

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

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность  
 Отделение школы Отделение контроля и диагностики

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

<b>Тема работы</b>
Управление риском при выполнении сварочных работ
УДК 658.345:621.791

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1EM01	Макаров Александр Евгеньевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Гусельников М.Э.	к.т.н., доцент		

### КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Верховская М.В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Сечин А.И.	д.т.н., доцент		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП 20.04.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Амелькович Ю.А.	к.т.н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, выработывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	Способен структурировать знания, готов к решению сложных и проблемных вопросов;
ОПК(У)-2	Способен генерировать новые идеи, их отстаивать и целенаправленно реализовывать;
ОПК(У)-3	Способен акцентированно формулировать мысль в устной и письменной форме на государственном языке Российской Федерации и на иностранном языке;
ОПК(У)-4	Способен организовывать работу творческого коллектива в обстановке коллективизма и взаимопомощи;
ОПК(У)-5	Способен моделировать, упрощать, адекватно представлять, сравнивать, использовать известные решения в новом приложении, качественно оценивать количественные результаты, их математически формулировать.
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	Способен ориентироваться в полном спектре научных проблем профессиональной области;
ПК(У)-2	Способен создавать модели новых систем защиты человека и среды обитания;
ПК(У)-3	Способен анализировать, оптимизировать и применять современные информационные технологии при решении научных задач;
ПК(У)-4	Способен идентифицировать процессы и разрабатывать их рабочие модели,

	интерпретировать математические модели в нематематическое содержание, определять допущения и границы применимости модели, математически описывать экспериментальные данные и определять их физическую сущность, делать качественные выводы из количественных данных, осуществлять машинное моделирование изучаемых процессов;
ПК(У)-5	Способен использовать современную измерительной технику, современные методы измерения;
ПК(У)-6	Способен применять методы анализа и оценки надежности и техногенного риска;
ПК(У)-7	Способен организовывать и руководить деятельностью подразделений по защите среды обитания на уровне предприятия, территориально-производственных комплексов и регионов, а также деятельность предприятия в режиме чрезвычайной ситуации ;
ПК(У)-8	Способен осуществлять взаимодействие с государственными службами в области экологической, производственной, пожарной безопасности, защиты в чрезвычайных ситуациях;
ПК(У)-9	Способен участвовать в разработке нормативно-правовых актов по вопросам техносферной безопасности;
ПК(У)-10	Способен к рациональному решению вопросов безопасного размещения и применения технических средств в регионах;
ПК(У)-11	Способен применять на практике теории принятия управленческих решений и методы экспертных оценок.
ДПК(У)-12	Способен осуществлять педагогическую деятельность в области профессиональной подготовки
ДПК(У)-13	Способен осуществлять технико-экономические расчеты мероприятий по повышению безопасности
ДПК(У)-14	Способен проводить экспертизу безопасности и экологичности технических проектов, производств, промышленных предприятий и территориально-производственных комплексов

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность  
 Отделение школы Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Ю.А. Амелькович  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ  
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

Студенту:

Группа	ФИО
1EM01	Макаров Александр Евгеньевич

Тема работы:

Управление риском при выполнении сварочных работах	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ № 27-40/с от 27.01.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2022
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Нормативные документы по организации сварочного производства
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Изучение процессов сварки, выявление и анализ возможных опасных и вредных факторов, определение рисков, разработка мероприятий по снижению рисков
<b>Перечень графического материала</b>	
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Верховская Марина Витальевна, доцент ОСГН, к.э.н.

«Социальная ответственность»	Сечин Александр Иванович, профессор ООД, д.т.н.
"Иностранный язык"	Ажель Юлия Петровна, старший преподаватель ОИЯ
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Расчет количества электродов за смену	
<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Гусельников Михаил Эдуардович	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ЕМ01	Макаров Александр Евгеньевич		

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

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности

Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность

Отделение школы Отделение контроля и диагностики

Период выполнения 2020/2021 – 2021/2022 учебные года

Форма представления работы:

<b>магистерская диссертация</b>
---------------------------------

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

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
29.11.2020	Обзор источников информации	10
29.11.2020	Формулирование целей и задач работы, формулирование предмета и объекта разработки	5
30.06.2021	Проведение расчетов вероятностей аварий и несчастных случаев	20
25.12.2021	Вычисление рисков аварий и несчастных случаев, разработка мероприятий по снижению наибольших рисков	20
14.05.2022	Анализ полученных результатов и выводы о достижении цели в основном разделе ВКР	5
14.05.2022	Разработка разделов «Социальная ответственность», «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», "Иностранный язык"	10
25.05.2022	Оформление ВКР и презентационных материалов	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Гусельников М.Э.	к.т.н., доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП 20.04.01 «Техносферная безопасность»	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Амелькович Ю.А.	к.т.н.		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1EM01	Макаров Александр Евгеньевич

<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение школы</b>	<b>ОКД</b>
<b>Уровень образования</b>	магистратура	<b>Направление/специальность</b>	20.04.01 Техносферная безопасность

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитические материалы; статистические данные, нормативно-правовая документация.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

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

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Выполнить предпроектный анализ исследования, выявить потенциальных потребителей результата исследования, провести анализ конкурентных технических решений с позиции технических характеристик разработки.
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Детализировать структуру работ, рассчитать бюджет научного исследования.
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определить ресурсосберегающую эффективность исследования.

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

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. График проведения и бюджет НТИ

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН	Верховская Марина Витальевна	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1EM01	Макаров Александр Евгеньевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1EM01	Макаров Александр Евгеньевич

<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОКД</b>
<b>Уровень образования</b>	магистратура	<b>Направление/специальность</b>	20.04.01 Техносферная безопасность

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

<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</li> </ul>	<p>Объект исследования: Стационарный сварочный пост, профессия сварщик.          Область применения: Промышленное производство.          Рабочая зона: стационарный сварочный пост.          Количество и наименование оборудования рабочей зоны: сварочный трансформатор 1 шт., сварочные кабели – 1 сварочный кабель (электродный), 1 обратный (земляной), электрододержатель – 1шт., покрытый электрод – 1 упаковка.          Рабочие процессы: сварочные работы</p>
--	---

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

<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно – гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.</li> <li>- СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"</li> <li>- ГОСТ 12.3.003-86. Системы стандартов безопасности. Работы электросварочные.</li> <li>- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> <li>- ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.</li> </ul>
<p><b>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных</li> </ul>	<p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- поражение электрическим током;</li> <li>- падение с высоты;</li> <li>- потеря здоровья глаз;</li> <li>- пожаровзрывоопасность;</li> </ul>



<p>факторов</p> <p>– Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора</p>	<p>- Повышенная температура поверхностей и брызги расплавленного металла.</p> <p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- превышение уровня шума;</li> <li>- отклонение параметров микроклимата;</li> <li>- недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>- монотонность труда;</li> <li>- перенапряжение зрительного анализатора;</li> <li>- статические физические перегрузки, связанные с рабочей позой;</li> <li>- интенсивное тепловыделение;</li> <li>- отравление организма вредными веществами;</li> <li>- механические опасности;</li> <li>- - психоэмоциональное перенапряжение.</li> </ul>
<p><b>3. Экологическая безопасность</b></p>	<p>Воздействие на атмосферу и гидросферу выбросами вредных веществ. (Сварочный аэрозоль, железа оксид, марганец и его соединения, хром, фториды). Воздействие на литосферу возможно в виде отработанных сварочных отходов (огарки электродов (Железа оксид III, марганец, железо, углерод и его соединения), вышедшая из строя оргтехника, отходы ламп)</p>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b></p>	<p>Наиболее типичная чрезвычайная ситуация – пожар, взрыв или их последовательное возникновение. В основном из-за образования искр и брызг расплавленного металла.</p>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД	Сечин Александр Иванович	д.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1EM01	Макаров Александр Евгеньевич		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 114 страниц, 6 рисунков, 33 таблицы, 30 источников, 4 приложения.

Ключевые слова: СВАРОЧНЫЕ РАБОТЫ, РИСК, ОПАСНЫЕ И ВРЕДНЫЕ ФАКТОРЫ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, ВРЕДНЫЕ ВЕЩЕСТВА, ВЗРЫВ.

Объектом исследования является стационарный пост сварщика.

Цель работы – снижение риска сварочных работ на рассматриваемом предприятии.

В процессе исследования проводились анализ сварочных работ на промышленном производстве. Разработка вентиляционной системы для удаления вредных веществ из воздуха, расчет количества вредных веществ в воздухе за смену, расчет риска аварии и ущерб от взрыва ацетиленового баллона.

В результате исследования были оценены опасные и вредные факторы на рабочем месте, предложена система вентиляции.

Данная конструкция вентиляционной системы рассчитана на применение на стационарный пост.

Экономическая эффективность работы: внедрение разработанной вентиляционной системы позволит удалять вредные вещества из воздуха, поддерживать параметры микроклимата.

## Оглавление

Реферат .....	10
ВВЕДЕНИЕ .....	13
1. Объемы сварочных работ на ОАО «ТЭМЗ» .....	15
1.1 Описание ОАО «ТЭМЗ» .....	15
1.2 Объемы сварочных работ ОАО «ТЭМЗ» .....	17
1.3 Описание процесса электросварки .....	18
2 Объект и методы исследования .....	22
2.1 Аналитический обзор литературы.....	22
2.1.1 Технологии сварочных работ .....	22
2.1.2 Опасности при проведении электросварочных работ на стационарном посту .....	23
2.2 Расчет количества электродов за смену .....	25
2.3 Расчет выделения вредных веществ при сварке .....	35
2.4 Расчет вентиляции.....	42
2.4.1 Расчет потребного воздухообмена .....	43
2.4.2 Расчет микроклимата .....	44
2.5 Определение ущерба при взрыве ацетиленового баллона .....	47
2.5.1 Расчет давления .....	48
2.5.2 Оценка ущерба от взрыва ацетиленового баллона.....	49
3 Результаты проведенного исследования.....	51
3.1 Описание аварии .....	51
3.2 Подсчет ущерба от аварии .....	51
3.3 Вероятность аварии.....	53
3.4 Обязательные мероприятия по снижению риска аварии .....	57
3.5 Организация мероприятий .....	58
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	59
4.1 Предпроектный анализ .....	59
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	59
4.2 Инициация проекта .....	62

4.2.1 Цели и результат проекта.....	62
4.2.2 Организационная структура проекта .....	63
4.3 Планирование управления научно-техническим проектом.....	64
4.3.1 План проекта.....	64
4.3.2 Бюджет научного исследования .....	66
4.3.3 Основная заработная плата .....	67
4.4 Оценка сравнительной эффективности исследования .....	70
4.5 Определение ресурсосберегающей эффективности исследования .....	73
5 Социальная ответственность .....	75
5.1 Производственная безопасность .....	77
5.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению. ....	77
5.1.2. Физические вредные факторы .....	80
5.1.3 Освещение .....	82
5.1.4 Шумы и вибрации .....	86
5.1.5 Опасное напряжение внутри сети .....	87
5.2 Психофизические факторы.....	88
5.3 Экологическая безопасность .....	89
5.4 Защита атмосферы.....	90
5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	90
Заключение .....	94
Список литературы .....	95
Приложение А .....	99
Приложение Б.....	100
Приложение В .....	101
Приложение Г.....	102

## ВВЕДЕНИЕ

Работа выполнялась в интересах ОАО Томский электромеханический завод. В 1920 году был основан. В 1947 году завод был назван в честь министра угольной промышленности В. В. Вахрушева. В 1949 году, на заводе появилось промышленное производство шахтных вентиляторов местного проветривания. Тем самым, в скором времени совершив переворот в скорости проходки шахтных выработок. В 1951 году добившись признания и высочайших оценок от государства. Среди работников завода находились лауреаты Сталинской премии, занимавшие руководящие должности и главные инженеры, учувствовавшие в создании. В 1956 году была проведена конференция, в которой обсуждался и был задан вектор работ на заводе по повышению технического прогресса производства горной техники.

Возникновение отрасли по добычи водных ископаемых, обновило всю выпускаемую продукцию и дало ТЭМЗ возможность производить инструменты с гидроприводом. В 1980 году производству удалось расширяться благодаря реконструкции. Увеличился технологический уровень и начали выпускать абсолютно лучшую продукцию.

В 1993 году ТЭМЗ был приватизирован. Почти половина акций перешла к государству, оставшаяся половина - в руки заводских и внешних акционеров, и оставшаяся маленькая часть была передана в фонд имущества на продажу. В 1996 году вышел закон «Об акционерных обществах» акционеров ежегодно избирает собрание Совет директоров. Управление деятельностью осуществляет единоличный исполнительный орган.

Немного технологии с упором на сварочные работы. Одним из наиболее вредных и опасных технологических процессов является сварка.

Она применяется при изготовлении вентиляторов, соединении швов и деталей вентиляторов. Применяется и в других цехах, например, при изготовлении лопат.

Поэтому данная работа, выполняемая для ОАО Томский электромеханический завод актуальна.

**Целью** работы является снижение риска сварочных работ на рассматриваемом предприятии.

Для достижения цели необходимо решить следующие **задачи**:

- Определить объем электрогазосварочных работ ОАО «ТЭМЗ».
- Определить расход сварочных электродов и количество выделяемых вредных веществ.
- Определить риск взрыва при газопламенных работах.
- Определить риск вероятного хлопка легковоспламеняющейся жидкости при электросварочных работах.
- Предложить мероприятия по снижению исследованных рисков.
- Разработать вентиляционную систему для удаления вредных веществ, поддержания параметров микроклимата и снижения риска взрыва при газопламенной резке.

## **1. Объемы сварочных работ на ОАО «ТЭМЗ»**

### **1.1 Описание ОАО «ТЭМЗ»**

Работа выполнена в интересах ОАО Томский электромеханический завод. С 1956 года завод ориентирован на производство горной техники. Возникновение отрасли по добычи водных ископаемых, обновило всю выпускаемую продукцию и дало ТЭМЗ возможность производить инструменты с гидроприводом. В 1980 году производству расширилось благодаря реконструкции.

Компания специализируется на выпуске горнодобывающего, шахтного оборудования и оборудования общего промышленного назначения. Завод предлагает, пружинные клапаны КВ-71-11-001, перепускные клапаны ПК/1, ПК/12, лопаты ЛС-1, И-87, И-115, И-121, И-236, люки для смотровых колодцев, ручные шлифовальные пневматические радиальные машины ИП-2014, сверлильные машинки ИП, гидравлические молотки МРГ-1, клепальные пневматические молотки ИП, рубильные пневматические молотки МР, пневматические отбойные молотки МО, электрические шахтные пилы ЭП, штепсельные разъемы РШ-2, ПР-8, ТКГ взрывозащищенные тормоза, шахтные вентиляторы с электрическим приводом ВМЭ, электрические горные сверла ЭРП, ЭР, электрогидравлические толкатели ТЭ.

#### **Пневмо и гидроинструмент:**

- Молотки отбойные: МО-1Б, МО-2Б, МО-3Б, МО-4Б
- Молотки рубильные: МР-22, МР-36,
- Молотки клепальные: ИП-4009 (МК-4М), ИП-4010 (МК-5М)
- Бетоноломы: Б-1, Б-2, Б-3, Б-200
- Пневматические сверлильные машины: СП-8, СП7-1000, СП9-1500,
- Машина ручная шлифовальная пневматическая радиальная: ИП-2014
- Машина ручная шлифовальная пневматическая угловая: ИП-2106

#### **Шахтные вентиляторы:**

Вентиляторы с электрическим приводом: ВМЭ-4, ВМЭ-5, ВМЭ-6, ВМЭ - 6/1, ВВМ-7, ВВМ-8, ВВМ-8/1, ВМЭ-8, ВМЭ-8-90, ВМЭ-10Р, ВМЭ2-10, ВМЭ2-10-160, ВМЭ-12, ВМЭ-12/1

- Вентиляторы с пневматическим приводом: ВМП- 4М, ВМП- 6/1
- Вентилятор общепромышленный: ВОЭ-5.

**Гидравлические толкатели:**

- Электрогидравлический толкатель: ТЭ-30, ТЭ-30/50, ТЭ-50М, ТЭ-80М, ТЭ-150, ТЭ-200, ТЭ-250/160

Электрогидравлический толкатель (взрывозащищенные): ТЭ-30РВ (ТЭ-30В), ТЭ-50МРВ (ТЭ-50В), ТЭ-80МРВ (ТЭ-80В), ТЭ-150РВ (ТЭ-150В)

Вентиляторы главного проветривания:

Вентилятор главного проветривания для метрополитена: ВГПМ-20:

**Электроинструмент:**

Электрические горные сверла: ЭР18Д-2М, ЭРП18Д-2М

Пилы электрические шахтные: ЭП-4М

Тормоза дисковые:

Тормоза дисковые: ТД-2, ТД-2РВ

**Электроприводы:**

Электропривод: ЗЭП1

Тормоза колодочные: ТКГ-100, ТКГ-160, ТКГ-200, ТКГ-300, ТКГ-400, ТКГ-500, ТКГ-600, ТКГ-700, ТКГ-800

Тормоза колодочные (взрывозащищенные): ТКГ-100РВ, ТКГ-160РВ, ТКГ-200РВ, ТКГ-300РВ, ТКГ-400РВ, ТКГ-500РВ, ТКГР-750РВ

**Пускатели:**

Пускатель взрывозащищенный: ЗПВР-400

Завод выпускает следующее оборудование во взрывобезопасном варианте:

- Вентиляторы взрывозащищенные и взрывобезопасные: ВМЭ-4, ВМЭ-5, ВМЭ-6, ВМЭ - 6/1, ВМЭ-6Р, ВМЭ-6Р/1, ВВМ-7, ВВМ-8, ВВМ-8/1,



ВМЭ-8, ВМЭ-8-90, ВМЭ-10Р, ВМЭ2-10, ВМЭ2-10-160, ВМЭ-12, ВМЭ-12/1, ВГПМ-20

- Гидротолкатели: ТЭ-30РВ (ТЭ-30В) , ТЭ-50МРВ (ТЭ-50В), ТЭ-80МРВ (ТЭ-80В), ТЭ-150РВ (ТЭ-150В)
- Тормоза колодочные: ТКГ-100РВ, ТКГ-160РВ, ТКГ-200РВ, ТКГ-300РВ, ТКГ-400РВ, ТКГ-200РВ, ТКГ-500РВ, ТКГР-750РВ
- Тормоза колодочные: ТД-2РВ
- Пневматические и электрические сверла: ЭР18Д - 2М, ЭРП18Д - 2М, СП-8, ПР-8

Основные заказчики — предприятия горно-шахтной отрасли промышленности. Продукция экспортируется в Украину, Казахстан.

## **1.2 Объемы сварочных работ ОАО «ТЭМЗ»**

Основную долю продукции ОАО Томский электромеханический завод составляет выпуск отбойных молотков и шахтных вентиляторов.

Одним из наиболее вредных и опасных технологических процессов является сварка. Наибольшее количество сварочных работ приходится на производство шахтных вентиляторов.

Сварка применяется при изготовлении вентиляторов, соединении швов и деталей вентиляторов. Применяется и в других цехах, например, при изготовлении лопат.

На рисунке 1 приведено схематичное строение вентиляторов местного проветривания ВМЭ.

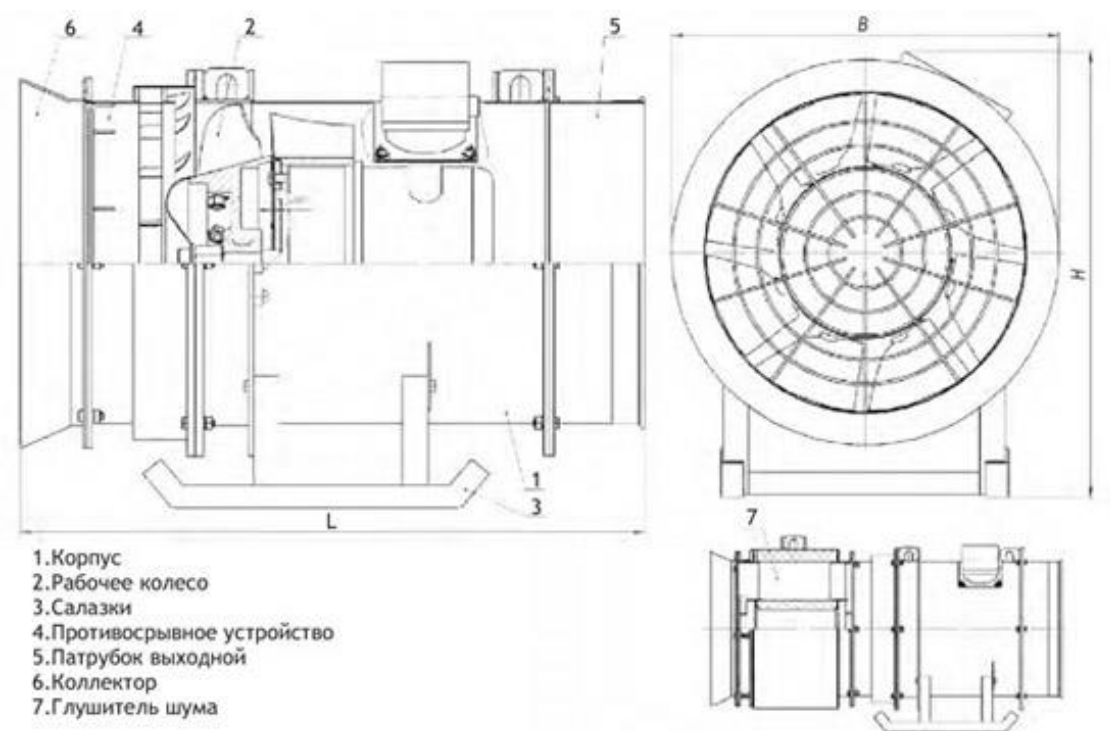


Рисунок 1 – Схематичное строение вентиляторов местного проветривания ВМЭ.

Металлические части вентилятора должны быть хорошо сварены. Некачественный шов приведет к частичному или полному разрушению вентилятора и потере своей функциональности.

### 1.3 Описание процесса электросварки

На предприятии имеются сварщики, выполняющие ручную дуговую сварку (РД) путем наплавки и резки плавящимся покрытым электродом сложных и ответственных конструкций (оборудования, изделий, узлов, деталей) из различных материалов, предназначенных для работ под давлением, под статическими, динамическими и вибрационными нагрузками.

В начале идут подготовительные работы, а именно сборка металлической конструкции, проверки и наладки сварочного оборудования, подсоединение сварочного кабеля к источнику питания, электрододержателю, подключение защитного заземления.

Длина сварочной дуги – это расстояние от кратера сварного шва до конца электрода.

Технология сварки покрытым электродом заключается в том, что сварочная дуга вызывается из-за контакта электрода со свариваемой деталью, которая в свою очередь сварочную цепь.

Во время ручной дуговой сварки, покрытие начинает плавиться вместе с самой электродной металлической проволоки. Образуется шлак на расплавляемой поверхности и плавка металла, которая может выделять токсичный дым. По мере плавления стержня покрытого электрода, металл нагревается и выделяет раскаленные капли. Шлак затягивает капли раскаленного металла. Образуется так называемая сварочная ванна. В этой ванне происходит смесь расплавленного металла с электродом, электрическая дуга выполняет действие смешивания под действием силы плазмы. Выделяемый поверх сварочной ванны жидкий шлак схватывается и образует твердую поверхность (корку), которая отбивается легкими ударами молотка. Свариваются детали, изделия из стали, чугуна, цветные металлы. Качество шва очень сильно зависит от квалификации и опыта работника.

Перед началом работы необходимо подготовить детали под сварку, разделка и подготовка сварочных кромок. Очистить от таких загрязнений как окислы, ржавчина, старая краска, жиры и прочие нечистоты способные помешать сварке. Все эти факторы влияют на качества шва. Протирать можно ацетоном или растворителем. Далее надо зажечь дугу, есть два варианта розжига: а) *касанием электрода о деталь*, б) *зажечь чирканьем* (вести электрод как спичку по поверхности свариваемого изделия). Когда дуга получена, начинается процесс сварки, в зависимости от угла, электрод держать под разными углами. 45° под углом назад – самый простой способ, сварная ванна легко контролируема. При 45° под углом вперед можно получить большую глубину провара в начале шва. Далее делается прихват. Прихват – это соединение деталей в двух местах для избегания перекоса во время работы. После подготовки, зачистки, прихвата, производится выбор силы сварочного тока, диаметр покрытого электрода, скорость сварки.

Сила сварочного тока отвечает за глубину проварки и количества расплавленного металла. Если деталь тонкая, то лучше выбрать малое количество тока, если же деталь толстая – ток выбирается больший.

Таблица 1 – Диаметр электрода и сила тока сварки.

Диаметр электрода, мм	Толщина металла, мм	Сварочный ток, А
1,6	1-2	25-50
2	2-3	40-80
2,5	2-3	60-100
3	3-4	80-160
4	4-6	120-200
5	6-8	180-250
5-6	10-24	220-320
6-8	30-60	300-400

После всех проделанных этапов, начинается перемещение электрода под определенными углами. У шва есть определенная форма, которую сварщик в процессе сварки придает, совершая колебательно-поступательные движения концом электрода:

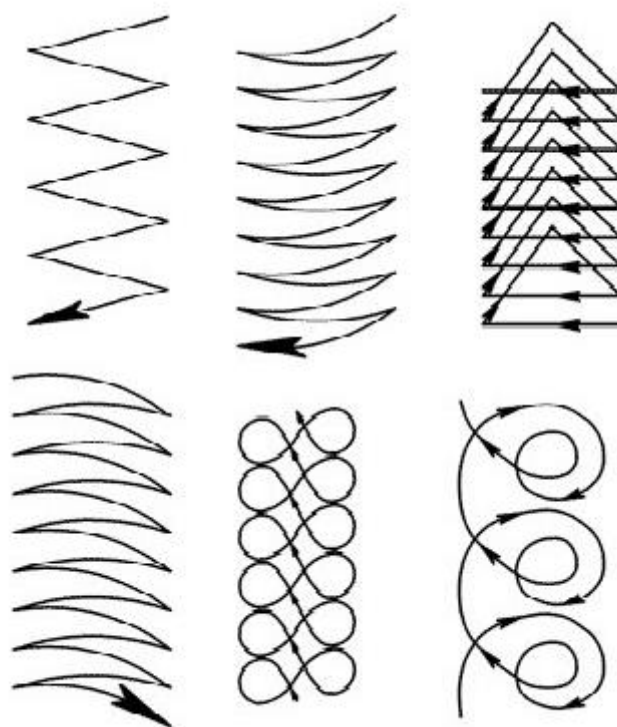


Рис. 2 – Движения покрытым электродом при сварке.

Если требуется широкий шов, то рекомендуется делать колебательные движения «Зигзаг» или «Ёлочка», «Кольцевые движения». Самая распространённая технология для такого шва – «Зигзаг». Если нужен тонкий шов – то достаточно просто вести электрод вдоль свариваемых деталей. Обычно это подходит для сваривания тонких деталей.

Во время сварки, электрод ведут от края до края с интуитивно-ситуативной амплитудой. В конце шва, электрод убирается в сторону сварного шва для удаления кратера.

Скорость движения. Нужно добиться такого расплавления, что бы шов был непрерывным, но без наплывов. При слишком быстром перемещении, валик получается неравномерным, такой шов долго не продержится. При медленном перемещении, валик получается громоздким, толстым и заплывшим. Здесь и играет роль опыт и квалификация сварщика, насколько он качественно проварит и с какой скоростью это сделает.

Краткий вывод: Из-за высокого нагрева металла, есть возможность из двух разных кусков металлов сделать один, монолитный. Что бы разогреть металл используется высокая температура, излучаемая электрической дугой. Эта дуга нагревает материал до точки плавления. Такая сварка называется – электродуговой. В оборудование входят инверторы, трансформаторы. Для образования дуги, необходимо подключить контакт к самой детали. В так называемый электрододержатель, вставляется электрод, при взаимодействии электрода и детали под напряжением образуется дуга, которая плавит металл и составляет сварной шов. Необходимо выбрать силу сварочного тока, определиться с размерами свариваемых деталей, произвести зачистку, выбрать рисунок сварочного шва, подходящий для деталей, провести с оптимальной скоростью, завершить сварку проведя электродом в сторону сварного шва, дать время остыть сваренной, новой детали.

## 2 Объект и методы исследования

### 2.1 Аналитический обзор литературы

#### 2.1.1 Технологии сварочных работ

Все вещества в любых агрегатных состояниях состоят из атомов, ионов или молекул, которые связаны между собой внутренними силами притяжения. У кристаллических тел эти частицы расположены в узлах кристаллической решетки. Большинство металлов имеют кубические объемно- и гранецентрированные решетки и гексагональную плотноупакованную решетку. [1]

Для соединения двух твердых тел необходимо установить связь между их поверхностными атомами, т.е. сблизить их на расстояния, сопоставимые с параметром кристаллической решетки.

Соединения металла сваркой самое актуальное. Из-за высокого нагрева металла, есть возможность из двух разных кусков металлов сделать один, монолитный. Что бы разогреть металл используется высокая температура, излучаемая электрической дугой. Эта дуга нагревает материал до точки плавления. Такая сварка называется – *электродуговой*. В оборудовании входят инверторы, трансформаторы. Для образования дуги, необходимо подключить контакт к самой детали. В так называемый электрододержатель, вставляется электрод, при взаимодействии электрода и детали под напряжением образуется дуга, которая плавит металл и составляет сварной шов.

Классификацию видов сварки – давление, плавление. Плавление, это высокая температура, но возможны некоторые деформации металла. Давление, работают сложнейшие технологии, которые сжимают металл.

Вид используемой энергии при сварке:

*Механическая сварка (трением)* - одна деталь зажимается и остается неподвижной, а вторая деталь раскручивается и с определенной силой прижимается к детали. (Холодная, ультразвуковая виды сварки, сварка трением и взрывом).

*Химическая сварка* - это работа с температурой, преобразование химической энергии в термическую. (Термитная и газовая виды сварки).

*Электрическая сварка* - использование и превращение электрической силы в теплоту. Электрическая дуга. (Дуговая, электрошлаковая, высокочастотная, диффузионная, плазменная виды сварки).

*Лучевая сварка* - превращение энергии луча света или электронного луча в теплоту. Это лазеры или энергия пучка электронов. (Электронно-лучевая, лазерная виды сварки, лазерная резка).

*Электромеханическая сварка* - нагрев металла методом электросопротивления с последующей деформацией. (Стыковая контактная сварка, сварка листовых заготовок).

*Химико-механическая* - превращения химической энергии в тепловую, осуществление пластического деформирования.

В данной работе будет рассмотрена сварка электродуговая, являясь самой распространенной.

### **2.1.2 Опасности при проведении электросварочных работ на стационарном посту**

#### **Механическая опасность.**

Опасность падения из-за потери равновесия, спотыкания о перепад уровня пола и порожек, при проскальзывании по скользким/мокрым поверхностям, опасность падения высоты, опасность получения травм от падающих предметов, опасность наезда транспорта, опасность запутаться в проводах, шлангах, опасность получения травмы об острые кромки, заусенцы и шероховатости, опасность воздействия режущих инструментов, опасность воздействия газа под давлением, опасность воздействия жидкости под давлением, опасность падения груза.

**Последствия:** Травмирование.

#### **Электрическая опасность.**

Опасность поражения током в следствии прямого контакта с

токоведущими частями из-за касания незащищенными частями тела деталей, находящимися под напряжением. Касание токоведущих частей, находящимися под напряжением из-за неисправного состояния оборудования.

**Последствия:** Поражение электрическим током.

#### **Термическая опасность.**

Опасность ожога при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру (искры, брызги расплавленного металла в процессе сварки), ожог роговицы глаза.

**Последствия:** Ожоги различных степеней.

#### **Опасности, связанные с воздействием микроклимата и климатические опасности.**

Опасность воздействия пониженных температур воздуха, опасность воздействия повышенных температур воздуха, опасность воздействия влажности, опасность воздействия скорости движения воздуха.

#### **Химическая опасность.**

Опасность от вдыхания паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана, дыма (токсические воздействия сварочных аэрозолей и паров вредных веществ, выделяемых при сварке).

**Последствия:** Отравление, профзаболевание.

#### **Опасности, связанные с воздействием аэрозолей преимущественно фиброгенного действия.**

Опасность воздействия пыли на глаза, органы дыхания и кожу человека, опасность воздействия на органы дыхания воздушных извесей, содержащие смазочные масла, опасность воздействия на органы дыхания чистящих и обезжиривающих веществ.

**Последствия:** Заболевание верхних дыхательных путей. Возникновение аварийных ситуаций.

**Опасность пожара, опасность от прорыва системы отопления,**



**системы водоснабжения, опасности от разрушения здания, опасность наводнения, опасность сильного ветра, опасность обледенения.**

**Последствия:** Травмирование от воздействия аварийной ситуации, травмирования при эвакуации.

#### **Опасности, связанные с воздействием неионизирующих излучений.**

Опасность, связанная с излучением ультрафиолетового излучения, опасность инфракрасного излучения, опасность электромагнитного излучения.

**Последствия:** Повреждение роговицы, хрусталика и сетчатки глаз, ожоги.

#### **Опасности транспорта.**

Опасность наезда на человека, опасность травмирования в результате ДТП, опасность опрокидывания транспорта во время работы.

**Последствия:** Травмирование.

#### **Опасности, связанные с СИЗ.**

Опасность, связанная с несоответствием СИЗ анатомическим особенностям человека, опасность, связанная со скованностью вызванной применением СИЗ, опасность, связанная с использованием неисправных СИЗ, опасность получения травмы при неиспользовании СИЗ.

**Последствия:** Травмирование.

### **2.2 Расчет количества электродов за смену**

Внутри электрода есть стержень, который имеет свои свойства и функции. Маркировка, обязательно выделенная и находящаяся отдельно от декоративной составляющей упаковки, показывает все свойства этого стержня. Эти свойства влияют на процесс горения дуги, соединение сварочного шва. Электроды производятся в соответствии с ГОСТ 9466-75 и ГОСТ 9467-75. Выбор правильного электрода – подходящий ситуативно сварной шов, электродов огромное множество и под каждый случай можно

подобрать подходящий, следуя из свариваемых металлов, оборудования и т.д.

Электроды в ручной дуговой сварке делятся на *плавящиеся* и *неплавящиеся*. Стержни, плавящиеся при РДС, производятся из стали, чугуна, меди, алюминиевые, бронзовые и другие. Плавящиеся электроды для ручной дуговой сварки состоят из стержня и оболочного покрова (слоя). В соответствии с ГОСТ, создание плавящихся электродов включает в себя различные стали: углеродистые, (*с большим или малым числом примесей*), медь, алюминий, никель и другие цветные сплавы.

*Таблица 2 – Классификация сварочных электродов.*

Не металлические сварочные электроды	Металлические сварочные электроды		
	Неплавящиеся	Плавящиеся	
		Покрытые	Непокрытые
<i>Графитовые Угольные</i>	<i>Вольфрамовые Торированные Лантанированные Иттрированные</i>	<i>Стальные Чугунные Медные Алюминевые Бронзовые И другие</i>	<i>Непрерывная проволока для сварки в среде защитных газов</i>

Оболочка сварного электрода (*внешний слой*) изготавливается, беря во внимание свариваемый металл. Основные функции, которые должна выполнять оболочка:

- Удержание сварочной дуги;
- Формирование шлака;
- Формирование защитного газа;
- Раскисление и легирование металла.

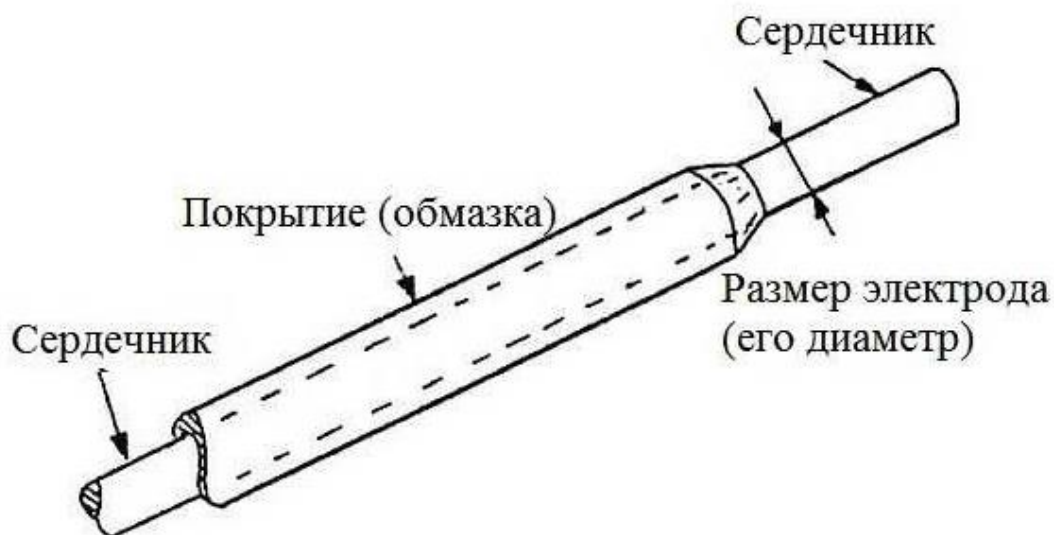


Рисунок 3 – Строение плавящегося электрода.

В данной работе будут рассмотрены покрытые электроды. Существует классификация покрытых электродов, все они промаркированные и выполняются в соответствии с государственными требованиями. Имеется огромный список всевозможных покрытых электродов, подходящий под самую узконаправленную деятельность, однако, у них есть основные назначения:

- Материал, хранящий в себе колоссальное число лигатур;
- Сплавы увеличенной прочности с исключительными свойствами;
- Сплавы с незначительной частью примесей и углеродистые сплавы;
- Наплавочные электроды с уникальными свойствами.

**Тип электрода** – часть маркировки, в которой указаны значение прочности шва. Чем больше цифра, тем выше прочность. Пример:

*Углеродистые и низколегированные стали с запросом на ударную вязкость и пластичности шва сваривается Э46А.*

В данном примере:

46 – это выдерживаемая нагрузка 46 кг/мм<sup>2</sup>;

Буква Э – тип расходного элемента, электроды для РДС;

*Буква А* – сварочный шов будет обладать повышенной пластичностью и вязкостью.

*Марки электрода* – уникальное описание электрода производителями либо в соответствии с ГОСТом либо отдельное обозначение в случае патентирования.

*Диаметр электродов* – важная характеристика, записываемая в миллиметрах с указанием десятых долей. В зависимости от толщины металла и силы тока. Таким образом, электрод с слишком маленьким диаметром очень быстро сгорит и разбросает присадочный металл, а электрод с слишком большим диаметром может не обеспечить должную глубину проварки металла и, следовательно, некачественный сварочный шов.

По толщине покрытия электроды бывают:

- Тонкое покрытие ( $D/d < 1,2$ ), М;
- Среднее покрытие ( $D/d < 1,45$ ), С;
- Толстое покрытие ( $D/d < 1,8$ ), Д;
- Особо толстое покрытие ( $D/d > 1,2$ ), Г.

*Назначение электрода* – элемент, указывающий на пригодность для сварки определенных металлов и сплавов, как и в случае типа электродов:

- В — сварка высоколегированных сталей;
- Т — сварка теплоустойчивых сплавов;
- Л — сварка конструкционных сталей;
- Н — используются только для наплавки;
- У — сварка низколегированных и углеродистых сталей.

*Тип покрытия* – делится на основных 4 вида. Характеристика электрода во многом определяется покрытием электрода.

Таблица 3 – Типы покрытия электродов.

Тип покрытия	Обозначение по ГОСТ 9466-75	ISO
Кислое	А	А
Основное	Б	В
Рутиловое	Р	R
Целлюлозное	Ц	С
<i>Смешанные покрытия</i>		
Кисло-рутиловое	АР	AR
Рутилово-основное	РБ	RB
Рутилово-целлюлозное	РЦ	RC
Прочие (смешанные)	П	S
Рутиловые с железным порошком	РЖ	RR

**Сварочный ток** – род, полярность, подключение. Пример: E432(5)-Б 1.0. Выделенная цифра – означает, что сварка будет проходить при постоянном токе, обратной полярности. Далее более подробно в таблице 4.

Таблица 4 – Виды электродов по роду полярности сварочного тока.

Рекомендуемая полярность тока	Напряжение холостого хода в источнике переменного тока, В		Обозначение
	Номинальное напряжение	Предельное отклонение	
Обратная	-	-	0
Любая	50	5	1
Прямая			2
Обратная			3
Любая	70	10	4
Прямая			5
Обратная			6
Любая	90	5	7
Прямая			8
Обратная			9

В ходе проведения работ в подземных условиях, атмосфера наполняется газами природными или техногенными, что в свою очередь несёт потенциальный вред на рабочих, так же может привести к аварийной ситуации, так как в воздухе может собраться взрывоопасная пропорция газа и

кислорода, что при сварочных работах приведёт к взрыву, пожару. Полная или временная остановка проводимых работ влечет за собой финансовую невыгодность. К такому оборудованию специального назначения, которое работает круглосуточно и не только в самой шахте, а и в прилегающих к ней сооружениям, зданиям.

В вентиляторах местного проветривания лопасти вентилятора делаются из стали. Каждый вентилятор задействованный на шахте, должен соответствовать установленным требованиям:

- Корпус увеличенной толщины для защиты от физического воздействия горных обрушений и от попадания внутрь посторонних предметов;
- Компактность (ситуативно расположить);
- Устойчивая к взрывам метана и вибрациям конструкция;
- Режимы работы.

Габариты и параметры агрегатов, изготовление, испытательные работы, условия применения регулируются такими нормативами:

- ГОСТ 10616-2015; [2]
- ГОСТ 9.014-78; [3]
- ГОСТ 12.1.012-2004; [4]
- ГОСТ 25346-89; [5]
- ГОСТ 31961-2012; [6]
- ГОСТ 34002-2016. [7]

Существуют электроды, которые подходят к большому количеству видов сталей:

- УОНИ 13/45;
- УОНИ 13/55;
- МР-3;
- МР-3С;
- АНО-6;
- АНО-21;

- ОЗС-12.

Так как на предприятии сварщики выполняют работу с ответственными конструкциями, выбор электрода падает на ОЗС-12 с рутиловым покрытием. Он соответствует требованиям к сварщику на предприятии. Рациональность использования, в том, что он идеально подходит для ответственных конструкций из углеродных сталей.

Коэффициент наплавки – 8,5 г/А\*ч. *Коэффициент наплавки – это величина металла шва, задействованная при образовании шва.*

Производительность наплавки (для диаметра 4.0 мм) – 1.2 кг/ч.

Расход электродов на 1кг наплавленного металла – 1.7 кг.

Химический состав наплавленного металла (%):

*Таблица 5 – химический состав шва ОЗС-12 (%).*

С	Mn	Si	S	P
0,09	0,60	0,15	0,017	0,026

*Таблица 6 – Геометрические размеры и сила тока при сварке ОЗС-12. [8]*

Диаметр марки, мм	Длина электрода, мм	Ток, А	Среднее количество электродов в 1 кг, шт
2,0	300	30-90	94
2,5	350	50-110	53
3,0	350	70-130	36
4,0	450	110-180	17
5,0	450	130-220	12

Для расчета расхода электродов за смену, нужно:

- Учесть толщину материала свариваемых частей;
- Диаметр электрода и сварочный ток;
- Расход металла электрода (см<sup>3</sup>) на шов длиной 1 см;

- Расчет количества стали в одном электроде;
- Расчет стали во всех швах;
- Расчет требуемого количества электродов.

Среднее время горения электрода ОЗС-12, (табл.б) при диаметре 4,0, длины электрода 450 мм, силе тока 110 А, – 70 секунд, с повышением тока сварки, время горения будет сокращаться. Повышение сварочного тока нужно в случае утолщения свариваемого материала. Для расчета расхода электродов за смену, нужно учесть толщину металла, а от толщины уже выставлять сварочный ток. В качестве примера был рассмотрен вентилятор местного проветривания (ВМЭ-5). Предназначен для тупиковых горных выработок. Корпус должен выдерживать физическое разрушительное воздействие, т.е. довольно крепким.

*Таблица 7 – Геометрические размеры ВМЭ-5. [9]*

Ширина, мм	605
Длина, мм	975
Высота, мм	730
Номинальный диаметр, мм	500

Примерное время изготовления ВМЭ-5: 7 дней, за это время будет собран вентилятор местного проветривания, выполненный по различным ГОСТам. В конструкции имеются привариваемые части: внешние детали к корпусу, детали к деталям, внутренние детали к корпусу.



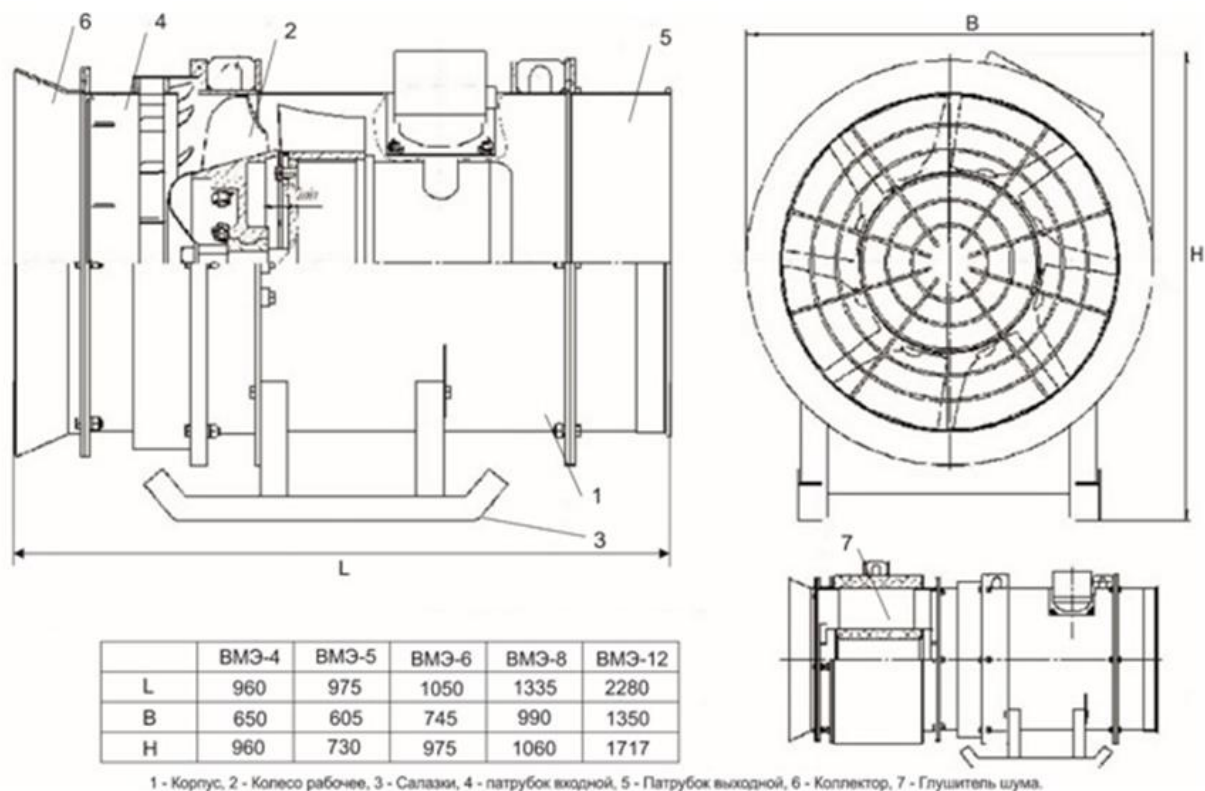


Рисунок 4 – Чертеж общего вида вентилятора с размерами.

Из рисунка 4 можно вычислить длину и площадь сечения сварочных швов, необходимых для изготовления одного вентилятора. Вся длина составляет 975 мм, сварочный шов идет вдоль всей длины.

Одним из важнейших показателей проведения сварочных работ – это расход электродов на 1 метр шва, такое понятие было создано в помощь самим сварщикам (не работающих в организации) делать расчет финансовых затрат, а если организация, то общая экономика. В общем плане финансового состояния, даже не большие экономии на материале в крупном проекте, где рассчитывается килограммы электродов на одну тонну свариваемых материалов, поможет снизить экономические затраты. Это понятие помогает скоординировать будущие затраты на проект. Есть показатели, оказывающее существенное влияние на затраты электродов:

- Тип сварки;
- Геометрические показатели свариваемых частей;
- Масса наплавки материалов на шов;

- Общая масса наплавки.

Теоретический расчет затрат сварочных материалов, основан на использовании специального коэффициента расхода стержней:

$$H = M * K$$

M – масса свариваемой металлической конструкции;

K – специальный коэффициент, берущийся из приложения А.

Вес вентилятора ВМЭ-5 составляет 265 кг. Для ОЗС-12 коэффициент  $K_3 = 1.7$ .

$$H_1 = 265 * 1,7 = 450,5 \text{ шт}$$

По расчетам, можно сказать, что в течении 7 дней, на полное изготовление ВМЭ-5, уйдет 450,5 электродов.

$$H_2 = \frac{450,5}{7} = 64,35 \text{ шт}$$

$H_2$  – расход электродов за смену, т.е. 64 электродов. Далее просчитывая, 8 электродов в час.

Длина вентилятора 975 мм, сварочный шов идет вдоль всей длины вентилятора. Толщина свариваемого материала, корпуса, 2 миллиметра, по таблице 6, диаметр электрода берется 2.0 миллиметра, сила сварочного тока 40-80 А. Расчет количества стали в одном электроде, грамм:

$$C = \rho * \pi * R^2 * L_э = 0,0079 * 3,14 * 1^2 * 350 = 8,68 \text{ гр}$$

$L_э$  – длина электрода, мм

R – радиус стержня электрода, мм

$\rho$  – удельная плотность стали, г/мм<sup>3</sup>

В одном электроде, диаметром 2.0 миллиметра, 8.68 грамма стали. Необходимо рассчитать расход металла электрода на сварочный шов (G) длиной 1 см. Для этого нужно знать площадь сечения шва (S), мм<sup>2</sup> и длину сварочного шва.

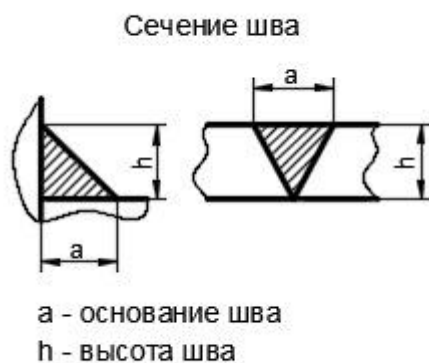


Рисунок 5 – Площадь сечения сварочного шва.

Высота шва (h) = 2 миллиметра, основание шва (a) = 2 миллиметр.  
Площадь сечения сварочного шва, мм<sup>2</sup>:

$$S = \frac{a * h}{2} = \frac{2 * 2}{2} = 2 \text{ мм}^2$$

Зная площадь сварочного шва и длину, можно посчитать расход электродов, шт.:

$$N = \frac{S * L * \rho}{C} * K_3 = \frac{2 * 975 * 0,0079}{8,68} * 1,7 = 3,07 \text{ шт}$$

То есть на сварочное соединение длиной 975 мм уйдет 3 электрода.

### 2.3 Расчет выделения вредных веществ при сварке

В процессе сваривания двух металлических частей, происходит интенсивное тепловое излучение, которое в свою очередь плавит металл. Плавленный металл выделяет пары, которые могут быть токсичными. Так же

могут образовываться газообразные вещества из азота, окиси углерода, окислов азота, эти вещества вредны для организма человека. Помимо газов образуются и твёрдые частицы. Электрод, с более качественным покрытием особо сильно могут загрязнять воздух. Весь состав пыли находящийся на рабочем месте, характеризуется составом покрытия электрода. В основном, сварочная пыль — это состав окислов металлов (металлы могут быть разными, в зависимости от работы предприятия) и минералов. Наиболее опасными веществами входящие в состав стержня электрода и наплавленного металла являются: марганец, фтор и его соединения, хром. Для очистки воздуха от этих вредных загрязняющих веществ необходима вентиляция. Только с включенной вентиляцией можно проводить сварочные работы.

*Таблица 8 – Предельно допустимые концентрации вредных веществ, образующихся во время проведения сварочных работ.*

Вещество	ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>
Твердая составляющая сварочного аэрозоля	
Марганец (при его содержании в сварочном аэрозоле до 20 %)	0,2
Железа оксид	6,0
Кремния диоксид	1,0
Хрома (III) оксид	1,0
Хрома (VI) оксид	0,01
Цинка оксид	6,0
Газовая составляющая сварочного аэрозоля	
Азота диоксид	2,0
Марганца оксид	0,3
Озон	0,1
Углерода оксид	20,0
Фтористый водород	0,5/1,0

Существует объём подаваемого свежего воздуха, который должен быть не меньше чем  $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Проведение сварки на стационарном месте без включенной вентиляции не разрешается, только в случаях, когда часовой расход электродов меньше чем  $0,2 \text{ кг}$  на  $1 \text{ м}^3$ . В таком случае естественная вентиляция справится с очисткой воздуха. ПДК вредных веществ на рабочем месте приведены в таблице 8, в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ: [10]

Объёмный расход воздуха при РДС (ручной дуговой сварке), должен составлять  $4500 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Кроме того вентиляции должна быть автономна. Сам подаваемый воздух должен предварительно охладиться или подогреться перед поступлением в цех. Вентиляция должна быть установлена в случае расхода сварочных материалов больше чем  $0,21 \text{ г/ч}$ . Скорость движения воздушных масс должна быть  $0,4 - 1 \text{ м/с}$ . Поток свежего воздуха должен быть направлен на сварку. При работе в закрытых пространствах или ёмкостях, поток воздуха должен подаваться прямо к маске рабочего, и температура подаваемого воздуха должна быть больше чем  $19^\circ$ . Система вентиляции должна удалять вредные вещества, поддерживать оптимальный климат и устранять химические компоненты. [11]

В настоящей работе рассматривается электрод ОЗС-12. Часовой расход электродов – 8 штук. Из таблицы 5, известен состав металла шва:

- Углерод –  $0,09$  (9%);
- Марганец –  $0,60$  (60%);
- Кремний –  $0,15$  (15%);
- Сера –  $0,017$  (1,7%);
- Фосфор –  $0,026$  (2,6%).

Состав стержня электрода ОЗС-12. Для создания стержня используется проволока из стали СВ-08 и СВ-08А. В состав СВ-08 входит:

- Углерод –  $0,01$  (1%);
- Марганец – в диапазоне от  $0,35$  до  $0,6$  (35-60%);
- Кремний – до  $0,3$  (30%);

- Медь – до 0,25 (25%);
- Сера и фосфор – не более чем 0,03 (3%);
- Хром – 0,12 (12%);
- Никель – менее чем 0,25 (25%). [12]

Удельное количества выделяемых загрязняющих веществ для ОЗС-12, (г/кг):

- Сварочный аэрозоль – 12,0;
- Железа оксид – 8,90;
- Марганец и его соединения – 0,80;
- Хром – 0,50;
- Пыль неорганическая, содержащая SiO<sub>2</sub> (20-70%) – отсутствует;
- Прочие – Фториды в количестве 1,80;
- Фтористый водород – отсутствует;
- Диоксид азота – отсутствует;
- Оксид углерода – отсутствует.

Величина выделенных вредных примесей  $G_i$ , кг при РДС определенного компонента  $i$  на 1 кг использованных электродов вычисляется по формуле, кг:

$$WP_i = 10^{-3} g_i * B$$

Где  $g_i$ , г/кг – удельное выделение  $i$  компонента,  $B$ , кг – масса расходуемых электродов за какой-то период времени, в данном случае за 1 смену. Производится расчет для каждого компонента ОЗС-12.

Сварочный аэрозоль:

$$WP_{\text{свар.аэр.}} = 10^{-3} * 12 * 64 = 0,768 \text{ кг}$$

Железа оксид:

$$WP_{\text{окс.жел.}} = 10^{-3} * 8,9 * 64 = 0,569 \text{ кг}$$

Марганец и его соединения:

$$WP_{\text{марганца}} = 10^{-3} * 0,8 * 64 = 0,051 \text{ кг}$$

Хром:

$$WP_{\text{хрома}} = 10^{-3} * 0,5 * 64 = 0,03 \text{ кг}$$

Фториды

$$WP_{\text{фторидов}} = 10^{-3} * 1,8 * 64 = 0,115 \text{ кг}$$

Максимальный выброс вредных веществ *i*-го компонента, выделяющихся при РДС рассчитывается по формуле, г/с:

$$M_i = \frac{g_i * B}{3600 * \tau}$$

$B$  – максимальная величина электродов применённых за смену,  $\tau$  – время проведения сварки в течении смены, ч.

Сварочный аэрозоль:

$$M_{\text{свар.аэр.}} = \frac{12 * 64}{3600 * 6} = 0,035 \text{ г/с}$$

Железа оксид:

$$M_{\text{окс.жел.}} = \frac{8,9 * 64}{3600 * 6} = 0,026 \text{ г/с}$$

Марганец и его соединения:

$$M_{\text{марганца}} = \frac{0,8 * 64}{3600 * 6} = 0,002 \text{ г/с}$$

Хром:

$$M_{\text{хрома}} = \frac{0,5 * 64}{3600 * 6} = 0,001 \text{ г/с}$$

Фториды:

$$M_{\text{фторидов}} = \frac{1,8 * 64}{3600 * 6} = 0,005 \text{ г/с}$$

При проведении сварочных работ металл не всегда сваривают для надежной фиксации, а также сварочные работы применяют для резки металлов.

Расчет вредных веществ выделяющихся при резке металлов.

Количество вредных примесей  $i$ -го компонента при резке металлов электродуговой сварки, можно рассчитать по формуле, кг:

$$DM_{ip} = 10^{-3} g_{ip} * \tau_p$$

$\tau_p$  – время проведения резки металла, средняя скорость горения ОЗС-12 равна 70 секундам, но это для диаметра 4.0., в рассматриваемом примере диаметр – 2.0., среднюю скорость горения такого электрода принять за 55 секунд, 0,015 часа.

Сварочный аэрозоль:

$$DM_{\text{свар.аэр.}} = 10^{-3} * 12 * 0,015 = 0,00018 \text{ кг}$$

Железа оксид:

$$DM_{\text{окс.жел.}} = 10^{-3} * 8,9 * 0,015 = 0,00013 \text{ кг}$$

Марганец и его соединения:

$$DM_{\text{марганца}} = 10^{-3} * 0,8 * 0,015 = 1,2 * 10^{-5} \text{ кг}$$

Хром:

$$DM_{\text{хрома}} = 10^{-3} * 0,5 * 0,015 = 7,5 * 10^{-6} \text{ кг}$$

Фториды:

$$DM_{\text{фторида}} = 10^{-3} * 1,8 * 0,015 = 2,7 * 10^{-5} \text{ кг}$$

Расчет потребного воздухообмена **при сварке**, м<sup>3</sup>/ч:

$$L = \frac{M_i * 1000}{x_B - x_H}$$

$M_i$ , г/ч – количество вредных веществ, выделяющихся при сварочных работах, г/ч;  $x_B$ , мг/м<sup>3</sup> – ПДК вредного вещества в воздухе рабочей зоны;  $x_H$ ,



мг/м<sup>3</sup> – средне суточная концентрация вредного вещества в воздухе.  
Опираясь на таблицу 9, с предельно допустимыми концентрациями.

Таблица 9 – Концентрация веществ в воздухе.

Название вещества	$x_B$	$x_H$	Особенности воздействия на организм
Марганец	0,3	0,01	А
Хром	0,02	0,0015	А
Железа оксид	6	0,04	Ф
Фториды	0,2	0,03	

Подсчитать  $L$  для каждой из выделяемых вредностей. Если вещества однонаправленного действия, то полученные для них  $L_i$  будут суммироваться.

Для определения максимальной концентрации вредного вещества в воздухе необходим СанПиН 1.2.3685-21. [13]  $x_B$  для марганца равно 0,3 мг/м<sup>3</sup>, а  $x_H = 0,01$ . Для хрома, железа и фторидов потребный воздухообмен  $L$  определяется выражениями:

$$L_{\text{марганца}} = \frac{0,002 * 1000}{0,3 - 0,01} = 6,89 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$L_{\text{хрома}} = \frac{0,001 * 1000}{0,02 - 0,0015} = 54,05 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$L_{\text{железа оксид}} = \frac{0,026 * 1000}{6 - 0,03} = 4,35 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$L_{\text{фторидов}} = \frac{0,005 * 1000}{0,2 - 0,03} = 29,41 \text{ м}^3/\text{ч} \quad [14]$$

Марганец и хром это вещества однонаправленного действия, поэтому их полученный потребный воздухообмен складывается:

$$L_{\text{марганца}} + L_{\text{хрома}} = 6,89 + 54,05 = 60,94 \text{ м}^3/\text{ч} \quad [15]$$

## 2.4 Расчет вентиляции

Во время работы сварщика появляется загрязнённый, отработанный воздух, который необходимо удалить и подать чистый воздух на рабочее место – это основная задача вентиляционной системы. Вентиляция бывает двух видов: естественная и искусственная. *Естественная вентиляция* – это естественный воздухообмен внутри помещения. Воздухообмен происходит через приточные решетки. В естественной вентиляции отсутствует инженерное вмешательство. *Искусственная вентиляция* – это подготовка входящего воздуха. Разогрев или охлаждение до приемлемой температуры и чистоты воздуха и удаление выработанного воздуха из помещения.

Существует направление движения воздуха, и вентиляционная система подразделяется на два типа: приточная и вытяжная.

Приточная вентиляция обеспечивает подачу воздуха внутрь помещения. В большинстве случаев используются калориферы.

Вытяжная вентиляция удаляет отработанный воздух через вытяжные отверстия.

В совокупности они образуют приточно-вытяжную вентиляционную систему, что является основой для здорового микроклимата внутри цеха и на рабочих местах.

Так же у вентиляционной системы есть область действия, если этот весь цех, в котором необходимо поддерживать воздух в чистом виде и где выделяются загрязняющие вещества – то это общеобменная система вентиляции. Если же необходимо удалять вредные вещества в определенной местности, на конкретном рабочем месте, допустим сварочный стационарный пост, то используется местная вентиляция.

Принцип работы приточной вентиляции – это перемешивание и вытеснение. При перемешивании свежий и прошедший температурную обработку воздух попадает внутрь помещения, смешивается с промышленным, отработанным и удаляется. При вытеснении, вентиляционная установка располагается на уровне пола и подаёт более

холодный воздух, а тёплый отработанный поднимается наверх и уходит в установленную там вытяжку.

В данной работе рассматривается сварочный стационарный пост. Из предыдущих расчетов были установлены основные вредные вещества: сварочный аэрозоль, железа оксид, марганец и его соединения, хром и фторид. Расчет воздухообмена проводится на основе выделяющихся вредных веществ. Калориферы – установка для отопления помещений, именно в них происходит предварительная температурная обработка.

#### **2.4.1 Расчет потребного воздухообмена**

Скорость подачи воздуха должна быть равна или меньше 0,9 м/с. При ручной дуговой сварке на 1 кг/ч электродов, нужна производительность 4500 м<sup>3</sup>/ч. Постоянное количество работников – 2.

Необходимое количество чистого воздуха рассчитывается по формуле, м<sup>3</sup>/ч:

$$O = m * n$$

m – среднее значение расхода воздуха в течении 1 часа работы, для помещений без доступа к чистому воздуху равно 60 м<sup>3</sup>, n – количество рабочих. Тогда необходимый чистый воздух, м<sup>3</sup>/ч:

$$O = 60 * 2 = 120 \text{ м}^3/\text{ч}$$

В настоящей работе рассмотрена местная вентиляция для точечного удаления вредных веществ. Оборудование, используемое для этих целей: воздухоприёмники марки ЛИОТ-1 и панели Чернобережского. Эти воздухоприёмники всасывают отработанный воздух. ЛИОТ-1 используется при сварке больших металлоконструкций. Панели используются при сварке небольших деталей. Для расчета нужны габаритные размеры данных устройств. Воздухоприёмник ЛИОТ-1 – 0,9х0,45 м, панели Чернобережского – 0,9х0,645 м. Оба в количестве по 2 шт. Общий воздуховод находится на высоте 5 м над уровнем пола. Вентилятор также над уровнем пола на высоте 5 м.

Общий потребный воздухообмен рассчитывается по формуле, м<sup>3</sup>/ч:

$$V = V_a + V_b + V_c + V_d$$

$V_a, V_d$  – объём принимаемого отработанного воздуха двух ЛИОТ-1.

$V_b, V_c$  – объём принимаемого отработанного воздуха двумя панелями Чернобережского. Для определения объёма всасываемого воздуха панелью Чернобережского, можно воспользоваться формулой, м<sup>3</sup>/ч:

$$V_c = 3600 * v_{bc} * f_{ж}$$

$v_{bc}$  – скорость прохождения воздуха через сечение панели, составляет 5 м/с,  $f_{ж}$  – площадь сечения панели, площадь сечения составляет 25% от всей площади. Тогда, объём всасываемого воздуха будет равен, м<sup>3</sup>/ч:

$$V_c = 3600 * 5 * 0,25 * 0,9 * 0,645 = 2612 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Для  $V_a, V_d$  – объём всасывания воздуха принимается 4500 м<sup>3</sup>/ч. Тогда общий потребный воздухообмен для удаления вредных веществ из воздуха на сварочном посту будет равен, м<sup>3</sup>/ч:

$$V = 4500 + 2612 + 2612 + 4500 = 14\,224 \text{ м}^3/\text{ч}. \quad [16]$$

#### 2.4.2 Расчет микроклимата

Однако, кроме удаления загрязненного воздуха вентиляционные системы служат для создания комфортных климатических условий в помещении.

Произведен расчет количества тепловой энергии, выделяемой в помещении.

В помещении источником тепловой энергии является человек, сварочный процесс и источник света. Согласно таблице 3.11, для одного человека принимается значение  $W_{ч} = 80$  ккал/час, т.к. на сварочном poste рабочих двое  $W_{ч} = 160$  ккал/ч.

Что касается сварочного процесса, то, как было установлено, для электрода диаметром 2.0, необходим сварочный ток в пределах 40-80 Ам. Напряжение на выходе сварочного аппарата (40 В). Таким образом, тепловая энергия от сварки будет равна:

$$W_{\text{сварки}} = 30 * 40 = 3200 \text{ Вт} = 2751 \text{ ккал/ч}$$

Таблица 10 – Количество тепловыделений одним человеком при различной работе

Категория тяжести работы		Количество тепловыделений $W_{\text{ч}}$ , ккал/ч в зависимости от окружающей температуры воздуха			
		15 °С	20 °С	25 °С	30 °С
Легкая	I	100	70	50	30
Средней тяжести	II-а	100	70	60	30
	II-б	110	80	70	35
Тяжелая	III	110	80	80	35

Мощность лампы светодиодной высокой мощности PLED-HP-T120 50w E27/E40 4000K, равно 50 Вт.  $W_{\text{л}} = 43$  ккал/ч.

Вся тепловая энергия, выделяемая в помещении, рассчитывается по формуле, ккал/ч:

$$W_{\text{общ}} = W_{\text{ч}} + W_{\text{сварки}} + W_{\text{л}} + W_{\text{бат}} = 160 + 2751 + 43 = 2954 \text{ ккал/ч}$$

Вся эта тепловая энергия нагревает воздух на  $\Delta t$ . При расчете поступления тепла используется следующая формула, (кДж/ч):

$$Q_{\text{вент}} = C * V * \rho * (t_{\text{пом}} - t_{\text{нар}})$$

Где,  $C = 1,005$ , кДж/ (кг · К) - удельная теплоемкость воздуха;

$V = 14\,224$ , м<sup>3</sup>/ч – потребный воздухообмен;

$\rho = 1,247$ , кг/м<sup>3</sup> – плотность воздуха;

$T_{\text{пом}}$  – температура воздуха в помещении;

$T_{\text{нар}}$  – температура наружного воздуха.

Для вычисления  $\Delta t$  необходимо преобразовать выражение:

$$\Delta t = \frac{W_{\text{общ}}}{C * V * \rho} = \frac{2954}{1,005 * 14\,224 * 1,247} = 0,165 \text{ °С}$$

Согласно санитарным нормам в летний период времени года в помещении, не оснащенном кондиционером температура свыше + 28 °С не должна превышать уличную температуру более, чем на 3°С.

Допустим, на улице температура в летний период,  $t_y = 26$  °С. Воздух нагревается тепловой энергией  $W_{\text{общ}}$ , выделяемой в помещении. При этом температура воздуха в помещении сварочного поста увеличится на величину  $\Delta t$ , вычисляемую как:

$$\Delta t = \frac{W_{\text{общ}}}{C * V * \rho} = \frac{2954}{1,005 * 14\ 224 * 1,247} = 0,165 \text{ °С}$$

Это удовлетворяет условию  $\Delta t < 3$ °С. Поэтому в летнее время вентиляция не только очищает воздух, но и обеспечивает требуемые параметры микроклимата.

Зимой вентиляция охладит воздух в помещении. По СанПиН 1.2.3685-21, сварочный пост относится к категории работ III, с энергозатратами более 290 Вт. Работы, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий. Минимальная температура для проведения работ должна быть не ниже 17 °С. Среднемесячная температура наружного воздуха в самый холодный месяц для Томска составляет  $t_{y2} = -25$  °С.

Зимой на улице средняя температура равна -25°С. Температура в помещении +17 °С. Разница  $\Delta t = 42$  °С;  $V = 14224$  м<sup>3</sup>/ч.

Вносимая уличным воздухом охлаждающая энергия  $W_{\text{нар возд}}$  определяется как:

$$W_{\text{нар возд}} = C * V * \rho * \Delta t = 1,005 * 14224 * 1,247 = 17\ 826 \text{ ккал/ч}$$

Тогда  $\Delta t$  будет равна:

$$\Delta t = \frac{W_{\text{нар возд}}}{C * V * \rho} = \frac{17\ 826}{1,005 * 14\ 224 * 1,247} = 0,99 \text{ °С}$$

Если  $W_{\text{нар возд}} > W_{\text{общ}}$ , то идет охлаждение комнаты, что и происходит в данной работе. Воздух с улицы необходимо подогреть

теплоэлектронагревателями. Мощность теплоэлектронагревателя необходимого для компенсации вычисляется по формуле, ккал/ч:

$$W_{\text{ТЭН}} = W_{\text{нар возд}} - W_{\text{общ}} = 17\,826 - 14\,224 = 3602 \text{ ккал/ч}$$

Для равномерного распределения по всей рабочей площади можно установить 4 установки под названием: печь электрическая ПЭТ-4, на 1 кВт номинальной мощности.

## 2.5 Определение ущерба при взрыве ацетиленового баллона

Высокое давление в сосудах представляет наибольшую опасность, т.к. на сварочных участках используется газовая резка. Машина, проводящая резку, использует ацетилен в качестве горючего газа. Сам газ чувствителен к высоким температурам, из-за чего давление в баллоне может возрасти и привести к быстрому освобождению энергии (взрыву). Взрыв баллона с ацетиленом ведет к серьезным последствиям (пожар, разрушение здания, фатальные исходы).

Далее было построено «Дерево отказов» см. Приложение Б.

Объем помещения  $V_{\text{здания}} = 630 \text{ м}^3$ . Объем 6 кг ацетилена –  $5,5 \text{ м}^3$ .

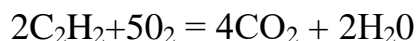
Масса баллона с ацетиленом 89 кг, без ацетилена — 83 кг. Масса ацетилена:  $89 - 83 = 6 \text{ кг}$ . Плотность ацетилена при атмосферном давлении и температуре  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  равна  $1,09 \text{ кг/м}^3$ . Следовательно, объем ацетилена при этих условиях составляет  $6/1,09 = 5,5 \text{ м}^3$ .

Ацетилен - взрывоопасный газ. С воздухом образует взрывоопасную смесь с нижним концентрационным пределом воспламенения при атмосферном давлении, приведенным к температуре  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\beta = 2,5 \%$  (по объему) по ГОСТ 12.1.004-91. Температура самовоспламенения ацетилена  $335 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Для расчета вероятности возникновения аварийных ситуаций было построено «Дерево отказа» см. Приложение В.

### 2.5.1 Расчет давления

Химическая реакция ацетилена с кислородом:



На две молекулы ацетилена приходится 5 молекул кислорода.

На 2 объёма  $\text{C}_2\text{H}_2$  приходится 25 объёмов воздуха.

Максимально возможное количество взорвавшегося ацетилена определяется условием: нужно  $1/12.5$  концентрации ацетилена от объёма здания.

При возникновении утечки в помещении растёт концентрации ацетилена:

ВКПВ – максимальная концентрация горючего газа, при превышении данной точки на графике рис.6, ацетилена становится слишком много и недостаточно кислорода для реакции.

НКПВ – минимальная концентрация горючего газа, если ацетилена будет недостаточно, то реакции тоже не произойдет.

При наличии источника зажигания в период времени от  $t_1$  до  $t_2$  произойдет взрыв.

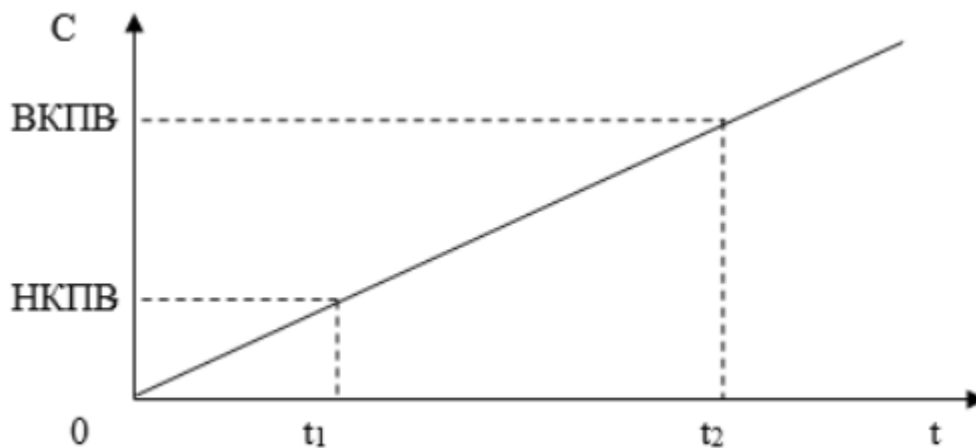


Рисунок 6 – График показывающий, в какой момент образуется достаточное количество ацетилена в воздухе, необходимое для взрыва.

Количество ацетилена, необходимое для образования взрывоопасной смеси определяется,  $\text{м}^3$ :

$$C_{\text{ацетилена}} = V_{\text{здания}} * \beta = 630 * 2,5 = 15,75 \text{ м}^3$$



При взрыве увеличение давления обусловлено двумя факторами:

1. Изменением числа молекул исходных и полученных продуктов горения. В данном случае из химической формулы видно, что из 7 молекул получается 6 молекул. Этот процесс не влияет на образование взрывной волны.

2. Тепловое объемное расширение продуктов сгорания. В Технических условиях [17] показано, что максимально возможное давление взрыва ацетилена равно  $10,3 \text{ кг/см}^2$ . Необходимо рассчитать давление взрыва в кПа:

$$10,3 \text{ кг/см}^2 = 1010 \text{ кПа}$$

### 2.5.2 Оценка ущерба от взрыва ацетиленового баллона

Зависимость степени поражения человека от избыточного давления во фронте ударной волны описывается таблицей 11, а степень разрушения зданий указана в таблице 12.

Таблица 11 – Уровень разрушений в зависимости от давления взрыва.

$\Delta P_f$ (кПа)	<10	10–40	40–60	60–100	>100
Степень поражения человека	Безопасный уровень	Легкая (ушибы, повреждение слуха)	Средняя (кровотечения, вывихи, сотрясение мозга)	Тяжелая (контузии, разрывы внутренних органов)	Смертельное поражение

Таблица 12 -Зависимость степени разрушения зданий от давления взрыва.

Объект	Разрушения*			
	полное	сильное	среднее	слабое
Здания жилые:				
Кирпичные многоэтажные	30–40	20–30	10–20	8–10
Кирпичные малоэтажные	35–45	25–35	15–25	8–15
Деревянные	20-30	12–20	8–12	6–8

$\Delta P_{\phi}$  – максимальное давление взрыва ацетиленового баллона = 1010 кПа.

Из таблицы 11, можно сделать вывод, что в здании общим объёмом 630 м<sup>3</sup> взрыв ацетиленового баллона будет фатален для людей, находящихся в здании в момент взрыва, также и для самого здания (таблица 12), полное уничтожение здания.

## **3 Результаты проведенного исследования**

### **3.1 Описание аварии**

На предприятии возможна следующая авария. В машиностроительном цехе, на ремонтном участке станок должен заправляться бензином. При проведении газовых сварочных работ, искра попала в полузаполненную бочку с легковоспламеняющейся жидкостью (бензин, 107 литров из 216). В следствии чего произошло возгорание и сильный хлопок, с последующим выделением тепла и паров бензина, перекидывание пламени на близлежащие материалы. Последствия аварии: пострадало два человека. Ожог тяжелой степени рук, ног и головы. У остальных, лёгкий шок от произошедшего, мелкие царапины. Концентрация паров бензина была недостаточная для острой реакции в виде мигрени, рвоты, раздражения слизистых оболочек глаз и носа. Рабочие почувствовали першение в горле и кашель. Огонь распространился на рядом стоящий станок, требующий дозаправки, перекидывание огня поспособствовало возгоранию головки бака, куда заливался бензин, внутри станка произошел еще один хлопок и пошел дым. Произошло возгорание масла на отремонтированной части машины. Пожарным удалось потушить огонь и предотвратить дальнейшее распространение.

### **3.2 Подсчет ущерба от аварии**

Компенсация пострадавшему назначается, если произошел несчастный случай на производстве. При повреждении здоровья или в случае смерти работника вследствие несчастного случая на производстве либо профессионального заболевания работнику (его семье) возмещаются его утраченный заработок (доход), а также связанные с повреждением здоровья дополнительные расходы на медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию либо соответствующие расходы в связи со смертью работника. [18]

К тяжелым производственным травмам относятся:

- Переломы с серьёзными осложнениями;
- Большая потеря крови;
- Серьёзные патологии внутренних органов;
- Сильные ожоги;
- Профессиональные заболевания.

#### Человеческий ущерб:

Оценку ущерба, обусловленного вредом здоровью пострадавшего, определим по применяемой Военно-страховой компанией методике. Величина ущерба в зависимости от вида ранений приведена в таблице 1. Исходя из этой таблицы, человеческий ущерб равен 78 000 руб.

Таблица 13 – Финансовые затраты при несчастных случаях.

Показатель	Стоимостная оценка ущерба, млн. руб
Гибель человека, имевшего семью	7,329
Гибель человека, не имевшего семьи	6,93
Ранение с получением инвалидности без возможности дальнейшей работы	3,622
Ранение с получением инвалидности и возможностью дальнейшей работы	2,09
Ранение без получения инвалидности	0,039

#### Материальный ущерб:

107 литров бензина –  $55 \cdot 107 = 5\,885$  руб.;

Бочка для бензина 216 л. – 5 200 руб.;

Общий ущерб станка – 62 280 руб.;

Двигатель NL993/OP – 45 000 руб.;

Выхлопная система AAL – 9 000 руб.;

Бензобак – 10 000 руб.;

Общий ущерб отремонтированной части машины – 10 000 руб.;

Краска для машины – 5 000 руб.;

Растворитель/отвердитель – 1000 руб.;

Общий материальный ущерб – 153 365 руб.

Ущерб от аварии составляет: 231 365 руб.

### **3.3 Вероятность аварии**

Опросный лист как метод определения с опыта рабочих. В настоящей работе проводился опрос рабочих (устный), с целью выявления частоты возгорания, вероятности возгорания, вероятности получения ожогов различных степеней, вероятности взрыва и опыт нахождения в таких ситуациях.

Перечень вопросов:

- Как долго вы работаете сварщиком?
- За время работы, как часто с вами случались случаи возгорания, взрыва, ожогов?
- Как изменилось рабочее место за последние несколько лет? Снижился ли риск подобных ситуаций?
- Расскажите про свой опыт в таких ситуациях?

Таким образом были опрошены 10 сварщиков, занимающихся различной работой. 1 человек работает в стационарном месте, 3 сварщика на выездных, 2 сварщика в замкнутом пространстве, 2 сварщика на производстве, 2 сварщика работающие с автотехникой.

Сварщик на стационарном месте, оборудованный всеми комплектующими для защиты, проработавший 6 лет, объяснил все таким образом, что подобных ситуаций было не много, появляются они очень редко и в случае появления, есть возможность справиться со сложившейся ситуацией своими силами, т.к. есть огнетушитель, рядом нет никаких легковоспламеняющихся материалов и жидкостей, но искры и раскаленный металл всё равно могут обжечь тело, если не использовать СИЗ. За 6 лет, с ним произошла одна такая авария, при которой он эвакуировался из здания.

Обратный удар пламени и взрыв баллона с ацетиленом. На подготовленном месте процесс работы безопаснее и комфортнее. По словам рабочего, такие аварии очень редкие 1 авария в 10 лет.

Сварщики, работающие на выездах, на местах не стационарных, утверждали, что возгорания могут произойти в любой момент времени, а взрыв возможен даже если сварщик все сделает правильно, выключит оборудование, уберет рабочее место для ухода на обед или покидая рабочее место, есть другие рабочие, пренебрегающие требованиям по охране труда. Из-за хаотичной работы на местах, отсутствия технологической карты происходят различные мелкие инциденты, которые удается быстро локализовать. Но были и случаи, когда машина, сдающая задний ход, из-за невнимательности водителя перевернула бочку с керосином, в то время, когда проводились сварочные работы, в итоге: возгорание паров керосина, большая часть территории в огне, работы проводились под открытым небом, огонь перекидывался на одежду, на электрические приборы и т.д. Опыт работы у трёх сварщиков почти одинаковый, 4 года, 6 лет и 4,5 года. У каждого из них случалась какая-то авария, связанная со взрывом, пожаром и ожогами. За свой стаж подобные случаи происходили по одному разу. Предположения, что такие аварии могут случаться 1 раз в 7 лет. Рабочие места бывают разные, может быть полностью оборудованным, но всё оборудование не работает, из-за чего становится только хуже, а работа под открытым небом порой не составляет никакого труда.

Двое сварщиков работающих в замкнутом пространстве, в основном говорили о парах металлов в замкнутой среде, проблем с органами дыхания и вынужденных не удобных позах для работы. Для проведения работ в замкнутом пространстве нужен наряд-допуск и специальные СИЗ, в основном они работают вместе с монтажниками. Пожар или взрыв, может быть вызван, если рядом есть материалы или жидкости, которые легко могут воспламениться. Плохо очищенная или промытая ёмкость от бензина или керосина и прочих подобных жидкостей. Инертные газы способные привести

к пожару, взрыву. При окончании работ в таких пространствах, необходимо проверить еще в идеале несколько раз на предмет очагов возгорания. Такое место должно быть оборудовано огнетушителем, песком, технической водой и т.д. Баллоны должны находиться вне зоны работы сварщика и самого пространства. Так же, должен быть страхующий работник, который следит за процессом и при необходимости быстро среагировать, отключить оборудование, немедленно доставать сварщика из рабочего места. Рабочие имеют 15 лет и 22 года стажа работы. Случай произошел с ними на рабочем месте, плохо очищенное место в котором хранился бензин, не смотря на замечания о запахе, работы начались. Через короткий промежуток времени произошло возгорание, откуда пришлось убежать сварщику, травм получено не было. У них был также один случай крупный, в остальных случаях удавалось быстро исправить ситуацию своими силами. На вопрос о вероятности такой аварии с пожаром, взрывом, был дан ответ, что это может произойти в любой момент, а сама вероятность 1 раз за 15 лет, т.к. сам столько работает.

Оставшиеся сварщики на производстве и работающие с автотехникой, по сути находились в одинаковых рабочих условиях, были связаны с монтажниками и разнорабочими, в случае надобности сварить какие-либо детали или наоборот, разрезать. С ними не случалось подобных ситуаций, предпосылок много было, постоянно кто-то наступает на шланг с газом, пока сварщик проводит работу, разнорабочий зачищает отверстия механизма керосином или происходит зачистка ацетиленом. Стаж работы – 2,5 года, 4 года, 7 лет, 3 года. На вопрос с вероятностью пожара и взрыва, был дан ответ, что кто-то не верит, что такое вообще может произойти, другие дали приблизительную оценку в 1 раз в 10 лет.

Краткий вывод: Такие аварии происходят, но очень редко если исходить из предположений рабочих, то вероятность, что такая авария произойдет 1 раз за 10 лет, т.е. вероятность возникновения аварии в течении

смены составляет 0,0002777 и произойти она может абсолютно в любой момент.

Для расчета риска аварии  $\rho$  необходимо знать вероятность аварии и ущерб от аварии.

$$\Theta_{\text{аварии}} = 0,0002777 * 231\,365 = 64,2 \text{ руб/смену}$$

Траты на охрану труда – 0.2% от прибыли организации. Прибыль организации за последний год составила 21 000 000 руб. Затраты на производство организации за прошлый год – 7 450 000 руб. Предполагаемые затраты на текущий год – 8 500 000 руб. Траты на торговую деятельность – 3 000 000 руб. Таким образом траты на ОТ = (8 500 000 + 3 000 000) \* 0,2% = 23 000 руб. в год.

Причины аварий с наибольшим риском:

Таблица 14 – Риски при сварочных работах.

Причина аварии	Ранг риска	Уровень риска
Обратный удар пламени	5	Средний
Интенсивное теплое излучение	4	Средний
Неправильная транспортировка баллонов	4	Низкий
Избыточное давление внутри баллона	4	Средний
Появление масла на редукторе	4	Низкий
Воздействие прямых солнечных лучей на баллон или воздействие высокой температуры	3	Низкий
Неисправная клапанная система в газовом баллоне	3	Средний
Электротехнические причины	2	Средний



Краткий вывод: Если риск больше, чем траты на ОТ, то даже экономически выгодно увеличить вложения в ОТ. По расчету  $\text{риск} = 64,2 \text{ руб./смену} = 64,2 * 365 = 23\,433 \text{ руб./год}$ , а траты на ОТ = 23 000 руб/год. [19] Поэтому вложения в снижение риска рассмотренного события будет экономически выгодно.

### **3.4 Обязательные мероприятия по снижению риска аварии**

При сварочных работах должны планироваться и проводиться следующие мероприятия по снижению риска аварий:

- Проведение вводного инструктажа на рабочем месте вновь прибывшему работнику;
- Проведение всех видов инструктажей на рабочем месте;
- Проведение подготовки и аттестации работников;
- Ежедневно проводить осмотр рабочего места, проводить уборку;
- Руководитель подразделения должен организовать систематический контроль, наблюдение за используемыми электрическими приборами, газовыми и ацетиленовыми баллонами;
- Каждый раз перед проведением работ сварщик должен проверять целостность инструментов, шлангов, баллонов и т.д.;
- При выполнении работы всегда использовать СКЗ для защиты от теплового воздействия, искр;
- Все работы проводятся по технологической карте, с соблюдением всех требований по охране труда, в соответствии с технологическими процессами;
- Соблюдение мер пожарной безопасности;
- Периодическая проверка и ремонт технического состояния оборудования для сварочных работ;
- Проведение на складе хранения газовых баллонов обучения персонала;

Для снижения риска рассмотренной аварии **дополнительно необходимо обязательно** удалять емкости с горючими и легко воспламеняющимися жидкостями из помещения, в котором планируются сварочные работы.

### **3.5 Организация мероприятий**

Перечень выше указанных мероприятий оформляется в виде отдельного документа. С данным документом мероприятий по снижению риска аварии должен быть ознакомлен каждый рабочий под расписку. Дополнительно для рабочего разработаны следующие рабочие инструкции:

1. Положение о проведение инструктажа, обучению и проверки знаний, по требованиям по охране труда;
2. Инструкция по общим правилам и пожарной безопасности;
3. Инструкция по охране труда для газосварщиков (газорезчиков) электросварщиков;
4. Инструкция по охране труда по общим правилам для проведения огневых работ;
5. Инструкция по пожарной безопасности при проведении сварочных работ и других огневых работ;
6. Регламент технологического обслуживания оборудования;

Руководитель обязан организовать обучение персонала; не допускать к работе лиц, не ознакомленных со всеми инструкциями и не прошедших инструктажи; не допускать к проведению работ лиц без официального документа, подтверждающего их квалификацию.

## 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 4.1 Предпроектный анализ

#### 4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

*Целевой рынок* – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

*Сегментирование* – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга).

Результатом исследования является энергоэффективная климатическая установка для сварочного поста. Но конкретно данная конструкция установка рассчитана на применение в системах вентиляции воздуха в сварочных помещениях. Вентиляция имеет небольшие размеры и в помещениях с большой площадью теряет свою эффективность, поэтому потенциальные потребители – физические лица. Результат данного исследования – это оптимальное решение, при котором обеспечивается необходимый воздухообмен.

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов. Преимуществом данного проекта является одновременная очистка воздуха от вредных веществ и поддержание необходимой температуры на рабочей зоне и снижение уровня производственного шума.

Вентиляционное оборудование с помощью, которого производится контроль климата в помещении соответствует таким критериям, как:

– безопасность, устранение химических выделений, которые успели распространиться дальше помещения;

- достижение оптимального микроклимата, защита от аллергенных факторов;
- уровень шума. Снижение общего производственного шума;
- надежность, оборудование хорошо справляется со своими функциями на рабочем месте;
- поддержание требуемой температуры на сварочном посту;
- простота конструкции и ремонтпригодность, легко можно заменить функциональные части оборудования;
- обеспечение необходимым воздухообменом, подача обработанного воздуха;
- минимизация концентрации вредных веществ, выделяющиеся во время сварочных работ.

#### Конкуренты:

1. Компания «ИНМИК», узкоспециализированная организация, занимающаяся монтажом вентиляционных систем. Монтаж системы вентиляции выполняют строго на основании положений, указанных в СанПин (санитарно-эпидемиологические нормы), ГОСТ и СП. Перечень основных документов.

2. Компания ООО «АДС» Основными направлениями деятельности - инженерные системы в области теплоэнергетики. Осуществляем такие виды работ как проектирование, изготовление, поставки оборудования, монтаж, диагностика, обследования систем вентиляции и кондиционирования любой сложности.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Данный анализ проведен с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 15.

Таблица 15 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Безопасность	0,2	5	1	5	1	0,2	1
2. Достижение оптимального микроклимата	0,2	5	4	4	1	0,8	0,8
3. Уровень шума	0,05	5	4	1	0,25	0,2	0,05
4. Надежность	0,05	4	3	5	0,2	0,15	0,25
5. Поддержание требуемой температуры	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
6. Простота конструкции и ремонтпригодность	0,05	4	5	5	0,2	0,25	0,25
7. Обеспечение необходимым воздухообменом	0,2	4	5	4	0,8	1	0,8
9. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
10. Минимизация концентрации вредных веществ	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>42</b>	<b>35</b>	<b>39</b>	<b>4,45</b>	<b>3,65</b>	<b>4,4</b>

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл. 15, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации. Данный проект сравнивается с аналогами, которыми являются настенный проветриватель с функцией охлаждения воздуха (К1) и естественная вентиляция помещения (К2).

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i * B_i$$

где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

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

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Расчет коэффициента конкурентоспособности:

$$K = \frac{K_{\phi}}{K_{к1}} = \frac{4,48}{2,85} = 1,57$$

После проведенного анализа, можно сделать следующие выводы:

- При сравнении с аналогичными устройствами конструкция разработанной системы охлаждения воздуха является наиболее конкурентоспособной и может заменить на рынке уже существующие аналоги.

- Сильными сторонами данной разработки в первую очередь являются энергоэкономичность, безопасность, обеспечение необходимым воздухообменом и сокращение потерь энергии на охлаждение жилого помещения, эти преимущества помогут завоевать доверие покупателя.

Коэффициент конкурентоспособности больше 1, то есть проект является конкурентоспособным

## **4.2 Инициация проекта**

В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта.

### **4.2.1 Цели и результат проекта**

Под заинтересованными сторонами проекта понимаются лица или организации, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно в ходе исполнения или в результате завершения проекта. Это могут быть заказчики, спонсоры, общественность и т.п. Информация по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 17.

Таблица 17 – Заинтересованные стороны проекта.

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Исполнители Гусельников М.Э., руководитель научного исследования от университета Макаров А.Е., магистрант	Получение готового макета системы вентиляции воздуха для дальнейшего использования на сварочных постах.
Работодатель	Минимизация ущерба от выделяющихся вредных веществ, соблюдение всех требований охраны труда.

В таблице 18 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 18 – Цели и результат проекта.

Цели проекта:	Эффективное очищение воздуха от вредных веществ
Ожидаемые результаты проекта:	Изготовление макета системы вентиляции воздуха
Критерии приемки результата проекта:	Минимизация ущерба от выделяющихся вредных веществ, соблюдение всех требований охраны труда
Требования к результату проекта:	<b>Требование:</b>
	Обеспечение необходимого воздухообмена
	Экономическая целесообразность

#### 4.2.2 Организационная структура проекта

Данный этап работы содержит состав рабочей группы данного проекта, роль каждого участника в данном проекте, а также функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Эту информацию представить в табличной форме (табл. 19).

Таблица 19 – Рабочая группа проекта.

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо- затраты, час.
	Гусельников М.Э., руководитель научного	Координация	Координация, управление деятельностью,	146

	исследования от университета		предоставление необходимых условий	
	Макаров А.Е., магистрант	Исполнение	Выполнение работ по исследованию	183
ИТОГО:				329

### 4.3 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом включает в себя следующие элементы таблица 20.

Таблица 20 – Контрольные события проекта.

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат(подтверждающий документ)
1	Выбор темы научно-исследовательской работы. Постановка целей и задач.	12.09.20- 19.09.20	Приказ
2	Литературный обзор	24.09.20- 21.12.21	Отчеты по НИРС
4	Анализ полученных результатов. Составление отчета.	01.06. 2022	Предзащита

#### 4.3.1 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный план проекта. Линейный график представляется в виде таблицы (табл. 21).



Таблица 21 – Календарный план проекта.

<b>Код работы (из ИСР)</b>	<b>Название</b>	<b>Длительность, рабочие дни</b>	<b>Дата начала работ</b>	<b>Дата окончания работ</b>	<b>Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)</b>
1.1	Принятие решения о разработке, постановка целей и задач.	4	14.09.20	18.09.20	М.Э.Гусельников А.Е. Макаров
1.2	Составление и утверждение задания.	6	22.09.20	28.09.20	М.Э.Гусельников
1.3	Изучение литературы	25	03.10.21	28.10.21	А.Е. Макаров
2.1	Анализ процесса и технологии сварки	8	04.11.21	12.11.21	А.Е. Макаров
2.2	Расчет количества электродов за смену	38	18.11.21	26.12.21	М.Э.Гусельников А.Е. Макаров
2.3	Расчет количества выделенных вредных веществ	23	15.01.22	07.02.22	М.Э.Гусельников А.Е. Макаров
2.4	Расчет вентиляции	45	15.02.22	31.03.22	М.Э.Гусельников А.Е. Макаров
2.5	Изготовление и исследование макета системы вентиляции и очистки воздуха	15	01.04.22	05.04.22	М.Э.Гусельников А.Е. Макаров
3.1	Подготовка и оформление отчета о проделанной работе	30	01.05.22	31.05.22	М.Э.Гусельников А.Е. Макаров
3.2	Сдача проекта	10	01.06.22	10.06.22	А.Е. Макаров
Итого		194			

### 4.3.2 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх}i}$$

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода.

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов). Результаты по данной статье заносятся в таблице 22.

Таблица 22 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты.

Наименование	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Печатная бумага А4	1 уп.	750	750
Ручка шариковая	4 шт.	20	80
Карандаш	1 шт.	15	15
Линейка	1 шт.	40	40
Циклон ЛИОТ-1	2 шт.	11 340	22 680
Панель Чернобережского	2 шт.	17 240	34 480
Всего за материалы			58 045
Итого по статье $C_m$			58 045

### 4.3.3 Основная заработная плата

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = З_{осн} + З_{доп}$$

Где,  $З_{осн}$  – основная заработная плата;

$З_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ( $З_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, инженера)) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_{раб}$$

где,  $З_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$З_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m}{F_d},$$

где  $З_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$F_d$  – действительный месячный фонд рабочего времени научно-технического персонала, равный 22 рабочих дня.

Месячный должностной оклад работника:

$$З_m = З_б \cdot k_p$$

где,  $З_б$  – базовый оклад, руб.;

$З_б = 35\,176,86$  руб. – базовый оклад руководителя (доцент к.н),

$Z_6 = 13\,900$  руб. – базовый оклад инженера.

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Месячный должностной оклад научного руководителя:

$Z_M = 35\,176,86 * 1,3 = 45\,729,92$  руб.

Месячный должностной оклад инженера:

$Z_M = 13\,900 * 1,3 = 18\,070$  руб.

Среднедневная заработная плата научного руководителя:

$Z_{дн} = 45\,729,92 / 25 = 1829,16$  руб.

Среднедневная заработная плата инженера:

$Z_{дн} = 13\,900 / 22 = 103,4$  руб.

Расчёт основной заработной платы работников приведён в таблице 23.

Таблица 23 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$k_T$	$Z_{окл}$ , руб.	$k_p$	$Z_M$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Научный руководитель	–	–	35 176, 86	1,3	45, 729, 92	2030,69	6	12 471,78
Инженер	–	–	13 900		18 070	631,81	70	44 226,7
Итого $Z_{осн}$								56 698,48

### ***Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала***

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}}$$

где,  $Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарплаты,  $k_{\text{доп}} = 0,12$ ;

$Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб.

В табл. 24 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 24 – Заработная плата исполнителей НИИ.

Исполнитель	$k_{\text{доп}}$	$Z_{\text{осн}}$	$Z_{\text{доп}}$
Научный руководитель	0,12	12 471,78	1 496,61
Инженер		44 226,7	5 307,2
Итого			6 756,8

### ***Отчисления на социальные нужды***

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды. На 2015 год общие тарифы страховых взносов следующие (таблица 25):

Таблица 25 – Общие тарифы страховых взносов.

Ставка ПФР	Ставка ФСС	Ставка ФФОМС
22,0%	2,9%	5,1%

Суммарный процент общих страховых взносов равен 30%.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

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

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * C_{\text{зп}} = 0,3 * 10,152,84 = 3 045,8 \text{ руб}$$

### ***Накладные расходы***

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию,

эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

где  $k_{\text{накл}}$  – коэффициент накладных расходов.

$$C_{\text{накл}} = 0,16 * (56\,698,48 + 6\,756,8) = 10\,152,84 \text{ руб}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости магистерской диссертации по повышению энергоэффективности жилых помещений за счет рекуперации вентилируемого воздуха, представленный в таблице 23.

Таблица 26 – Калькуляция плановой себестоимости магистерской диссертации.

Наименование статей затрат	Сумма, руб.
1. Материалы	58 045
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	56 698,48
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6 756,8
4. Отчисления на социальные нужды	3 045,8
5. Накладные расходы	10 152,84
Итого себестоимость ВКР, руб.	134 698,92

#### 4.4 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его

нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}},$$

$$I_{\Phi_{ан.1}}^p = 900\ 000 / 900\ 000 = 1$$

$$I_{\Phi_{ан.}}^p = 1\ 000\ 000 / 900\ 000 = 1,11$$

где,  $I_{\Phi}^p$  - интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

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

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p$$

где,  $I_m^a$  – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го параметра;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го параметра для аналога и разработки,

устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, пример которой приведен ниже.

Таблица 27 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии оценки	Вес критерия	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	4	4	4
2. Энергоэкономичность	0,2	5	4	3
3. Безопасность	0,2	5	5	5
4. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,1	5	4	4
5. Конкурентоспособность	0,2	5	4	4
6. Цена	0,1	5	3	3
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>4,83</b>	<b>4</b>	<b>3,83</b>

$$I_{\text{тп}} = 4 * 0,2 + 5 * 0,2 + 5 * 0,2 + 5 * 0,1 + 5 * 0,2 + 5 * 0,1 = 4,8$$

$$\text{Аналог 1} = 4 * 0,2 + 4 * 0,2 + 5 * 0,2 + 4 * 0,1 + 4 * 0,2 + 3 * 0,1 = 4,1$$

$$\text{Аналог 2} = 4 * 0,2 + 3 * 0,2 + 5 * 0,2 + 4 * 0,1 + 4 * 0,2 + 3 * 0,1 = 3,7$$

*Интегральный показатель эффективности разработки ( $I_{\text{финр}}^p$ ) и налога ( $I_{\text{финр}}^a$ )* определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{ф}}^p}, \quad I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\text{ф}}^a}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a}$$



где  $\mathcal{E}_{\text{ср}}$  – сравнительная эффективность проекта;  $I_{\text{финр}}^{\text{р}}$  – интегральный показатель разработки;  $I_{\text{финр}}^{\text{а}}$  – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Таблица 28 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1,58	0,69
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,83	4	3,83
3	Интегральный показатель эффективности	4,83	2,53	5,55
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,91	0,87

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

#### 4.5 Определение ресурсосберегающей эффективности исследования

Охрана труда требует выполнения требований, в особенности для такой актуальной и опасной работы как сварщик, на которой выделяется большое количество вредных веществ за смену. Эффективность очистки воздуха является своего рода индикатором научно-технического и экономического потенциала общества, позволяющим оценивать уровень его развития.

В теплый период года обязательно охлаждение воздуха помещений, в которых работают люди. От температуры за окном зависит работа вентиляционных и охладительных систем, чем выше столбик термометра, тем выше мощность, потребляемая системой охлаждения воздуха.

В связи с этим наиболее оптимальным представляется выход, при котором был бы обеспечен необходимый воздухообмен при одновременном охлаждении воздуха. Эта задача может быть успешно решена результатом

данного исследования – система температурной обработки входящего воздуха и очистка отработанного.

## **5 Социальная ответственность**

Социальная ответственность – это система законодательных актов и соответствующих им социально - экономических, технических, гигиенических, организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

В разделе даются рекомендации по мерам защиты от вредных воздействий, которые были выявлены в процессе исследования в помещении, рассмотрены меры по пожарной профилактике, охране окружающей среды. Также определены возможные чрезвычайные ситуации на объекте и разработаны меры защиты.

В последние годы все большее значение приобретают требования мирового сообщества и практически всех государств к социальной стороне деятельности организаций. Это в равной мере относится к организациям всех типов, размеров и форм собственности вне зависимости от их географического размещения, сферы деятельности, культурных и национальных традиций.

В наше время прочно утвердилось понятие о социальной ответственности организаций, которая в общем случае включает производство продукции и оказание услуг надлежащего качества, удовлетворение интересов потребителей, соблюдение прав персонала на труд, выполнение требований к безопасности и гигиене труда, к промышленной безопасности и охране окружающей среды, ресурсосбережению, участие в социальных мероприятиях и поддержке инициатив местного сообщества, добросовестное ведение бизнеса.

Социальная ответственность — это такая концепция, согласно которой компании должны активно заботиться о благосостоянии общества в целом.

В настоящее время сварочные работы широко используются во всех областях промышленности.

При проведении сварочных работ, на человека действуют техногенные, опасности, которые принято называть опасными и вредными производственными факторами: электромагнитные поля, освещение, шумы, вибрация, действие электрического тока и др.

Также работа со сваркой помимо внешнего влияния на человека, характеризуется умственным напряжением и нервно-эмоциональной нагрузкой, монотонностью труда и достаточно большой нагрузкой на мышцы рук при переноске сварного оборудования, мышцы спины при наложении шва потолочного или продолжительное время нахождения в одной позе при скрученной спине. За счет этого рациональное расположение элементов рабочего места имеет большое значение, что важно для поддержания оптимальной рабочей позы работающего человека.

В процессе работы со сваркой необходимо соблюдение режима труда и отдыха, в противном случае отмечаются болезненные ощущения в глазах, в пояснице, в области шеи и руках, также головные боли, поражение дыхательных путей.

В данном разделе дипломной работы приводится анализ вредных и опасных производственных факторов при сварочных работах. Объектом исследования выступает рабочее место, на котором проводились расчеты, а также оборудование и помещение, в котором находится это рабочее место.

В разделе даются рекомендации по мерам защиты от вредных воздействий, которые были выявлены в процессе исследования в помещении, рассмотрены меры по пожарной безопасности, охране окружающей среды. Также определены возможные чрезвычайные ситуации на объекте и разработаны меры защиты и произведены расчеты освещенности и уровня шума.

## 5.1 Производственная безопасность

### 5.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.

Опасным производственным фактором (ОПФ) – называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или к другому внезапному резкому ухудшению здоровья. ОПФ так же характеризуется мгновенным, стремительным воздействием на организм. Травма – это повреждение тканей организма и нарушение его функций внешним воздействием. Травма является результатом несчастного случая на производстве, под которым понимают случай воздействия опасного производственного фактора на работающего при выполнении им трудовых обязанностей или заданий руководителя работ.

Вредным производственным фактором (ВПФ) – называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности. ВПФ характеризуется постепенным и/или продолжительным воздействием на организм. Заболевания, возникшие под действием вредных производственных факторов, называются профессиональными.

Таблица 29 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Ф а к т о р ы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ )		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1	2	3	4
Сварочные	1. Физические: -повышенный		ГОСТ 12.1.003-2014

Наименование видов работ и	Ф а к т о р ы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ )		Нормативные
работы	уровень шума на рабочем месте;		[20]
		-повышенный уровень электромагнитных излучений; -повышенная напряженность электрического поля; -повышенная напряженность магнитного поля;	ГОСТ 12.1.006–84. ССБТ [21] СанПиН 1.2.3685-21 [14] ГОСТ 34594.2.1- 2019 [22]
	недостаточная освещенность рабочей зоны;		ГОСТ Р 55710-2013 [23]
	-повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; -повышенная или пониженная влажность воздуха; -повышенная или пониженная подвижность воздуха;		СанПиН 2.1.3684-21 [24]

Наименование видов работ и	Ф а к т о р ы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ )		Нормативные
	- интенсивное тепловыделение;		
- выделение токсичных газов;		ГОСТ 12.4.034-2017 [26]	
	- Опасности, связанные с воздействие аэрозолей преимущественно фиброгенного действия	ГОСТ Р 54578-2011 [27]	
	- опасность падения	ГОСТ Р 12.3.050-2017 [28]	
2. Психофизиологическ ие -физические перегрузки; -нервно-психические перегрузки		ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ [29]  ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ [30]	
	1.Физические повышенное значение напряжения в	ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ [29]	

Наименование видов работ и	Ф а к т о р ы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ )		Нормативные
		электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ [30]

### 5.1.2. Физические вредные факторы

Повышенный уровень шума на рабочем месте.

Параметры микроклимата

Человек постоянно находится в процессе теплового взаимодействия с окружающей средой. Для того чтобы физиологические процессы в его организме протекали нормально, выделяемая организмом теплота должна отводиться в окружающую человека среду.

Соответствие между количеством этой теплоты и охлаждающей способностью среды характеризует ее как комфортную. В условиях комфорта у человека не возникает беспокоящих его температурных ощущений холода и перегрева.

Отдача теплоты организмом человека в окружающую среду происходит в результате теплопроводности через одежду, конвекции у тела, излучение на окружающие поверхности, испарение влаги с поверхности кожи. Часть теплоты расходуется на нагрев вдыхаемого воздуха.

Количество теплоты, отдаваемое организмом человека различными путями, зависит от величины того или иного параметра микроклимата. Так, теплоотдача конвекцией зависит от температуры окружающего воздуха и скорости его движения на рабочем месте. Отдача теплоты за счет испарения зависит от относительной влажности и скорости движения воздуха. (Таблица 2)

При изменении температуры воздуха, скорости его движения и влажности, при наличии вблизи человека нагретых поверхностей в условиях



физической работы и т.д. эти соотношения существенно изменяются. Способность человеческого организма поддерживать постоянную температуру при изменении параметров микроклимата и при выполнении различной по тяжести работы называется терморегуляцией. Для теплового самочувствия человека важно определенное сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне.

Влияние на тепловое самочувствие человека в жарком помещении движение воздуха способствует увеличению отдачи теплоты организму и улучшает его состояние, но оказывает неблагоприятное воздействие при низкой температуре воздуха в холодный период года.

При воздействии высокой температуры воздуха, интенсивность теплового излучения возможен перегрев организма, который характеризуется повышением температуры тела, обильном потовыделением, учащением пульса и дыхания, резкой слабостью, головокружением и в тяжелых случаях – появлением судорог и возникновением теплового удара.

Особенно неблагоприятные условия возникают в том случае, когда наряду с высокой температурой в помещении наблюдается повышенная влажность, ускоряющая возникновение перегрева организма. Вследствие резких колебаний температуры в помещении, обдувания холодным воздухом (сквозняки) имеют место простудные заболевания.

В соответствии с ГОСТ Р 52319-2005 оптимальные и допустимые величины показателей, характеризующие микроклимат в производственных помещениях.

Таблица 30 - Параметры микроклимата для помещений, где установлены компьютеры.

Период года	Параметр микроклимата	Величина
Холодный и переходный	Температура воздуха в помещении	22-24 °С
	Относительная влажность	40-60 %
	Скорость движения воздуха	До 0,1 м/с
Теплый	Температура воздуха в помещении	23-25 °С
	Относительная влажность	40-60 %
	Скорость движения воздуха	0,1-0,2 м/с

Таблица 31 – Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где расположены компьютеры.

Характеристика помещения	Объемный доход подаваемого в помещение свежего воздуха, м <sup>3</sup> /на одного человека в час
Объем до 20 м <sup>3</sup> на человека	Не менее 30
20 - 40м <sup>3</sup> на человека	Не менее 20
Более 40м <sup>3</sup> на человека	Естественная вентиляция

### 5.1.3 Освещение

Правильно спроектированное и выполненное освещение улучшает условия зрительной работы, снижает утомляемость, способствует повышению производительности труда, благотворно влияет на производственную среду, оказывая положительное психологическое воздействия на работающего, повышает безопасность труда и снижает травматизм.

Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, перенапряжению зрительного анализатора, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах. Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики, дезориентировать работающего. Все эти причины могут привести к несчастному случаю или профзаболеваниям, поэтому столь важен правильный расчет освещенности.

Кроме того, все поле зрения должно быть освещено достаточно равномерно – это основное гигиеническое требование. Иными словами, степень освещения помещения и яркость сварочной дуги должны быть примерно одинаковыми, так как яркий свет в районе периферийного зрения значительно увеличивает напряженность глаз и как следствие приводит к их быстрой успеваемости. Это достигается путём использования средств индивидуальной защиты, а именно специальные защитные маски с светофильтрами.

Освещение при выполнении сварки внутри замкнутых и труднодоступных пространств (котлов, отсеков, цистерн) должно осуществляться наружным освещением светильниками направленного действия или местным освещением ручными переносными светильниками с напряжением не более 12 В. При этом освещенность рабочей зоны должна быть не менее 30 лк.

Согласно СП 52.13330.2016 рассматриваемое помещение относится к зрительным работам средней точности, имеет четвертый разряд зрительных работ. Коэффициент естественного освещения (КЕО) при боковом освещении должен составлять 1,5% при естественном освещении и 0% при совмещенном. Так как нет возможности произвести замеры уровня освещения, а возможно только предположить недостаток, то следует предусмотреть возможность установки люминесцентных ламп (ламп дневного света) с индексом светопередачи не менее 70. При этом тона

должны быть максимально близки к солнечному – белый цвет. Такой свет считается максимально комфортным для работы.

Произведем расчеты количества и мощности светильников, установленных в помещении. При расчете системы искусственного общего равномерного освещения для горизонтальной рабочей поверхности применим метод использования коэффициента светового потока.

Расчет искусственного освещения проведен для помещения с указанными габаритами:

длина  $A = 7$  м,

ширина  $B = 5$  м,

высота  $C = 4$  м.

Для освещения данного помещения, исходя из его высоты и технологических особенностей, будут использованы светильники типа СД ДРЛ, размещенные по прямоугольной схеме расположения.

Высота подвеса светильника ( $H_p$ ) с учетом высоты стола равна 2,5 м.

Определение самого выгодного расстояния между светильниками ( $L$ ):

$$\frac{L}{H_p} = 0,7$$

Тогда расстояние между светильника определим по формуле:

$$L = H_p * 0,7 = 2,5 * 0,7 = 1,75$$

где,  $L$  – расстояние между светильниками;

$H_p$  – высота подвеса светильника.

Определение требуемого количества светильников  $n$ :

Для начала определим количество рядов светильников по формуле:

$$N = \frac{B}{L} = \frac{5}{1,75} = 2,85$$

где,  $N$  – количество рядов светильников;

$B$  – ширина помещения;

$L$  – расстояние между светильниками.

Количество светильников в ряду определим по формуле:

$$M = \frac{A}{L} = \frac{7}{1,75} = 4$$

Где, М – количество светильников в ряду;

А – длина помещения;

Л – расстояние между светильниками.

Учитывая, что значение расстояния между светильниками приближенное, то необходимо его округлить. Поэтому примем количество рядов равное 3, а количество светильников в ряду – 4.

Тогда количество светильников равно:

$$n = M * N = 3 * 4 = 12$$

где n – количество светильников

Расчет светового потока  $F_{л}$  по формуле:

$$F_{л} = \frac{100 * E_{н} * S * K * z}{n * \eta}$$

где,  $E_{н}$  - нормированная минимальная освещенность, лк.  $E_{н} = 400$  лк;

S – площадь освещаемого помещения, м<sup>2</sup>.

K – коэффициент запаса, K = 1,5;

z – коэффициент минимальной освещенности. z = 1,2 (для люминесцентных ламп);

n – число светильников, шт;

$\eta$ - коэффициент использования светового потока ламп, который зависит от типа светильника, коэффициентов отражения потолка  $\rho_n$  и стен  $\rho_c$  светопоказателя помещения i.

$$\rho_n = 70\%, \rho_c = 50\%$$

Светопоказатель помещения i находится по формуле:

$$i = \frac{A * B}{H_p * (A + B)}$$

где, i – светопоказатель помещения;

A – длина помещения;

B – ширина помещения;

Нр – высота помещения.

$$i = \frac{7 * 5}{2,5 * (7 + 5)} = 1,1$$

Примем  $\eta = 49\%$

Световой поток тогда будем равен:

$$F_{л} = \frac{100 * 400 * 35 * 1,5 * 1,2}{12 * 0,49} = 4285$$

По полученным значениям можно подобрать необходимый светильник и лампочку. К примеру:

Лампа светодиодная высокоомощная PLED-HP-T120 50Вт 4000К 4400лм E27/ E40 220/50 JazzWay 5003842. Светильник светодиодный COMFORT ASTRA 55Вт 230В 3000-6500К 4400лм 400x100мм.

#### 5.1.4 Шумы и вибрации

При сварочных работах, шум создается преобразователями напряжения, моментом, когда электрод контактирует с поверхностью металла, работающими осветительными приборами дневного света, промышленными шумами, шум вентиляции.

Таблица 32 - Уровни звукового давления различных источников

Источник шума	Уровень шума, дБ
Ручная дуговая сварка	89
Работа вентиляции	40
Промышленный шум	115-140
Преобразователь напряжения	45

При длительном воздействии шум вызывает ухудшение слуха, раздражительность, головные боли, боли в ушах, повышенную утомляемость, нарушает восприятие визуальной информации, снижает способность быстро и точно выполнять координированные движения, уменьшает производительность труда.

В соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ., при выполнении основной работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте на производственных

объектах не должен превышать 80 дБ. Реально существующий уровень шума в рассматриваемом помещении не превышает допустимый.

Для снижения шума, создаваемого на рабочих местах, а также шума, проникающего извне, следует:

- ослабить шум самих источников;
- применять рациональное расположение оборудования;
- уплотнить по периметру притворы окон и дверей.

В таблице 33 указаны предельные уровни звука в зависимости от категории тяжести и напряженности труда, являющиеся безопасными в отношении сохранения здоровья и работоспособности.

Таблица 33 - Предельные уровни звука, дБ, на рабочих местах

Категория напряженности труда	Категория тяжести труда			
	I. Легкая	II. Средняя	III. Тяжелая	IV. Очень тяжелая
I. Мало напряженный	80	80	75	75
II. Умеренно напряженный	70	70	65	65
III. Напряженный	60	60	-	-
IV. Очень напряженный	50	50	-	-

Для снижения шума можно использовать следующие методы:

- уменьшение шума в источнике;
- изменение направленности излучения;
- рациональная планировка предприятий и цехов;
- акустическая обработка помещений;
- уменьшение шума на пути его распространения.

Уровень вибрации в помещениях вычислительных центров может быть снижен путем установки оборудования на специальные виброизоляторы.

### **5.1.5 Опасное напряжение внутри сети**

Известно, что поражение человека электрическим током возможно лишь при замыкании электрической цепи через тело человека, т. е. при

прикосновении человека к сети не менее чем в двух точках. При этом, повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека, является опасным фактором.

Согласно ПУЭ (Правила устройства электроустановок, 1999, извлечение) помещение, где проводятся сварочные работы, относится к 1 группе помещений по опасности и поражения людей электрическим током, то есть помещения с повышенной опасностью поражения людей электрическим током характеризуются присутствием условий, создающих повышенную или особую опасность. Такие как токопроводящие полы, (такие устанавливаются для пожаробезопасности), возможность одновременного прикосновения человека металлоконструкции и рабочего оборудования, наличие выделяющихся вредных аэрозолей, газов.

На данном предприятии опасным производственным фактором является повышенное значение напряжения в электрической цепи, в случае, если есть трансформатор – 380 В. Замыкание которой может произойти через тело человека. Известно, что поражение человека электрическим током возможно лишь при прикосновении человека к сети не менее чем в двух точках.

Для защиты людей можно применять следующие коллективные способы и средства защиты:

- изоляция токопроводящих частей (проводов) и ее непрерывный контроль;
- предупредительная сигнализация и блокировки;
- использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов;
- применение малых напряжений; защитное заземление, зануление;
- защитное отключение.

## **5.2 Психофизические факторы**

Сварочная работа вызывает значительное напряжение и нервно-эмоциональную нагрузку, не требует высокой напряженности. Значительно задействована зрительная работа и достаточно большой нагрузки на мышцы



спины и рук при работе в неудобных позах, а также вызывает умственные и нервно-психологические перегрузки. Так же сварщик несёт ответственность за сварочный шов, что он оставил. Важную роль для обеспечения работника наиболее безопасными и удобными условиями труда играет планировка рабочего места.

Одним из основных эргономических требований является правильная рабочая поза. Необходимо стремиться к тому, чтобы рабочая поза была как можно ближе к естественной позе человека. Основной рабочей позой является поза стоя. Необходимо скорректировать конструкцию рабочего места так, чтобы как можно равномернее распределить высоту тела и стола, в случае работы сидя – распределить давление тела на площадь опоры. Производственная среда, являющаяся предметным окружением человека, должна сочетать в себе рациональное архитектурно-планировочное решение, оптимальные санитарно-гигиенические условия.

Исследования в области физиологии и психологии показали, что следует учитывать психофизиологическое влияние цвета на человека. Рациональное цветовое оформление помещений направлено на улучшение санитарно-гигиенических условий труда, повышение его производительности и безопасности. Окраска производственных помещений влияет на нервную систему человека, его настроение, производительность труда. Помещения целесообразно окрашивать в соответствии с цветом технических средств.

### **5.3 Экологическая безопасность**

Вследствие развития научно-технического прогресса, постоянно увеличивается уровень воздействия на окружающую среду, создаются предпосылки для возникновения экологических кризисов. В то же время прогресс расширяет возможности устранения создаваемых человеком ухудшений природной среды.

Среда обитания человека – окружающая среда – характеризуется совокупностью физических, химических и биологических факторов, способных при определенных условиях оказывать прямое или косвенное,

немедленное или отдаленное воздействие на деятельность и здоровье человека.

Защита окружающей среды - это комплексная проблема, требующая усилий всего человечества.

Правовую основу охраны окружающей среды в стране составляет закон РСФСР “О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения” (с изменениями на 2 июля 2021 года), (редакция, действующая с 1 января 2022 года).

Требования охраны окружающей среды зафиксировано в Основах законодательства РФ “ Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации” (с изменениями на 26 марта), (редакция, действующая с 10 апреля 2022 года) и в законе РФ “О защите прав потребителей” в редакции Федерального закона от 9 января 1996 года N 2-ФЗ), (с изменениями на 11 июня 2021 года).

#### **5.4 Защита атмосферы**

Для защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий можно применять следующие меры:

- полный переход к безотходным и малоотходным технологиям и производствам;
- совершенствование технологических процессов и разработка нового оборудования с меньшим уровнем выбросов отходов в окружающую среду;
- экологическая экспертиза всех видов промышленной продукции;
- замена токсичных отходов на нетоксичные;
- замена не утилизируемых отходов на утилизируемые;
- последствия промышленного загрязнения окружающей среды.

#### **5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – внешне неожиданная, внезапно возникающая обстановка, характеризующаяся резким нарушением установившегося процесса или явления и оказывающая значительное

отрицательное воздействие на жизнедеятельность людей, функционирование экономики, социальную сферу и природную среду.

По сфере возникновения ЧС делятся на техногенные, природные, экологические, социально-политические.

По масштабу распространения с учетом тяжести последствий ЧС можно разделить на локальные, объектовые, местные, региональные, национальные и глобальные.

По скорости распространения опасности (темпу развития) ЧС делят на внезапные, быстро распространяющиеся, умеренные и плавные "ползучие" катастрофы.

В ходе работы были выявлены наиболее вероятные ЧС для данного предприятия:

Техногенные:

- Пожар (взрыв);
- Обрушение производственных зданий и сооружений;
- Аварии в электроэнергетических системах.

Природные:

- землетрясения;
- метеорологические опасные явления (бури, ураганы, град, снегопад);
- природные пожары (лесные);
- столкновения Земли с крупными космическими образованиями.

Экологические:

- ЧС, связанные с изменением состояния атмосферы;
- ЧС, связанные с изменением состояния гидросферы.

Социально-политические:

- массовые беспорядки среди населения;
- терроризм в различных сферах его проявления;
- падение носителей ядерного оружия с разрушением и без разрушения боевой части.

Наиболее вероятным чрезвычайным событием, которое может произойти на рассматриваемом предприятии является пожар.

Пожаром называют неконтролируемое горение во времени и пространстве, наносящее материальный ущерб и создающее угрозу жизни и здоровью людей.

Пожар будет отнесен к категории чрезвычайного события, если число пострадавших – 10 человек и более, погибших – 2 человека и более, загрязнение окружающей среды значительно превышает фоновые значения или предельно допустимые концентрации.

Пожар в помещении, где проводится работа над дипломным проектом, представляет особую опасность, так как он грозит некачественным сварочным швом, который в свою очередь может привести к уничтожению оборудования, инструментов, документов, которые представляют большую материальную ценность, и возникновением пожара в соседних помещениях. В соответствии с классификацией производств по пожарной безопасности, в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, рабочее помещение относится к категории Г (обрабатываются негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением тепла, искр и пламени).

Пожар в рассматриваемом помещении может возникнуть в результате:

- возникновение короткого замыкания в электропроводке вследствие неисправности самой проводки или электрических соединений и электрораспределительных щитов;

- возгорание устройств аппаратуры вследствие нарушения изоляции или неисправности самой аппаратуры, в том числе из-за вредных выделяющихся веществ, которые разъедают исправно работающие части оборудования).

- расплавленные брызги металла и разбрасывание искр.

Для предотвращения пожара необходимо соблюдать противопожарные меры:

- ограничение количества горючих веществ;
- легковоспламеняющиеся жидкости размещать не менее 10 м от места проведения сварочных работ;
- легковоспламеняющиеся материалы размещать не менее 5 м от места проведения сварочных работ;
- максимально возможное применение негорючих веществ;
- устранение возможных источников возгорания;
- использование пожарной сигнализации;
- содержание электрооборудования в исправном состоянии;
- наличие в помещении средств пожаротушения (огнетушители типа ОУ-3, пожарный инструмент, песок) и содержание их в исправном состоянии;
- содержание путей и проходов эвакуации людей в свободном состоянии;
- проведение инструктажей по пожарной безопасности.

При возникновении пожара необходимо вызвать пожарную команду, обеспечить полную эвакуацию людей из помещения, где возник пожар. Вынужденная эвакуация при пожаре протекает в условиях нарастающего действия опасных факторов пожара. Поэтому безопасность людей находится в прямой зависимости от времени пребывания их в здании при пожаре. Кратковременность процесса вынужденной эвакуации достигается устройством эвакуационных путей и выходов, их числом и размером.

Число эвакуационных выходов из здания с каждого этажа должно быть не менее двух. Ширину эвакуационного выхода (двери) устанавливают в зависимости от общего количества людей, эвакуирующихся через этот выход, но не менее 0.8м. Высота прохода на эвакуационных путях должна быть не менее 2м. После эвакуации людей необходимо принять меры по пожаротушению. На лестничных площадках каждого этажа здания находятся пожарные щиты. Каждый из этих щитов оборудован лопатами, ведрами, топором и двумя огнетушителями типа ОХВП - 10. Рядом со щитом расположен ящик с песком.

## **Заключение**

Сварка является довольно опасной работой. Существуют механические, термические, химические, электрические опасности и психоэмоциональные нагрузки. Есть большая вероятность получить ожоги различных степеней. Вероятность потерять здоровье глаз.

В ходе работы были предложены рекомендации по мерам защиты от вредных воздействий, которые были выявлены в процессе исследования, также определены возможные чрезвычайные ситуации на объекте и разработаны меры защиты.

В данной исследовательской работе рассмотрены возможные риски при сварочных работах. По результатам анализа опасных и вредных производственных факторов выявлены наиболее опасные факторы. Рассмотрены существующие обязательные мероприятия, которые позволяют снизить риск взрыва ацетиленового баллона. Для дополнительного снижения риска взрыва баллона предложено проверять удаленность емкостей с горючими и легко воспламеняющимися жидкостями на расстояние не менее 10 метров от места сварки.

Расчет количества выделяющихся при сварочных работах вредных веществ показал возможность превышения их концентрациями допустимых значений, что может быть источниками профессиональных заболеваний от выделяющихся вредных веществ. Для снижения риска профессиональных заболеваний была рассчитана и предложена к внедрению вентиляционная система, которая не только снижает концентрацию выделяющихся вредных веществ до нормативных значений, но и нормализует параметры микроклимата.

## Список литературы

1. Ильященко Д.П., Томас К.И. ТЕХНОЛОГИЯ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ [Электронный ресурс]: информационный ресурс / Д.П. Ильященко, К.И. Томас. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/795/77795>
2. ГОСТ 10616-2015 ВЕНТИЛЯТОРЫ РАДИАЛЬНЫЕ И ОСЕВЫЕ. Размеры и параметр. Дата введения 2017-07-01.
3. ГОСТ 9.014-78 МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ. Единая система защиты от коррозии и старения. ВРЕМЕННАЯ ПРОТИВОКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА ИЗДЕЛИЙ. Общие требования. Дата введения 1980-01-01.
4. ГОСТ 12.1.012-2004 МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ. Система стандартов безопасности труда. ВИБРАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. Общие требования. Дата введения 2008-07-01.
5. ГОСТ 25346-89 МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ. Основные нормы взаимозаменяемости. ЕДИНАЯ СИСТЕМА ДОПУСКОВ И ПОСАДОК. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений. Дата введения 1990-01-01.
6. ГОСТ 31961-2012 МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ. ВЕНТИЛЯТОРЫ ПРОМЫШЛЕННЫЕ. Показатели энергоэффективности.
7. ГОСТ 34002-2016 МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ. ВЕНТИЛЯТОРЫ. Термины и классификация. Дата введения 2014-07-01.
8. Завод СпецЭлектрод : сайт. - [Электронный ресурс]: Режим доступа – <https://www.spetselectrode.ru/electrod/ozs12.htm>
9. Компания Шахстрой : официальный сайт. – [Электронный ресурс]: Режим доступа – <https://rudf.ru/oborudovanie/ventilyatsiya-shakhtnaya/ventilyator-vme-5>
10. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ. Система стандартов безопасности труда. ОБЩИЕ

САНИТАРНО ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВОЗДУХУ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ. Дата введения 1989-01-01.

11. promklimat.ru : инженерные системы и сети зданий : сайт. – [Электронный ресурс]: Режим доступа – <https://www.promklimat.ru/Ventilyatsiya-svarochnogo-proizvodstva.htm>

12. svarkaved.ru : информационный сайт. – [Электронный ресурс]: Режим доступа – <https://svarkaved.ru/materialy/elektrody-dlya-svarki/harakteristiki-elektrodov-ozs-12>

13. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания". от 28 января 2021 года N 2.

14. НИИ Атмосфера Расчет выделения (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при сварочных работах (по величинам удельных выделений) [Текст] /НИИ Атмосфера// Методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при сварочных работах (по величинам удельных выделений). – 2012.

15. Российская Федерация. Федеральный закон. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения [Принят Государственной Думой 12 марта 1999 года.] Одобрен Советом Федерации 17 марта 1999 года.

16. vunivere.ru : учебные материалы для студентов : сайт. – [Электронный ресурс]: Режим доступа – <https://vunivere.ru/work14005?>

17. ГОСТ 1460-2013 Карбид кальция. Технические условия. Дата введения 2015-01-01.

18. Российская Федерация. Федеральные законы. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2022)> Часть III> Раздел VII. Гарантии и компенсации> Глава 28. Другие гарантии и компенсации> Статья 184.



Гарантии и компенсации при несчастном случае на производстве и профессиональном заболевании.

19. glavbukh.ru : информационный сайт. – [Электронный ресурс]:  
Режим доступа - <https://www.glavbukh.ru/art/75217-zatraty-na-ohranu-truda-mojno-poschitat-dvumya-sposobami>

20. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. ШУМ. Общие требования безопасности.

21. ГОСТ 12.1.006–84. ССБТ. СИСТЕМА СТАНДАРТОВ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ РАДИОЧАСТОТ. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.

23. ГОСТ 34594.2.1-2019. Электромагнитная совместимость. "УМНЫЙ ГОРОД". Требования электромагнитной эмиссии.

ГОСТ Р 55710-2013. ОСВЕЩЕНИЕ РАБОЧИХ МЕСТ ВНУТРИ ЗДАНИЙ. Нормы и методы измерений.

24. Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 2.1.3684-21 "Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий" (с изменениями на 14 февраля 2022 года). СанПиН 2.1.3684-21 Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий.

25. ГОСТ Р 12.4.297-2013. Система стандартов безопасности труда. ОДЕЖДА СПЕЦИАЛЬНАЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, КОНВЕКТИВНОЙ ТЕПЛОТЫ,

ВЫПЛЕСКОВ РАСПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА, КОНТАКТА С НАГРЕТЫМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ, КРАТКОВРЕМЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЛАМЕНИ. Технические требования и методы испытаний.

26. ГОСТ 12.4.034-2017. Система стандартов безопасности труда. СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ. Классификация и маркировка.

27. ГОСТ Р 54578-2011. Воздух рабочей зоны. АЭРОЗОЛИ ПРЕИМУЩЕСТВЕННО ФИБРОГЕННОГО ДЕЙСТВИЯ. Общие принципы гигиенического контроля и оценки воздействия.

28. ГОСТ Р 12.3.050-2017. Система стандартов безопасности труда. Строительство. РАБОТЫ НА ВЫСОТЕ. Правила безопасности.

29. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Система стандартов безопасности труда. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ. ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ. ЗАНУЛЕНИЕ.

30. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Система стандартов безопасности труда. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

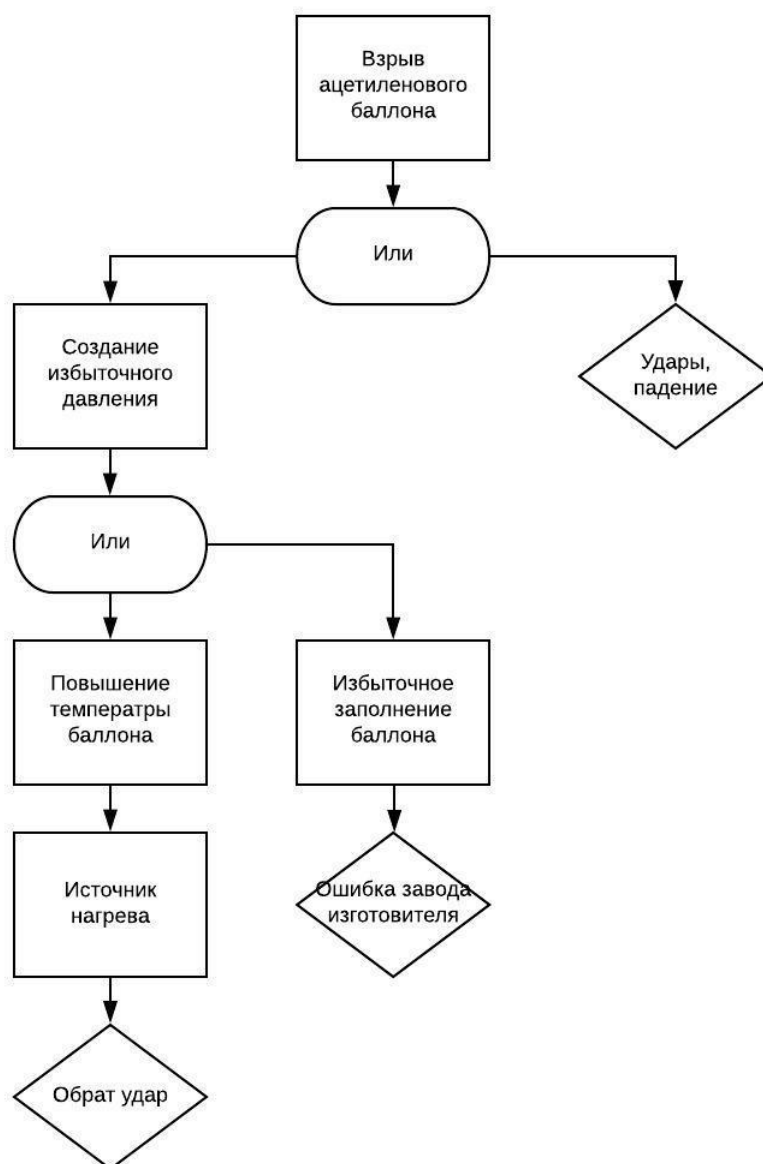
## Приложение А

Коэффициенты расхода электродов.

<b>Тип Э42</b>		<b>Тип Э50А</b>		<b>Для теплоустойчивых сталей</b>	
ВСЦ-4	1,6	ОЗС-33	1,6	ТМЛ-1	1,5
ОЗС-23		АНО-27	1,65	ТМЛ-1У	
АНО-6	1,65	ИТС-4	1,7	ТМЛ-3У	
АНО-17	1,7	УОНИ-13/55		1,55	ЦУ-2М
ОМА-2	1,8	ЦУ-5			ТМЛ-3
ВСЦ-4М		ЦУ-7		ЦЛ-27А	
<b>Тип Э42А</b>		<b>Тип Э55</b>		<b>Для теплоустойчивых сталей</b>	
УОНИ-13/45	1,6	МТГ-02	1,55		
УОНИ-13/45А	1,7	<b>Тип Э60</b>			
<b>Тип Э46</b>		МТГ-01К	1,55		
ОЗС-6	1,5	ВСФ-65	1,6	УОНИ-13/15М	<b>Для теплоустойчивых сталей</b>
АНО-13	1,6	ОЗС-24М		УОНИ-13/65	
ВРМ-26		1,65	<b>Для высоколегированных сталей</b>		
АНО-21	1,7	ОЗЛ-36	1,5	ЦЛ-39	
АНО-4		ЗИО-3	1,55	ЦЛ-36	
АНО-24		ЭА-898/19	1,6	ЦЛ-40	
АНО-34		ОЗЛ-14А		ЦЛ-17	
ВРМ-20		АНВ-32	1,7	ЦЛ-26М	
МР-3		ЭА-606/10		ЦЛ-41	
ОЗС-12		ЦТ-15		ЦЛ-6	
<b>Тип Э46А</b>		ЦТ-15К	1,7	ЦЛ-55	1,7
УОНИ-13/55К	1,6	ЦЛ-11		АНВ-1	
ТМУ-46	1,65	<b>Для коррозионностойких сталей</b>		ЦЛ-10	1,75
<b>Тип Э50</b>		ОЗЛ-8	1,7	ОЗС-11	1,8
ВСЦ-3	1,7	ОЗЛ-14		<b>Для разнородных сталей и сплавов</b>	
55-У	1,8	ОЗЛ-12	1,75	ИМЕТ-10	1,3
<b>Тип Э50А</b>		ЭА-400/10У	1,8	АНЖР-2	1,6
ОЗС-18	1,5	ЭА-400/10Г		АНЖР-1	1,7
ТМУ-21У		<b>Для жаропрочных сталей</b>		НИИ-48Г	
ОЗС-25		1,6	НИАТ-5	1,6	ЭА-395/9
ОЗС-28	ЦТ-10		1,7		

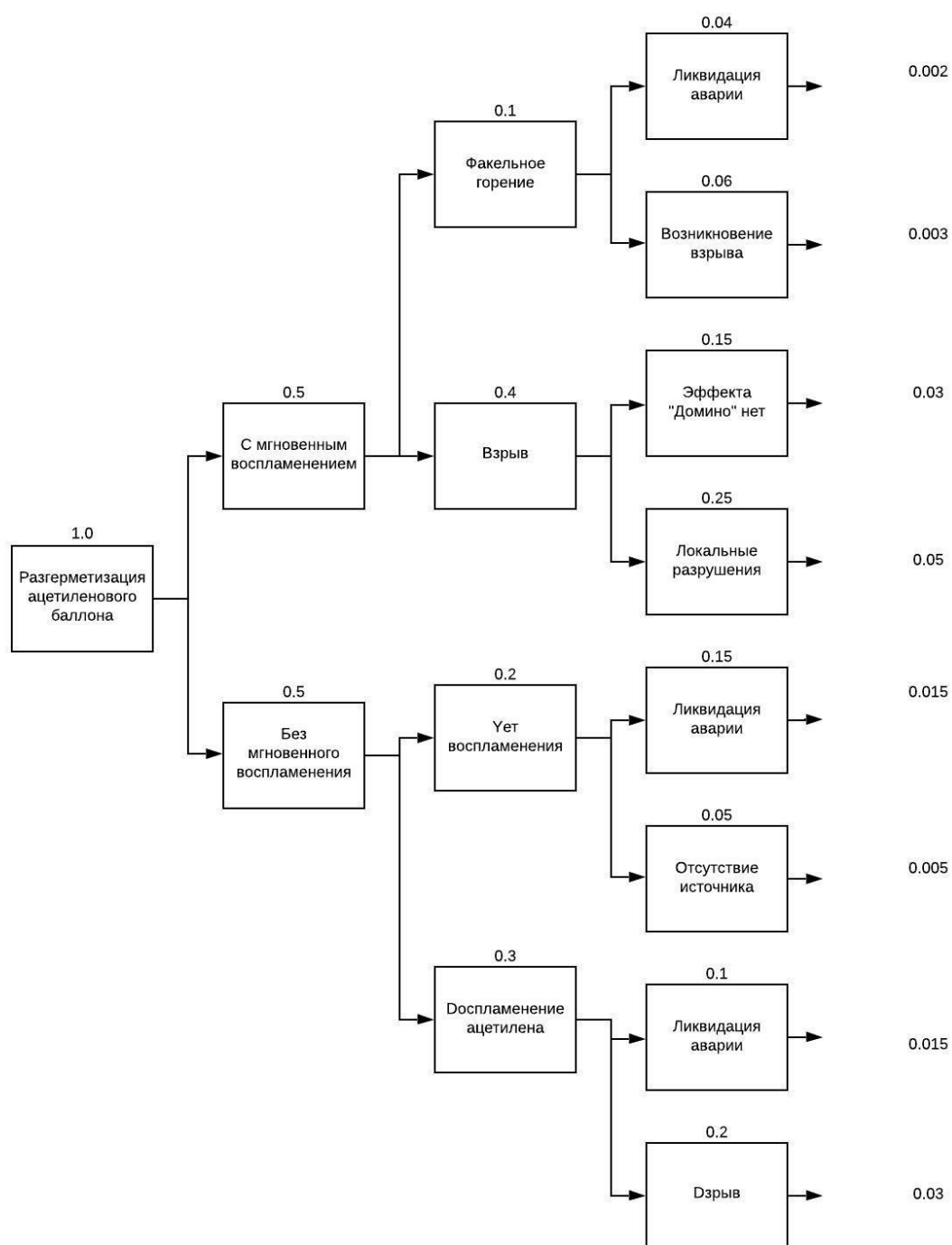
## Приложение Б

### Дерево отказов при резке газом.



## Приложение В

«Дерево событий» при разгерметизации ацетиленового баллона.



## Приложение Г

Раздел на иностранном языке

### The calculation part

#### Calculation of the number of electrodes per shift

There is a rod inside the electrode, which has its own properties and functions. The marking, necessarily highlighted and separated from the decorative component of the package, illustrates all the properties of this rod. These properties affect the combustion process of the arc, as well as the connection of the weld. Electrodes are manufactured in accordance with GOST 9466-75 and GOST 9467-75. The choice of the right electrode means a suitable weld, as there are lots of electrodes and for each case you can choose the right one based on the welded metals, equipment, etc.

Electrodes in manual arc welding are divided into fusible and non-fusible ones. Fusible electrodes are made from steel, cast iron, copper, aluminum, bronze, and others. Fusible electrodes for manual arc welding consist of a rod and a sheath (layer). According to GOST, the creation of fusible electrodes includes various steels: carbon, (with a large or small number of impurities), copper, aluminum, nickel and other non-ferrous alloys.

Table 2. - Classification of welding electrodes.

Non-metal welding electrodes	Metal welding electrodes		
	Unmolten	Melting	
		Covered	Uncovered
<i>Graphite</i> <i>Coal</i>	<i>Tungsten</i> <i>Tory</i> <i>Lanthanized</i> <i>Itreated</i>	<i>Steel</i> <i>Cast iron</i> <i>Copper</i> <i>Aluminum</i> <i>Bronze</i> <i>And others</i>	<i>Continuous gas-shielded welding wire</i>

- The sheath of the welded electrode (outer layer) is made taking into account the metal to be welded. The main functions that the sheath must perform are as follows:
- Welding arc retention;
- Slag formation;
- Protective gas formation;
- Metal deoxidation and alloying.

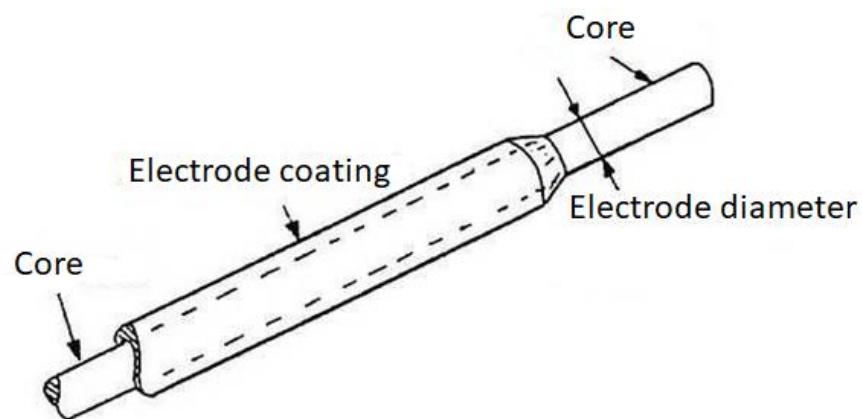


Figure 3. - Structure of the melting electrode.

This paper deals with coated electrodes. There is a classification of coated electrodes, all of which are labeled and manufactured according to the state requirements. There is a huge list of all kinds of coated electrodes suitable for the most narrowly focused activities. However, they such predominantly serve as:

- Materials containing a large number of ligatures;
- Increased strength alloys with unique properties;
- Low alloys and carbon alloys;
- Welding electrodes with unique properties.

*The electrode type* is a part of the marking that shows the weld strength value. The higher the number, the higher the strength. For example:

Carbon and low-alloy steels with a request for impact toughness and weld ductility is welded E46A.

In the example given:

46 – is a withstand load of 46 kg/mm<sup>2</sup>;

*The letter E is a type of consumable element, RDS electrodes;*

*Letter A demonstrates that the weld will have increased ductility and toughness.*

***Electrode grades*** - a unique description of the electrode by manufacturers either in accordance with GOST or a separate designation in case of patenting.

***The diameter of the electrodes*** is an important characteristic written in millimeters with tenths depending on the thickness of the metal and the amperage. Thus, an electrode with too small a diameter will burn out very quickly and scatter the filler metal, while an electrode with too large diameter may not provide the proper depth of metal weld and, therefore, will result in a poor quality weld.

According to the thickness of the coating, the electrodes are:

- Thin coating ( $D/d < 1.2$ ), M;
- Medium coating ( $D/d < 1.45$ ), C;
- Thick coating ( $D/d < 1.8$ ), D;
- Extra thick coating ( $D/d > 1.2$ ), D.

***Electrode designation*** - element indicating suitability of certain metals and alloys for welding, as in the case of electrode type:

- - B - welding of high-alloy steels;
- - T - welding of heat-resistant alloys;
- - L - welding of structural steels;
- - H - used only for surfacing;
- - U - welding of low-alloy and carbon steels.



**Type of coating** is divided into four main types. The characteristic of the electrode is largely determined by the electrode coating.

*Table 3. - Types of electrode coating.*

Type of coverage	Designation according to GOST 9466-75	ISO
Acid	A	A
Basic	B	B
Rutile	R	R
Cellulose	C	C
Mixed Covers		
Acid-rutile	AR	AR
Rutile-Basic	RB	RB
Rutile-Cellulose	PC	RC
Other (mixed)	S	S
Rutile with iron powder	RR	RR

**Welding current** is a type, polarity, connection, e.g. E432(5)-B 1.0. Highlighted number means that welding will take place at direct current, reverse polarity. See Table 4 for more details.

*Table 4. - Types of electrodes according to the type of welding current polarity.*

Recommended polarity	No-load voltage in the AC source, V		Identification
	Rated voltage	Limit deviation	
Reversed	-	-	0
Any	50	5	1
Direct			2
Reversed			3
Any	70	10	4
Direct			5
Reversed			6

Any	90	5	7
Direct			8
Reversed			9

In the course of work in the underground conditions, the atmosphere is filled with natural or man-made gases. It is of potential harm to workers and can cause an emergency situation, as an explosive proportion of gas and oxygen can gather in the air, which can lead to an explosion or fire which during welding works. Full or temporary suspension of the work entails a financial disadvantage. Specialized equipment operating around the clock is used in adjacent structures and buildings.

In fans of local ventilation fan blades are made of steel. Each fan used in the mine must comply with the requirements:

- Enclosure with increased thickness to protect against the physical effects of rock collapses and against foreign objects getting inside;
- Compactness (situationally positioned);
- Resistance to methane explosions and vibrations design;
- Operating modes.

Dimensions and parameters of the units, manufacturing, test work, and conditions of use are governed by the following regulations:

- GOST 5976-90; [1]
- GOST 9.014-78; [2]
- GOST ST 12.1.012-2004; [3]
- GOST 25346-89; [4]
- GOST 31961-2012; [5]
- GOST 34002-2016. [6]

There are electrodes that are suitable for a large number of steels:

- UCRI 13/45;
- UCRI 13/55;

- MR-3;
- MR-3C;
- ASGP-6;
- ASGP-21;
- PPB-12.

Since the welders at the company deal with critical structures, the electrode choice is PPB-12 with rutile coating. It meets the requirements for the welder at the enterprise. The rationality of use is in the fact that it is ideal for critical structures made of carbon steels.

The surfacing ratio is 8.5 g/Ah. The surfacing ratio is the amount of weld metal involved in the formation of the weld.

The deposition rate (for a diameter of 4.0 mm) is 1.2 kg/h.

The consumption of electrodes per 1kg of deposited metal - 1.7 kg.

The chemical composition of the deposited metal (%) is as follows:

*Table 5. - Chemical composition of the weld PPB-12 (%).*

C	Mn	Si	S	P
0,09	0,60	0,15	0,017	0,026

*Table 6. - Geometric dimensions and amperage at welding PPB-12.*

Brand diameter, mm	Electrode length, mm	Current, A	Average number of electrodes in 1 kg, pcs
2,0	300	30-90	94
2,5	350	50-110	53
3,0	350	70-130	36
4,0	450	110-180	17
5,0	450	130-220	12

To calculate the consumption of electrodes per shift, it is necessary to take into account:

- Material thickness of the parts to be welded;
- Electrode diameter and welding current;
- Electrode metal consumption (cm<sup>3</sup>) per 1 cm weld length;
- Calculation of the length of welds on the lap and butt;
- Calculation of the amount of steel in one electrode;
- Calculation of steel in all seams;
- Calculation of the required number of electrodes.

The average burning time of the electrode PPB-12, (See Table 6) at a diameter of 4.0, the electrode length of 450 mm, the current of 110 A is 70 seconds, with increasing welding current, burning time will be reduced. Increasing the welding current is necessary in case of thickening of the welded material. To calculate the consumption of electrodes per shift, you need to consider the thickness of the metal, and the thickness has already set the welding current. As an example, we considered a local ventilation fan (LVF-5). It is designed for dead-end mine workings. The casing must withstand physical destructive impact, i.e. it must be quite strong.

*Table 7. - Geometric dimensions of the LVF -5.*

Width, mm	605
Length, mm	975
Height, mm	730
Nominal diameter, mm	500

Approximate manufacturing time of LVF-5 is 7 days, during this time the local ventilation fan made according to various national standards will be assembled. There are welded parts in the design such as: external parts to the body, parts to parts, internal parts to the body.

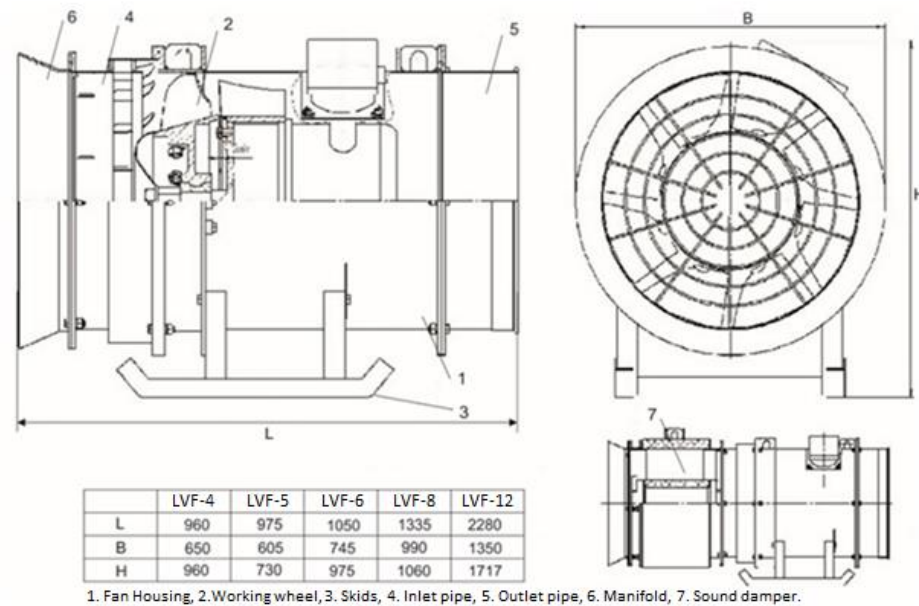


Figure 4 - Drawing of the general view of the fan with dimensions.

From Figure 4, the length and cross-sectional area of the welds needed to make one fan can be calculated. The entire length is 975 mm, the weld is along the entire length.

One of the most important indicators of welding work is the consumption of electrodes per 1 meter of weld, this concept was created to help welders themselves (not working in the organization) to do the calculation of financial costs and organizations to calculate the overall economy. In general terms of financial condition, even not big savings on material in a large project, where the calculation of kilograms of electrodes per one ton of materials to be welded, will help to reduce the economic costs. This notion helps coordinate future project costs. There are indicators that have a significant impact on electrode costs:

- Welding type;
- Geometric characteristics of the parts to be welded;
- Weight of cladding materials per weld;
- Total mass of the cladding.

Theoretical calculation of the cost of welding materials, based on the use of a special coefficient of consumption of rods is as follows:

$$H = M * K$$

Where:

M – weight of the metal structure to be welded;

K – special coefficient, taken from Apply A.

Weight of the LVF -5 fan is 265 kg. For PPB-12 the coefficient  $K_3 = 1.7$ .

$$H_1 = 265 * 1,7 = 450,5 \text{ pcs.}$$

According to calculations, during for 7 days, it will take 450.5 electrodes to fully manufacture LVF -5.

$$H_2 = \frac{450,5}{7} = 64,35 \text{ pcs.}$$

$H_2$  – the consumption of electrodes per shift, i.e. 64 electrodes. Further calculating results in 8 electrodes per hour.

The length of the fan is 975 mm, the weld is along the entire length of the fan. The thickness of the housing welded material is 2 millimeters according to Table 1, the diameter of the electrode is 2.0 millimeters, the welding current is of 40-80 A. The calculation of the amount of steel in one electrode, grams, is given below:

$$C = \rho * \pi * R^2 * L_3 = 0,0079 * 3,14 * 1^2 * 350 = 8,68 \text{ gr}$$

Where:

$L_3$  – electrode length, mm

R – radius of the electrode rod, mm

$\rho$  – Specific steel density, g/mm<sup>3</sup>

One 2.0 millimeter diameter electrode contains 8.68 grams of steel. You need to calculate the metal consumption of the electrode for a 1 cm long weld (G). To do this, you need to know the cross-sectional area of the weld (S), mm<sup>2</sup> and the length of the weld.

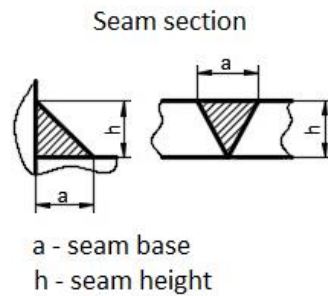


Figure 5. - Cross-sectional area of the weld.

Seam height ( $h$ ) = 2 mm, seam base ( $a$ ) = 2 mm. Cross-sectional area of the weld,  $\text{mm}^2$ :

$$S = \frac{a * h}{2} = \frac{2 * 2}{2} = 2 \text{ mm}^2$$

Knowing the area of the weld and the length, you can calculate the consumption of electrodes, pcs.:

$$N = \frac{S * L * \rho}{C} * K_3 = \frac{2 * 975 * 0,0079}{8,68} * 1,7 = 3,07 \text{ pcs.}$$

That is, it takes 3 electrodes to weld a 975 mm long joint.

### Calculation of the amount of released pollutants

In the process of welding two metal parts, intense heat radiation occurs, which, in turn, melts the metal. The melted metal emits fumes, which can be toxic. Also gaseous substances of nitrogen, carbon monoxide, nitrogen oxides can be formed, these substances are harmful to the human body. In addition to gases, solid particles are formed. The electrode, with a better coating can especially pollute the air. The entire composition of dust in the workplace is characterized by the composition of the electrode coating. Basically, welding dust is a composition of metal oxides (metals can be different, depending on the workplace) and minerals. The most dangerous substances included in the composition of the electrode rod and deposited metal are: manganese, fluorine and its compounds, chromium. Ventilation is required to clean the air from these harmful pollutants. Welding work can only be carried out with ventilation on. There is a volume of supplied fresh air, which should not be less than 30 m<sup>3</sup>/h. Welding at a stationary place without ventilation on is not allowed, only in cases when the hourly consumption of electrodes is less than 0.2 kg per 1 m<sup>3</sup>. In this case, the natural ventilation will cope with air purification. MPC of harmful substances in the workplace according to National standard 12.1.005-88 are given in Table 9 [9].

*Table 9 - Maximum permissible concentrations of harmful substances generated during welding operations.*

Substance	MPC in the air of working area, mg/m <sup>3</sup>
Solid component of welding aerosol	
Manganese (at its content in up to 20 % of welding aerosol)	0,2
Iron oxide	6,0
Silicon dioxide	1,0
Chromium (III) oxide	1,0



Chromium (VI) oxide	0,01
Zinc oxide	6,0
Gas component of welding aerosol	
Nitrogen dioxide	2,0
Manganese oxide	0,3
Ozone	0,1
Carbon oxide	20,0
Hydrogen fluoride	0,5/1,0

Volumetric airflow during manual arc welding should be 4500 m<sup>3</sup>/h. ventilation must be self-contained. The air must undergo temperature treatment. If the welding material flow rate is greater than 0.21 g/h, then ventilation must be installed. The speed of air masses should be 0.4 - 1 m/s. The flow of fresh air must be directed toward the weld. When working in confined spaces or containers, the air flow must be directed to the worker's mask. The temperature of the supplied air must be greater than 19°. The ventilation system must remove harmful substances, maintain an optimum climate and eliminate chemical components. [11]

This paper considers the PPB-12 electrode. Hourly consumption of electrodes is 8 pcs. The composition of the weld metal is known from Table 5:

- Carbon – 0,09 (9%)
- Manganese – 0,60 (60%)
- Silicon – 0,15 (15%)
- Sulfur – 0,017 (1,7%)
- Phosphorus – 0,026 (2,6%).

Composition of the core of the PPB-12 electrode. To create the rod, wire made of steel SV-08 and SV-08A is used. The Cb-08 consists of:

- Carbon – 0,01 (1%);
- Manganese – ranging from 0,35 до 0,6 (35-60%);
- Silicon – up to 0,3 (30%);

- Copper – up to 0,25 (25%);
- Sulfur and phosphorus – not more than 0.03 (3%);
- Chrome – 0,12 (12%);
- Nickel – less than 0.25 (25%). [10]

Specific number of emitted pollutants for PPB-12 (g/kg):

- Welding spray - 12.0;
- Iron oxide – 8,90;
- Manganese and its compounds – 0,80;
- Chrome – 0,50;
- Nonorganic dust containing SiO<sub>2</sub> (20-70%) - none;
- Other - Fluorides in the amount of 1.80;
- Hydrogen fluoride - none;
- Nitrogen dioxide - none;
- Carbon monoxide - none.