

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»
 Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Система орошения железнодорожных вагонов

УДК 004.896:629.4.014.3:656.225:697.932.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е61	Южанинов Александр Михайлович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Тырышкин А. В.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Матвиенко В. В.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Т. Е.	К.Т.Н.		

Томск – 2020 г.

ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения (Выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять глубокие естественно-научные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления.
P2	Воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и систем.
P3	Применять полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных мехатронных и робототехнических устройств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации мехатронных и робототехнических модулей, устройств и систем.
P5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических средств и систем с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы.
P6	Понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в мехатронике и робототехнике и знать области их применения, в том числе в автоматизированных производствах.

P7	Применять глубокие естественнонаучные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P8	Эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды.
P9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий.
P10	Проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду
P11	Следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности.

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»
 Отделение автоматизации и робототехники

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

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Е61	Южанинов Александр Михайлович

Тема работы:

Система орошения железнодорожных вагонов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	59-53/с от 28.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	12.06.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является система для орошения железнодорожных вагонов. Областью применения данной системы является угольная промышленность.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Обзор литературы с целью изучения проблемы утери груза из вагонов в пути их следования. Рассмотрение существующих аналогов и способов решения данной проблемы. Изучение нормативных документов в сфере ж/д. Разработка структурной схемы и расчет всех подсистем устройства.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>1) Структурная схема устройства 2) Алгоритм работы</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент. Ресурсоэффективность и ресурсосбережение.</p>	<p>Конотопский В. Ю.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Матвиенко В. В.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Заключение (Conclusion)</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>27.02.2020</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Тырышкин А. В.	к.т.н.		27.02.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е61	Южанинов Александр Михайлович		27.02.2020

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»
 Уровень образования: бакалавриат
 Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	12.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.05.2020	Финансовый менеджмент. Ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
23.05.2020	Социальная ответственность	10
06.06.2020	Основная часть	75

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Тырышкин А. В.	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Т. Е.	К.Т.Н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Е61	Южанинову Александру Михайловичу

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

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Материально-технические ресурсы: компьютер (35000р); лицензия 3DS Max 2016 студенческая (бесплатно) энергетические ресурсы: электрическая энергия (6,59р/КВт·ч).
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	—
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	НДС – 20%; Затраты на единый социальный налог (ЕСН) – 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Организация и планирование работ	Организация и планирование работ; продолжительность этапов работ
2. Расчет сметы затрат на выполнение проекта	Расчет заработной платы; расчет затрат на: материалы, социальный налог, электроэнергию; расчет амортизационных расходов; расчет: прочих расходов, себестоимости разработки, прибыли, НДС; цена разработки НИР (научно исследовательской работы).
3. Оценка экономической эффективности проекта	Определение срока окупаемости инвестиций (PP – payback period);

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. График проведения и бюджет НИ
2. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	27.02.2020
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский Владимир Юрьевич	К. Э. Н.		27.02.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е61	Южанинов Александр Михайлович		27.02.2020

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Е61	Южанинову Александру Михайловичу

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

Тема ВКР:

Система орошения железнодорожных вагонов	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Объектом исследования является установка для автоматического орошения угля в железнодорожных вагонах. Область применения : угольная промышленность.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<i>Условия эксплуатации должны отвечать всем требованиям международных стандартов в области охраны труда, техническим требованиям и санитарным нормам ГОСТ 12.2.032-78 [18], СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [19], ТКРФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018) [20]</i>
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<i>Вредные и опасные факторы:</i> 1. <i>Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны</i> 2. <i>Повышенный уровень шума на рабочем месте</i> 3. <i>Повышенный уровень напряженности электростатического поля</i> 4. <i>Недостаточная освещенность рабочей зоны</i> 5. <i>Неудовлетворительный микроклимат</i> 6. <i>Нервно-психические перегрузки на рабочем месте</i> <i>Опасные</i> 7. <i>Поражение электрическим током</i> 8. <i>Пожароопасность</i> 9. <i>Движущиеся машины и механизмы</i>
3. Экологическая безопасность:	<i>Потенциальные выбросы вредных веществ в атмосферу при пожаре</i>

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<i>Возможные ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения: пожар Наиболее типичная ЧС: пожар</i>
--	---

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	27.02.2020
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Матвиенко Владимир Владиславович			27.02.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е61	Южанинов Александр Михайлович		27.02.2020

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 84 с., 10 рис., 25 табл., 35 источников, 3 прил.

Ключевые слова: уголь, автоматическое орошение, сыпучий груз, вагон.

Объектом исследования является установка для орошения сыпучих грузов в железнодорожных вагонах.

Цель работы – проектирование установки для орошения поверхности сыпучих грузов в железнодорожных вагонах.

В процессе исследования проводилось изучение литературы и рассмотрение информации из различных источников на тему потерь сыпучих грузов из вагонов в процессе их транспортировки.

В результате исследования была спроектирована установка для орошения поверхности сыпучих грузов в вагонах, что позволит уменьшить потери груза при транспортировке до 0.5% от общей массы перевозимого груза.

Область применения: угольная промышленность.

Экономическая эффективность/значимость работы: данная установка поможет сократить потери грузов в процессе транспортировки, что означает увеличение прибыли для угледобывающих компаний.

В будущем планируется подать заявку на патент, а также внедрить данную установку в угледобывающую отрасль.

Оглавление

Введение.....	13
1 Теоретическая часть.....	14
1.1 Актуальность.....	14
1.2 Обзор аналогов.....	16
2 Практическая часть	20
2.1 Разработка структурной схемы и эскиза	20
2.2 Расчет гидравлической системы	25
2.3 Расчет пневматической системы.....	31
2.4 Расчет электрической схемы	35
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	40
3.1 Организация и планирование работ	40
3.1.1 Продолжительность этапов работ	42
3.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта.....	47
3.2.1 Расчет затрат на материалы.....	47
3.2.2 Расчет заработной платы	48
3.2.3 Расчет затрат на социальный налог	50
3.2.4 Расчет затрат на электроэнергию	50
3.2.5 Расчет амортизационных расходов	51
3.2.6 Расчет прочих расходов.....	52
3.2.7 Расчет общей себестоимости разработки	53
3.2.8 Расчет прибыли	53
3.2.9 Расчет НДС	54
3.2.10 Цена разработки НИР	54
3.3 Оценка экономической эффективности проекта.....	54
3.3.1 Определение срока окупаемости инвестиций.....	55
Заключение к главе 3	57
4 Социальная ответственность	58
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	59
4.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.....	59
4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	59

4.2	Производственная безопасность	60
4.2.1	Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований и разработка мероприятий по снижению воздействий от факторов	62
4.3	Экологическая безопасность	70
4.3.1	Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	70
4.3.2	Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	70
4.3.3	Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.....	71
4.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	72
4.4.1	Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	72
	Заключение к главе 4	74
	Заключение	75
	Conclusion.....	76
	Список использованной литературы.....	77
	Приложение А (обязательное) Структурная схема системы.....	82
	Приложение Б (обязательное) Алгоритм работы системы	83
	Приложение В (обязательное) Электрическая принципиальная схема системы	84

Введение

В современном мире все более актуальными становятся идеи об экономии природных ресурсов, а также об улучшении экологической обстановки, в том числе, и в районах добычи этих самых природных ресурсов. Все больше компаний вводят комплексы мер по борьбе с загрязнением окружающей среды, несмотря на то, что иногда эти меры могут отнимать часть их прибыли. Особенно, это касается горнодобывающих компаний и ЖД-операторов. Однако, для этих компаний меры по борьбе с загрязнением окружающей среды могут нести и положительный эффект. Например, борьба с выветриванием сыпучих грузов при их транспортировке в открытых видах вагонов позволяет предотвратить не только загрязнение припутевых участков и распространение респираторных болезней, но и уменьшить потери груза в пути следования состава.

В данной работе пойдет речь о разработке устройства, которое сможет существенно снизить потери сыпучих грузов при их выветривании из полувагонов в пути следования. В данном проекте заинтересовано управление Западно-Сибирской железной дороги, но потенциально данное устройство сможет заинтересовать и горнодобывающие компании, особенно из угольной сферы.

1 Теоретическая часть

1.1 Актуальность

Есть несколько причин, по которым данное устройство можно считать актуальным.

Во-первых, это удручающая экологическая обстановка в районах, где развита угольная промышленность. По данным на 2009 год, удельные выбросы загрязняющих веществ предприятиями, которые занимаются добычей топливно-энергетических полезных ископаемых, составили около 5 кг на тонну добытого угля. Особенно детально этот вопрос изучался в Кемеровской области, так как в ней сосредоточено множество предприятий угольной промышленности. В докладе “О состоянии окружающей среды Кемеровской области в 2011 г.” указано, что средняя концентрация некоторых вредных загрязняющих веществ в атмосфере области в 2-3 раз превышает предельно допустимые по РФ, а в некоторых случаях эта цифра достигает 18 раз. Суммарный выброс загрязняющих веществ в атмосферу только по Кемеровской области составляет более 1,5 млн. тонн в год, а сброс загрязняющих веществ со сточными водами - более 0,5 млн. кубометров в год. [1]

Из-за близости угледобывающих предприятий в городах наблюдается высокий уровень загрязнения атмосферы угольной пылью и тяжелыми металлами. В местных продуктах питания повышено содержание мышьяка, ртути, кадмия, свинца.

Угледобывающий комплекс сильно воздействует на гидросферу негативным образом. Происходит загрязнение грунтовых и сточных вод.

Во-вторых, угольная пыль и другие производные угольной промышленности обладают крайне негативным влиянием на организм человека. По статистике заболеваемости населения Кемеровской области (нужно напомнить, что в этом регионе очень развита угольная промышленность) лидируют болезни дыхательных органов (23,5%), опорно-двигательного аппарата (10,4%), травмы, несчастные случаи (9,5%), болезни сердечно-

сосудистой системы (8,5%). В докладе о развитии человеческого потенциала в РФ сообщается, что «неблагополучное состояние здоровья населения городах Кузбасса обусловлено воздействием негативных производственных факторов и влиянием загрязненного атмосферного воздуха, фактический вклад которого в уровень впервые выявленной заболеваемости достигает 5,8 – 14,3%, в общую смертности – от 4 до 19%. В целом по Кемеровской области в период с 1993 по 2006 гг. общая заболеваемость населения увеличилась на 19,4%, общая смертность на 19,7%». [2],[3]

Даже если люди живут относительно далеко от производства, то при перевозке угля в вагонах (полувагонах), происходит выдувание его мелких фракций (пыли), которая затем может оседать на участках домов, расположенных близко к полотну железной дороги.

В-третьих, выдувание мелких фракций является одним из факторов, которые приводят к потере груза в процессе транспортировки. При движении состава над поверхностью груза в вагонах открытого типа создается пониженное давление воздуха, что вызывает отрыв мелких фракций угля от общей массы груза и их выдувание за пределы вагона.

Выдувание занимает до 55% от общих потерь во время транспортировки угля и других сыпучих грузов. Поэтому, борьба с данным явлением также обусловлена экономически. [4]

1.2 Обзор аналогов

На текущий момент существует несколько вариантов исполнения устройств для противодействия выветриванию мелких фракций угля и угольной пыли из вагонов открытого типа:

А. Разравнивание поверхности груза

Потери сыпучих грузов от выдувания можно сократить на 15—20%, если при погрузке разравнивать их поверхность. Суть этого способа состоит в установке над вагоном специального скребка. Груз в вагонах при прохождении через разравниватель будет приобретать трапецеидальную форму.

Б. Уплотнение груза

Данный способ заключается в уплотнении груза специальным валиком или катком. Таким образом, мелкие фракции угля вдавливаются в общую массу груза и потери от выветривания в процессе транспортировки еще ниже. Этот способ борьбы с выветриванием весьма распространен в России ввиду его простоты и дешевизны.

Для разравнивания и уплотнения легковесных сыпучих грузов используют установки вибростатического действия. Они отличаются от установок статического действия тем, что на раме подвески, состоящей из двух балок, кроме катка-уплотнителя, крепят плиту предварительного уплотнения и вибровозбудители. Чем больше частота вибрирования, тем сильнее меняются напряжения по глубине и тем существеннее фактор сжимаемости груза.

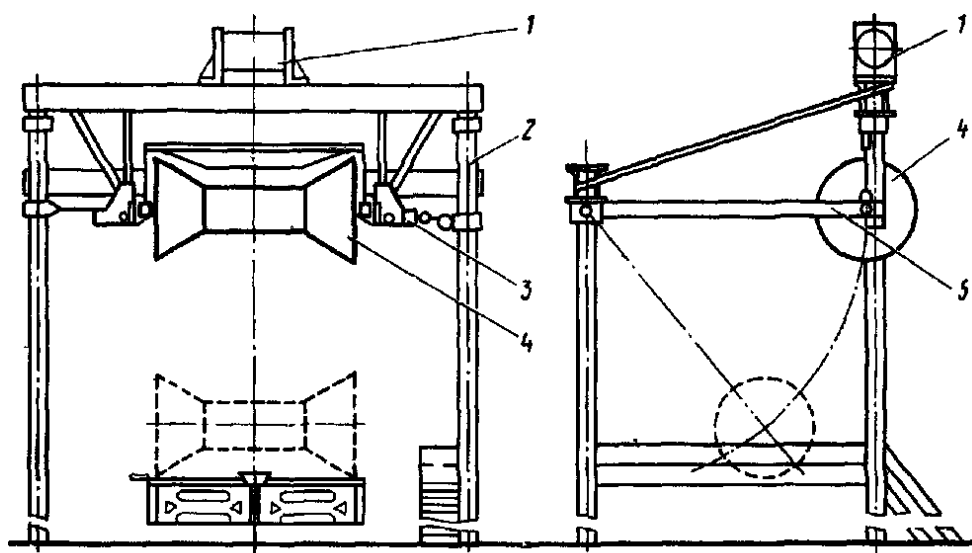


Рисунок 1 – Установка для уплотнения сыпучих грузов в полувагонах:

1 – лебедка, 2 – рама, 3 – подвес, 4 – валик, 5 – балка.

В. Применение защитных покрытий

Этот способ заключается в закрытии верхней части вагон специальной пленкой или любым другим материалом, которая образует “крышу” для груза. Этот способ является простейшим, однако он эффективен лишь для небольшого числа вагонов, так как закрепление защитного покрытия занимает много времени и сил.

Г. Применение жидких связующих составов

Этот способ заключается в том, что на поверхность груза с помощью форсунок распыляется специальная связующая жидкость, которая затвердевая, образует защитный слой толщиной в (2 – 5) мм. Этот защитный слой скрепляет мелкие и крупные фракции груза. Если данный способ применяется в связке с разравниванием и уплотнением, то достигается максимальная эффективность защиты от потерь сыпучих грузов в процессе транспортировки.[5]

В качестве исходных материалов для получения защитных пленок используют дешевые промышленные отходы и полупродукты химического производства. Наиболее перспективными в экономическом и технологическом отношении являются отходы целлюлозно-бумажной и нефтеперерабатывающей промышленности, например концентрат барды

жидкой (КБЖ), сульфат-лигнит и пек — остаточные продукты переработки древесины на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности.

В России распространен способ, при котором поверхность груза уплотняется специальным валиком и образуется характерный “горб” (способ Б). Подобные установки можно увидеть на большинстве шахт в России.



Рисунок 2 – Уплотнение угля специальным валиком

Эти установки выполняют свою задачу достаточно качественно, однако есть несколько недостатков:

А. Сложность конструкции

Такие установки работают по принципу механического воздействия, а значит, их узлы должны быть крепкими и долговечными, что увеличивает массу и габариты установок.

Б. Недостаточная эффективность в отношении противодействия выдуванию угольной пыли

В установках такого типа валик спрессовывает верхний слой груза, однако этого недостаточно, и в процессе движения потоки воздуха все равно вызывают выбивание пыли из верхнего слоя груза.

Если говорить о таких странах, как Канада и США, то там распространен способ Г — установки, которые распыляют над вагонами специальные связующие составы, образующие защитное покрытие на поверхности груза. Такие установки показывают большую эффективность, так как гораздо большая часть мелких частиц оказывается зафиксированной. В нашей стране установки

данного типа не распространены в виду климатических особенностей, а также гораздо большего процента электрифицированных ж/д. В странах Северной Америки очень низкий процент электрифицированных ж/д [6], что позволяет использовать такие установки даже на перегонах, так как ничего не будет мешать распылению состава.

Таблица 1 – Данные по электрификации железных дорог мира

Страны	Протяженность железных дорог, тыс. км.		Длина эле- ктриф. линий, %	Объем перево- зок эле- ктриф. железн ых дорог, %	Система тяги				
	общая	электри- фицирова нных			Переменный ток		Постоянный ток		Др. си- стем ы
					25 кВ, 50 Гц	15 кВ, $16\frac{2}{3}$ Гц	3 кВ	1.5 кВ	
Страны Европы	232,90	109,50	47	62,5	26,05	34,73	37,59	8,30	2,80
Россия	86,15	42,90	50,4	84	24,10	0	18,80	0	0
Страны СНГ (без России)	54,24	17,85	33	67,4	9,48	0	8,38	0	0
Страны Северной Америки	266,88	0,92	0,35	-	0,25	0	0,42	0	0,25
Страны Южной Америки	46,41	2,99	6,4	15,1	1,50	0	1,23	0	0,26
Страны Азии	195,21	47,11	24,1	53,1	32,14	0	4,27	10,21	0,50
Страны Африки	59,43	19,14	32,2	46,6	4,83	0	13,30	0,05	0,96
Австралия, Н. Зел.	13,41	2,39	33,0	68,8	2,28	0	0	0,11	0
Всего в мире	954,60	242,80	25	50	$100,\frac{6}{2}$	34,73	83,98	18,67	4,77

2 Практическая часть

2.1 Разработка структурной схемы и эскиза

Устройство будет представлять собой консоль (или портал), которая будет располагаться на участке неэлектрифицированного ж/д пути. Состав, проходя сквозь портал, будет подвергаться орошению специальным жидким составом. При этом, подвергаться орошению будут только груженные полувагоны, остальной подвижной состав и различные помехи будут игнорироваться.

Разработка любых устройств, которые должны будут использоваться в ж/д сфере, требует соблюдения ряда технических условий, связанных с эксплуатацией подвижного состава, а также особенностями инфраструктуры.

Прежде всего, это соблюдение габаритов приближения строений.

Габаритом приближения строений называется предельное перпендикулярное оси пути очертание, внутрь которого не должны заходить никакие части зданий, сооружений и устройств, за исключением частей устройств, предназначенных для непосредственного взаимодействия с подвижным составом (контактный провод, вагонные замедлители в рабочем состоянии). Различают габариты «С» и «Сп». [7]

Габарит приближения строений «С» (рисунок Рисунок 3) предназначен для путей, сооружений и устройств магистральных железных дорог, а также для сооружений и устройств железнодорожного транспорта от железнодорожной станции примыкания до территории промышленных и транспортных предприятий.

Габарит приближения строений «Сп» (рисунок Рисунок 4) предназначен для сооружений и устройств железнодорожного транспорта, находящихся на территории и между территориями промышленных и транспортных предприятий.

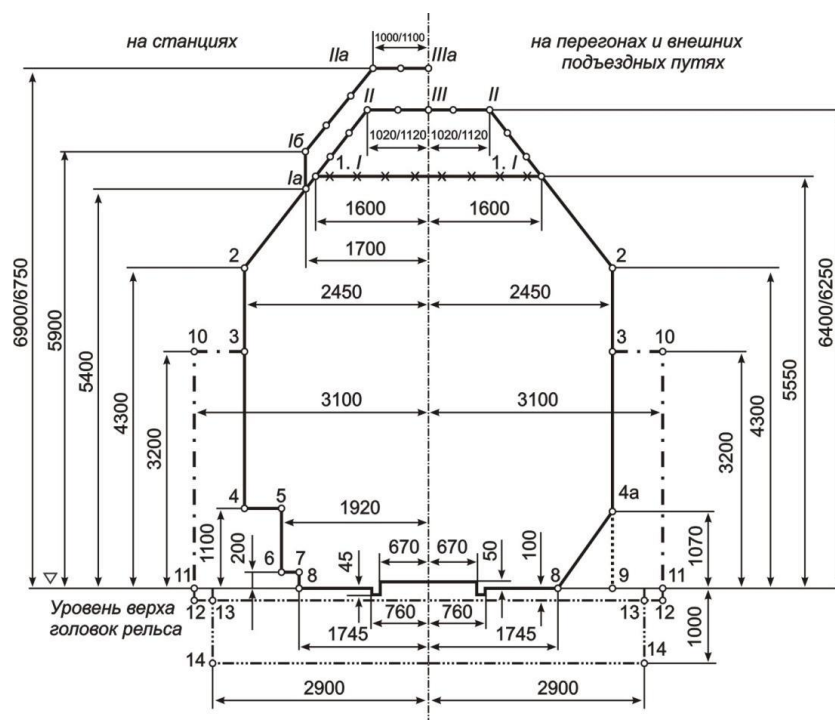


Рисунок 3 – Габарит “С”

Таблица 2 – Пояснение к рисунку 1

	линия приближения пролетных строений мостов, конструктивных элементов тоннелей, галерей, платформ, настилов переездов, индукторов локомотивной сигнализации, механизмов стрелочных переводов и расположенных в их пределах устройств сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ), а также сооружений и устройств, располагаемых на междупутьях станций;
	линия приближения всех вновь строящихся сооружений и устройств, кроме расположенных на путях, электрификация которых исключена даже при электрификации данного участка железнодорожной линии, в том числе: для перегонов, а также путей на станциях (в пределах инженерных сооружений), на которых не предусматривается технологическая стоянка подвижного состава; Ia-Ib-Ia-Ila- для остальных путей станций (в числителе - для контактной подвески с несущим тросом, в знаменателе - без несущего троса);
	линия приближения сооружений и устройств для путей, электрификация которых исключена даже при электрификации данного участка железнодорожной линии;
	линия приближения зданий, сооружений и устройств (кроме пролетных строений мостов, конструктивных элементов тоннелей, галерей, платформ), расположенных с внешней стороны крайних путей перегонов и станций, а также у отдельно лежащих путей на станциях;
	линия, выше которой на перегонах и в пределах полезной длины путей на станциях не должно подниматься ни одно устройство, кроме инженерных сооружений, настилов переездов, индукторов локомотивной сигнализации, а также механизмов стрелочных переводов и расположенных в их пределах устройств СЦБ;
	линия приближения фундаментов зданий и опор, подземных тросов, кабелей, трубопроводов и других, не относящихся к пути сооружений на перегонах и станциях, за исключением инженерных сооружений и устройств СЦБ в местах расположения сигнальных и трансляционных точек;
	линия приближения конструктивных элементов тоннелей, перил на мостах, эстакадах и других инженерных сооружениях.

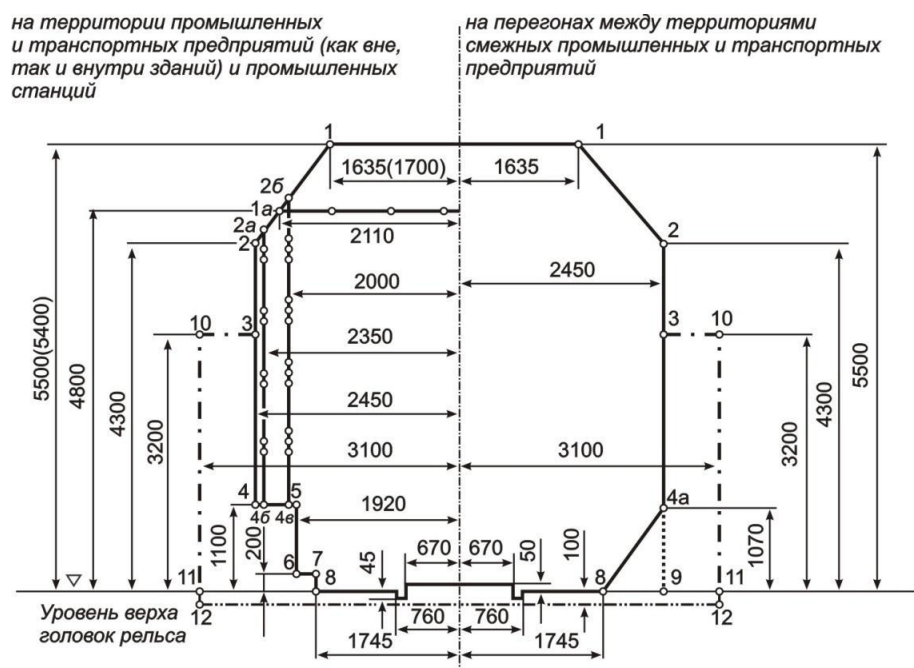


Рисунок 4 – Габарит “Сп”

Таблица 3 – Пояснение к рисунку 2

	линия приближения пролетных строений мостов, конструктивных элементов тоннелей, галерей, платформ, настилов переездов, индукторов локомотивной сигнализации, механизмов стрелочных переводов и расположенных в их пределах устройств СЦБ, а также сооружений и устройств, располагаемых на территории промышленных и транспортных предприятий (кроме сооружений и устройств, габариты приближения которых ограничены несплошными линиями — и Ар.);
	линия приближения зданий, сооружений и устройств (кроме пролетных строений мостов, конструктивных элементов тоннелей, галерей и платформ), расположенных с внешней стороны крайних путей перегонов и станций между территориями смежных промышленных и транспортных предприятий, а также с внешней стороны крайних путей, соединяющих станции на территории промышленных и транспортных предприятий;
	линия, выше которой на перегонах и в пределах полезной длины путей на станциях не должно подниматься ни одно устройство, кроме инженерных сооружений, настилов переездов, индукторов локомотивной сигнализации, а также механизмов стрелочных переводов и расположенных в их пределах устройств СЦБ;
	линия приближения подкрановых балок, ригелей, стоек проемов ворот и тому подобных сооружений и устройств на путях, предназначенных для эксплуатации только специального подвижного состава промышленного транспорта высотой не более 4700 мм и попадание на которые подвижного состава общего пользования высотой более 4700 мм (до 5300 мм) исключается;
	линия приближения отдельно стоящих колонн, стоек проемов ворот производственных зданий, а также выступающих частей зданий (пилястр, контрфорсов, лестниц и др.) при их длине вдоль пути не более 1000 мм;
	линия приближения погрузо-выгрузочных и сливно-наливных устройств, свесов крыш прирельсовых складов, устройств по техническому обслуживанию, экипировке и ремонту подвижного состава и других технологических устройств в нерабочем их положении, расположенных на станционных (кроме главных и приемо-отправочных) и портовых путях;
	линия приближения конструктивных элементов тоннелей, перил на мостах, эстакадах и других инженерных сооружениях.

Следующим условием разработки устройств для работы на ж/д является эксплуатация с учетом внешних климатических и механических воздействий. Проектируемое устройство должно выполнять свои функции при температурах от минус 30°C до 40°C, в дождь и в снег, а также быть устойчивым к различного рода вибрациям и землетрясениям силой до 7 баллов.

Еще одним условием разработки устройства является техническая совместимость с железнодорожным подвижным составом (что, впрочем, уже было частично упомянуто при описании габаритов строений).

По данным требованиям была разработана структурная схема (приложение А) и эскиз системы орошения вагонов. Эскиз устройства представлены на рисунке Рисунок 5.

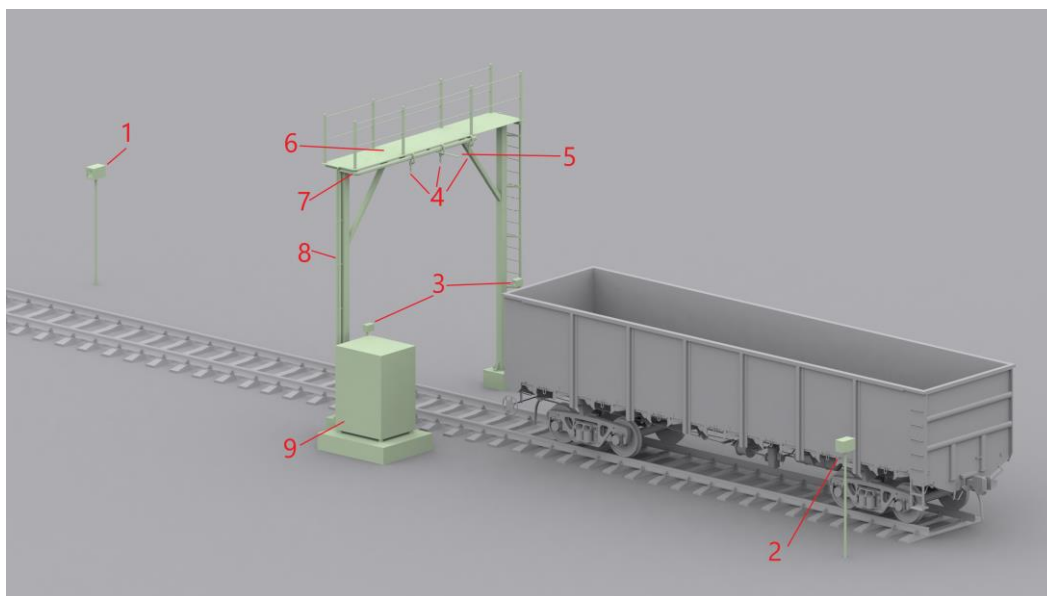


Рисунок 5 – Эскиз устройства для орошения ж/д вагонов: 1, 2 – камеры; 3 – лазер; 4 – форсунки; 5 – дальномер; 6 – консоль; 7 – труба для сжатого воздуха; 8 – труба для жидкости; 9 – шкаф с оборудованием

Камеры используются для обнаружения вагона и считывания инвентарного номера. Лазер используется для определения вхождения вагона в зону полива и начала/конца процедуры орошения. Дальномер используется для определения груженого и порожнего вагона.

Когда все необходимые условия соблюдаются (вагон является полувагоном, он гружен и нужно начать орошение), открываются жидкостные клапаны возле форсунок и начинается разбрызгивание жидкости на поверхность груза. Факел распыления имеет форму “плоская струя”. Распыление идет до тех пор, пока лазер снова не достигнет датчика света, это означает то, что вагон полностью прошел через портал. Если в течение 15 секунд следующий вагон не найдется и не пройдет через портал, то устройство уходит в режим ожидания. Жидкостные клапаны закрываются, открываются клапаны пневматические и в течение 5 секунд происходит продувка форсунок для их очистки от жидкого реагента. Особенно эта функция будет полезна зимой, когда форсунки будут замерзать. Продувка должна обеспечить защиту от замерзания форсунок в зимнее время. Величина давления сжатого воздуха может варьироваться от 6 до 10 бар.

Для обеспечения орошения и работы продувки форсунок система содержит центробежный насос и компрессор с ресивером. Компрессор поддерживает давление в пневматической системе в автоматическом режиме, а насос управляется с помощью твердотельного пускателя, которое управляется с помощью контроллера. Клапаны так же управляются с помощью пускателей, которые управляются контроллером.

Для работы системы необходимо создать систему технического зрения, которая будет определять наличие вагона в кадре камеры, а также определять его инвентарный номер. Если определенный номер начинается с 6, то система продолжает движение по алгоритму, если нет – система пропускает вагон и ожидает следующий в течение некоторого промежутка времени.

Алгоритм работы системы представлен в приложении Б.

2.2 Расчет гидравлической системы

Гидравлическая система включает в себя насос, систему труб, соленоидные клапаны и форсунки. Функциональная схема гидравлической и пневматической системы представлена на рисунке Рисунок 6.

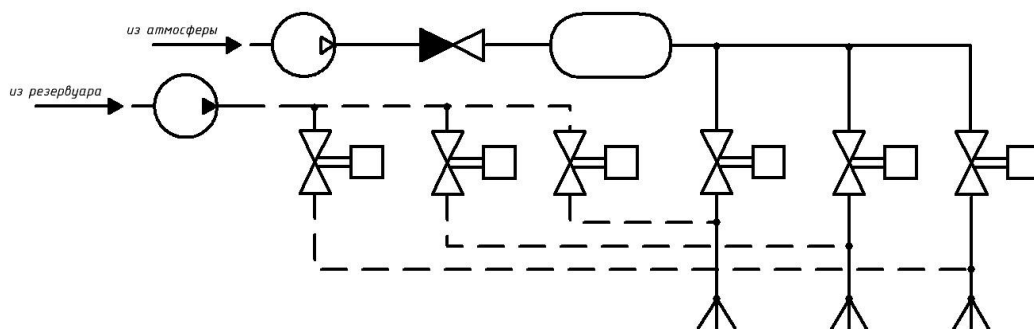


Рисунок 6 – Функциональная схема гидравлической и пневматической системы

В патенте [8] рекомендуется установить форсунку, которая бы обеспечивала размер капель 3 – 4 мм. При этом, давление жидкости рекомендуется установить в диапазоне 0.5 – 2 бар. При этом, потребление жидкого реагента в 3 – 5 л/м² считается оптимальным. Тип факела распыления форсунки - плоская струя.

Исходя из созданного эскиза и 3D – модели, рассчитаем угол распыления форсунки:

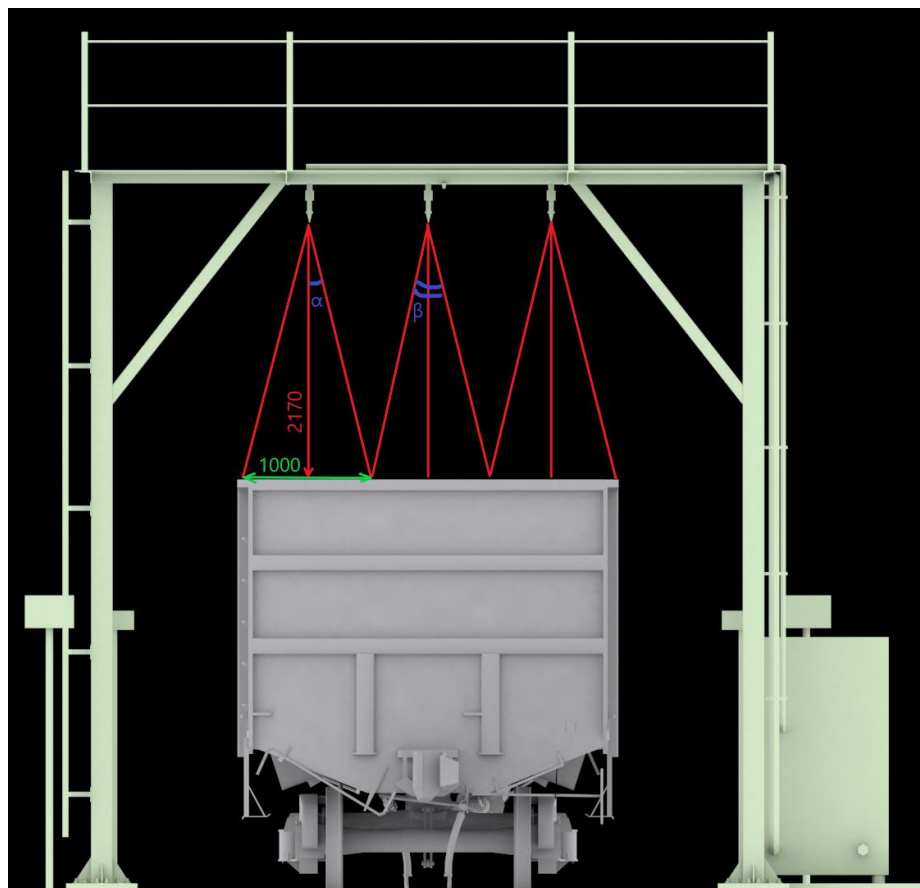


Рисунок 7 – Вид на установку спереди с проставленными размерами факела распыления

Исходя из размеров факела распыления, находим угол распыления форсунки $\beta = 2\alpha$. Угол α можно получить через арктангенс:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{500}{2170}\right) = 13^\circ \quad (1)$$

Тогда, угол $\beta = 26^\circ$. Соответственно, для корректной работы системы необходимо установить форсунки с углом распыления не менее 26° , размером капель 3 – 4 мм и типом факела “плоская струя”.

Рассчитаем номинальный диаметр трубы, который необходим для корректной работы системы орошения. Исходя из рекомендаций в патенте [8], зададим расход жидкости на один квадратный метр площади поверхности груза, равным 4 л/м². Длина кузова стандартного полувагона модели 12-119 равна

около 12 м. Ширина кузова равна примерно 3 метрам. Площадь поверхности груза, соответственно, будет равна 36 м². Таким образом, для орошения всей площади груза понадобится объем жидкости

$$V = S * q = 36 * 4 = 144 \text{ л}, \quad (2)$$

где V – объем жидкости, л;

S – площадь поверхности груза, м²;

q – расход жидкости, л/м².

При скорости прохождения вагона в 4 км/ч (1.1 м/с) на прохождение вагона с длиной кузова в 12 м будет затрачено

$$t = \frac{L}{v} = \frac{12}{1.1} = 10.9 \text{ с}, \quad (3)$$

где t – время, с;

L – длина вагона, м;

v – скорость вагона, м/с.

Скорость в 4 км/ч была выбрана в результате расчетов, проведенных вне этой работы. Эти расчеты показали, что при большей скорости диаметр сечения жидкостной трубы становится слишком большим, что увеличивает габариты и стоимость установки.

При таком времени прохождения вагона суммарный расход жидкости будет равен:

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{144}{10.9} = 13.2 \frac{\text{л}}{\text{с}} = 0.0132 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}, \quad (4)$$

где Q – суммарный расход жидкости, л/с;

V – объем жидкости, л;

t – время прохождения вагона, с.

Исходя из определения объемного расхода:

$$Q = v * S, \quad (5)$$

где v – скорость движения жидкости;

S – площадь сечения трубы, м².

Зададим $v = 1$ м/с, тогда, выразив диаметр трубы из площади, получаем:

$$d = \sqrt{\frac{4 * Q}{v * \pi}} = \sqrt{\frac{4 * 0,0132}{1 * 3.14}} = 0.12 \text{ м}, \quad (6)$$

где d – диаметр трубы, м;

Q – объемный расход, м³/с;

v – скорость потока, м/с.

Таким образом, можно выбрать трубу диаметром 120 мм при скорости потока 1 м/с и расходе 13.2 л/с.

Клапаны должны обеспечивать пропускную способность минимум в 1/3 от суммарной (15.8 м³/ч). Управление будет происходить напряжением сети (~220 В). Под данные параметры подходит клапан Smart SG55337.[9] Его характеристики указаны в таблице Таблица 4.

Таблица 4 – Параметры клапана Smart SG55337

Наименование	Kv, м ³ /ч	Диапазон давлений, бар	Рабочие температуры, град. Цельсия	Диаметр, мм	Напряжение, В	Резьба, дюйм
Величина	25,5	0.5 - 16	-20 .. 130	32	220	1/4

Тогда, для соединения клапана и основной трубы понадобится труба с Ду = 32 мм и резьбой 1/4 дюйма. Эту же трубу можно использовать для соединения клапана и форсунки.

Рассчитаем мощность прокачивающего насоса. Исходные данные:

$$Q = 0.011 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$H = 6 \text{ м}$$

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$\eta_{\text{двиг}} = 0.95$$

$$\eta_{\text{насоса}} = 0.7$$

Исходя из определения мощности:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{\Delta E}{\Delta t} \quad (7)$$

где P – мощность, Вт;

A – совершенная работа, Дж;

ΔE – энергия, Дж;

$t, \Delta t$ – промежуток времени, с.

Исходя из формулы объемного расхода:

$$\Delta t = \frac{\Delta V}{Q}, \quad (8)$$

где ΔV – объем жидкости, переносимый через сечение трубы за единицу времени;

Q – объемный расход жидкости, м³/с.

Будет проделываться работа по поднятию воды на высоту H . Преобразуя формулу мощности, получаем:

$$P = \frac{\Delta E}{\frac{\Delta V}{Q}} = \frac{\Delta E * Q}{\Delta V} \quad (9)$$

Исходя из того, что

$$\Delta V = \frac{\Delta m}{\rho}, \quad (10)$$

где Δm – масса жидкости, переносимой через сечение трубы за единицу времени;

ρ – плотность жидкости, кг/м³.

$$\Delta E = \Delta m * g * H, \quad (11)$$

где H – высота поднятия жидкости, м;
 g – ускорение свободного падения.

$$P = \frac{\Delta E * Q}{\Delta V} = \rho * g * H * Q \quad (12)$$

Учитывая КПД электродвигателя и насоса в целом, получим:

$$P_{\text{полн}} = \frac{\rho * g * H * Q}{\eta_{\text{двиг}} * \eta_{\text{насоса}}} = \frac{1000 * 9.8 * 6 * 0.011}{0.95 * 0.7} = 1000 \text{ Вт}, \quad (13)$$

где $\eta_{\text{двиг}}$ – КПД двигателя;
 $\eta_{\text{насоса}}$ – КПД насоса.

Под данные параметры подходит насос Pedrollo HF6C.[10]

Таблица 5 – Зависимость максимальной высоты перекачки от расхода

ТИП		МОЩНОСТЬ		Q м³/ч. л/мин.	0	12	18	24	30	36	42	48	54	60
Однофазный	Трёхфазный	кВт	ЛС		0	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
HFm 4	HF 4	0.75	1		10	9.3	8.7	8	7	6	4.7	3		
HFm 6C	HF 6C	1.1	1.5		11.9	11.7	11.3	10.7	10.2	9.2	8	6.7	5	3

Данный насос имеет характеристики, описанные в таблице Таблица 6.

Таблица 6 – Характеристики насоса Pedrollo HF6C

Наименование	Рабочее давление, бар	Высота перекачки, м	Мощность, Вт	Производительность, м³/ч	Температурный диапазон, град. Цельсия
Величина	до 10	до 12	1100	60	-10... +90

2.3 Расчет пневматической системы

На рисунке Рисунок 6 представлена функциональная схема пневматической системы вместе с гидравлической.

Примем величину давления воздуха в системе равной $P_{\text{ном}} = 6$ бар. Учитывая потери давления в трубах и фильтре [11] ($\Delta P_{\text{труб}} = 0.1$ бар, $\Delta P_{\text{фильтр}} = 0.35$ бар), а также циклический дифференциал поршневого компрессора $\partial P = 2$ бар, получаем полную величину давления, на которую должен быть рассчитан компрессор, равную:

$$\begin{aligned} P_{\text{полн}} &= P_{\text{ном}} + \Delta P_{\text{труб}} + \Delta P_{\text{фильтр}} + \partial P = 6 + 0.1 + 0.35 + 2 = \\ &= 8.45 \text{ бар}, \end{aligned} \quad (14)$$

где $P_{\text{полн}}$ – полная расчетная величина давления, бар;

$P_{\text{ном}}$ – номинальная величина давления в системе, бар;

$\Delta P_{\text{труб}}$ – потери давления в трубах, бар;

$\Delta P_{\text{фильтр}}$ – потери давления в фильтре, бар;

∂P – циклический дифференциал, бар.

Соответственно, нужно подбирать компрессор с рабочим давлением не менее 8.45 бар.

С помощью формулы Сен-Венана [12] получим скорость истечения газа из отверстия форсунки. Исходные данные:

P_1 – давление в системе (600 кПа)

P_2 – атмосферное давление (100 кПа)

ρ – плотность газа (1.3 кг/м³)

k – показатель адиабаты (1.4) [12]

$$\begin{aligned} v &= \sqrt{\frac{2 * k * P_1}{(k - 1) * \rho} * \left(1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right)} = \\ &= \sqrt{\frac{2 * 1.4 * 600000}{(1.4 - 1) * 1.3} * \left(1 - \left(\frac{100000}{600000}\right)^{\frac{1.4-1}{1.4}}\right)} = 1150 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \end{aligned} \quad (15)$$

где v – скорость потока воздуха, м/с.

Примем диаметр сопла форсунки, равным 4 мм. Тогда, расход воздуха через сопло равен

$$Q = v * S = \frac{v * \pi * d^2}{4} = \frac{1150 * 3.14 * 16 * 10^{-6}}{4} = 14444 * 10^{-6} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$= 14,444 \frac{\text{л}}{\text{с}},$$
(16)

где d – диаметр сопла форсунки, м.

Так как всего форсунки 3, общий расход равен

$$Q_{\text{полн}} = 3 * Q = 43332 * 10^{-6} \frac{\text{м}^3}{\text{с}},$$
(17)

где $Q_{\text{полн}}$ – полный расход воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$.

За время продувки $t = 1$ с через форсунки выйдет объем воздуха, равный

$$V = Q_{\text{полн}} * t = 1 * 43332 * 10^{-6} \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 43332 * 10^{-6} \text{ м}^3 = 43.3 \text{ л}$$
(18)

Зададим объем ресивера, равный 100 л и рассчитаем, насколько упадет давление в системе за 1 цикл продувки. Для этого из уравнения Менделеева-Клайперона нужно выразить соотношение масс газа и давлений (при одинаковой температуре и объеме). Преобразуя уравнение, получаем

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{P_1}{P_2}$$
(19)

где m_1 – масса воздуха до продувки, кг;

m_2 – масса воздуха после продувки, кг;

P_1 – давление воздуха до продувки, Па;

P_2 – давление воздуха после продувки, Па.

Зададим $P_1 = 6$ бар, найдем массу воздуха в ресивере $V = 100$ л при температуре $T = 293 \text{ K}$

$$m_1 = \frac{P * V * M}{R * T} = \frac{6 * 10^5 * 0.1 * 29 * 10^{-3}}{8.31 * 293} = 0.71 \text{ кг},$$
(20)

где M – молярная масса воздуха, кг/моль;

R – газовая постоянная.

Потеря воздуха из ресивера во время продувки равна

$$\Delta m = \rho * \Delta V = 1.3 * 43332 * 10^{-6} = 0.056 \text{ кг}, \quad (21)$$

где Δm – масса воздуха, потраченного при продувке, кг;

ΔV – объем воздуха, потраченный при продувке, м³.

Масса воздуха в ресивере после продувки

$$m_2 = m_1 - \Delta m = 0.654 \text{ кг} \quad (22)$$

Относительное изменение давления

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{m_2}{m_1} = \frac{0.654}{0.71} = 0.92 \quad (23)$$

Как видно, при объеме ресивера в 100 л падение давления после одного цикла продувки довольно мало. Это означает, что можно совершить несколько циклов продувки без необходимости включения компрессора, что продлит срок его службы. Это также означает, что производительностью компрессора можно пренебречь и выбирать компрессор исходя только из объема ресивера, максимального давления и цены. Также, компрессор должен иметь реле давления, которое будет его выключать при достижении нужного давления в ресивере.

По уже известной формуле рассчитаем диаметр труб для сжатого воздуха:

$$d = \sqrt{\frac{4 * Q}{v * \pi}} = \sqrt{\frac{4 * 189 * 10^{-6}}{5 * 3.14}} = 0.007 \text{ м}, \quad (24)$$

где d – диаметр трубы, м.

Можно использовать трубу стандартного диаметра 10 мм. Теперь подберем соленоидный клапан. Он должен выдерживать давление до 10 бар,

управляться напряжением ~220 В и подходить под диаметр трубы. Под эти параметры подходит клапан Smart SM55632. [13] Его характеристики указаны в таблице Таблица 7.

Таблица 7 – Параметры клапана Smart SM55632

Наименование	Kv, м ³ /ч	Диапазон давлений, бар	Рабочие температуры, град. Цельсия	Диаметр, мм	Напряжение, В	Резьба, дюйм
Величина	5	0.5 - 10	-20 .. 130	10	220	3/8

2.4 Расчет электрической схемы

Электрическая принципиальная схема устройства представлена в приложении В.

Для управления системой был выбран одноплатный компьютер Raspberry Pi 4. Главным образом выбор вычислительного устройства такой мощности связан с внедрением системы технического зрения, которая используется для обнаружения вагонов и считывания инвентарных номеров вагонов. Данный одноплатный компьютер имеет 4 порта USB, что позволяет подключить 2 видеокамеры. Для управления исполнительными механизмами и считывания данных с других датчиков предусмотрены 27 портов ввода-вывода.

Так как клапаны и насос включаются в сеть напряжением 220 В, для их управления будут применены твердотельные пускатели с максимальным коммутируемым током нагрузки до 50 А и выходным напряжением до 250 В. Управление пускателем происходит постоянным током с напряжением 12 В.

Под такие параметры подходит твердотельный пускатель D2450 [14]. Его характеристики представлены в таблице Таблица 8.

Таблица 8 – Характеристики пускателя D2450

Наименование	Ток управления, мА	Входное сопротивление, Ом	Номинальное рабочее напряжение, В	Максимальный коммутируемый ток, А	Максимальное коммутируемое напряжение, В
Величина	4..20	1500	3..32	50	250

Так как выходное напряжение портов Raspberry Pi 4 равно 3.3 В, а выходной ток – не более 16 мА, то для управления этими пускателями с помощью компьютера нужно применить биполярный транзистор.

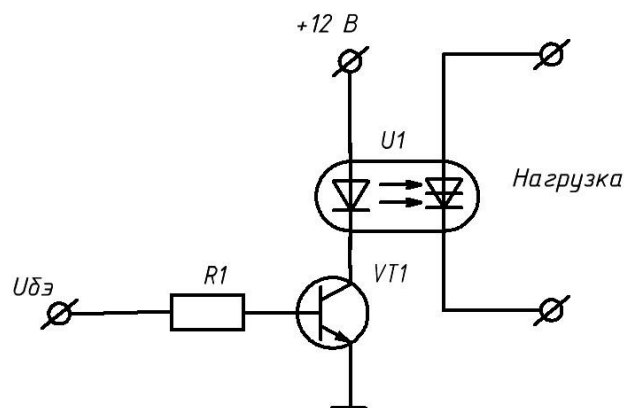


Рисунок 8 – Транзисторный ключ для управления пускателем

Входная часть пускателя $U1$ может быть обладает сопротивлением 1500 Ом. Тогда, исходные данные для расчета ключа можно представить в виде:

$$R_k = 1500 \text{ Ом}$$

$$U_{\text{пит}} = 5 \text{ В}$$

Ток коллектора будет равен:

$$I_k = \frac{U_{\text{пит}} - U_{\text{кэнас}}}{R_k} = \frac{12 - 0.6}{1500} = 0.0076 \text{ А}, \quad (25)$$

где I_k – ток коллектора, А;

$U_{\text{кэнас}}$ – напряжение насыщения коллектор-эмиттер, В.

Нужно подобрать транзистор с максимальным током коллектора, равным не менее 0.05 А. Под такой параметр подходит транзистор КТ315А1 [15]. Его характеристики представлены в таблице Таблица 9.

Таблица 9 – Параметры транзистора КТ315А1

Наименование	I_k , мА	$U_{\text{кэмакс}}$, В	$U_{\text{бэмакс}}$, В	$P_{\text{расс}}$, мВт	β , ед
Величина	100	24	24	150	30-120

По даташиту находим зависимость коэф. усиления β от I_k . Находим значение β при $I_k = 7.6 \text{ мА}$.

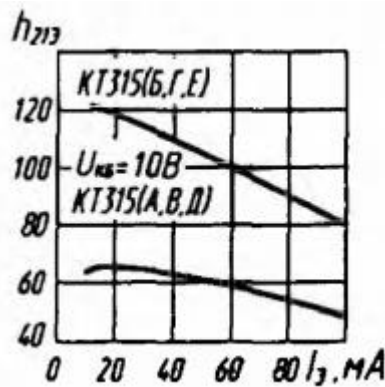


Рисунок 9 – Зависимость коэф. усиления от тока коллектора транзистора
КТ315А1

Исходя из того, что $I_k = \beta * I_б$ и $\beta = 65$, получаем необходимый ток базы, равный

$$I_б = \frac{I_k}{\beta} = \frac{0.0076}{65} = 0.00012 \text{ A} = 0.12 \text{ мА}, \quad (26)$$

где $I_б$ – ток базы, мА;

β – коэффициент передачи транзистора.

Исходя из того, что $U_{бэ} = 3.3 \text{ В}$, $U_{бэнас} = 0.6 \text{ В}$, рассчитаем резистор базы

R1:

$$R_1 = \frac{U_{бэ} - U_{бэнас}}{I_б} = \frac{3.3 - 0.6}{0.00012} = 22.5 \text{ кОм}, \quad (27)$$

где R_1 – резистор базы, кОм;

$U_{бэ}$ – напряжение база-эмиттер, В;

$U_{бэнас}$ – напряжение база-эмиттер, В.

Ближайшее значение из ряда стандартных значений Е24: 22 кОм.

Мощность, рассеиваемая на базовом резисторе:

$$P = I_б^2 * R_1 = 0.00012^2 * 22 * 10^3 = 0.00031 \text{ Вт}, \quad (28)$$

где P – мощность резистора, Вт.

Таким образом, достаточно будет резистора мощностью 0.125 Вт.

Для определения груженого и порожнего вагона необходим дальномер. В данном случае был выбран дальномер HC-SR04. Этот ультразвуковой дальномер очень распространен и используется как для любительских проектов, так и для некоторых финальных версий устройств. Его характеристики приведены в таблице Таблица 10.

Таблица 10 – Характеристики ультразвукового дальномера HC-SR04

Наименование	Дальность измерения, см	Точность, см	Угол измерения, град	Напряжение питания, В
Величина	2 - 500	0.3	30	5

Следующим этапом необходимо выбрать видеокамеру для системы технического зрения. Исходя из ее положения (рисунок Рисунок 10) рассчитываем необходимый угол обзора:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{1900}{1400}\right) = 53^\circ \quad (29)$$

Полный вертикальный угол будет равен

$$\beta = 2 * \alpha = 106^\circ, \quad (30)$$

где β – полный вертикальный угол камеры, град;

α – половинный угол обзора камеры, град.

Камера будет подключаться к компьютеру по интерфейсу USB. Частота кадров должна быть не менее 20 к/с, разрешение - не менее 1280x720.

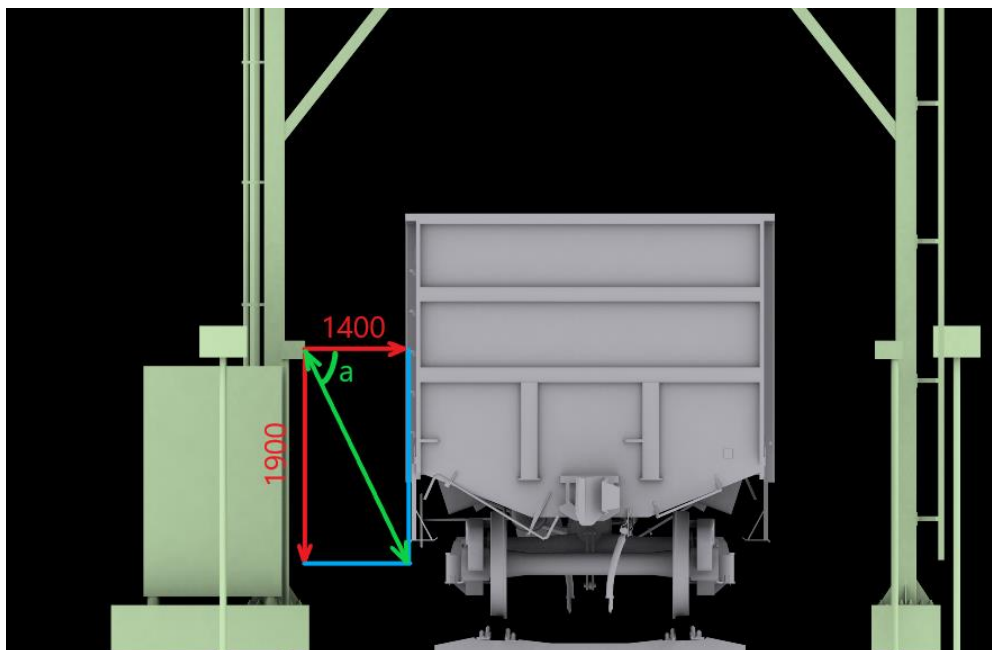


Рисунок 10 – Расстояние от камеры до вагона

Под заданные параметры подходит камера AR0330.

Для обеспечения контроля прохождения вагона через портал будет установлена пара лазер-фотодиод. Было решено использовать ИК-диапазон длин волн, чтобы избежать случайной засветки от приборов, которые излучают в видимом диапазоне спектра. Рабочее напряжение лазера должно быть до 3.3 В, чтобы можно было запитать его прямо от компьютера без дополнительных резисторов. Выберем длину волны, равную 940 нм. Под такие параметры подходит лазер QLF093x-40B8 [16], а так же фотодиод BL-L3522PD [17].

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

3.1 Организация и планирование работ

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

В данном пункте будет составлен полный перечень проводимых работ, определены их исполнители и рациональная продолжительность. Наглядным результатом планирования работ является сетевой, либо линейный график реализации проекта. Так как число исполнителей редко превышает двух (степень распараллеливания всего комплекса работ незначительна) в большинстве случаев предпочтительным является линейный график. Для его построения хронологически упорядоченные вышеуказанные данные должны быть сведены в таблицу Таблица Таблица **11**.

Таблица 11 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работ	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка задачи	НР	НР – 100%
Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	НР, И	НР – 100% И – 5%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 20% И – 100%
Разработка календарного плана	И	И – 100%
Обсуждение литературы	И	И – 100%
Выбор структурной схемы устройства	И	И – 100%
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	НР – 20% И – 100%
Расчет принципиальной схемы устройства	И	И – 100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

3.1.1 Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ может осуществляться двумя методами:

- технико-экономическим;
- опытно-статистическим.

Первый применяется в случаях наличия достаточно развитой нормативной базы трудоемкости планируемых процессов, что в свою очередь обусловлено их высокой повторяемостью в устойчивой обстановке. Так как исполнитель работы зачастую не располагает соответствующими нормативами, то используется опытно-статистический метод, который реализуется двумя способами:

- аналоговый;
- экспертный.

Аналоговый способ привлекает внешней простотой и около нулевыми затратами, но возможен только при наличии в поле зрения исполнителя НИР не устаревшего аналога, т.е. проекта в целом или хотя бы его фрагмента, который по всем значимым параметрам идентичен выполняемой НИР. В большинстве случаев он может применяться только локально – для отдельных элементов (этапов работы).

Экспертный способ используется при отсутствии вышеуказанных информационных ресурсов и предполагает генерацию необходимых количественных оценок специалистами конкретной предметной области, опирающимися на их профессиональный опыт и эрудицию. Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ применяется по усмотрению исполнителя одна из двух формул:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5} \quad (31)$$

$$t_{ож} = \frac{t_{min} + 4 \cdot t_{prob} + t_{max}}{6} \quad (32)$$

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

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

t_{prob} – наиболее вероятная продолжительность работы, дн.

Вторая формула дает более надежные оценки, но предполагает большую «нагрузку» на экспертов.

Для выполнения перечисленных в таблице Таблица 11 работ требуются специалисты:

- инженер – в его роли действует исполнитель НИР (ВКР);
- научный руководитель.

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

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д} \quad (33)$$

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

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{ВН} = 1$;

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{Д} = 1-1,2$; в этих границах конкретное значение принимает сам исполнитель).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (34)$$

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

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

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1.2 \quad (35)$$

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

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

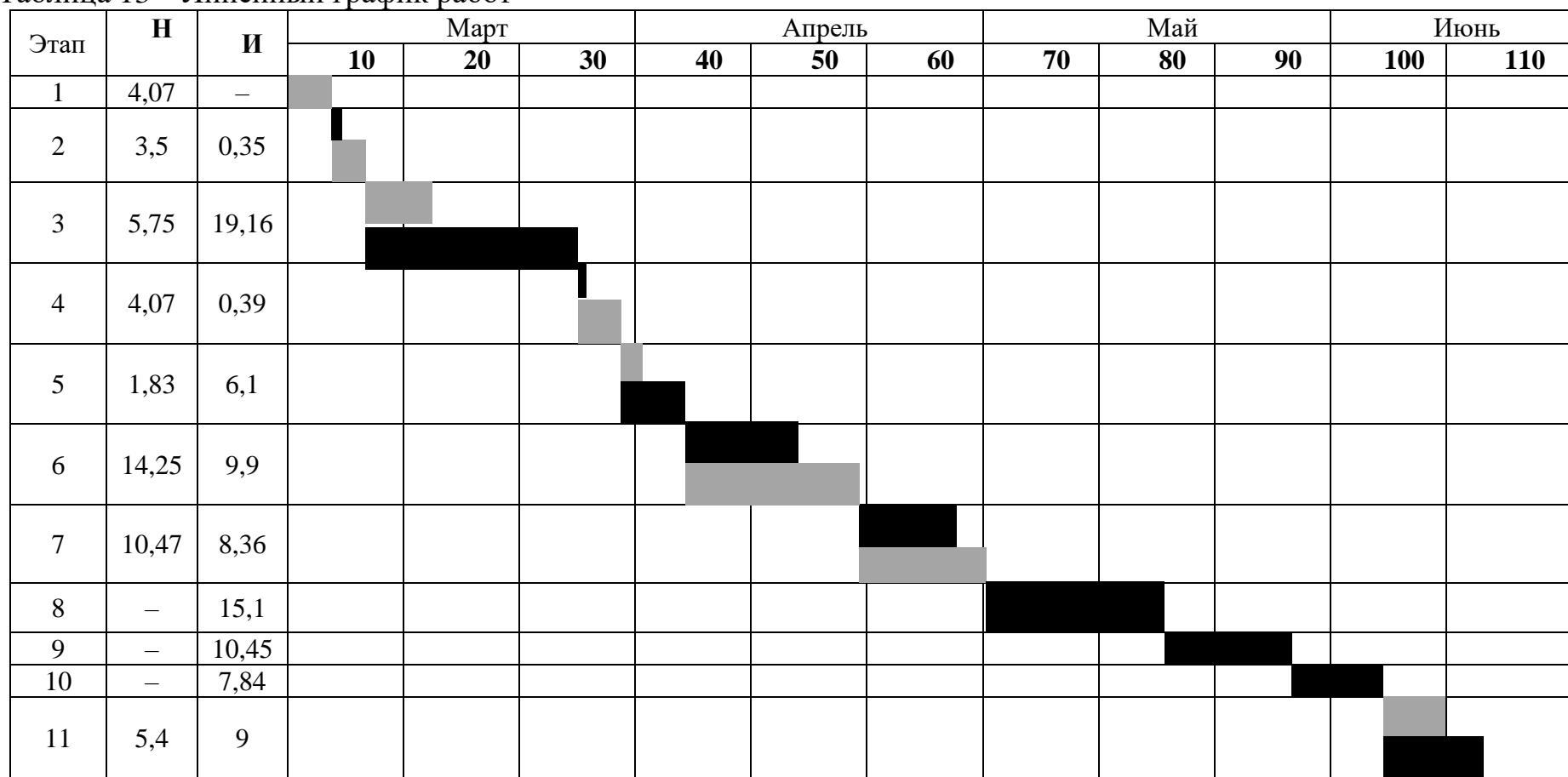
$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 10$).

В таблице Таблица 12 приведено определение продолжительности этапов работ и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе. В столбцах (3–5) реализован экспертный способ по формуле (31). Столбцы 6 и 7 содержат величины трудоемкости этапа для каждого из двух участников проекта (научный руководитель и инженер) с учетом коэффициента $K_D = 1,2$. Каждое из них в отдельности не может превышать соответствующее значение $t_{ож} * K_D$. Столбцы 8 и 9 содержат те же трудоемкости, выраженные в календарных днях путем дополнительного умножения на T_K (здесь оно равно 1,2). Итог по столбцу 5 дает общую ожидаемую продолжительность работы над проектом в рабочих днях, итоги по столбцам 8 и 9 – общие трудоемкости для каждого из участников проекта. Две последних величины далее будут использованы для определения затрат на оплату труда участников и прочие затраты. Величины трудоемкости этапов по исполнителям $T_{КД}$ (данные столбцов 8 и 9 кроме итогов) позволяют построить линейный график осуществления проекта (таблица Таблица 13).

Таблица 12 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
					$T_{рд}$		$T_{кд}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка задачи	НР	2	4	2,8	3,36	–	4,07	–
Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	НР, И	2	3	2,4	2,88	0,29	3,5	0,35
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	12	15	13,2	4,75	15,84	5,75	19,16
Разработка календарного плана	НР, И	2	4	2,8	3,36	0,33	4,07	0,39
Обсуждение литературы	НР, И	3	6	4,2	1,51	5,04	1,83	6,1
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	7	14	9,8	11,76	8,23	14,25	9,9
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	6	9	7,2	8,64	6,91	10,47	8,36
Расчет принципиальной схемы устройства	И	8	14	10,4	–	12,48	–	15,1
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	6	9	7,2	–	8,64	–	10,45
Оформление графического материала	И	5	6	5,4	–	6,48	–	7,84
Подведение итогов	НР, И	5	8	6,2	4,46	7,44	5,4	9
Итого:				71,6	40,54	63,01	49,34	86,65

Таблица 13 – Линейный график работ



НР – ■;

И – ■

3.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

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

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

3.2.1 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. Сюда же относятся специально приобретенное оборудование, инструменты и прочие объекты, относимые к основным средствам, стоимостью до 40 000 руб. включительно. Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам или договорам поставки. Кроме того, статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-

продажи (т.н. транзакции). Приблизительно они оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов, как правило, это 5-20%. Все расходы сведены в таблицу Таблица 14.

Таблица 14 – Расчет затрат на материалы

Наименование материала	Цена за ед., руб	Кол-во	Сумма, руб
Печать:			
A4 (ч/б)	2	100	260
A3 (ч/б)	10	6	
Канцелярия:			
пачка бумаги писчей	150	1	365
маркер черный Centropen	50	1	
ручка Stabilo синяя	55	3	
Студенческая лицензия 3DS Max 2016	0	1	0
Компоненты установки (приблизительно)	300000	1	300000
ИТОГ:			300625

Подсчитать полную стоимость разработки не представляется возможным, так как отсутствует точная информация по тому, какие именно компоненты будут куплены и установлены. Была взята примерная суммарная стоимость всех важнейших элементов конструкции на рынке по состоянию на середину 2020 года.

Допустим, что ТЗР составляют 10% от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны $C_{\text{мат}} = 300625 \cdot 1.1 = 330687,5$ руб.

3.2.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также

премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Величины месячных окладов (МО) для сотрудников ТПУ можно получить на его портале (*Главная → Структура ТПУ → Управление первого проректора → Планово-финансовый отдел → Регламентирующие документы*). Оклад инженера принимается равным окладу соответствующего специалиста низшей квалификации в организации, где исполнитель проходил преддипломную практику. При отсутствии такового берется оклад инженера собственной кафедры (лаборатории).

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

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \text{МО} / 25,25 \quad (36)$$

учитывающей, что в году 303 рабочих дня и, следовательно, в месяце в среднем 25,25 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Расчет затрат на полную заработную плату приведен в таблице Таблица 15. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы Таблица 12. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{ПР}} = 1,1$; $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$; $K_{\text{р}} = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{\text{и}} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$. Вышеуказанное значение $K_{\text{доп.ЗП}}$ применяется при шестидневной рабочей неделе, при пятидневной оно равно 1,113, соответственно в этом случае $K_{\text{и}} = 1,669$.

Таблица 15 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка руб./раб. день	Затраты времени, раб. дни	Коэффициент	Фонд з/п, руб.
НР	33664	1333,2	41	1,669	91229,54
И	10633	421,1	63	1,62	42977,46
ИТОГО:					134207

3.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30% от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} \cdot 0,3$. Итак, в нашем случае $C_{\text{соц.}} = 134207 \cdot 0,3 = 40262,1$ руб.

3.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

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

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot \text{ЦЭ} \quad (37)$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт; ЦЭ – тариф на 1 кВт·час (6,59 р/кВт·ч);

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

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы Таблица 12 для инженера:

$$t_{\text{об}} = \text{ТРД} \cdot K_t \quad (38)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный

отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{рд}$, определяется исполнителем самостоятельно ($K_t=0,5$).

Примем $T_{рд} = 60$ дней, умножая на 24 часа получаем 1440 часов.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{об} = P_{ном} \cdot K_C \quad (39)$$

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

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности ($K_C=1$). Для технологического оборудования малой мощности $K_C=1$. Расчеты затрат на электроэнергию для технологических целей сведены в таблицу Таблица 16.

Исходные данные: номинальная мощность персонального компьютера: 100 Вт.

Таблица 16 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты $C_{эл.об.}$, руб.
Персональный компьютер	720	0,1	474,48
ИТОГО:			474,48

3.2.5 Расчет амортизационных расходов

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

Используется формула

$$C_{ам} = \frac{N_A \cdot C_{об} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_d}, \quad (40)$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования; $C_{об}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР.

F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку САМ. Например, для ПК в 2019 г. (303 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе) можно принять $F_d=303 \cdot 8=2424$ часа;

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

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

При использовании нескольких типов оборудования расчет по формуле делается соответствующее число раз, затем результаты суммируются.

Приложение 1 пособия позволяет получить рамочные значения сроков амортизации (полезного использования) оборудования – СА. Например, для ПК это 2-3 года. Зададим СА, равный 2.5 года. Далее определяется N_A как величина обратная СА, в данном случае это $1/2,5=0,4$.

Стоимость ПК 35000 руб., время использования 720 часа, тогда для него $C_{AM}(ПК)=(0,4 \cdot 35000 \cdot 720 \cdot 1)/2424=4158,41$ руб. Итого начислено амортизации 4158,41 руб.

3.2.6 Расчет прочих расходов

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

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}}) \cdot 0,1 \quad (41)$$

Также, стоит учесть затраты на электроэнергию, потраченную лампами освещения:

$$C_{\text{ламп}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot \text{Ц}_{\text{э}} \quad (42)$$

Учитывая, что время работы ламп можно принять за 0.25 от общего времени разработки ($t_{об} = \frac{1440}{4} = 360$ ч), а мощность светодиодных ламп составляет 2*15 Вт, получаем $C_{лампы} = 71,59$ руб.

Подставляя данные, получаем: $C_{проч.} = 71,59 + (300625 + 134207 + 40262,1 + 474,48 + 4158,41) \cdot 0,1 = 48044,29$ руб.

3.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта, которая сведена в таблицу Таблица 17.

Таблица 17 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб
Материалы и покупные изделия	$C_{мат}$	300625
Основная заработная плата	$C_{зп}$	134207
Отчисления в социальные фонды	$C_{соц}$	40262,1
Расходы на электроэнергию	$C_{эл.об.}$	474,48
Амортизационные отчисления	$C_{ам}$	4158,41
Прочие расходы	$C_{проч}$	48044,29
Итого:		527871,28

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 527871,28$ руб.

3.2.8 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Так как исполнитель работы не располагает данными для применения «сложных» методов, то прибыль следует

принять в размере $5 \div 20 \%$ от полной себестоимости проекта. В данном случае она составляет 105574,25 руб. (20 %) от расходов на разработку проекта.

3.2.9 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(527871,28 + 105574,25) * 0,2 = 126689,1$ руб.

3.2.10 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае $C_{\text{НИР(КР)}} = 527871,28 + 105574,25 + 126689,1 = 760134,63$ руб.

3.3 Оценка экономической эффективности проекта

Экономическая эффективность данного проекта обусловлена прежде всего тем, что при обработке составов с углем или любым другим сыпучим грузом на поверхности груза образуется пленка, которая предотвращает выдувание мелких фракций груза в процессе транспортировки. Это позволяет избежать потерь груза, а соответственно, и прибыли. К сожалению, точные данные по массе угля, выдуваемой из одного вагона в процессе транспортировки, найти не представляется возможным. Но есть приблизительные подсчеты, согласно которым от выветривания происходит потеря около 2% от массы ежегодно перевозимого угля.

Также, актуальность данного проекта состоит в том, что чем меньше угля теряется в пути следования составов, тем меньше угля оседает на припутевых участках земли и тем меньше угля разносится ветром в близлежащие населенные пункты. Таким образом, уменьшается вредное воздействие на экосистему и уменьшается вредное воздействие на здоровье людей.

3.3.1 Определение срока окупаемости инвестиций

Возьмем цену угля за тонну, равной 1300 руб. Средняя вместимость полувагона на железных дорогах СНГ равна 70 тонн. Учитывая, что от выветривания теряется около 2% от массы перевозимого угля, получаем массу выветриваемого угля на 1 вагон, равную: $70 \cdot 0,02 = 1,4$ т. К сожалению, найти точные данные по количеству отгружаемого угля на шахтах и ГОКах найти не удалось, поэтому примем количество отгружаемого угля, равное 500 тыс. т в год. Так как по имеющимся данным от выветривания в среднем теряется около 2% от массы угля, то годовые потери составят: $500000 \cdot 0,02 = 10000$ тонн угля. Умножая это на цену тонны угля, получаем: $10000 \cdot 1300 = 13000000$ руб. Итого, применение установки для орошения вагонов потенциально принесет дополнительно 13000000 руб. в год. Для первого года эксплуатации нужно взять прибыль с уменьшающим коэффициентом, так как некоторое количество времени в первый год работы уйдет на наладку, выяснение и исправление недостатков и т.д. Допустим, что в первый год установка принесет 60% от максимально возможной прибыли, или: $13000000 \cdot 0,6 = 7800000$ руб.

Так как эксплуатация установки требует вложений, их нужно рассчитать и вычесть из потенциальной прибыли. Вложения в данном случае – это прежде всего, затраты на электроэнергию и воду/жидкий реагент. Также, во вложения необходимо добавить покупку запчастей для самых уязвимых и быстро изнашивающихся элементов конструкции. Допустим, что установка работает четверть всего времени в году. Тогда, количество дней эксплуатации для нее: $365/4 \sim 92$ дня. Переводя в часы, получаем: $92 \cdot 24 = 2208$ ч. Потребителями электроэнергии в установке являются насос (1100 Вт) и компрессор (мощность в ходе разработки не установлена, примем за 2000 Вт). Насос работает около 80% от всего времени работы установки, компрессор работает около 1% от общего времени работы установки; таким образом, получаем: наработка насоса за год работы установки: $2208 \cdot 0,8 = 1776,4$ ч, наработка компрессора: $2208 \cdot 0,01 =$

22,08 ч. Исходя из тарифа на электроэнергию в 6,59 р/КВт·ч, получаем годовые расходы на электроэнергию для установки: $6,59 \cdot (1776,4 + 22,08) = 11848,8$ р.

Так как насос работает 1776,4 ч в год, то при расходе воды через форсунки, равному 47,4 м³/ч и тарифу за водоснабжение, равному 45 руб/м³, получаем: $1776,4 \cdot 47,4 \cdot 45 = 3789061,2$ руб. Из этого можно сделать вывод, что предприятию лучше иметь доступ к водоему, так как в обратном случае счета за водоснабжение будут бить по прибыли.

Затраты на запчасти приблизительно можно посчитать, как 20% от стоимости оборудования, то есть $300000 \cdot 0,2 = 60000$ руб. Таким образом, общие затраты на эксплуатацию в течение года равны $11848,8 + 3789061,2 + 60000 = 3860910$ руб. Таким образом, годовая прибыль в первый год составляет $7800000 - 3860910 = 3939090$ руб, во второй год: $13000000 - 3860910 = 9139090$ руб.

Срок окупаемости определяет продолжительность того периода, через который инвестиции будут возвращены полученной благодаря им прибылью. Чем меньше РР, тем эффективнее проект. Использование показателя предполагает установление для него приемлемого значения как меры эффективности инвестиций. Используется формула

$$PP = n_{цj} + \frac{\Delta PR_{чj}}{PR_{чj+1}}, \quad (43)$$

где $n_{цj}$ – целое число лет, при котором накопленная сумма прибыли наиболее близка к величине инвестиций I_0 , но не превосходит ее;

$\Delta PR_{чj}$ – непокрытая часть инвестиций по истечении $n_{цj}$ лет реализации проекта;

$PR_{чj+1}$ – прибыль за период, следующий за $n_{цj}$ -м.

Рассчитанная тотальная стоимость разработки НИР составила 760134,63 руб. Допуская то, что понадобятся средства на доставку, монтаж, отладку установки, примем сумму инвестиций, равную 2000000 руб.

Расчеты поступления денежных средств по проекту приведены в таблице Таблица 18.

Таблица 18 – Накопленные поступления по проекту

Год	Инвестиции, млн руб.	Прибыль, млн руб.	Накопленный денежный поток, млн руб.
0	2,0	0	-2,0
1		3,94	+1,94
2		9,14	+11,08

Окупаемость происходит уже в первый год эксплуатации, следовательно, $n_{ц_j}=0$. Тогда $\frac{\Delta PR_{ч_j}}{PR_{ч_{j+1}}} = 2,0/3,94 = ,513$; следовательно, $PP = 0,513$ года.

Это говорит об очень высокой экономической эффективности использования данной установки.

Заключение к главе 3

В данной части работы были произведена организация и планирование работ, расчет сметы затрат на выполнение проекта, и оценка экономической эффективности проекта. В ходе проделанной работы была определена цена научно исследовательской работы, она составила 760134,63 руб; определен срок окупаемости инвестиций с учетом изменения ценности денег во времени, он составил 1,03 года.

4 Социальная ответственность

Введение

Под социальной ответственностью понимают комплекс законодательных и соответствующих им социально-экономических мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранения здоровья и работоспособности в процессе труда.

В данной работе производится проектирование установки (системы) для автоматического орошения поверхности груза железнодорожных вагонов открытого типа. Социальная направленность данной работы состоит прежде всего в сокращении выбросов мелких фракций угля из вагонов и их последующего оседания на припутевых участках земли. Это поможет сократить количество респираторных заболеваний у населения, проживающего в близости от ж/д путей. Кроме того, угольная пыль наносит вред экосистеме (загрязнение почвы и подземных вод).

Все работы по проектированию производились в 10 корпусе ТПУ, ауд. 101. Обеспечение безопасности условий работы достигается путем поддержания оборудования и технических средств в исправном состоянии, своевременным ремонтом, поддержанием режима, утвержденного в технологическом регламенте для установки.

Производственная безопасность представляет собой систему организационных мероприятий и технических средств, уменьшающих вероятность воздействия на персонал опасных производственных факторов, вредных воздействий технологических процессов, энергии, средств, предметов, условий и режимов труда до приемлемого уровня. Основная цель производственной безопасности - предотвращение и минимизация последствий аварий на опасных производственных объектах, выявление вредных и опасных производственных факторов, которые могут возникать при разработке и эксплуатации данных аппаратов.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

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

Согласно ТК РФ, N 197-ФЗ работник аудитории 101, 10 корпуса ТПУ имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра.

4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место в аудитории 101, 10 корпуса ТПУ должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. Оно должно занимать площадь не менее 4,5 м², высота помещения должна быть не менее 4 м, а объем - не менее 20 м³ на одного человека. Высота над уровнем пола рабочей поверхности, за которой работает оператор, должна составлять 720 мм. Оптимальные размеры поверхности стола 1600 x 1000 кв. мм. Под столом должно иметься пространство для ног с

размерами по глубине 650 мм. Рабочий стол должен также иметь подставку для ног, расположенную под углом 15° к поверхности стола. Длина подставки 400 мм, ширина - 350 мм. Удаленность клавиатуры от края стола должна быть не более 300 мм, что обеспечит удобную опору для предплечий. Расстояние между глазами оператора и экраном видеодисплея должно составлять 40 - 80 см. Так же рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество. Рабочий стул должен иметь дизайн, исключаящий онемение тела из-за нарушения кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте.

Таким образом, рабочее место сотрудника аудитории 101, 10 корпуса ТПУ соответствует требованиям ГОСТ 12.2.032-78.

4.2 Производственная безопасность

Наличие возможных опасных и вредных производственных факторов характеризуют производственные условия, которые могут оказывать негативное влияние на работников.

Данные факторы основаны на стандарте ГОСТ 12.0.003 – 2015 [21] и представлены в таблице Таблица 19.

Таблица 19 – Опасные и вредные факторы при проектировании системы для орошения железнодорожных вагонов

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015).	Разработка	Монтаж	Эксплуатация	Нормативные документы
Вредные				
1. Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 [22]
2. Повышенный уровень шума на рабочем месте	-	+	+	ГОСТ 12.1.003-83
3. Повышенный уровень напряженности электростатического поля	-	-	+	СанПиН 2.2.4.1191-03 [23]
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны	-	+	+	СанПиН 2.2.1/2.1.1.12 78-03 [24]
5. Неудовлетворительный микроклимат	-	+	+	СанПиН 2.2.4.3359-16 [25]
6. Нервно-психические перегрузки на рабочем месте	+	+	-	Р 2.2.2006-05 [26]
Опасные				
7. Поражение электрическим током	+	+	+	ГОСТ Р 12.1.019-2009 [27]
8. Пожароопасность	+	+	+	ГОСТ 12.1.044-89 [28]
9. Движущиеся машины и механизмы	-	+	+	ГОСТ 12.2.062-81 [29]

4.2.1 Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований и разработка мероприятий по снижению воздействий от факторов

1. Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны
Источник фактора – ПЭВМ.

Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции и создают предпосылки для высокого уровня работоспособности

Таблица 20 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
	Iб (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
	IIa (175-232)	19-21	18-22	60-40	0,2
	IIб (233-290)	17-19	16-20	60-40	0,2
	III (более 290)	16-18	15-19	60-40	0,3
Теплый	Ia (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1
	Iб (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1
	IIa (175-232)	20-22	19-23	60-40	0,2
	IIб (233-290)	19-21	18-22	60-40	0,2
	III (более 290)	18-20	17-21	60-40	0,3

В качестве средств защиты от шумов предполагается установка более мощных вентиляторов на ПЭВМ.

2. Повышенный уровень шума на рабочем месте

Работа ПЭВМ сопровождается акустическими шумами. Это обусловлено следующими деталями ПЭВМ:

- Кулеры на процессоре и на корпусе;
- Жесткие диски.

Различные шумы от техники являются привычными для современного человека, однако они обладают накопительным эффектом, что может негативно сказываться на здоровье. К таким последствиям относятся головокружение, оглушение, рассеянность.

Таблица 21 – Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий напряженности

Категория напряженности трудового процесса	Предельно допустимый уровень звука, дБА
Напряженность легкой степени	80
Напряженность средней степени	70
Напряженный труд 1 степени	60
Напряженный труд 2 степени	50

В качестве средств защиты от шумов предполагается помещение вентиляторов в защитный кожух внутри корпуса ПЭВМ, само помещение (потолки и стены) рекомендуется покрывать звукопоглощающими материалами с максимальными коэффициентами звукопоглощения в области частот 63 - 8000 Гц.

3. Повышенный уровень напряженности электростатического поля

Электростатические заряды способны накапливаться на экране компьютера, клавиатуре и компьютерной мыши при включенном питании.

Сильное электростатическое поле способствует нарушению сна, потере аппетита и раздражительности.

Влияние электрического тока искрового разряда статического электричества от ноутбука мало и не может вызвать поражение человека. Однако существующие заряды увеличивают накопление пыли на поверхностях, и при длительном непрерывном взаимодействии с устройством человек подвергается риску плохого самочувствия в связи с попаданием вредных веществ в глаза и дыхательные пути.

Согласно ГОСТ 12.1.045–84 [30], предельно допустимый уровень напряженности электростатических полей устанавливается равным 60 кВ/м в течение 1 часа.

Для защиты от статического электричества применяются следующие методы: заземление оборудования, увлажнение окружающего воздуха, а также применение полов из антистатического материала.

4. Недостаточная освещенность рабочей зоны

К понятию освещения относятся получение, распределение и использование световой энергии для обеспечения благоприятных условий видения предметов и объектов. От него зависят настроение и самочувствие человека, а также эффективность труда.

Все установки, обеспечивающие освещение, должны соответствовать нормативным требованиям. Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03, нормируемый показатель искусственного освещения в помещениях с ПЭВМ равен 300 лк.

Для защиты предлагается добавлять источники света или усиливать уже имеющиеся.

5. Неудовлетворительный микроклимат

Для создания и автоматического поддержания в аудитории 101, 10 корпуса ТПУ независимо от наружных условий оптимальных значений температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, в холодное время года используется водяное отопление, в теплое время года применяется кондиционирование воздуха. Кондиционер представляет собой вентиляционную установку, которая с помощью приборов автоматического регулирования поддерживает в помещении заданные параметры воздушной среды.

Аудитория 101, 10 корпуса ТПУ является помещением I б категории. Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих на рабочих местах от производственных источников, нагретых до темного свечения (материалов, изделий и др.).

Таблица 22 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Катег. работ по уровню энер-гозатрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относ. влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Іб	21-23	20-24	40-60	0,1
Теплый	Іб	22-24	21-25	40-60	0,1

Таблица 23 – Допустимые величины интенсивности теплового облучения

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м ² , не более
50 и более	35
25-50	70
не более 25	100

В аудитории проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ЭВМ.

К средствам защиты можно отнести дополнительные меры по защите работников от возможного перегревания и охлаждения. К таким относятся, например, системы местного кондиционирования воздуха; использование индивидуальных средств защиты от повышенной или пониженной температуры; установление периодов работы и отдыха в соответствии с имеющимися условиями так, чтобы нормализовать тепловое состояние сотрудника; сокращение рабочей смены и др.

6. Нервно-психические перегрузки на рабочем месте

К вредным психофизиологическим факторам можно отнести переутомление, стресс, умственное и эмоциональное перенапряжение, монотонность труда.

Утомление и снижение работоспособности неизбежны при неправильном положении в работе. Неграмотно организованное рабочее место вызывает мышечные спазмы и усталость.

Длительная работа за экраном дисплея способствует снижению зрения, головной боли, раздражительности, потери внимания. А отсутствие регламентированных перерывов способно вызывать умственное перенапряжение, что делает неэффективной всю дальнейшую работу,

Режим труда и отдыха работника: при вводе данных, редактировании программ, чтении информации с экрана непрерывная продолжительность работы не должна превышать 4-х часов при 8-часовом рабочем дне. Через каждый час работы необходимо делать перерыв на 5-10 минут, а через два часа – на 15 минут.

Для предотвращения переутомления и напряжения необходимо строго соблюдать регламентируемые перерывы, проводя в это время физическую разминку, то же рекомендуется делать и по окончании рабочего дня.

7. Поражение электрическим током

Для предотвращения поражения электрическим током, где размещаются рабочее место с ЭВМ в аудитории 101, 10 корпуса ТПУ, оборудование должно быть оснащено защитным заземлением, занулением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации. Для предупреждения электротравматизма необходимо проводить соответствующие организационные и технические мероприятия:

- 1) оформление работы нарядом или устным распоряжением;
- 2) проведение инструктажей и допуск к работе;
- 3) надзор во время работы.

Уровень напряжения для питания ЭВМ в данной аудитории 220 В, для серверного оборудования 380 В. По опасности поражения электрическим током помещение 101, 10 корпуса ТПУ относится к первому классу – помещения без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18-20°, с влажностью 40-50%).

Основными техническими средствами защиты, согласно ПУЭ, являются защитное заземление, автоматическое отключение питания, устройства защитного отключения, изолирующие электрозащитные средства, знаки и

плакаты безопасности. Наличие таких средств защиты предусмотрено в рабочей зоне. В целях профилактики периодически проводится инструктаж работников по технике безопасности.

8. Пожароопасность

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара в помещении 101, 10 корпуса ТПУ. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Основные источники возникновения пожара:

1) Неработоспособное электрооборудование, неисправности в проводке, розетках и выключателях. Для исключения возникновения пожара по этим причинам необходимо вовремя выявлять и устранять неполадки, а также проводить плановый осмотр электрооборудования.

2) Электрические приборы с дефектами. Профилактика пожара включает в себя своевременный и качественный ремонт электроприборов.

3) Перегрузка в электроэнергетической системе (ЭЭС) и короткое замыкание в электроустановке.

Под пожарной профилактикой понимается обучение пожарной технике безопасности и комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров.

Пожарная безопасность обеспечивается комплексом мероприятий:

- обучение, в т.ч. распространение знаний о пожаробезопасном поведении (о необходимости установки домашних индикаторов задымленности и хранения зажигалок и спичек в местах, недоступных детям);
- пожарный надзор, предусматривающий разработку государственных норм пожарной безопасности и строительных норм, а также проверку их выполнения;

- обеспечение оборудованием и технические разработки (установка переносных огнетушителей и изготовление зажигалок безопасного пользования).

В соответствии с ТР «О требованиях пожарной безопасности» для административного жилого здания требуется устройство внутреннего противопожарного водопровода.

Согласно ФЗ-123 [31], НПБ 104-03 «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях» [32] для оповещения о возникновении пожара в каждом помещении должны быть установлены дымовые оптико-электронные автономные пожарные извещатели, а оповещение о пожаре должно осуществляться подачей звуковых и световых сигналов во все помещения с постоянным или временным пребыванием людей.

Аудитория 101, 10 корпуса ТПУ оснащена первичными средствами пожаротушения: огнетушителями ОУ-3 1шт., ОП-3, 1шт. (предназначены для тушения любых материалов, предметов и веществ, применяется для тушения ПК и оргтехники, класс пожаров А, Е.).

Таблица 24 – Типы используемых огнетушителей при пожаре в электроустановках

Напряжение, кВ	Тип огнетушителя (марка)
До 1,0	порошковый (серии ОП)
До 10,0	углекислотный (серии ОУ)

Согласно НПБ 105-03 [33] помещение, предназначенное для проектирования и использования результатов проекта, относится к типу П-2а.

Таблица 25 – Категории помещений по пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
П-2а	Зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 мегаджоуля на квадратный метр.

В корпусе 10 ТПУ имеется пожарная автоматика, сигнализация. В случае возникновения загорания необходимо обесточить электрооборудование, отключить систему вентиляции, принять меры тушения (на начальной стадии) и обеспечить срочную эвакуацию студентов и сотрудников в соответствии с планом эвакуации.

9. Движущиеся машины и механизмы

При монтаже установки и в процессе ее эксплуатации по железнодорожным путям двигаются составы, в связи с чем необходимо проводить мероприятия по устранению возможных механических травм. К числу которых относятся: ограждение зоны прохода составов с установкой предупреждающих знаков, проверка состояния оборудования и своевременное устранение дефектов.

Для защиты от данных опасных факторов используются коллективные средства защиты, – устройства, препятствующие появлению человека в опасной зоне. Согласно ГОСТ 12.2.062-81 ограждения выполняются в виде различных сеток, решеток, экранов и кожухов. Они должны иметь такие размеры и быть установлены таким образом, чтобы в любом случае исключить доступ человека в опасную зону. При устройстве ограждений должны соблюдаться определенные требования. Запрещается работа со снятым или неисправным ограждением.

В качестве профилактических мер планируется систематически производить проверку наличия защитных ограждений и их состояние.

Основными мерами предосторожности являются: соблюдение всех требований правил техники безопасности при работе с инструментами; соблюдение формы одежды (все пуговицы на одежде должны быть застегнуты, полы одежды не должны болтаться); повышенное внимание на рабочем месте.

4.3 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений.

4.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Так как при проектировании большую часть времени исполнитель проводит за ЭВМ, то рассматривать стоит именно влияние ЭВМ на окружающую среду, а точнее процесс его утилизации.

4.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Процесс исследования представляет из себя работу с информацией, такой как технологическая литература, статьи, ГОСТы и нормативно-техническая документация, а также разработка автоматического устройства и его расчёт с помощью различных программных комплексов. Таким образом, процесс исследования не имеет влияния негативных факторов на окружающую среду.

4.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.

Утилизация компьютерного оборудования осуществляется по специально разработанной схеме, которая должна соблюдаться в организациях:

1. На первом этапе необходимо создать комиссию, задача которой заключается в принятии решений по списанию морально устаревшей или не рабочей техники, каждый образец рассматривается с технической точки зрения.
2. Разрабатывается приказ о списании устройств. Для проведения экспертизы привлекается квалифицированное стороннее лицо или организация.
3. Составляется акт утилизации, основанного на результатах технического анализа, который подтверждает негодность оборудования для дальнейшего применения.
4. Формируется приказ на утилизацию. Все сопутствующие расходы должны отображаться в бухгалтерии.
5. Утилизацию оргтехники обязательно должна осуществлять специализированная фирма.
6. Получается специальная официальной формы, которая подтвердит успешность уничтожения электронного мусора.

После оформления всех необходимых документов, компьютерная техника вывозится со склада на перерабатывающую фабрику. Все полученные в ходе переработки материалы вторично используются в различных производственных процессах.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-94 [34] ЧС - это нарушение нормальных условий жизни и деятельности людей на объекте или определенной территории (акватории), вызванное аварией, катастрофой, стихийным или экологическим бедствием, эпидемией, эпизоотией (болезнь животных), эпифитотией (поражение растений), применением возможным противником современных средств поражения и приведшее или могущее привести к людским или материальным потерям".

С точки зрения выполнения проекта характерны следующие виды ЧС:

1. Пожары, взрывы;
2. Внезапное обрушение зданий, сооружений;
3. Геофизические опасные явления (землетрясения);
4. Метеорологические и агрометеорологические опасные явления;

Так как объект исследований представляет из себя расчёты и объёмную конструкторскую модель, то наиболее вероятной ЧС в данном случае можно назвать пожар в аудитории с ЭВМ, где разрабатывается это оборудование. В аудитории применяется не горючие и не выделяющие дым кабели. Таким образом возникновение пожаров происходит из-за человеческого фактора, в частности, это несоблюдение правил пожарной безопасности. К примеру, замыкание электропроводки - в большинстве случаев тоже человеческий фактор. Соблюдение современных норм пожарной безопасности позволяет исключить возникновение пожара в аудитории с работающим ЭВМ.

- При разработке проекта серверной необходимо учесть, что автоматическая установка пожаротушения (АУПТ) должна быть обеспечена электропитанием по первой категории (п. 15.1 СП 5.13.130.2009).

- Согласно СП 5.13130.2009 [35] в системах воздуховодов общеобменной вентиляции, воздушного отопления и кондиционирования воздуха защищаемых помещений следует предусматривать автоматически закрывающиеся при обнаружении пожара воздушные затворы (заслонки или противопожарные клапаны).

- Согласно СП 5.13130.2009 При пожаре необходимо предусматривать до включения установки автоматическое отключение систем вентиляции, воздушного отопления, кондиционирования, дымоудаления и подпора воздуха защищаемых помещений, а также закрытие воздушных затворов или противопожарных клапанов.

Заключение к главе 4

В результате проделанной работы были рассмотрены правовые и организационные вопросы. Было выяснено, что рабочее место соответствует всем необходимым нормам. Также, был рассмотрен вопрос производственной безопасности и экологической безопасности, в результате чего было выяснено, что процесс проектирования системы безопасен для исполнителя и окружающей среды. Также, были проанализированы вероятные ЧС и способы их предотвращения.

Заключение

В ходе работы было проведено сравнение эффективности методов борьбы с выветриванием мелких фракций угля из вагонов. Для этого были проанализированы следующие методы: уплотнение, закрытие вагона защитной крышкой и орошение поверхности груза связующим составом. Данные способы отличаются между собой дороговизной, сложностью и временными затратами. Проанализировав достоинства и недостатки каждого способа, было принято решение о проектировании установки для орошения поверхности груза в вагонах, так как данный метод предупреждения потерь является наиболее эффективным по результатам исследования.

Была произведена разработка эскиза и 3D модели будущего устройства. Оно будет представлять из себя портал из металлических балок, через который будут проходить составы. При этом, габариты установки удовлетворяют габаритам С и СП.

Также, был разработан алгоритм работы системы и структурная схема устройства.

После этого был произведен расчет подсистем (гидравлической, пневматической и электрической) и выбор датчиков и исполнительных механизмов. В качестве вычислительного устройства был выбран Raspberry Pi 4, так как он обладает достаточной вычислительной мощностью для обработки сигнала с камеры и при этом имеет довольно маленькие размеры. Однако, для завершения разработки необходимо написать систему компьютерного зрения и реализовать алгоритм в коде.

По результатам исследования финансовой эффективности проектируемого устройства можно утверждать, что внедрение данной установки позволит не только сократить потери мелких фракций угля при транспортировке, но и получить от этого прибыль. Таким образом, установка окажется весьма востребованной среди угледобывающих компаний.

Conclusion

In the course of the work, the effectiveness of methods for controlling the weathering of small fractions of coal from cars were compared. To do this, the following methods were analyzed: sealing, closing the car with a protective cover, and irrigation of the cargo surface with a binder. These methods differ in their cost, complexity, and time costs. After analyzing the advantages and disadvantages of each method, it was decided to design an installation for irrigation of the cargo surface in wagons, since this method of preventing losses is the most effective according to the results of the study.

A sketch and 3D model of the future device were developed. It will be a portal made of metal beams, through which trains will pass. At the same time, the dimensions of the installation meet the dimensions of “C” and “CП”.

After, the algorithm of the system and the block diagram of the device were developed.

After that, the subsystems (hydraulic, pneumatic and electrical) were calculated and the sensors and actuators were selected. The Raspberry Pi 4 was chosen as the computing device, since it has sufficient computing power to process the signal from the camera and at the same time has a fairly small size. However, to complete the development, it's necessary to develop a computer vision system and implement the algorithm in the code.

According to the results of the study of the financial efficiency of the designed device, it can be argued that the introduction of this installation will not only reduce the loss of small fractions of coal during transportation, but also make a profit from this. Thus, the installation will be very popular among coal mining companies.

Список использованной литературы

1. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области в 2011 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://gosdoklad.kuzbasseco.ru/doklad_ecolog_2011_final.pdf
2. Коротков, Сергей. Влияние угольной пыли на здоровье работников горной промышленности Кузбасса [Электронный ресурс] / С. Коротков. – Электрон. текстовые дан. – Юрга: [б.и.], 2000. – Режим доступа: http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/26071/1/conference_tpu-2016-C30_p427-429.pdf, свободный.
3. А.С. Голик, В.А. Зубарева, В.А. Огурецкий, Л.М. Полен. Охрана труда на предприятиях угольной промышленности. М.: Горная книга, 2009.
4. Грузоведение, сохранность и крепление грузов / А. А. Сме-хов, А. Д. Малов, А. М. Островский и др.; Под ред. А. А. Смехова — М.: Транспорт, 1987.— 239 с.
5. Перепон В.П. Организация перевозок грузов: Учебник для техникумов и колледжей ж.-д. трансп. — М.: Маршрут, 2003. — 614 с.
6. Электроснабжение железных дорог : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / И.В. Игнатенко. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2013. – 113 с. : ил.
7. Технический регламент Таможенного союза "О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта" № ТР ТС 003/2011. – 2012 [Электронный ресурс]. Дата обновления: 9.12.2011. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902293439> - дата обращения: 10.03.2020
8. Способ форсуночного орошения водой загруженных сыпучим материалом транспортных средств и установка для его осуществления [Текст]: заявка 2117624 Рос. Федерация : МПК7 В 65 G 69/18 / Новак Бернхард (Германия); заявитель Рурколе АГ ; патент. — № 96115133/28 ; заявл. 12.12.1994 ; опубл. 20.08.1996; приоритет 10.12.1993 DE P 43 42 176.8
9. Клапан соленоидный латунный муфтовый двухходовой нормально закрытый ручной дублер Smart SG5533 [Электронный ресурс]. – **Режим**

доступа: <https://centrarm.ru/wa-data/public/shop/photos/passports/SG5533.pdf> - дата обращения: 21.03.2020

10. Центробежные электронасосы Pedrollo [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mirgorod.biz/download/Pedrollo-HF.pdf> - дата обращения: 21.03.2020

11. Пример подбора поршневого компрессора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.immertech.ru/support/compendium/index.html?frametoopen=http://www.immertech.ru/support/compendium/9/1/1/index.html> - дата обращения: 21.03.2020

12. Формула Сен-Венана [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://wikiredia.ru/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%80%D0%BC%D1%83%D0%BB%D0%B0_%D0%A1%D0%B5%D0%BD-%D0%92%D0%B5%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%B0_%E2%80%94%D0%92%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B5%D0%BB%D1%8F - дата обращения: 21.03.2020

13. Клапан электромагнитный латунный муфтовый двухходовой нормально закрытый Smart SM5563 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://centrarm.ru/wa-data/public/shop/photos/passports/SM5563.pdf> - дата обращения: 21.03.2020

14. [Пускатель твердотельный D2450](#) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.chipdip.ru/product/d2450> - дата обращения: 21.03.2020

15. [Транзистор KT315A1](#) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://static.chipdip.ru/lib/366/DOC004366004.pdf> - дата обращения: 21.03.2020

16. Лазер QLF093A [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://lenlasers.ru/upload/iblock/65e/QLF093x_40B8.LLS.pdf - дата обращения: 21.03.2020

17. Модуль камеры AR0330 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://aliexpress.ru/item/32490141139.html> - дата обращения: 25.05.2020

18. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования // Техноэксперт URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003913> - дата обращения: 25.05.2020
19. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 // Техноэксперт URL: <http://docs.cntd.ru/document/901865498> - дата обращения: 25.05.2020
20. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/ - дата обращения: 25.05.2020
21. ГОСТ 12.0.003 - 15 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация // Техноэксперт URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200136071> - дата обращения: 25.05.2020
22. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений // Техноэксперт URL: <http://docs.cntd.ru/document/901704046> - дата обращения: 25.05.2020
23. СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях // Техноэксперт URL: <http://docs.cntd.ru/document/901853847> - дата обращения: 25.05.2020
24. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий // Техноэксперт URL: <http://docs.cntd.ru/document/901859404> - дата обращения: 25.05.2020
25. СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах" // Техноэксперт URL: <http://docs.cntd.ru/document/420362948> - дата обращения: 25.05.2020
26. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда // Техноэксперт URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200040973> - дата обращения: 25.05.2020

27. ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты // Техноэксперт URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200080203> - дата обращения: 25.05.2020

28. ГОСТ 12.1.044-89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения // Техноэксперт URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12-1-044-89> - дата обращения: 25.05.2020

29. ГОСТ 12.2.062-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Ограждения защитные // Техноэксперт URL: <http://docs.cntd.ru/document/9051598> - дата обращения: 25.05.2020

30. ГОСТ 12.1.045-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля // Техноэксперт URL: <http://docs.cntd.ru/document/9051575> - дата обращения: 25.05.2020

31. Федеральный закон N 123-ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности // Техноэксперт URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> - дата обращения: 25.05.2020

32. Нормы пожарной безопасности "Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах в зданиях и сооружениях" (НПБ 104-03) // Консультант URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_43036/64bd720fc0f589ab6edcfс33с309562а06321645/ - дата обращения: 25.05.2020

33. Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (НПБ 105-03) // Техноэксперт URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200032102> - дата обращения: 25.05.2020

34. ГОСТ Р 22.0.02-94 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий // Техноэксперт URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200001517> - дата обращения: 25.05.2020

35. СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования // Техноэксперт URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071148> - дата обращения: 25.05.2020

Приложение А

(обязательное)

Структурная схема системы

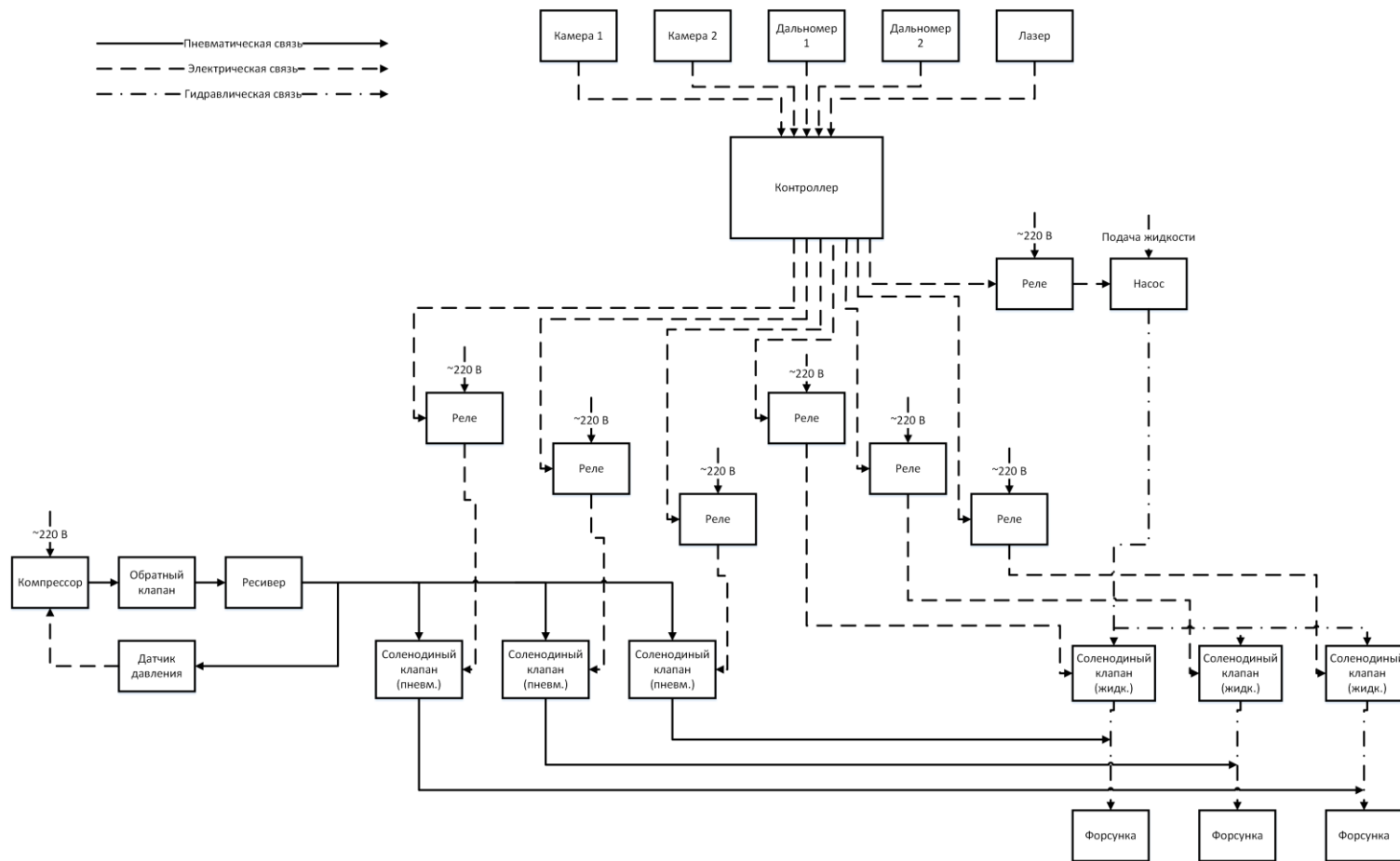


Рисунок А.1 – Структурная схема устройства

Приложение Б (обязательное) **Алгоритм работы системы**

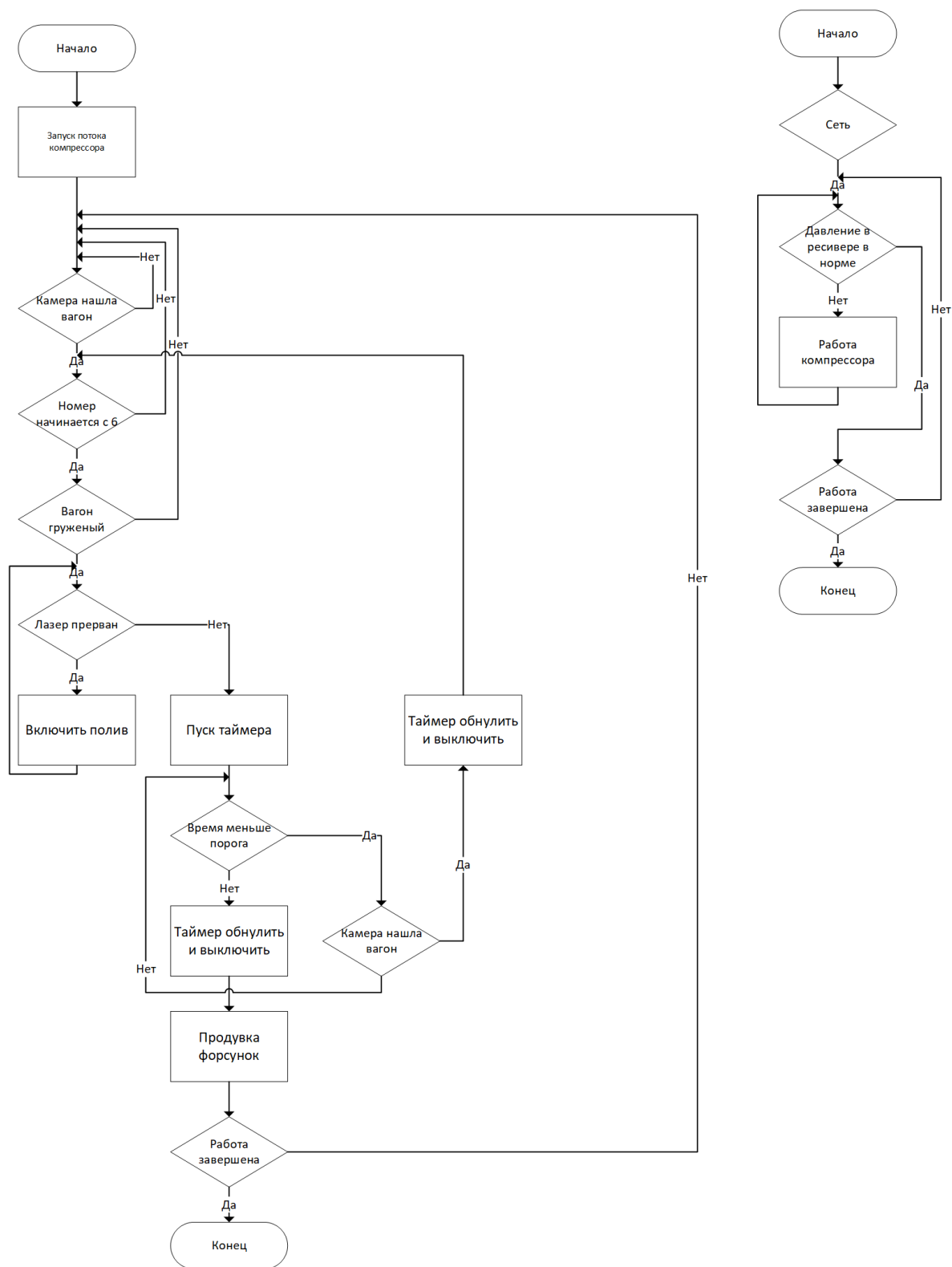


Рисунок Б.1 – Блок-схема алгоритма работы устройства

Приложение В

(обязательное)

Электрическая принципиальная схема устройства

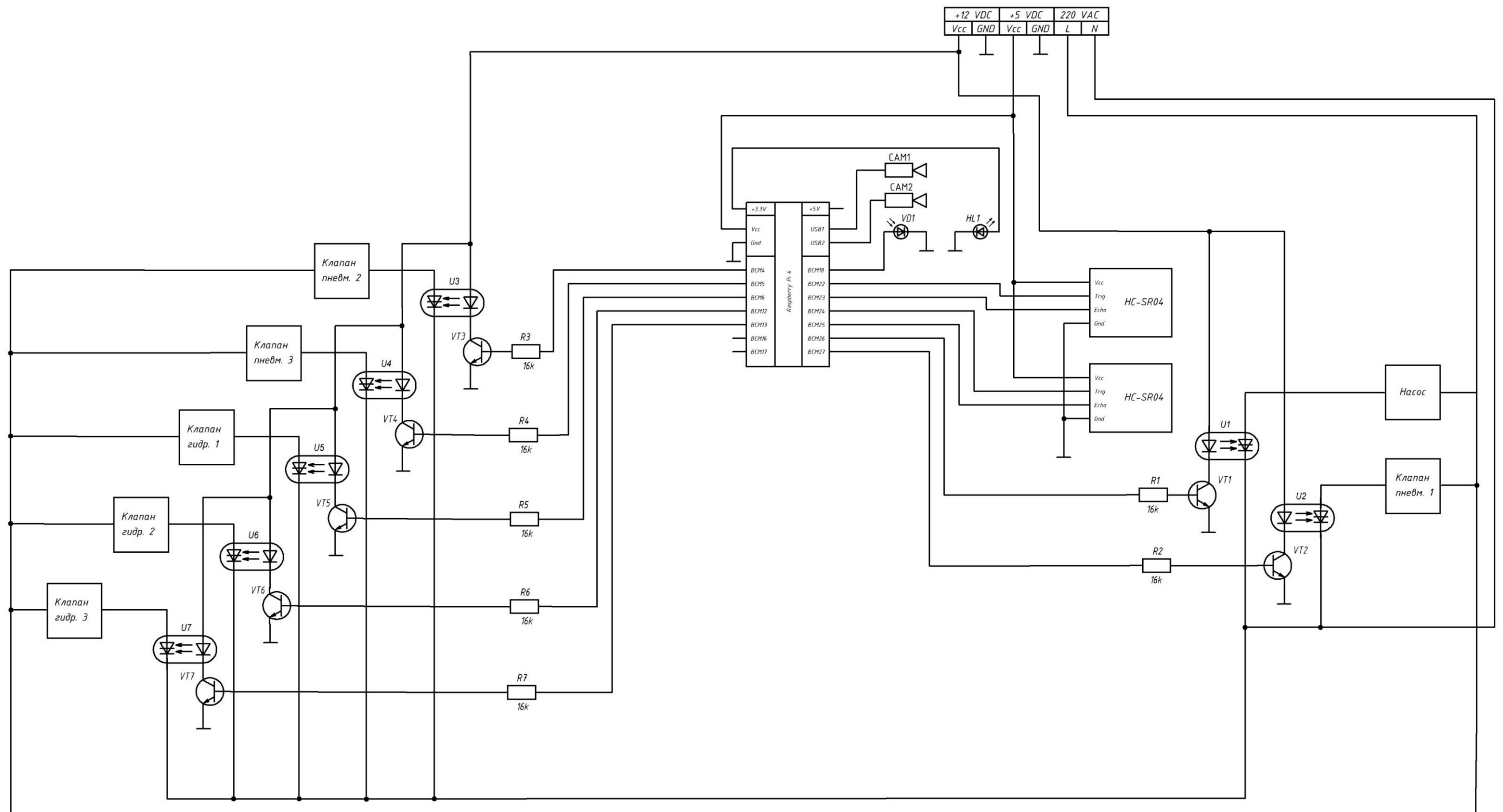


Рисунок В.1 – Электрическая принципиальная схема устройства