребляющий емкостный микромеханический акселерометр с функциями обработки сигнала, 1-полюсным низкочастотным фильтром, температурной компенсацией, самодиагностикой и возможностью выбора чувствительности. MMA7361LC может входить в спящий режим, что делает его идеальным для портативных устройств с батарейным питанием. Модуль может быть запитан как от источника 5 В, так и от 3.3 В.

Теперь на примере связки модуля MMA7361 и платы Arduino UNO покажем принцип работы с этим датчиком. К счастью, для подключения не нужны какие-либо дополнительные элементы, нужны только Arduino, модуль с акселерометром и провода. Схема подключения к платформе показаны на рисунке 3.9.

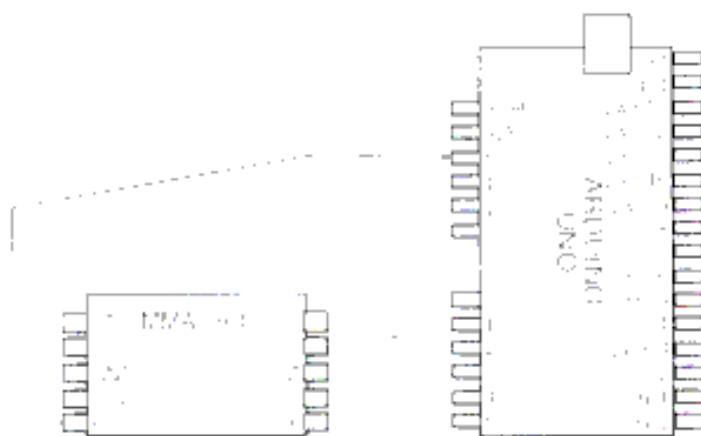


Рисунок 3.9 — Схема подключения модуля MMA7361

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

Для следования приводной тележки по маршруту, заданному линией используется датчик линии аналоговый.

Датчик линии идеально подходит для установки на днище мобильной платформы, чтобы заставить робота не выезжать за пределы территории обозначенной контуром, или чтобы он следовал за нарисованной линией.

Сенсор способен не только отличать чёрную поверхность от белой. В отличие от цифрового датчика линии, он способен отличить оттенки серого. Это даёт возможность точно контролировать процесс перехода границы от чёрного к белому и наоборот, ведь результатом является усреднённое значение небольшого пятна под фотоэлементом.

Основной фотоэлемент работает в инфракрасном спектре. Дополнительно на сенсоре установлен светодиод, который загорается когда поверхность под датчиком светлая. Это удобно для диагностики и настройки.

Переменный резистор, установленный на сенсоре, позволит регулировать чувствительность сенсора в широких пределах. Это позволяет откалибровать датчик под вашу конструкцию, материал покрытия и различные условия внешнего освещения.

Выходным результатом работы сенсора является аналоговый сигнал. Чем светлее поверхность под сенсором — тем меньше его выходное напряжение.

Датчик подключается к управляющей электронике через 3 провода. При подключении к Arduino будет крайне удобно использовать Тройка Shield. Шлейф для подключения включён в комплект.

Характеристики:

- а) напряжение питания: 3–5 В;
- б) потребляемый ток: менее 10 мА.

Оптимальное расстояние между датчиком и поверхностью 1-2 см. Схема подключения Датчика линии показана на рисунке 3.10.

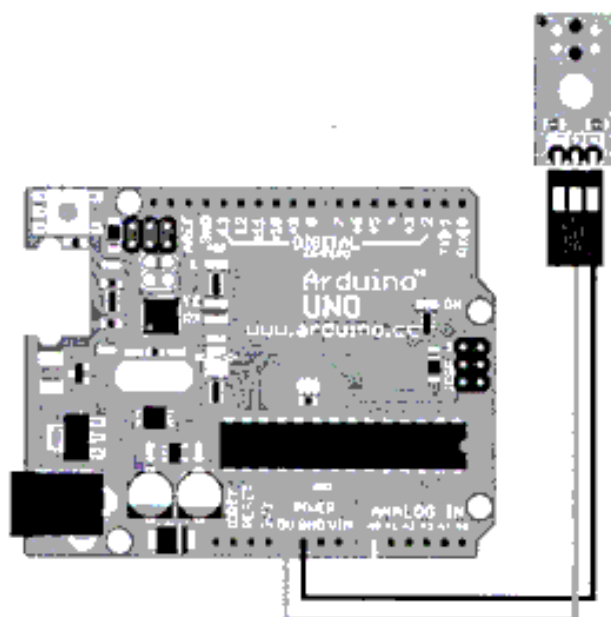


Рисунок 3.10 — Подключение датчика линии к arduino

Для контроля пройденного расстояния используется инкрементальный энкодер. Оптический инкрементальный энкодер представляет собой тонкий диск с нанесенными на него чередующимися прозрачными и черными участками. Диск закреплен на валу двигателя, а на его краю размещается фото датчик. При вращении диска происходит последовательное перекрывание щели фото датчика. Получая такой сигнал, контроллер может определить скорость вращения диска и величину угла на который повернулся вал.

Помимо фото датчиков, в инкрементальном энкодере могут применяться датчики холла. В этом случае вместо диска с рисунком применяется магнит. Разрешающая способность у такого энкодера значительно ниже чем у оптического. Также возможна фиксация положения диска при помощи щеточной системы.

Для определения направления вращения диска в систему добавляется еще один фото датчик. Такой энкодер называется квадратурным. Второй датчик сдвигается относительно первого таким образом, чтобы можно было зафиксировать четыре состояния: первый открыт, второй закрыт; оба открыты; первый закрыт, второй открыт; оба закрыты (10-11-01-00). При этом канал одного датчика называется синусом (А) а канал другого косинусом (В).

Таким образом, если при движении диска сначала открывается датчик А, а затем датчик В (т.е. последовательность 10-11) то это движение в одну сторону. Если же сначала В а затем А (01-11) то имеет место обратное вращение.

Помимо возможности определить направление вращения, квадратурный энкодер позволяет увеличить точность позиционирования вдвое. Недостатком инкрементальных энкодеров является тот факт, что после включения устройства невозможно определить положение вала двигателя без проведения дополнительной процедуры инициализации. В рамках этой процедуры происходит вращение двигателей до обнаружения специальной метки (reference mark). Нахождение метки отдельным фото датчиком означает что двигатель прибыл в начальное положение и готов к работе.

### 3.6 Выбор аккумуляторных батарей

В настоящее время для автономных модулей и электрокаров выпускают аккумуляторные батареи, изготовленные по следующим технологиям:

- а) свинцово-кислотные тяговые аккумуляторные батареи;
- б) литий — ионные;
- в) модификации литиевых аккумуляторов.

Для применения на электропогрузчиках и электрокарах производители рекомендуют использовать свинцово-кислотные тяговые аккумуляторные батареи(акб) производства болгарских заводов АО "Энергия" и ELXIM-ISKRA. В настоящее время АО "Энергия" производит аккумуляторные батареи типа PzSL высокой емкостью. Емкость таких аккумуляторных батарей на 9%-17% выше чем у таких же стандартных аккумуляторов типа PzS, что приводит к увеличению времени работы электропогрузчиков без перезарядки в среднем на 2 часа. Габаритные размеры при этом те же. У потребителя есть возможность выбирать

					140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

аккумуляторную батарею разного типа (PzS или PzSL) в зависимости от нагрузки и работы электропогрузчика или электрокара.

На данный момент слабым местом электромобиля является аккумулятор. Сейчас используются в основном литий - ионные. Такие аккумуляторы, при их преимуществах связанных с относительно небольшими размерами, больше страдают от процесса ухудшение характеристик со временем. Большинство таких аккумуляторов не может служить больше пяти лет. Количество зарядно-разрядных циклов не так влияют на ресурс, как возраст, при коротком времени цикла заряда и разряда, батарея выдерживает до 2000 циклов. Для достижения максимальной длительности эксплуатации аккумулятора, при заряде необходимо использовать токи равные половине емкости. И нежелательно превышать предел в одну ёмкость, так как это приводит к резкому сокращению срока службы.

В настоящее время существуют такие разновидности литий ионных аккумуляторов: на базе кобальтатов лития на графитовых электродах, и на основе других элементов -  $\text{LiNiO}_2$ ,  $\text{LiMnO}_2$ ,  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ ,  $\text{LiFePO}_4$ . Сейчас автопроизводители используют такие аккумуляторы, есть модель с напряжением 36 В, способная отдавать более 15 кВт мощности, другая модель, состоящая из 200 отдельных никель-метал-гидридных батарей. Каждый отдельный элемент этой батареи расположена в коробке из стали и дает напряжение 1,3 В. Батареи собраны вместе в группы по несколько штук. В портативном батарейном источнике питания 50 модулей. Полное напряжение портативного батарейного источника питания составляет около 300 вольт.

В аккумуляторах электромобилей Honda используют элементы с силой тока при разрядке составляет 100А, а при зарядке - 50А. Напряжение батареи 240 В.

Автомобили на электротяге Nissan, имеют литий-ионные батареи плоского типа. Под днищем авто спрятано 50 модулей: вес каждого модуля 4 кг, и общая энергоотдача отдача – 90 кВт. Этого достаточно, чтобы питать 80-киловаттный электромотор (280 Н·м) и другие бортовые системы. Заряженных батарей хватает где-то на 160 км проезда.

В автомобилях на электротяге используются следующие модификации литиевых аккумуляторов: - Никель-кобальт-марганец. Марганец дешевле кобальта, но срок его службы меньше. Если заменить части кобальта никелем и марганцем, то аккумулятор может получить либо более высокую мощность, либо большую энергетическую плотность. NCM остается восприимчивым к тепловому уходу, но меньше так чем диоксид кобальта. - Никель-кобальт-алюминий. Этот сплав подобен NCM, но алюминий стоит меньше. - Фосфат железа. Этот сплав мог бы стать самым перспективным, потому что он стабилен и безопасен. Не имеет никаких проблем с перегревом. Недостатком является то, что аккумуляторы из  $\text{FePO}_4$  работают при более низком напряжении, чем кобальтовый аккумулятор, поэтому батарей и элементов должно быть больше.

Вес всей аккумуляторной батареи в электромобилях не мал, и составляет от 50 до 400 кг. Но всё-же литий-ионный аккумулятор вырабатывает примерно вдвое больше энергии на единицу веса, чем предыдущее поколение никель-метал-гидридных аккумуляторов. В перспективе можно спрогнозировать полный переход автомобилей на электротягу с использованием литий - ионных

										Лист
										47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	140400.2016.401.000 ПЗ					







препятствует анодному растворению лития, но предотвращает взаимодействие лития с электролитом, т.е. предотвращает саморазряд.

Во всех литий-ионных аккумуляторах, доведенных до стадии коммерциализации, отрицательный электрод изготавливается из углеродных материалов. Интеркаляция лития в углеродные материалы представляет собой сложный процесс, механизм и кинетика которого в значительной степени зависят от природы углеродного материала и природы электролита аккумулятора Li-ion или аккумулятора Li-pol.

Конструкция и технология изготовления литиевых аккумуляторов очень близки к конструкции и технологии изготовления первичных литиевых элементов. Подавляющее большинство литий-ионных аккумуляторов выпускают в призматических вариантах, поскольку главное назначение таких аккумуляторов Li — обеспечение работы сотовых телефонов и ноутбуков. На сегодняшний день достаточно велик объем производства дисковых и цилиндрических литиевых и (особенно) литий-ионных аккумуляторов.

Литий-ионные промышленные аккумуляторы Li-ion от 100 Ам изготавливают (собирают), как правило, в разряженном состоянии, т.е. отрицательным электродом служит чистый углеродный материал, а положительный электрод изготовлен из литированных оксидов кобальта или никеля или из литий-марганцевой шпинели.

Литий-полимерные промышленные аккумуляторы Li-pol, т.е. аккумуляторы с полимерным электролитом, выпускают, как правило, в виде тонких плоских эластичных изделий, имеющих вместо металлического корпуса пластиковую оболочку.

Основные эксплуатационные особенности литиевых и литий-ионных аккумуляторов в общем совпадают с особенностями литиевых первичных источников тока. Большинство аккумуляторов Li работоспособно в интервале температур от -30 до +60 °С. В то же время, заряд аккумуляторов рекомендуется проводить при положительных температурах, обычно от 0 до +50 °С.

Все литиевые аккумуляторы характеризуются достаточно хорошей сохраняемостью. Потеря емкости за счет саморазряда 5—10 % в год.

При разработке литиевых и литий-ионных аккумуляторов, вопросам безопасности хранения и эксплуатации уделялось особое внимание. Все аккумуляторы Li имеют защиту от внутренних коротких замыканий (а в отдельных случаях — и от внешних коротких замыканий). Эффективным методом такой защиты является использование двухслойного сепаратора, один из слоев которого изготавливается не из полипропилена, а из материала, аналогичного полиэтилену.

Инструкции по эксплуатации литиевых аккумуляторов предусматривают соблюдение элементарных требований: запрещаются нарушения полярности, нагревание аккумуляторов (как в работе, так и при хранении), попытки их разборки, короткие замыкания. Предпочтительно не допускать малолетних детей к обращению с литиевыми аккумуляторами.

Литий-ионные аккумуляторы широко применяются как в общегражданской технике, так и в изделиях специального назначения. Литий-ионные

										Лист
										50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	140400.2016.401.000 ПЗ					

аккумуляторы все шире используются в промышленных товарах, в том числе, в автомобилях, где они входят в состав гибридных энергетических установок, а также обеспечивают энергоснабжение многочисленных систем автомобиля. Литий-ионные аккумуляторы используются на железнодорожном, водном и воздушном транспорте, в космической и военной технике.

### 3.7 Выбор средств программирования

В качестве интегрированной платформы разработки (IDP) для проектирования и отладки приложений на базе микроконтроллеров Atmel ARM<sup>®</sup> Cortex<sup>™</sup>-M и AVR<sup>®</sup> выбрана Atmel<sup>®</sup> Studio 6. The Atmel Studio 6 IDP представляет собой единую, простую в использовании среду разработки, компоновки и отладки приложений, написанных на языке C/C++ либо ассемблере.

Платформа Atmel Studio 6 абсолютно бесплатна. В нее интегрирована обширная библиотека бесплатного исходного кода Atmel Software Framework (ASF), содержащая свыше 1600 примеров ARM- и AVR-проектов. Эта библиотека дополняет преимущества платформы Atmel Studio 6, предоставляя доступ к готовому коду в той же среде, что сводит к минимуму необходимость низкоуровневого программирования в проектах. Платформу можно использовать для программирования большого спектра микроконтроллеров AVR и устройств на базе процессоров

ARM Cortex-M, включая расширенный ассортимент флеш-микроконтроллеров Atmel SAM3 на ядрах ARM Cortex-M3 и M4.

В последней версии платформы, Atmel Studio 6.2, были добавлены современные функции отладки, в частности отслеживание данных и прерываний (Data and Interrupt Trace). Кроме того, в этой версии улучшены интеграция с RTOS и возможности отладки оптимизированного кода.

С появлением решений Atmel Gallery и Atmel Spaces проектирование встраиваемых микроконтроллеров на платформе Atmel Studio 6 стало еще проще, а время разработки и затраты снизились. Atmel Gallery представляет собой сетевой магазин приложений, где можно найти инструменты разработки и встраиваемое программное обеспечение. Atmel Spaces — это облачное пространство для совместной разработки, позволяющее хранить проекты по созданию программного и аппаратного обеспечения для микроконтроллеров Atmel.

В заключение можно отметить, что в отличие от стандартных интегрированных сред разработки (IDE) платформа Atmel Studio 6 не только позволяет создавать новое программное обеспечение для микроконтроллеров, но также:

а) упрощает повторное использование уже существующего программного обеспечения, способствуя дифференциации проектирования;

б) поддерживает процесс разработки продукции, обеспечивая легкий доступ к встроенным инструментам и расширениям программного обеспечения через магазин Atmel Gallery;

в) уменьшает время, необходимое для вывода продукта на рынок, благодаря передовому функционалу, расширяемой программной экосистеме и мощной интеграции средств отладки.

Платформа Atmel® Studio 6 включает в себя компилятор GCC C и C++, ассемблер и программу моделирования и без труда взаимодействует с внутрисистемными отладчиками и программаторами, упрощая процесс разработки кода. Микроконтроллеры Atmel на базе процессоров AVR® и ARM® Cortex™-M также поддерживаются компиляторами сторонних разработчиков, в том числе IAR Embedded Workbench® и Keil™.

Платформа Atmel Studio 6 работает со всеми отладчиками и программаторами Atmel

Одним из главных преимуществ современных флеш-микроконтроллеров является возможность отправки данных отладки на персональный компьютер, что позволяет разработчику видеть все происходящие процессы.

Быстрое внутрисистемное программирование позволяет загружать обновления программного обеспечения за несколько секунд. Благодаря самопрограммированию и специализированным загрузчикам операционной системы микроконтроллеры способны принимать обновления кодов через любой интерфейс — даже по радиосвязи. Используйте специализированные загрузчики для шифрования данных при передаче, чтобы обезопасить свой код.

При подключении отладчиков платформа Atmel Studio 6 отображает состояние процессора, памяти и всех аналоговых интерфейсов и интерфейсов связи в простом и наглядном виде, предоставляя быстрый доступ ко всем критическим параметрам системы. Не существует более быстрого способа обнаружения ошибок и оптимизации системы как в лабораторных, так и в полевых условиях.

Инструмент моделирования Atmel Studio 6 точно воспроизводит архитектуру и устройства AVR. Он позволяет смоделировать центральный процессор и большинство встроенных модулей ввода/вывода, а также все инструкции и прерывания. В настоящее время этот инструмент поддерживает только устройства AVR.

Инструмент моделирования рассматривается в пакете Atmel Studio 6 в качестве цели отладки. Это позволяет использовать обычные команды для отладки, такие как Run, Break, Reset, Single Step, Set Breakpoints и Watch Variables. Представления модулей ввода/вывода, памяти и регистров в инструменте моделирования полностью функциональны.

### 3.8 Описание концептуальной модели процесса обучения

Адаптивная система управления предполагает применение при построении маршрута специализированных алгоритмов обучения. Программное обеспечение поиска маршрута разрабатываемой системы управления работает в двух режимах: в режиме обучения и в режиме рабочего режима. В режиме обучения система управляет движением и при возникновении какого-либо события, на которое не описана реакция, запрашивает у оператора информацию или действие. После

					140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

ответа оператора система запоминает информацию, которая используется в дальнейшем для принятия решений. Рассмотрим модель процесса обучения. На рисунке 3.11 представлен возможный маршрут следования раздаточной тележки внутри цеха.

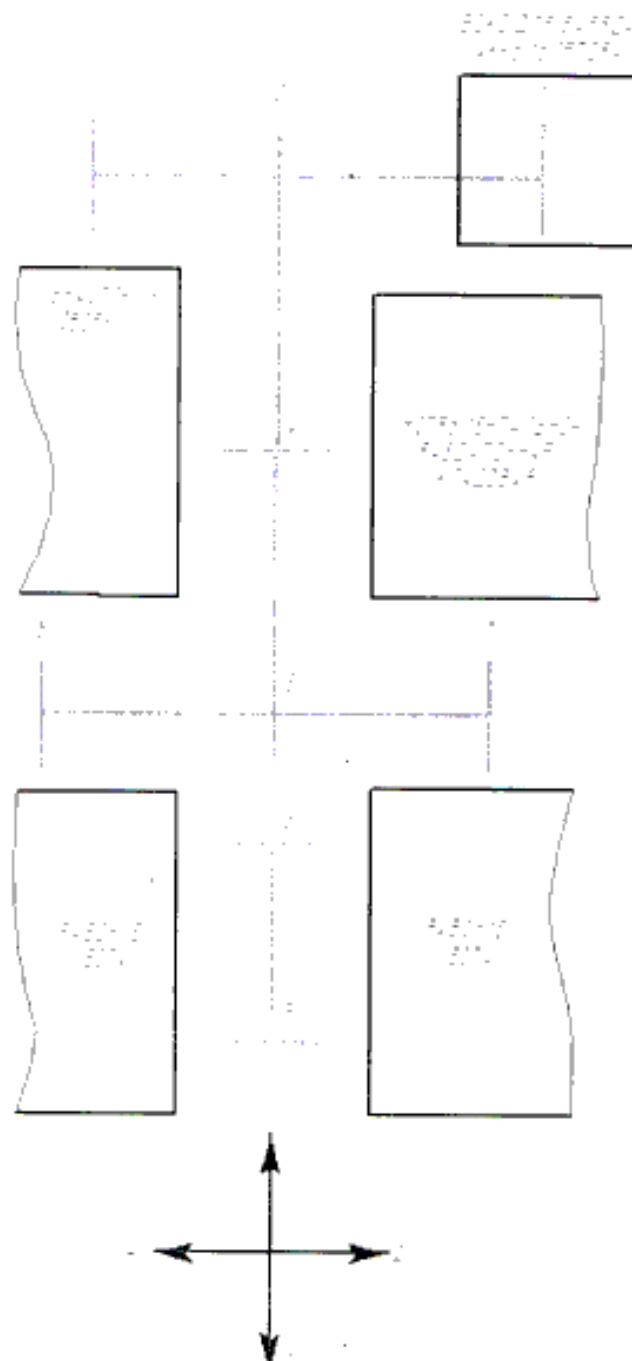


Рисунок 3.11 — Пример маршрута

В начале процесса обучения тележка находится в точке 1 маршрута. Цифрами на рисунке обозначены места для установки. В цехе предусмотрен бокс для заряда аккумулятора. Система координат для ориентации тележки на перекрестках задается в виде направлений, которые обозначаются цифрами. В данном примере раздаточная тележка осуществляет доставку материалов, инструментов и изделий

по заданному маршруту с остановками в указанных местах. При уменьшении заряда до критического значения система завершает обработку текущего заряда и направляется в бокс.

Рассмотрим пример диалога между оператором и обучаемой системой при обучении данному маршруту. Пример диалога показан на рисунке 3.12

ЗАПРОС ОТ СИСТЕМЫ	ОТВЕТ ОПЕРАТОРА	РЕАКЦИЯ СИСТЕМЫ
ВЫБЕРИТЕ СИСТЕМУ ОТСЧЕТА	ВВОД СИСТЕМЫ	СОХРАНЕНИЕ СИСТЕМЫ ОТСЧЕТА
НАЧАЛО ОБУЧЕНИЯ НАЧАЛЬНАЯ ТОЧКА КОНЕЧНАЯ ТОЧКА КУРС	1 2 2	ДОБАВЛЕНИЕ РЕБРА 1-2 ДВИЖЕНИЕ ДО ПЕРЕКРЕСТКА
ПРИБЫЛ В ТОЧКУ 1 СЛЕДУЮЩАЯ ТОЧКА КУРС	3 2	ДОБАВЛЕНИЕ РЕБРА 2-3 ДВИЖЕНИЕ ДО ПЕРЕКРЕСТКА
ПРИБЫЛ В ТОЧКУ 3 СЛЕДУЮЩАЯ ТОЧКА КУРС	2 2	РАЗВОРОТ НА 180° ДВИЖЕНИЕ ДО ПЕРЕКРЕСТКА
ПРИБЫЛ В ТОЧКУ 2 СЛЕДУЮЩАЯ ТОЧКА КУРС	4 3	ДОБАВЛЕНИЕ РЕБРА 2-4 ПОВОРОТ ДВИЖЕНИЕ ДО ПЕРЕКРЕСТКА
ПРИБЫЛ В ТОЧКУ 4 СЛЕДУЮЩАЯ ТОЧКА КУРС	5 3	ДОБАВЛЕНИЕ РЕБРА 4-5 ДВИЖЕНИЕ ДО ПЕРЕКРЕСТКА
ПРИБЫЛ В ТОЧКУ 5 СЛЕДУЮЩАЯ ТОЧКА КУРС	5 4	ДОБАВЛЕНИЕ РЕБРА 5-6 ПОВОРОТ ДВИЖЕНИЕ ДО ПЕРЕКРЕСТКА
ПРИБЫЛ В ТОЧКУ 6 СЛЕДУЮЩАЯ ТОЧКА КУРС	5 2	РАЗВОРОТ НА 180° ДВИЖЕНИЕ ДО ПЕРЕКРЕСТКА
ПРИБЫЛ В ТОЧКУ 5 СЛЕДУЮЩАЯ ТОЧКА КУРС	7 2	ДОБАВЛЕНИЕ РЕБРА 5-7 ДВИЖЕНИЕ ДО ПЕРЕКРЕСТКА
ПРИБЫЛ В ТОЧКУ 7 СЛЕДУЮЩАЯ ТОЧКА КУРС	5 4	РАЗВОРОТ НА 180° ДВИЖЕНИЕ ДО ПЕРЕКРЕСТКА
ПРИБЫЛ В ТОЧКУ 6 СЛЕДУЮЩАЯ ТОЧКА КУРС	8 3	ДОБАВЛЕНИЕ РЕБРА 6-8 ПОВОРОТ ДВИЖЕНИЕ ДО ПЕРЕКРЕСТКА
ПРИБЫЛ В ТОЧКУ 8 СЛЕДУЮЩАЯ ТОЧКА КУРС	9 3	ДОБАВЛЕНИЕ РЕБРА 8-9 ДВИЖЕНИЕ ДО ПЕРЕКРЕСТКА
ПРИБЫЛ В ТОЧКУ 9 СЛЕДУЮЩАЯ ТОЧКА КУРС	0 0	СОХРАНЕНИЕ ГРАФА В ПАМЯТИ ВОЗВРАТ В ТОЧКУ 1
ПРИБЫЛ В НАЧАЛЬНУЮ ТОЧКУ		
УКАЖИТЕ МЕСТО ДЛЯ ЗАРЯДА	3	СОХРАНЕНИЕ ТОЧКИ В ПАМЯТИ
		ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ ЗАВЕРШЕН

Рисунок 3.12 — Пример диалога между оператором и обучаемой системой

В начале обучения система запрашивает и после ответа оператора сохраняет принятую систему отсчета. После этого оператор задает начальную и конечную точки и курс. Система сохраняет точки 1 и 2 и начинает движение по указанному

курсу до перекрестка. В время движения происходит измерение расстояния между начальной и конечной точками пути. Полученное расстояние сохраняется и привязывается к отрезку 1-2 маршрута. Система сообщает оператору о прибытии в указанную точку и запрашивает следующую точку и курс. После ответа тележка передвигается по указанному курсу до перекрестка. Отрезок 2-3 сохраняется в памяти микроконтроллера. Система запрашивает следующую точку и курс. Оператор задает точку 2. Так как отрезок 2-3 уже сохранен в памяти, запись информации о данном отрезке не производится, а тележка перемещается в точку 2. Таким образом, обучение происходит до тех пор, пока оператор не введет значения точки и курса «0, 0». Это будет означать, что весь маршрут пройден и все его точки посещены. Тележка перемещается в точку начала по уже сохраненному в памяти маршруту. После этого система запрашивает и после ответа сохраняет в память точку на маршруте, в которой находится бокс для заряда аккумулятора. На этом процесс обучения считается завершенным. В процессе обкатки могут возникать различные события. Например, появление препятствия на пути следования тележки. Если есть альтернативный маршрут или препятствие возможно объехать, оператор вручную управляя тележкой, создает новый, альтернативный маршрут, который также сохраняется в памяти. При возникновении аналогичного события тележка реагирует на него в соответствии с сохраненным маршрутом.

В качестве способа организации данных маршрута выбран неориентированный ациклический граф. В графе в качестве вершин служат точки маршрута, а в качестве ребер — информация об отрезке пути: курс и расстояние от одной точки до соседней. Полученный после обучения движению по рассматриваемого маршруту граф показан на рисунке 3.13

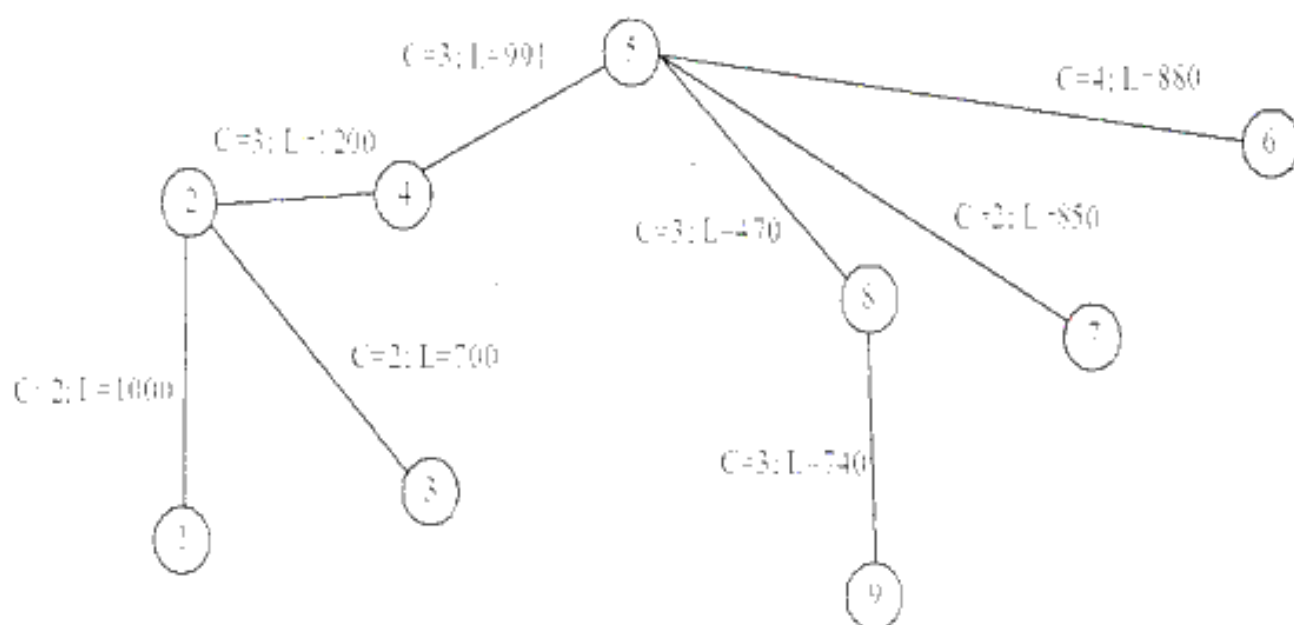


Рисунок 3.13 — Математическое представление маршрута

### 3.9 Описание программного обеспечения поиска маршрута

Алгоритм работы программного обеспечения поиска оптимального маршрута показан на рисунках 3.14 и 3.15.

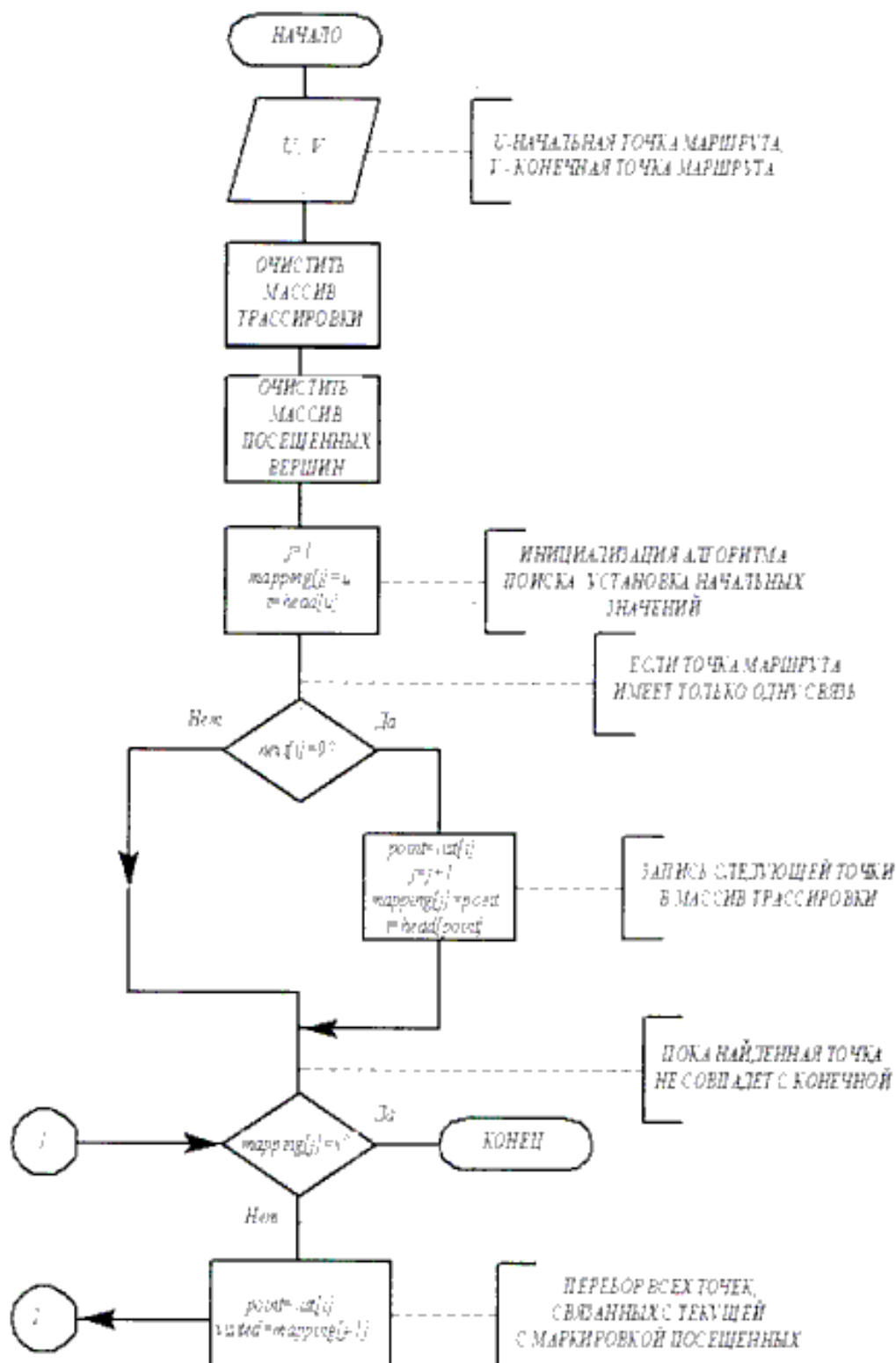


Рисунок 3.14 — Алгоритм работы программного обеспечения поиска оптимального маршрута (начало)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата





### 3.10 Описание программного обеспечения управления движением

Алгоритм управления движением тележки представлен на рисунках 3.16 - 3.17. После калибровки датчиков линии, которая заключается в измерении степени освещенности фотоприемников на поверхности пола цеха и вычислении поправочного коэффициента, программа ожидает команды от оператора. Оператор задает точки начала и окончания маршрута, после этого происходит поиск оптимального маршрута по алгоритму, описанному выше. Как только массив трассировки маршрута заполнен, происходит чтение курса и заполнение массива `course[]`. Программа читает направление из массива и, в зависимости от текущего курса корректирует положение тележки в заданной системе координат. После того как положение тележки соответствует назначенному курсу она начинает прямолинейное движение по линии до следующего перекрестка. Действия повторяются, пока не будет достигнута конечная точка маршрута. Прямолинейное движение вдоль линии обеспечивается регулированием скорости вращения колес. Разница между значениями освещенности левого и правого аналоговых датчиков умножается на коэффициент пропорциональности. Скорость колеса левого или правого (в зависимости от знака) колеса будет уменьшена на полученное значение

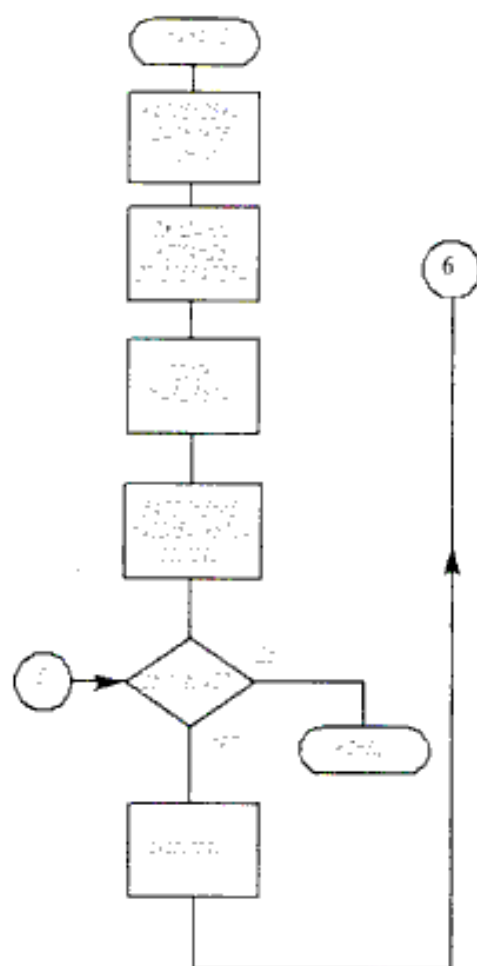


Рисунок 3.16 — Алгоритм работы программы управления движением тележки (начало)

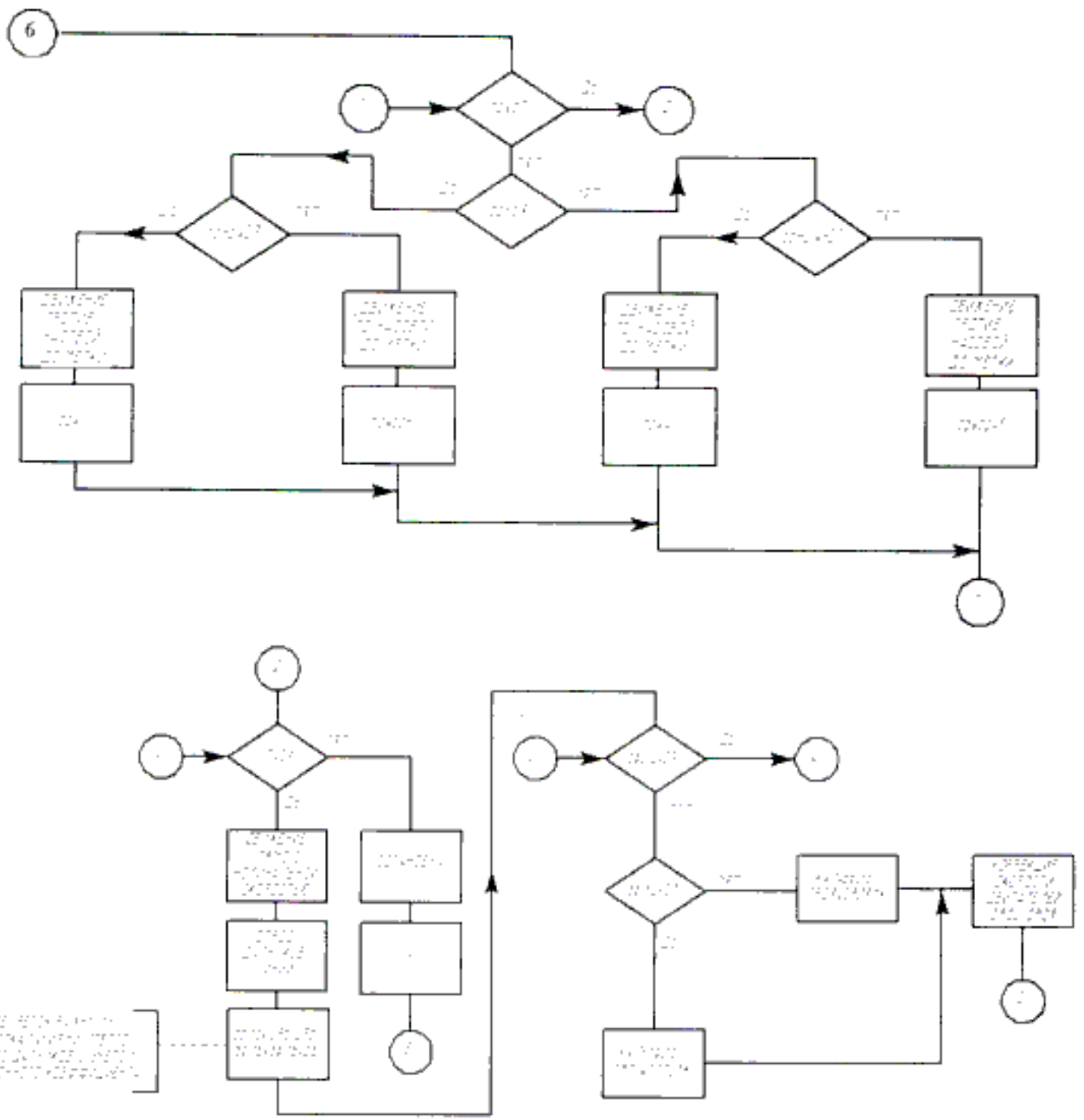


Рисунок 3.17 - Алгоритм работы программы управления движением тележки (окончание)

Выводы по разделу три

В разделе рассмотрены задачи, выполняемые транспортными системами на предприятии, их классификация. Выполнена постановка задач, определен общий состав системы управления. Составлена функциональная схема адаптивной системы управления, выбрана микропроцессорная платформа для реализации поставленных задач. Произведен выбор путевых датчиков. Выбраны элементы и спроектирована принципиальная схема микропроцессорного модуля системы управления. Произведен расчет нагрузочных характеристик и по эквивалентному моменту нагрузки выбраны асинхронные электродвигатели привода движения тележки. По номинальным параметрам электродвигателя выбран частотный

преобразователь. Разработана концептуальная модель процесса обучения. Разработан алгоритм работы системы управления и выбрано программное обеспечение для написания программного кода, компиляции и отладки.

					140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

#### 4 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

В данном разделе представлен расчет затрат на внедрение раздаточной тележки с адаптивным управлением на предприятии «УКВЗ им. С.М. Кирова» - филиале ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» и сравнение ее базовым вариантом. В качестве базового варианта принята система транспортировки на базе электрокаров без использования системы автоматизированного управления.

Автоматизированная система управления самоходной аккумуляторной тележкой позволит:

- а) увеличить объём производимой продукции- путём оптимизации логистических процессов и сокращения времени перемещения грузов;
- б) сократить транспортные затраты внутри предприятия благодаря автоматизации процесса;
- в) принимать оперативные управленческие решения на основании статистических данных об объёме перевозимого груза;
- г) достичь гибкости производственного процесса путём быстрого перераспределения транспортных потоков;
- д) получить технологическое преимущество над конкурентами.

##### 4.1 Расчет капитальных вложений по базовому варианту

Объем капитальных вложений рассчитывается по формуле:

$$K_I = K_{Обл} + K_M \quad (4.1)$$

где  $K_{Обл}$  – капитальные вложения на оборудование;

$K_M$  – капитальные вложения на монтаж и установку оборудования.

Капитальные вложения на оборудование определим по формуле:

$$K_{Обл} = Ц_{Об} \cdot K_{во} \cdot C_{пр} \quad (4.2)$$

где  $Ц_{Об}$  – цена оборудования в год приобретения, 650000 руб;

$K_{во}$  – коэффициент пересчета цен на дату проекта, 1;

$C_{пр}$  – принятое число комплексов, 2.

$$K_{Обл} = 650000 \cdot 1 \cdot 2 = 1300000 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения на монтаж и установку оборудования

$$K_M = Ц_{Об} \cdot (a - 1) \cdot K_{во} \cdot C_{пр}, \quad (4.3)$$

где  $a$  – коэффициент учитывающий затраты на доставку и монтаж оборудования,  $a = 1,1$ .

$$K_M = 650000 \cdot (1,1 - 1) \cdot 1 \cdot 2 = 130000 \text{ руб.}$$

Подставим полученные значения в формулу 4.1:

$$K_T = 1300000 + 130000 = 1430000 \text{ руб.}$$

Расчет издержек производства по базовому варианту:

$$I_{II-VAR} = I_{ЗЛ} + I_{РЛ} + I_{ЭЛ} \quad (4.4)$$

где  $I_{ЗЛ}$  – годовая зарплата рабочих по обслуживанию тележки, руб.

$I_{РЛ}$  – годовые затраты на ремонт основных фондов, руб;

$I_{ЭЛ}$  – затраты на электроэнергию комплекса, руб.

Годовая зарплата рабочих:

$$I_{ЗЛ} = Z_{СМЛ} \cdot 12 \cdot P \quad (4.5)$$

где  $Z_{СМЛ}$  – среднемесячная зарплата рабочих, 24110,8 руб;

$P$  – общее число рабочих, 5 чел.

$$I_{ЗЛ} = 24110,8 \cdot 12 \cdot 5 = 1447000 \text{ руб.}$$

Годовые затраты на ремонт основных фондов

$$I_{РЛ} = K_{ОБЛ} \cdot 0,2 = 1300000 \cdot 0,2 = 260000 \text{ руб.} \quad (4.6)$$

Затраты на электроэнергию комплекса:

$$I_{ЭЛ} = T_{Э} \cdot W_{ГР} \quad (4.7)$$

где  $T_{Э}$  – тариф за 1 кВт ч. 2,85 руб;

$W_{ГР}$  – годовой расход электроэнергии, кВт.

$$W_{ГР} = P_A \cdot \Phi_E \cdot K_B \cdot K_M, \quad (4.8)$$

где  $P_A$  – активная мощность 10 кВт;

$\Phi_E$  – действительный фонд времени работы тележки 2190 ч;

$K_M$  – коэффициент загрузки по времени 0,6;

$K_B$  – коэффициент загрузки по мощности 0,8;

$$W_{ГР} = 10 \cdot 2190 \cdot 0,6 \cdot 0,8 = 10510 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

$$I_{ЭЛ} = 2,85 \cdot 10510 = 29950 \text{ руб.}$$

Таким образом, по формуле (3.4) получим:

$$I_{II-VAR} = 1447000 + 260000 + 29950 = 434600 \text{ руб.}$$

					140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

Амортизационные отчисления:

$$AI = P \cdot K_{OB}, \quad (4.9)$$

где  $P$  – норма амортизации, начисляется линейным методом и определяется по формуле:

$$P = (1/n) \cdot 100\%, \quad (4.10)$$

где  $n$  – срок полезного использования транспортной системы  $n=19$  месяцев.

Получим:

$$P = (1/19) \cdot 100 = 5,3\%.$$

Амортизационные отчисления составят:

$$AI = 0,053 \cdot 1300000 = 68900 \text{ руб.}$$

Найдем общие эксплуатационные затраты:

$$C_{\text{ЭКСПЛ}} = I_{\text{ПР-ВА1}} + AI = 434600 + 68900 = 503500 \quad (4.11)$$

#### 4.2 Расчет капитальных вложений по проектному варианту

Объем капитальных вложений рассчитывается по формуле:

$$K_2 = K_{OB} + K_M + K_{НО} + K_{ПРОГ} \quad (4.12)$$

где  $K_{OB}$  – капитальные вложения на оборудование;

$K_M$  – капитальные вложения на монтаж и установку оборудования;

$K_{НО}$  – капитальные вложения на пуск и наладку оборудования; 36

$K_{ПРОГ}$  – капитальные вложения на разработку программного обеспечения.

$$K_{OB} = I_{OB} \cdot C_{ПР} \quad (4.13)$$

где  $I_{OB}$  – цена оборудования в год приобретения, тележка: 700000 руб,  
централизованная система управления — 300000 руб;

$C_{ПР}$  – принятое число комплектов, 1 система управления, 2 тележки;

$$K_{OB} = (700000 \cdot 2) + (300000 \cdot 1) = 1700000 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения на монтаж и установку оборудования

					140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

$$K_M = C_{об} \cdot (a - 1) \cdot K_{во} \cdot C_{пр}, \quad (4.14)$$

где  $a$  – коэффициент учитывающий затраты на доставку и монтаж оборудования  
 $a = 1,1$ .

$$K_M = (700000 \cdot 2 + 300000 \cdot 1) \cdot (1,1 - 1) = 170000 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения на пуск и наладку оборудования

$$K_{по} = Z_{пр} \cdot n \cdot (1 + K_{осс}), \quad (4.15)$$

где  $Z_{пр}$  – заработная плата монтажников и наладчиков, 22750 руб;  
 $K_{осс}$  – коэффициент, учитывающий накладные и непредвиденные расходы,  
 $K_{осс} = 0,26$ ;

$$K_{по} = 22750 \cdot 2 \cdot (1 + 0,26) = 57330 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения на разработку программного обеспечения:

$$K_{прог} = Z_{прог} \cdot n \cdot (1 + K_p), \quad (4.16)$$

где  $Z_{прог}$  — среднемесячная зарплата программиста,  $Z_{прог} = 17740$  руб;  
 $n$  – количество программистов,  $n = 2$ ;  
 $K_p$  – коэффициент, учитывающий срок выполнения разработки,  $K_p = 0,65$ ;

$$K_{прог} = 17740 \cdot 2 \cdot (1 + 0,65) = 58540 \text{ руб.}$$

Подставив значения в формулу (3.12) получим:

$$K_2 = 1700000 + 170000 + 57330 + 58540 = 1986000 \text{ руб.}$$

Расчет издержек производства по проектному варианту:

$$I_{п-ва2} = I_{з2} + I_{р2} + I_{э2}, \quad (4.17)$$

где  $I_{з2}$  – годовая зарплата рабочих по обслуживанию системы, руб;  
 $I_{р2}$  – годовые затраты на ремонт основных фондов, руб;  
 $I_{э2}$  – затраты на электроэнергию системы, руб.  
 Годовая зарплата рабочих по обслуживанию установки

$$I_{з2} = K_{сво} \cdot Z_{см1} \cdot 12 \cdot P = 0,25 \cdot 24110,8 \cdot 12 \cdot 2 = 109200 \text{ руб.} \quad (4.18)$$

где  $K_{сво}$  — коэффициент, учитывающий сокращение времени на обслуживание оборудования,  $K_{сво} = 0,25$  (в 4 раза);

Годовые затраты на ремонт основных фондов

$$I_{р2} = K_{об2} \cdot 0,05 = 1700000 \cdot 0,05 = 85000 \text{ руб.} \quad (4.19)$$

					140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64



Затраты на электроэнергию комплекса:

$$I_{ЭЭ} = T_{Э} \cdot W_{ЭЭ} \quad (4.20)$$

где  $T_{Э}$  – тариф за 1 кВт ч, 2,85 руб;  
 $W_{ЭЭ}$  – годовой расход электроэнергии, 7464 кВт·ч.

$$I_{ЭЭ} = 2,85 \cdot 7464 = 21270 \text{ руб.}$$

Таким образом по формуле (3.15) получим:

$$I_{ИВЛЭ} = 109200 + 85000 + 21270 = 215500 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления:

$$A_2 = P \cdot K_{ОбЭ}, \quad (4.21)$$

где  $P$  – норма амортизации, вычисленная по формуле (3.10),  $P = 0,053$ .

$$A_2 = 0,053 \cdot 1700000 = 90100 \text{ руб.}$$

Найдем общие эксплуатационные затраты:

$$C_{ЭксплИЭ} = I_{ИВЛЭ} + A_2 = 215500 + 90100 = 305600 \quad (4.22)$$

#### 4.3 Расчет экономической эффективности проекта

Для установления эффективности проектируемого производства сравниваем показатели рассчитанные выше:

Величина сокращения издержек производства при переходе с базового варианта на проектный варианта определяется по формуле:

$$C_{СИ} = \frac{C_{ЭксплИ1} - C_{ЭксплИ2}}{C_{ЭксплИ1}} \cdot 100\% = \frac{503500 - 305600}{503500} \cdot 100\% = 39,3\% \quad (4.23)$$

Годовой экономический эффект от реализации проекта в производство определяется по разности приведенных затрат:

$$\mathcal{E}_r = (C_{ЭксплИ1} + E \cdot K_1) - (C_{ЭксплИ2} + E \cdot K_2) \quad (4.24)$$

где  $E$  — нормативный срок окупаемости,  $E=0,15$ ;

$$\mathcal{E}_r = (503500 + 0,15 \cdot 1430000) - (305600 + 0,15 \cdot 1986000) = 114500$$

Срок окупаемости проекта:

					140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

$$T_{ок} = (K_2 - K_1) / (C_{эксп1} - C_{эксп2}) = (1986000 - 1430000) / (668000 - 305600) = 5,1 \text{ года.} \quad (4.25)$$

#### Выводы по разделу четыре

Анализируя рассчитанную экономическую часть, можно сделать вывод, что внедрение современной автоматизированной системы управления движением внутрицехового транспорта позволяет сократить на 39% издержки производства за счет:

- а) сокращения стоимости ремонтных работ в 4 раза;
- б) повышения производительности транспортных работ;
- в) сокращения затрат на внутрицеховые транспортные операции.

Таким образом, представленный проект является экономически целесообразным и имеет положительный эффект, который составляет 114500 рублей в год, при сроке окупаемости в 5,1 года по сравнению с вариантом без автоматизированной системы управления.

Результаты расчета сведены в таблицу 4.1

Таблица 4.1 - Техничко-экономические показатели базового и проектного варианта

Наименование показателей	Ед. изм	По базовому варианту	По проекту
Объем капитальных вложений	руб.	1430000	1986000
Амортизационные отчисления на оборудование	руб.	68900	90100
Общие эксплуатационные затраты	руб	668000	305600
Годовой экономический эффект	руб.		114500
Срок окупаемости	лет		5,1

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 5.1 Обеспечение безопасных условий эксплуатации раздаточной тележки

#### 5.1.1 Обеспечение безопасности на автоматизированном рабочем месте оператора

Разработанную транспортную систему по факторам, представляющим опасность для жизни и здоровья людей разделим на две части и рассмотрим каждую в отдельности.

К первой части относится автоматизированное рабочее место оператора со следующими вредными производственными факторами:

а) некачественный состав воздуха рабочей зоны (наличие пыли и патогенной микрофлоры, недостаток легких отрицательных и избыток тяжелых положительных ионов);

б) нерациональное освещение рабочего места (недостаток естественного света, низкая освещенность рабочего места, повышенные блескость и яркость на столе, клавиатуре и др., при наличии ламп дневного света пульсации светового потока);

в) шум на рабочем месте;

г) несоответствие нормам параметров микроклимата;

д) гиподинамия и длительные статические нагрузки на кисти рук;

е) монотонность труда в сочетании с повышенным напряжением внимания и зрения;

ж) повышенные нервно-психические и эмоциональные нагрузки.

ПЭВМ в составе автоматизированного рабочего места оператора генерирует в окружающее пространство широкий спектр ЭМП различной интенсивности, в том числе:

а) электромагнитное излучение радиочастотного диапазона;

б) электростатическое поле;

в) переменные низкочастотные ЭМП;

г) ультрафиолетовое (УФ) и рентгеновское излучения ЭЛТ;

д) электромагнитное излучение оптического (видимого) диапазона.

К опасным производственным факторам на рабочем месте оператора автоматизированной транспортной системы относятся:

а) пожарная опасность, обусловленная наличием на рабочем месте мощного источника энергии;

б) высокое напряжение питающей сети, обуславливающее возможность поражения человека электрическим током.

В соответствии с нормативными требованиями [20,21] выбрано помещение для работы с ПЭВМ, обладающие следующими характеристиками:

а) площадь на одно рабочее место оператора для пользователей составляет 6,5 кв.м, а объем 19,5 куб.м. ;

б) естественное освещение осуществляется через светопроемы, которые обеспечивают коэффициент естественной освещенности (КЕО) 1,8%;

в) для внутренней отделки интерьера помещений с ПЭВМ использованы

					140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

диффузно-отражающие материалы с коэффициентом отражения в соответствии с [20]

г) помещения с ПЭВМ оборудованы системами отопления и эффективной приточно-вытяжной вентиляцией.

Для обеспечения соответствия требованиям к микроклимату, содержанию аэроионов и вредных химических веществ в воздухе помещения оператора приняты следующие меры:

а) в помещении применяются увлажнители воздуха, заправляемые ежедневно дистиллированной водой;

б) ежедневно осуществляется протирка поверхностей клавиатуры, стола и дисплея специальными салфетками;

в) общеобменная приточно-вытяжная вентиляция работает в период производства работ;

г) в холодный период года для дополнительного обогрева помещения применяются переносные конвекторы.

С целью снижения уровня шума и вибрации в помещениях с ПЭВМ приняты меры:

а) поверхности, на которых расположены принтеры, покрыты синтетическими ковриками;

б) организовано своевременное техническое обслуживание и ремонт системы охлаждения ПЭВМ;

в) организованы своевременное техническое обслуживание системы общеобменной вентиляции.

Для обеспечения требований к освещению помещений и рабочих мест с ПЭВМ приняты следующие меры:

а) искусственное освещение в помещениях эксплуатации ПЭВМ осуществляется системой общего равномерного освещения;

б) в случаях преимущественной работы с документами, применяются системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов);

в) в помещениях использования ПЭВМ проводится чистка стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводится своевременная замена перегоревших ламп.

С целью обеспечения требований к организации и оборудованию рабочих мест с ПЭВМ [22,23] решено:

а) рабочие места с ПЭВМ по отношению к световым проемам расположить так, чтобы естественный свет падал сбоку, преимущественно слева;

б) оконные проемы в помещениях использования ПЭВМ оборудовать регулируемыми устройствами типа жалюзи;

в) при выборе оборудования руководствоваться требованиями [24];

г) при организации рабочего места пользователя руководствоваться требованиями, изложенными в [23];

д) использовать рабочие столы, которые обеспечивают оптимальное

					140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы.

с) использовать рабочие стулья, конструкция которых обеспечивает поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволяет изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления.

ж) поверхность сиденья, спинки и других элементов стула обеспечить нескользящим, незлектризующимся и воздухопроницаемым покрытием;

з) в помещениях с ПЭВМ ежедневно проводить влажную уборку.

Для обеспечения соответствия требований к организации режима труда и отдыха при работе с ПЭВМ приняты следующие меры:

а) ограничена продолжительность работы до 6 часов в день;

б) подготовлены плакаты с комплексом упражнений, направленных на снижение нервно-эмоционального напряжения, утомления зрительного анализатора, устранения влияния гиподинамии и гипокинезии, предотвращения развития познотонического утомления.

С целью обеспечения защиты пользователей от электромагнитных и электростатических полей разработаны следующие мероприятия:

а) заземлить массивные металлические элементы оборудования помещения;

б) заземлить все элементы оборудования ПЭВМ, если заземление оборудования ПЭВМ осуществляется через посредство третьего заземляющего проводника сети питания - проверить наличие и качество заземления путем замера сопротивления контура заземления;

в) разместить провода питания, по возможности, в экранирующих металлических оболочках или трубах;

г) оборудовать, по возможности, места группового подключения ПЭВМ (2 и более пользователей) экранированными щитками питания с необходимым количеством розеток;

д) проводить ежедневную влажную уборку помещения и протирку рабочих поверхностей клавиатуры и мыши влажными салфетками и протирку экрана дисплея специальными салфетками.

Допуск к работе и контроль за состоянием здоровья осуществляется следующим образом:

а) поступающий на работу направляется на медицинский осмотр, в направлении на медосмотр обязательно указать характер работы (работа на компьютере, связанная с напряжением зрительного анализатора, длительными статическими нагрузками и стрессами);

б) медосмотры проводятся ежегодно;

в) проводится вводный инструктаж по программе, разработанной и утвержденной работодателем для поступающих на работу;

г) проводится первичный инструктаж по охране труда на рабочем месте по программе, разработанной и утвержденной работодателем для пользователя ПЭВМ;

д) проводятся повторные инструктажи по охране труда на рабочем месте раз в полгода;

						140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
							69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

е) в соответствии с [24] проводится аттестация рабочих мест по условиям труда, результаты которой действительны в течение 5 лет. При замене или перемещении оборудования, изменении условий труда аттестация проводится заново;

ж) с работником заключается трудовой договор, в котором в соответствии с результатами аттестации рабочих мест указываются все опасные и вредные производственные факторы.

С целью защиты пользователя от поражения электрическим током приняты следующие меры:

а) сетевое электропитание устройств ПЭВМ осуществлено только от розеток типа "Европа" с заземляющими контактами;

б) все электрические розетки, предназначенные для подключения к ним устройств ПЭВМ, имеют маркировку по напряжению;

в) значение номинального напряжения сети (220 В) нанесено яркой краской, крупными символами на стене, над розеткой;

г) заземляющие контакты розеток имеют соединения с заземляющим контуром помещения;

д) установлены дополнительные оградительные устройства, обеспечивающие недоступность токоведущих частей для прикосновения;

е) с целью уменьшения опасности используется разделительный трансформатор для развязки с основной сетью;

ж) все узлы одного персонального компьютера и подключенное к нему периферийное оборудование питаются от одной фазы электросети;

з) для отключения компьютерного оборудования используется отдельный щит с автоматами защиты и одним рубильником;

и) проводятся инструктажи пользователей ПЭВМ по технике безопасности.

С целью обеспечения пожарной безопасности в помещениях с ПЭВМ решено:

а) помещение оборудовать первичными средствами пожаротушения и обеспечить инструкциями по их применению. В качестве средств пожаротушения использовать углекислотный огнетушитель типа ОУ-2;

б) установить устройства ПЭВМ вдали отопительных и нагревательных приборов (расстояние не менее 1 м и в местах, где не затруднена их вентиляция и нет прямых солнечных лучей);

в) допускать пользователей к работе на персональных ЭВМ только после прохождения инструктажа по безопасности труда и пожарной безопасности в лаборатории в целом и на каждом рабочем месте.

#### 5.1.2 Обеспечение безопасности движения автономной тележки

Второй составляющей автоматизированной транспортной системы в качестве средства внутрицехового транспорта для перевозки единичных и тарных грузов является самоходная транспортная тележка с аккумуляторным приводом. По статистике, для машиностроительных предприятий 6% от всех случаев производственного травматизма вызваны внутрицеховым транспортом. Опасными факторами, связанными с эксплуатацией автоматизированной транспортной

					140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

системы являются движущиеся самоходные тележки и перевозимые грузы.

Для уменьшения последствий или исключения возможности возникновения на участке цехе травм, связанных с движением приводной тележки приняты следующие меры:

а) самоходная тележка оснащена световой и звуковой сигнализацией. Световая сигнализация представляет собой проблесковые маячки оранжевого цвета, которые установлены в передней и задней части, а также левом и правом бортах. Световая сигнализация включена на протяжении всего маршрута движения. Звуковая сигнализация представляет из себя прерывистый звуковой сигнал с частотой 15 кГц, который включается при пересечении тележкой путей движения людей, поворотах под 90° и разворотах на 180°;

б) корпус тележки окрашен в оранжевый цвет, на края бортов нанесен специальный рисунок, представляющий собой чередующиеся наклонные линии желтого и черного цветов;

в) в начале каждого маршрута движения транспортной тележки установлен плакат, отражающий основные правила перемещения людей по производственному участку, оснащенный автоматизированной транспортной системой;

г) между рабочим местом, оборудованием и тележкой обеспечен проход 1,2 м.

д) участки поворотов и разворотов тележки обеспечивают расстояние между оборудованием, несущими конструкциями, стенами и тележкой 1,5 м;

е) платформа для размещения грузов имеет резиновую подложку для исключения соскальзывания и падения грузов;

ж) тележка оснащена рамой безопасности, по контуру которой на расстоянии 0,4 м установлены микровыключатели параллельными группами по 3 штуки. Данные выключатели служат для размыкания цепи аккумуляторной батареи в случае наезда на препятствие или человека;

з) система управления обеспечивает движение тележки со скоростью не более 6 км/ч с соблюдением дистанции между другими транспортными средствами 3 м;

и) перед началом движения проверяется исправное состояние тележки, в частности действие сетозвукового сигнала, исправность цепей путевых датчиков и микропроцессорной системы управления.

Информация о неисправности поступает на рабочее место оператора, который обеспечивает вызов ремонтной бригады для устранения неисправности перед началом движения.

к) оператор автоматизированной транспортной системы не реже 1 раза в 3 месяца проходит инструктаж с отработкой приемов поведения при внештатных ситуациях на действующем оборудовании при отсутствии рабочих внутри цеха.

К такелажным работам применяются следующие требования:

а) к погрузочно-разгрузочным работам допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медосмотр и соответствующее обучение, инструктаж на рабочем месте;

б) погрузочно-разгрузочные работы выполняются механизированным способом при помощи подъемно-транспортного оборудования и средств малой механизации. Подъем и перемещение грузов вручную осуществляется при

					140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

соблюдении норм, установленных действующим законодательством;

в) погрузочно-разгрузочные работы выполняются в соответствии с технологическими картами, проектами производства работ, а также правилами, нормами, инструкциями и др. нормативно-технологическими документами, содержащими требования безопасности при производстве работ данного вида;

г) движение приводной тележки в местах производства погрузочно-разгрузочных работ организовано по схеме, утвержденной администрацией предприятия, с установкой соответствующих знаков;

д) места производства погрузочно-разгрузочных работ размещены на специально отведенной территории с ровным покрытием, проведение погрузочно-разгрузочных работ осуществляется на спланированных площадках с твердым грунтом, способным воспринимать нагрузку от грузов и подъемно-транспортных машин;

е) все рабочие места, где ведутся погрузочно-разгрузочные работы, содержатся в чистоте, проходы и проезды хорошо освещены, свободны и безопасны для движения пешеходов и транспорта.

## 5.2 Расчет естественной вентиляции цеха

Разработанная автоматизированная транспортная система предназначена для эксплуатации на производственных участках цеха № 25, который включает в себя участок механической обработки, сборочный участок, помещения инструментальных кладовых, КИП, лабораторий пневмо-, гидро-, и виброиспытаний. Габаритные размеры цеха 160000x36000x6100 мм. Средняя температура воздуха в теплый период года +23 °С.

Для обеспечения комфортных условий пребывания рабочих в цехе и поддержания состава воздуха в пределах санитарно-гигиенических требований в помещении предусмотрена естественная вентиляция. Поступление холодного воздуха и вытеснение из нее нагретого в теплый период года осуществляется за счет аэрации через неплотности в дверных проемах, воротах и фрамуги.

Расчет естественной вентиляции проводится согласно [25] из условия выделения избыточного явного тепла.

Избытки явного тепла в производственном помещении, есть разность между поступающим в помещение явным теплом и количеством уходящего из помещения тепла определяется из формулы 4.1.

$$Q_{\text{яв}} = q \cdot V, \quad (5.1)$$

где  $q$ -удельный избыток явного тепла,  $Вт/м^3$ .

Для холодного цеха удельный избыток явного тепла принимаем равным  $q=23 \text{ } \text{Вт}/\text{м}^3$ .

Тогда:

$$Q_{\text{яв}} = q \cdot V = 23 \cdot 160 \cdot 36 \cdot 6,1 = 808,1 \cdot 10^5 \text{ } \text{Вт}$$

					140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72



Определяем объем приточного воздуха, необходимого для разбавления избыточных тепловыделений по формуле 4.2.

$$L = \frac{Q_{\text{изб}}}{C_{\text{возд}} \cdot \gamma (t_{\text{из}} - t_{\text{пр}})}, \quad (5.2)$$

где  $Q_{\text{изб}}$  — избыточные тепловыделения,  $Q_{\text{изб}}=808,1 \cdot 10^3$  кВт;

$\gamma$  — плотность воздуха при температуре, соответствующей температуре подаваемого в здание цеха воздуха, по приложению А [26]  $\gamma=1,193$  кг/м<sup>3</sup>;

Свозд — теплоемкость воздуха  $C_{\text{возд}}=1004,6$  Дж=1,168 кВт;

$t_{\text{пр}}$  — температура приточного воздуха, принимаем среднюю температуру наружного воздуха для теплого периода года,  $t_{\text{пр}} = 20$  °С;

$t_{\text{из}}$  — температура удаляемого из цеха, определяем по формуле 4.3.

$$t_{\text{из}} = t_{\text{рз}} + \Delta T (H - h_{\text{рз}}), \quad (5.3)$$

где  $t_{\text{рз}}$  - температура в рабочей зоне, принимаем  $t_{\text{рз}}=23$  °С;

$\Delta T$  - температурный градиент по высоте помещения,  $\Delta T=1,2$  °С/м;

$H$  - расстояние от центра вытяжных проемов до пола, принимаем равным  $H=5,5$  м;

$h_{\text{рз}}$  - высота рабочей зоны, принимаем равной  $h_{\text{рз}}=2$  м.

$$t_{\text{из}} = 23 + 1,2 (5,5 - 2) = 27,2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Подставив полученные значения в формулу 4.2 получим:

$$L = \frac{808,1 \cdot 10^3}{1,168 \cdot 1,193 (27,2 - 20)} = 8055 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Определяем избыточное давление и площадь верхних проемов. Расчетная схема показана на рисунке 5.1.

Определяем скорость воздуха в нижних проемах:

$$V_1 = \frac{L}{3600 \cdot \mu F}, \quad (5.4)$$

где  $L$  - необходимый воздухообмен;

$\mu$  - коэффициент расхода, для дверного проема  $\mu = 0,6$ ;

$F$  - суммарная площадь нижних проемов, для 2 ворот:  $F=5,58 \cdot 2=11,16$  м<sup>2</sup>.

$$V_1 = \frac{8055}{3600 \cdot 0,6 \cdot 11,16} = 0,334 \text{ м/с}.$$

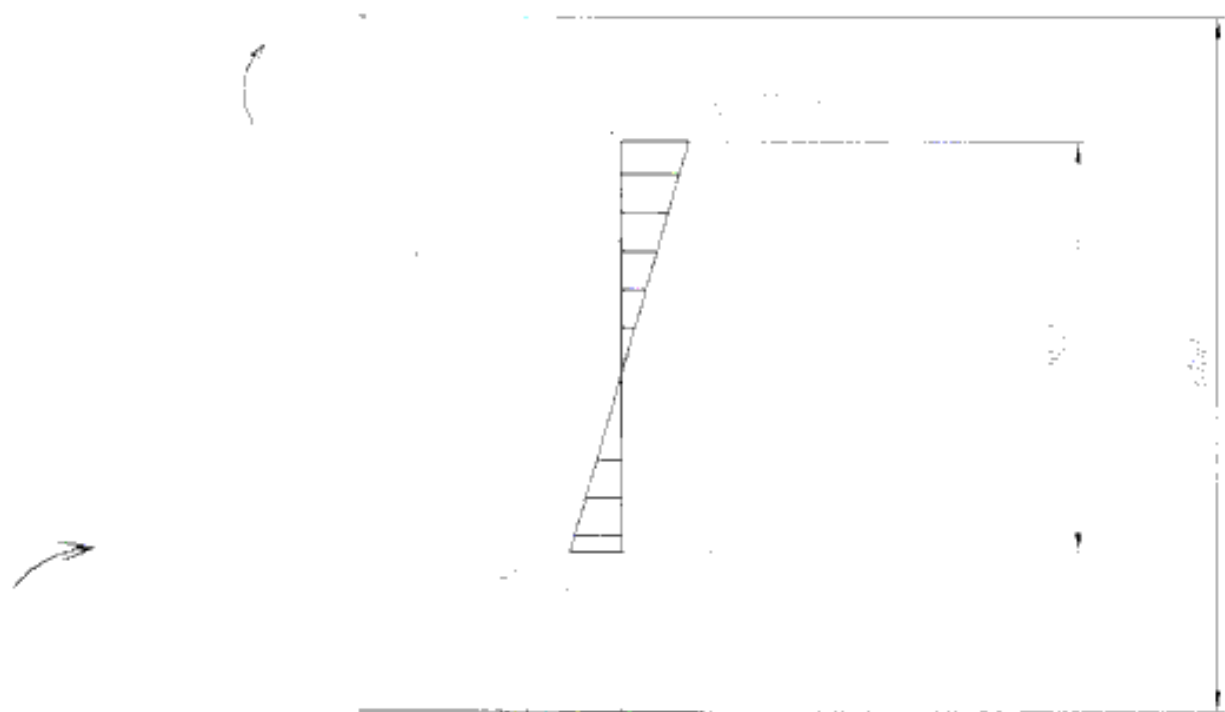


Рисунок 5.1 — Схема аэрации воздуха в цехе

Определяем потери давления в нижних проемах

$$H_1 = \frac{V_1^2 \cdot \gamma_{\text{в}}}{2 \cdot g} = \frac{0,334^2 \cdot 1,193}{2 \cdot 9,81} = 0,007 \text{ Па.} \quad (5.5)$$

Находим общую величину давления, при котором происходит воздухообмен в помещении:

$$H_2 = h(\gamma_{\text{в}} - \gamma_{\text{ср.п}}). \quad (5.6)$$

где  $h$  — расстояние между плоскостями давлений,  $h=3,9$  м;

$\gamma_{\text{в}}$  — плотность воздуха в плоскости равных давлений;  $\gamma_{\text{в}}=1,193$  кг/м<sup>3</sup>;

$\gamma_{\text{ср.п}}$  — плотность воздуха при температуре уходящего воздуха  $t_{\text{ух}}=27,2$  °С,  $\gamma_{\text{ср.п}}=1,189$  кг/м<sup>3</sup>.

$$H_2 = 3,9 \cdot (1,193 - 1,189) = 0,016 \text{ Па.}$$

Давление на уровне центра верхних проемов равно:

$$H_3 = H_2 - H_1 = 0,016 - 0,007 = 0,009 \text{ Па.} \quad (5.7)$$

Определяем требуемую площадь верхних проемов:

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$F = \frac{L}{3600 \mu} \sqrt{\frac{H_2 \cdot 2 \cdot g}{\gamma_{спл}}} = \frac{8055}{3600 \cdot 0,35} \sqrt{\frac{0,009 \cdot 2 \cdot 9,81}{1,189}} = 16,58 \text{ м}^2 \quad (5.8)$$

При количестве окон, равное 20 и ширине окна  $b=2,1$  м, определяем высоту фрамуги как  $h_f = F/20b = 16,58/20 \cdot 2,1 = 0,39$  м.

### 5.3 Мероприятия по уменьшению последствий землетрясений

Тяжелыми последствиями землетрясения являются: разрушение зданий и сооружений, под обломками которых могут оказаться люди, возникновение массовых пожаров, разрушение транспортных и энергетических коммуникаций и линий связи. Опасные последствия землетрясений разделяются на природные и связанные с деятельностью человека.

К природным последствиям относятся: сотрясения грунта, нарушения грунта (трещины и смещения), оползни, лавины, сели, разжижение грунта, оседания.

К последствия землетрясений, связанных с деятельностью человека, относятся:

- а) разрушение или обрушение зданий, мостов и других сооружений;
- б) наводнения при прорывах плотин и водопроводов;
- в) пожары при повреждениях нефтехранилищ и разрывах газопроводов;
- г) повреждение транспортных средств, коммуникаций, линий энерго и водоснабжения, а также канализационных труб;

Основные причины несчастных случаев при землетрясениях:

- а) падение битых стекол (особенно с верхних этажей);
- б) падение кирпичей, дымовых труб, карнизов, балконов, облицовочных плит, рам, осветительных установок, обрушение отдельных частей здания;
- в) зависание и падение на проезжую часть улиц разорванных электропроводов;
- г) пожары, вызванные утечкой газа из поврежденных труб и замыканием электролинии;
- д) неконтролируемые действия людей в результате паники.

Для уменьшения причины травм и гибели людей существует ряд рекомендации поведения при землетрясениях:

а) определить путь выхода из здания с учетом малого запаса времени до наибольших колебаний и толчков. Землетрясение может случиться ночью, при этом в дверях и проходах будут скопления людей, и это может помешать быстрому выходу из здания. Поэтому для эвакуации необходимо использовать окна первого этажа;

б) определить наиболее безопасные места, где можно переждать толчки. Это проемы капитальных внутренних стен, углы, образованные капитальными внутренними стенами, места у капитальных внутренних стен, у колонн и под балками каркаса. Наиболее опасными местами в зданиях во время землетрясения являются большие застекленные проемы наружных и внутренних стен, угловые комнаты, лифты;

					140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

в) регулярно проверять состояние электропроводки, водопроводных и газовых труб. Все рабочие должны быть обучены оказанию первой медицинской помощи, прежде всего, при травмах;

г) шкафы, этажерки, стеллажи, полки прочно прикреплять к стенам, к полу; перекрыть выходы из комнат, загородить двери; тяжелые вещи, лежащие на полках или на мебели (включая антресоли), прочно закрепить или переместить вниз;

д) не загромождать вещами вход в помещение цеха, коридоры и лестничные площадки;

е) емкости с легковоспламеняющимися веществами и едкими жидкостями хранить надежно закупоренными так, чтобы они не могли упасть и разбиться при колебании здания;

ж) периодически проводить тренировки быстрой эвакуации.

Рассмотрим действия сотрудников предприятия при землетрясении для уменьшения потерь.

Для привлечения внимания в экстренных случаях перед передачей информации включаются сирены, а также другие сигнальные средства. Сирены и прерывистые гудки предприятий, транспортных средств означают сигнал гражданской обороны «Внимание всем». При этом необходимо немедленно включить громкоговоритель, радио- или телеприёмник и слушать сообщение штаба гражданской обороны. При угрозе землетрясения такое сообщение может начинаться со слов: «Внимание! Говорит штаб гражданской обороны города... Граждане! В связи с возможным землетрясением...».

Если первые толчки застали сотрудников в здании (сооружении), надо как можно скорее выйти из него. В распоряжении сотрудников не более 15 – 20 секунд. Тем, кто оказался на втором и последующих этажах, встать в дверных проёмах, распахнув двери. Можно воспользоваться углами, образованными капитальными стенами, узкими коридорами внутри здания, встать возле опорных колонн, т.к. эти места наиболее прочны. Здесь больше шансов остаться невредимыми. Ни в коем случае не прыгать из окон.

Как только толчки прекратятся, немедленно выйти из здания, на свободную площадку. Если первые толчки застали сотрудников на открытой территории, следует немедленно отойти от зданий и сооружений, заборов и столбов – они могут упасть и придавить. Запрещается укрываться в нижних этажах и подвальных помещениях зданий.

Не допускается приближаться к объектам и территориям, имеющим воспламеняющиеся и взрывоопасные вещества, аварийно химически отравляющие вещества. Не стоять на мостах и путепроводах. Не прикасаться к проводам.

Сотрудники должны быть готовы к повторным толчкам и предупредить других. Это может произойти через несколько часов, а иногда и суток.

В момент разрушения опасность представляют также разлетающиеся части конструкций сооружений и зданий. Почти всегда землетрясения сопровождаются пожарами, вызванными утечкой газа или замыканием электрических проводов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



требуемый воздухообмен и рассчитана требуемая высота фрамуг.

Приведены последствия землетрясений и основные причины несчастных случаев. Указан перечень необходимых мер для уменьшения причины травм и гибели людей. Приведены основные правила поведения сотрудников предприятия при землетрясении. Указан комплекс мер, направленный на ликвидацию последствий землетрясения.

					140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленной работе предлагается проект адаптивной системы управления раздаточной тележкой. Автоматизированный промышленный транспорт устанавливается на объектах, требующих внедрения технологического процесса в соответствии с заданными объёмами. Автоматизация логистической транспортной системы предприятия позволяет организовать конвейер и наладить серийное или мелкосерийное производство продукции.

Внедрение раздаточной тележки позволит предприятию:

- а) увеличить объём производимой продукции - путём оптимизации логистических процессов внутри предприятия, и сокращения времени перемещения грузов;
- б) сократить транспортные затраты внутри предприятия благодаря автоматизации процесса;
- в) принимать оперативные управленческие решения на основании статистических данных об объёме перевозимого груза;
- г) достичь гибкости производственного процесса путём быстрого перераспределения транспортных потоков;
- д) получить технологическое преимущество над конкурентами.

Представленный проект является экономически целесообразным и имеет положительный эффект, который составляет 114500 рублей в год, при сроке окупаемости в 5,1 года по сравнению с вариантом без адаптивной системы управления.

					140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Беспалов, Р.С. Транспортная логистика. Новейшие технологии построения эффективной системы доставки / Р.С. Беспалов . – М. : Вершина, 2007 . – 382 с.

2 Николайчук, В.Е. Транспортно-складская логистика: Учебное пособие. / В.Е. Николайчук. 4-е изд., Изд: Дашков и К, 2012. - 452 с.

3 Коган, Б.И. Автоматизированные транспортно-складские системы на участках механической обработки деталей: Учебное пособие / Б.И. Коган. - Кемерово, КузГТУ, 2002. - 76 с.

4 Швецов, В.И. Математическое моделирование транспортных потоков // Автоматика и телемеханика, № 11. 2003. С. 3-46.

5 Буслаев, А.П Введение в математическое моделирование транспортных потоков. / А.П. Буслаев , А.В. Гасников , Я.А. Холодов, М.В. Яшина М.В.; Под ред. А.В. Гасникова — М.: МФТИ, 2010

6 Хвощ, С.Т. и др. Микропроцессоры и микроЭВМ в системах автоматического управления: Справочник / С.Т. Хвощ, Н.Н. Варлинский, Е.А. Попов; Под общ. ред. С.Т. Хвоща. – М.: «ЭРА», 2011. – 640 с.

7 Евстифеев, А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Mega. Руководство пользователя./А.В.Евстифеев — М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2007. — 592 с: ил.

8 Замика электромеханических систем станков и роботов: учебное пособие / С. Я. Галицков. – Куйбышев: Куйбышевский политехнический институт, 1989. – 283 с.

10 Кацман, М.М. Электрические машины автоматических устройств :учебное пособие / М.М. Кацман. – Москва: «Форум-ИНФРА-М», 2002. – 173 с.

11 Белов, М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов / М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. – М.: АСАДЕМА, 2004 . – 213 с.

12 Сабинин, Ю.А. Частотно-регулируемые асинхронные электроприводы /Ю.А. Сабинин, В.Л. Грузов. Л.: Энергоатомиздат, Ленинг. отд-ние, 1985.-128 с.

13 Системы подчиненного регулирования электроприводов переменного тока с вентильными преобразователями /О.В. Слежановский, Л.Х. Дацковский, И.С. Кузнецов, Е.Д. Лебедев и др. М.: Энергоатомиздат, 1983.-256 с.

14 Соколовский, Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным управлением. /Г.Г. Соколовский. - М.: Издательский центр "Академия", 2006.-264 с

15 Шрейнер, Р. Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты /Р.Т. Шрейнер. Екатеринбург: УРО РАН, 2000.-654 с.

16 Браславский, И.Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод: учеб. пособие для студ. вузов /И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, В. Н. Поляков; под ред. И.Я. Браславского. М.: Издательский центр "Академия", 2004.-256 с.

17 Зворыкин, В.Б. Электропривод переменного тока. Учеб. пособие.- Днепропетровск: НМетАУ, 2014.- 138 с.

18 Поспелов, Д.А. Ситуационное управление. Теория и практика / Д.А. Поспелов. - М.: Наука, 1986.

					140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80



19 Волков, О.И. Экономика предприятия / О.И. Волков. - М.: Инфра-М, 1997. - 150 с.

20 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 45 с.

21 СанПиН 2.2.2.1332-03. Гигиенические требования к копировально-множительной технике. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 38 с.

22 ГОСТ Р 50948-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 58 с.

23 ГОСТ Р 50949-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 61 с.

24 ГОСТ Р 50923-96. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения. – М.: Изд-во стандартов, 1996. – 31 с.

25 Методическое пособие для выполнения расчетов по охране труда в дипломных проектах / М.В. Осин, В.И. Миндрин, А.Б. Елькин, Г.В. Пачурин, Т.И. Курагина, О.В. Маслеева, Ю.Б. Платонов. - НГТУ; Н.Новгород, 2001. - 62 с.

26 Егель, А.Э. Расчет естественной вентиляции: Методические указания / А.Э. Егель, В.М. Воронова, М.Н. Шарипова. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. – 10 с.

27 Баринов, А.В. Природные явления чрезвычайного характера и защита от них / А.В. Баринов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 410 с.

					140400.2016.401.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81